

TÜRK LOYDU

**AÇIK DENİZ RÜZGAR
TÜRBİNLERİNİ
SERTİFİKALANDIRMA
ESASLARI**



Cilt F

Kısım 201 – Açık Deniz Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları

2011

TÜRK LOYDU

Merkez Ofisi

Postane Mah. Tersaneler Cad. No:26 Tuzla 34944 İSTANBUL / TÜRKİYE
Tel : (90-216) 581 37 00
Fax : (90-216) 581 38 00
E-mail : tlv@turkloydu.org
<http://www.turkloydu.org>

Koordinatörlükler

Ankara

Eskişehir Yolu Mustafa Kemal Mah. 2159. Sokak No: 6/4 Çankaya - ANKARA
Tel : (90-312) 219 56 34
Fax : (90-312) 219 69 72
E-mail : ankara@turkloydu.org

İzmir

Atatürk Cad. No :378 K.4 D.402 Kavalalılar Apt. 35220 Alsancak - İZMİR
Tel : (90-232) 464 29 88
Fax : (90-232) 464 87 51
E-mail : izmir@turkloydu.org

Adana

Çınarlı Mah. Atatürk Cad. Aziz Naci İş Merkezi No:5 K.1 D.2 Seyhan –Adana
Tel : (90- 322) 363 30 12
Fax : (90- 322) 363 30 19
E-mail : adana@turkloydu.org

Marmaris

Atatürk Cad. 99 sok. No:11 Kat:4 Daire 6 Marmaris
Tel : (90- 252) 412 46 55
Fax : (90- 252) 412 46 54
E-mail : marmaris@turkloydu.org

KAPSAM

	Sayfa
Genel Hükümler	I
Kurallar Listesi	II
İçindekiler	III
Kısım 201 – Açık Deniz Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları	IV
Kısaltmalar	V

GENEL HÜKÜMLER

A. Ön Koşul

Bir mamulün Türk Loydu (TL) tarafından yayınlanan imalat ve Klaslama Kuralları'na veya teknik gerçeklere uygunluğuna göre, sertifikalandırılması veya onaylanması hakkı sadece TL'na aittir. İmalat sırasında bu kuralların tam olarak yerine getirildiğinin belirtilmesi ancak TL'nun onayı ile mümkündür.

B. Korunmuş Haklar

TL'nun yapım kurallarının uygulanması yapımcının kendi üretiminin muhtemel korunmuş haklarına hâlel getirmez.

C. Ücretler

Klas verilme dahi TL hizmeti için, TL tarifesine göre ücret ödenir. Bu ücretten ayrı olarak TL tarafından bu hizmete bağlı diğer masraflar da (seyahat, fazla mesai, vb. ile katma değer vergisi gibi) hesaba dahil edilir.

D. Faturaların Ödenmesi

1. TL tarafından yapılan hizmete ait faturaların alındığı tarihte bütün ücretler yürürlüğe girer ve derhal ödenmesi gerekir. Ödemede gecikme halinde, TL munzam haklarına hâlel gelmeksizin (örneğin: dava masrafları ve diğer müteferrik masraflar) en yüksek banka reeskont faizi uygulanır ve düzenlenen sertifika ve diğer belgeleri geri almak ve klası kaldırmak hakkına sahiptir.

2. Müşterinin mukabil talepleri için karşılıklı anlaşma veya nihai mahkeme kararı olmadıkça mahsup yapılamaz.

E. Sorumluluk

Türk Loydu kendisi adına hizmet verecek sörveyörlerini ve personeli özenle seçer. Türk Loydu, personelinin veya sörveyörlerinin verdikleri ve verecekleri hizmet ve sonuçlarından dolayı hiç bir şekilde sorumlu tutulamaz.

Bununla birlikte TL'ndan herhangi bir hizmet talep edildiğinde, TL personeli veya sörveyörlerinin hizmetlerinde yargı organlarınca kanıtlanmış ihmali, kusurlu veya kasıtlı davranışı sonucu hizmet talep edenin zararı veya işinde hasar meydana gelmesi söz konusu ise, TL'nun hizmet talep edenin kanıtlanmış bu kaybı ile ilgili sorumluluğu, TL'nun bu hizmetten aldığı ücretin en fazla 2 (iki) katı kadardır. Ancak bu miktar 40.000.-Euro'dan daha fazla olamaz.

F. Yetkili Yargı Organı

Anlaşmazlıkların çözüm yeri İstanbul mahkemesi ve icra daireleridir.

Uyuşmazlıklarda Türkiye Cumhuriyeti yasaları uygulanır.

Cilt	Kısım	Başlık
		Klaslama ve Sörveyler
A	1	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Tekne Yapım Kuralları
A	2	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Malzeme Kuralları
A	3	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Tekne Yapımında Kaynak Kuralları
B	4	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Makina Kuralları
B	5	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Elektrik Kuralları
B	6	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları–Basınçlı Kap, Boru ve Makina Elemanlarının Kaynak Kuralları
C	7	Yüksek Hızlı Tekneler
C	8	Kimyasal Madde Tankerleri
C	9	Yatların Yapımı ve Klaslanmasına İlişkin Kurallar
C	10	Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri
C	11	Yangın Söndürme Gemileri
C	12	Petrol Toplama Gemileri
C	13	Eskort Römorkörleri
C	14	Balıkçı Gemileri
C	15	Soğutma Tesisleri
C	16	Boru Döşeme Gemileri
C	17	İticerler, İtici/Duba Üniteleri
C	18	Sondaj Gemileri
C	19	İç Su / Kıyı Gemileri
C	20	Kablo Döşeme Gemileri
C	21	Kaptan Köşkü Dizaynı - Tek Kişilik Kumanda Konsolu
C	22	Dinamik Konumlandırma Sistemleri
C	23	Fazlalıklı Sevk ve Manevra Sistemleri
C	24	Kimyasal Madde Toplama Gemileri
C	25	Makina Durum İzleme Esasları
C	26	Gemilerde Yakıt Pili Sistemlerinin Kullanımı İle İlgili Esaslar
C	27	Boyları 24 m.'den Küçük Ahşap Yolcu Teknelerinin Yapımı ve Klaslanmasına İlişkin Kurallar
C	28	Havalandırma
C	29	Soğutulmuş Konteynerlerin Gemilerde Taşınması ile İlgili Esaslar
C	30	Ahşap Balıkçı Tekneleri
C	32	Büyük Yelkenli Gemiler için Direk ve Arma Donanımı Kuralları
C	33	Kutup Klaslı Gemilerin Yapımı ile İlgili Esaslar
D	50	Kaldırma Donanımlarının Yapım ve Sörvey Kuralları
D	51	Konteynerlerin Yerleştirilmesi ve Bağlanması
D	52	Dalış Sistemleri
D	53	Sualtı Tekneleri
D	54	Sualtı Donanımı
D	55	Yük Konteynerlerinin Yapımı, Onarımı ve Testlerine Ait Esaslar
D	57	Can Kurtarma, İndirme Donanımları ile ilgili Kurallar
D	58	Açık Denizde Yedekleme Esasları
D	59	Açık Deniz Tesisleri - Klaslama, Sertifikalandırma ve Sörveyler
D	60	Açık Deniz Tesisleri - Hareketli Açık Deniz Üniteleri
D	61	Açık Deniz Tesisleri - Sabit Açık Deniz Tesisleri
D	62	Açık Deniz Tesisleri - Yapısal Dizayn
D	63	Açık Deniz Tesisleri - Makina
D	64	Açık Deniz Tesisleri - Elektrik
D	70	Çok Noktalı Bağlama Sistemleri ile ilgili Kurallar
D	75	Korozyondan Korunma ve Boyama Sistemleri ile ilgili Esaslar
D	76	Çevre Koruma Sistemleri ile ilgili Esaslar
D	77	Yüzer Petrol Bariyerlerini Sertifikalandırma Esasları
E	101	Askeri Gemiler - Klaslama ve Sörveyler
E	102	Askeri Gemiler - Tekne Yapısı ve Donanımı Kuralları
E	103	Askeri Gemiler - Malzeme Kuralları
E	104	Askeri Gemiler - Sevk Tesisleri
E	105	Askeri Gemiler - Elektrik
E	106	Askeri Gemiler - Otomasyon
E	107	Askeri Gemiler - Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler
E	111	Askeri Gemiler - Denizaltılar
E	112	Askeri Gemiler - Uzaktan Kumandalı Sualtı Araçları
E	113	Askeri Gemiler - Sualtı Kullanımı için Havadan Bağımsız Güç Sistemlerine Ait Esaslar
F	200	Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları
F	201	Açık Deniz Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları
F	202	Rüzgar Türbinlerinin Durum İzleme Sistemlerini Sertifikalandırma Esasları

Açık Deniz Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları

	Sayfa
Kısaltmalar	V-1
Semboller ve Birimler	V-2
 Bölüm 1- Genel Onaylama Koşulları	
A. Kapsam	1- 1
B. Sertifikalandırma	1- 1
C. Temel Dizayn ve Yapım Esasları	1-10
Ek 1-A Ulusal Standartlar	1-13
Ek 1-B IEC ve CENELEC Standartları	1-14
 Bölüm 2- Emniyet Sistemi, Koruma ve İzleme Donanımı	
A. Genel	2- 1
B. Kontrol ve Emniyet Sistemi	2- 2
C. Koruma ve İzleme Donanımı	2- 7
Ek 2-A Kontrol ve Emniyet Sistemlerinin Etkileşimi	2-16
 Bölüm 3- Üreticiler ile İlgili İstekler, Kalite Yönetimi, Malzemeler ve Üretim	
A. Üreticiler ile İlgili İstekler	3- 1
B. Kalite Yönetimi	3- 2
C. Malzemeler	3- 4
D. Üretim ve Testler	3-17
 Bölüm 4- Yük Kabulleri	
A. Esaslar	4- 1
B. Dış Koşullar	4- 3
C. Yüklerin Hesaplanması	4-14
D. Sahaya Özgü Değerlendirmeler	4-23
Ek 4-A Koordinat Sistemleri	4-30
Ek 4-B Yüklerin Değerlendirilmesi	4-32
Ek 4-C Güç Sistemi Arızası	4-36
Ek 4-D S Sınıfı Rüzgar Türbini Tanımı ile İlgili Dizayn Parametreleri	4-37

Bölüm 5- Mukavemet Analizleri

A. Genel	5- 1
B. Gerilmelerin Hesaplanması.....	5- 1
C. Metal Malzemeler	5- 3
D. Beton	5-13
E. Elyaf Takviyeli Plastik (ETP) ve Yapıştırılmalı Birleştirmeler	5-15
F. Ahşap	5-23
Ek 5-A. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet Analizi.....	5-24

Bölüm 6- Yapılar

A. Genel	6- 1
B. Pervane Kanatları	6- 1
C. Makina Yapıları.....	6- 5
D. Türbin Kaportası Kapakları ve Pervane Başlıkları	6- 6
E. Cıvatalı Birleştirmeler.....	6- 9
F. Kule	6-10
G. Temel.....	6-19

Bölüm 7- Makina Bileşenleri

A. Genel	7- 1
B. Kanat Ayarlama Sistemi	7- 2
C. Yataklar.....	7- 4
D. Dişli Kutuları	7- 7
E. Mekanik Frenler ve Kilitleme Düzenleri.....	7-13
F. Kaplinler.....	7-15
G. Elastomer Burçlar	7-15
H. Yönlendirme Sistemi	7-17
I. Hidrolik Sistemler	7-19

Bölüm 8- Elektrik Donanımı

A. Uygulama Alanı	8- 1
B. Elektrik Makinaları	8- 3
C. Transformatörler	8- 4
D. Statik Konvertörler	8- 5
E. Orta Gerilim	8- 5
F. Şarj Donanımı ve Akümülatörler	8- 6
G. Açma-Kapama ve Koruma Donanımı	8- 7
H. Kablolar ve Elektrik Tesisatı Donanımı	8- 9
I. Yıldırımdan Korunma	8-11

Bölüm 9- El Kitapları

A. Montaj El Kitabı.....	9- 1
B. İşletmeye Alma Dokümanları	9- 2
C. İşletme El Kitabı	9- 5
D. Bakım El Kitabı	9- 6

Bölüm 10- Rüzgar Türbinlerinin Testleri

A. Genel	10- 1
B. Güç Eğrisi	10- 2
C. Gürültü Yayımları	10- 2
D. Elektrik Karakteristikleri	10- 2
E. Türbin Davranış Testleri.....	10- 2
F. Yük Ölçümleri	10- 6
G. Dişli Kutularının Prototip Tecrübesi.....	10- 6
H. İşletmeye Almanın Gözetimi	10- 8

Bölüm 11- Periyodik İzleme

A. Kapsam ve Uygulama	11- 1
B. Teknik Uzmanlar, Dokümantasyon ve Faaliyetler.....	11- 3

Bölüm 12- Denizdeki İşlemler

A. Kaldırma	12- 1
B. Yedekleme ve Montaj	12- 5

Bölüm 13- Durum İzleme

A. Genel	13- 1
B. Açık Deniz Uygulaması.....	13- 31

AÇIK DENİZ RÜZGAR TÜRBİNLERİNİ SERTİFİKALANDIRMA ESASLARI

BÖLÜM 1**GENEL ONAYLAMA KOŞULLARI****Sayfa**

A. Kapsam	1- 1
B. Sertifikalandırma	1- 3
C. Temel Dizayn ve Yapım Esasları	1-12
Ek 1-A Ulusal Standartlar	1-15
Ek 1-B IEC ve CENELEC, ISO Standartları	1-16

A. Kapsam**1. Genel**

1.1 Buradaki esaslar, açık deniz rüzgar türbinlerinin dizaynı, değerlendirilmesi ve sertifikalandırılmasına uygulanır. Bu esaslar, Tip Onayı ve Proje Sertifikalandırması için uygulanabilir.

1.2 Tip onayı yapılırken; rüzgar türbini sınıfına göre, açık deniz rüzgar türbininin tüm kavramı değerlendirilir. Sertifikalandırma; açık deniz rüzgar türbininin tüm bileşenlerini ve elemanlarını kapsar, yani; emniyet, dizayn yapı, işçilik ve kalite kontrol edilir, değerlendirilir ve sertifikalandırılır. Dizayn değerlendirmesinden sonra, prototip testleri, dizayn isteklerinin üretim ve montajda uygulanmasının muayenesi ve kalite yönetim sisteminin kontrolü tip onayının kademelerini oluşturur (B.2'ye bakınız).

1.3 Proje sertifikalandırması yapılırken; tip onaylı açık deniz rüzgar türbinlerinin ve belirli taşıyıcı yapıların dizaynının sahaya özgü dış koşullarla, yerel kurallarla ve sahaya ait diğer koşullarla ilgili istekleri karşıladığı değerlendirilir ve sertifikalandırılır. Proje sertifikalandırması çerçevesinde, her açık deniz rüzgar türbininin üretim, taşıma, montaj ve ilk çalıştırma sırasında sürveyleri yapılır. Belirli aralıklarla periyodik muayeneler gerçekleştirilir. (B.3'e bakınız).

1.4 Açık deniz rüzgar türbininin fiili ömrü, dizayn ömründen uzun olabilir. Açık deniz rüzgar türbininin

dizayn ömründen daha kısa ömürlü olan aşınan parçalar ile soğutucu maddeler, yakıtlar ve yağlar için açık deniz türbin üreticisi düzenli değiştirme aralıklarını belirlemelidir.

Not :

Açık deniz türbininin dizaynında, EN 50308 “Wind Turbines – Labour Safety” standardına uymak suretiyle iş emniyeti konuları dikkate alınabilir. Proje sertifikalandırması durumunda ulusal iş emniyeti kuralları dikkate alınacaktır.

2. Farklılıklar

2.1 Genel olarak, buradaki esaslardan sapmalar, sadece **TL**'nin izni ile mümkündür.

2.2 Özel durumlarda, ulusal kurallar ve kodlar, sertifikalandırmada göz önüne alınabilir.

2.3 Ulusal kurallar ve kaideler daha hafif maddeleri içerse dahi buradaki esaslarda verilen emniyet düzeyi asgari istek olarak kabul edilecektir.

2.4 Buradaki esasların uygulanamayacağı dizaynlar için **TL**, işlerin buradaki esaslar çerçevesinde yürütülmesini isteme hakkını saklı tutar.

2.5 Farklı standartların analiz kavramları uygulanacaksa, bunlar birbirlerine karıştırılmamalıdır.

3. Ulusal Standartlar

Rüzgar türbinleri ile ilgili Türk Standartları Ek 1-A'da verilmiştir.

4. Uluslararası Standartlar ve Esaslar

Rüzgar türbinleri ile ilgili IEC, CENELEC, ISO Uluslararası Standartları, teknik esasları ve spesifikasyonları Ek 1-B'de verilmiştir.

5. İlave İstekler

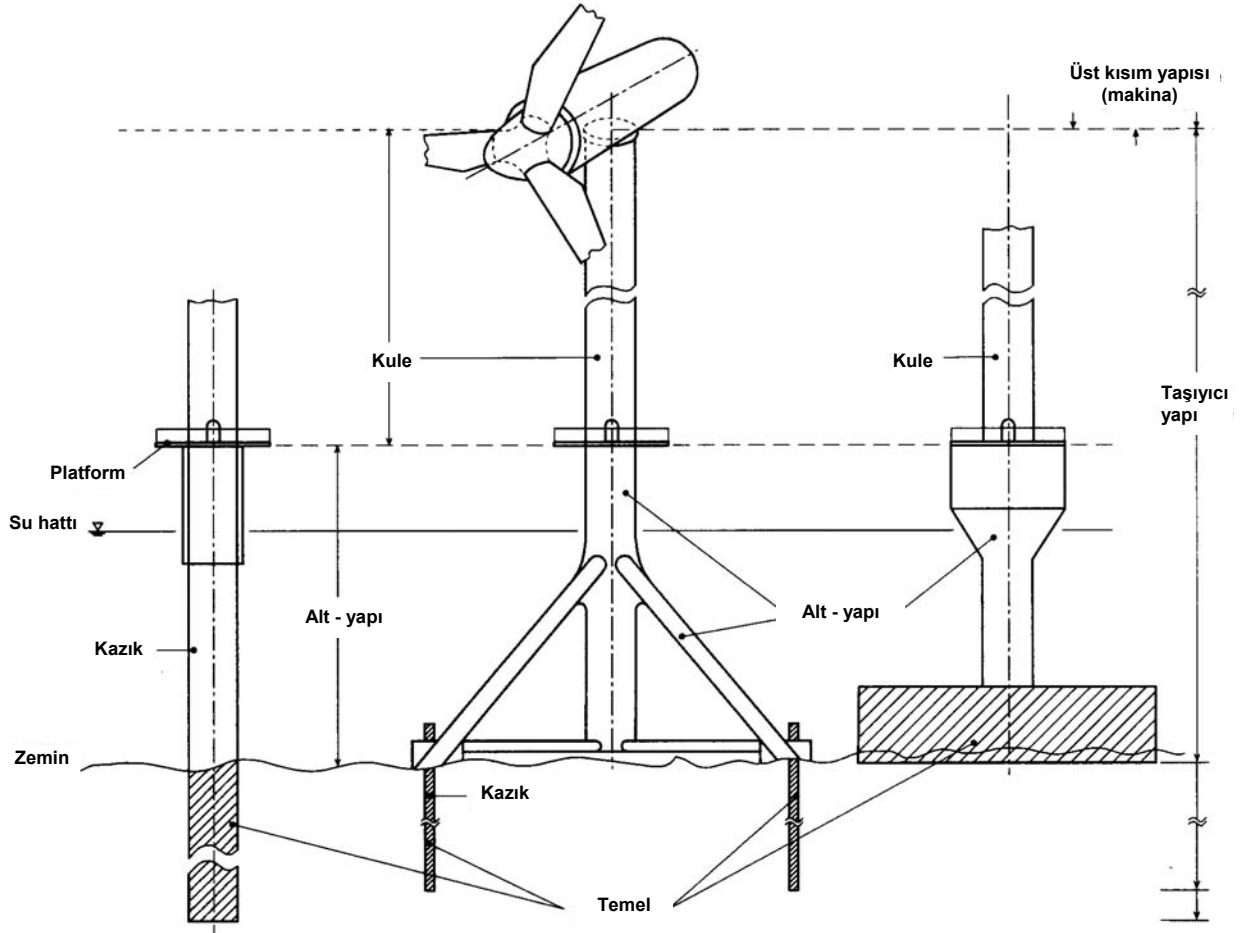
5.1 Buradaki istekler; açık deniz rüzgar türbinlerinin mukavemeti ve emniyeti bakımından en yeni teknolojileri içermektedir.

5.2 Buradaki kurallarda tanımlanan isteklerin yanı sıra, aşağıda belirtilen koşullardan kaynaklanan ilave istekler de dikkate alınacaktır :

- Yerel kurallar,
- İnsanlı / insansız işletim,
- Denizcilik ve seyir istekleri,
- Aydınlatma ve işaretleme,
- Bot / helikopter hizmeti.

6. Tanımlar

Açık deniz rüzgar türbinlerine ait tanımlar Şekil 1.1'de verilmiştir. Açık deniz rüzgar türbini; makina veya üst kısım yapısı (pervane ve kaporta) ve taşıyıcı yapısı (kule, alt yapı ve temel)'den oluşur.



Şekil 1.1 Açık deniz rüzgar türbinleri kesitinin tanımları

B. Sertifikalandırma

dikkate alınacaktır. proje sertifikasyonu kapsamında sahaya özgün taşıyıcı yapı değerlendirilecektir.

1. Sertifikalandırmanın Kapsamı ve Aşamaları

Aşağıdaki açık deniz rüzgar türbinlerinin sertifikalandırılma kapsamı ve sertifikalandırmanın aşamaları verilmiştir.

2. Tip Onayı**2.1 Genel**

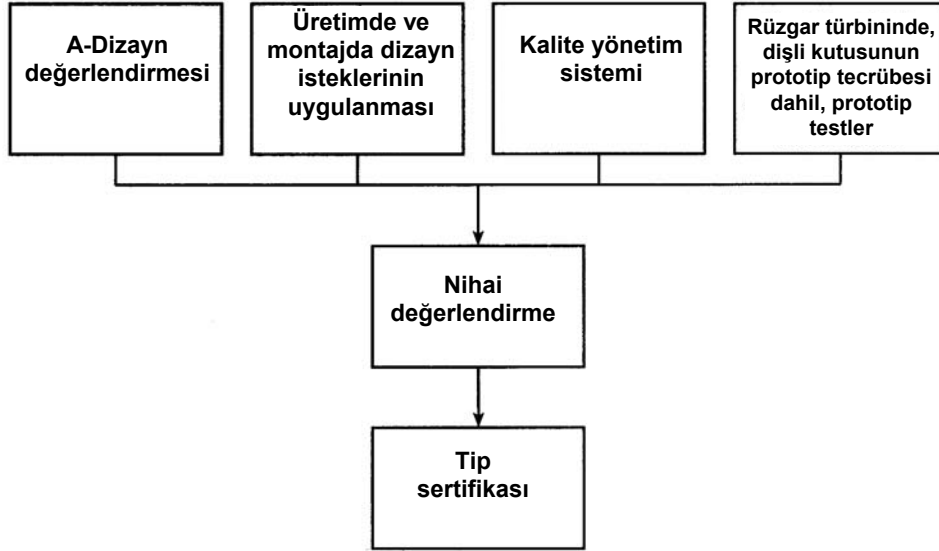
2.1.1 Tip onayı; bir açık deniz türbini tipinin buradaki esaslarda ve diğer teknik isteklerdeki dizayn kabullerine uygun olarak dizayn edildiğini doğrular. Ayrıca, tip onayı, bu esaslar kapsamındaki tüm bileşenlerin üretim prosesi, bileşen özellikleri, muayene ve test prosedürleri ve ilgili dokümantasyonun, dizayn dokümanları ile uygunluğunu da doğrular.

2.1.2 Açık deniz rüzgar türbinlerinin tip sertifikasında, taşıyıcı yapı (kule, alt yapı ve temel) hariç tutulabilir. Yük kabullerinde, virtüel taşıyıcı bir yapının dinamik etkisi

2.1.3 Tip sertifikasını elde etmek için, aşağıdaki aşamalar takip edilmelidir, Şekil 1.2'ye de bakınız :

- A – dizayn değerlendirmesi (B.2.3'e bakınız),
- Üreticinin kalite yönetim sistemi (B.2.4'e bakınız),
- Üretimde ve montajda dizayn isteklerinin uygulanması (B.2.5'e bakınız),
- Bir prototipin test çalıştırmasına nezaret (B.2.6 ve Bölüm 10'a bakınız).

2.1.4 Yukarıda belirtilen aşamalar tamamlandıktan sonra, TL A-dizayn değerlendirmesi, üretim ve montajda dizaynla ilgili isteklerin uygulanması ve prototip testleri için Uygunluk Beyanını ve Tip Sertifikasını düzenleyecektir.



Şekil 1.2 Tip onayı aşamaları

2.1.5 Tip sertifikasının geçerlilik süresi 3 yıldır. Geçerlilik süresinde, bu tipten kurulu tüm açık deniz rüzgar türbinleri yıllık olarak **TL**'na bildirilecektir. A-dizayn değerlendirmesi veya kalite sistemi sertifikasının geçerliliğini kaybetmesi halinde, 3 yıllık süre sona ermeden tip sertifikası da hükümsüz kalacaktır.

2.1.6 Geçerlilik süresinin dolması halinde, üreticinin başvurusu üzerine, yeniden sertifikalandırma yapılacaktır (2.7'ye bakınız).

2.2 C - dizayn değerlendirmesi

2.2.1 Genel

C-dizayn değerlendirmesi (prototip-değerlendirme), bir açık deniz rüzgar türbininin prototipinin yapımı için kullanılır. Kural olarak, prototipte güç ve yük ölçümleri yapılacak ve bunlar hesaplanan değerlerle karşılaştırılacaktır. Nihai yüklerin önemli ölçüde değişmemesi koşuluyla, kontrol sisteminde değişimlere izin verilir. C-dizayn değerlendirmesinde genelde; yüklerin, pervane kanatlarının, makina bileşenlerinin, kulenin ve temelin uygunluk kontrolleri esas alınır. Ulusal veya yerel kurallar kulenin ve temelin komple bir analize tabi tutulmasını isteyebilir.

2.2.2 Kapsam ve geçerlilik

2.2.2.1 Her açık deniz rüzgar türbini tipi için, sadece bir C-dizayn değerlendirmesi yapılır. Eğer bir tesis tipinde; diğer pervane kanatları, farklı işletim durumları veya yüklere önemli oranda etki eden diğer hususlarla değişiklik yapılırsa, bu durumda farklı bir tesisin doğrulanması ve yeni bir C-dizayn değerlendirmesi yapılmalıdır.

2.2.2.2 C-dizayn değerlendirmesi, bir prototip rüzgar türbininin, tam yükte maksimum 2 yıl veya 4000 eşdeğer saatlik test işletimi için geçerlidir.

2.2.3 Onaylanacak dokümanlar

2.2.3.1 C - dizayn değerlendirmesi için, aşağıdaki dokümanlar verilecektir :

- Açık deniz rüzgar türbininin genel tanımı,

- Kontrol ve emniyet kavramlarının tanımı,
- Emniyet sistemi ve frenleme sistemlerinin tanımı,
- Yüklerin hesabı,
- Yapısal dizayn ve kanat bağlantıları dahil, pervane kanadının ana resimleri,
- Türbin kaportasının genel yerleşim resmi,
- Göbek, ana şaft ve ana fremin resimleri,
- Kullanılacak önemli bileşenlerin listesi (örneğin; ana yatak, dişli kutusu, fren, jeneratör, vb.),
- Taşıyıcı yapının ana resimleri,
- Saha koşulları ve zemin etüdü raporu (opsiyonel),
- Elektroteknik donanımın tanımı,
- Prototipin planlanan yeri.

2.2.3.2 Bazı hallerde aşağıdaki dokümanlarda gerekebilir :

- Taşıyıcı yapı için hesaplama dokümanları.

2.2.3.3 Ölçümlerin tamamlanmasından sonra, ölçüm raporları ve ölçümlerin dizayn değerleriyle karşılaştırılması, incelenmek üzere **TL**'na verilecektir.

2.2.4 Değerlendirmenin kapsamı

2.2.4.1 Açık deniz rüzgar türbininin emniyet sistemiyle ilgili olarak, emniyetle alakalı işletim değerlerinin algılanıp algılanmadığı ve emniyet sistemine iletilip iletilmediği kontrol edilecektir. Ayrıca, iki bağımsız frenleme sisteminin varlığı kontrol edilecektir.

2.2.4.2 Verilecek kanat kökü, göbek ve kule başı yükleri, uygunluk bakımından kontrol edilecektir. Aşırı yüklerin ve yorulma yüklerinin benzer boyutlu diğer açık deniz rüzgar türbinlerindeki ile karşılaştırılabildiği hallerde buna

imkan vardır. Daha büyük açık deniz rüzgar türbin tipli, bir açık deniz rüzgar türbininin değerlendirmeye sunulduğu hallerde, ilgili değerler, fiziksel koşullar dikkate alınarak ekstrapole edilecektir.

Not :

Prototip için, yüklerle etki eden kontrol sistemi değişimlerine izin verildiğinden, yüklerin ayrıntılı olarak incelenmesinden vazgeçilebilir.

2.2.4.3 Benzer türbinlerin boyutlandırılmasından elde edilen deneyimlerin uygulanması mümkün ise, tahrik sistemindeki pervane kanatları ve makina bileşenleri de uygunluk yönünden kontrol edilecektir. 2.2.1'de belirtildiği üzere, kule ve temelin uygunluk kontrolünün yeterli olup olmadığı veya komple bir analizin mi yapılacağı yerel kurallara veya isteklere bağlı olabilir.

2.3 A- ve B- dizayn değerlendirmesi

2.3.1 Kapsam ve geçerlilik

2.3.1.1 A- veya B- dizayn değerlendirmesini elde etmek için, 2.3.2 ve 2.3.3'de belirtilen testler ve gözetimler gereklidir, Şekil 1.3'e bakınız.

2.3.1.2 B-dizayn değerlendirmesi, doğrudan emniyetle ilgili olmamaları koşuluyla, tamamlanmamış, parçaları içerebilir. B-dizayn değerlendirmesinin geçerliliği 1 yıldır. Geçerlilik periyodu sırasında, bu tip monte edilmiş tüm açık deniz rüzgar türbinleri **TL**'na bildirilecektir.

2.3.1.3 A-dizayn değerlendirmesi, sadece tamamlanmış elemanlarda yapılır. A-dizayn değerlendirmesi sürekli olarak geçerlidir. Bu değerlendirme, dizayn değerlendirmesinin bir parçası olan bileşenlerin dizaynında **TL**'nun izni olmaksızın değişiklik yapılması halinde geçersiz hale gelir.

2.3.1.4 A- veya B- dizayn değerlendirmesi kapsamında taşıyıcı yapının muayenesi opsiyoneldir.

2.3.2 Dizayn dokümanlarının değerlendirilmesi

2.3.2.1 Dizayn dokümanlarının değerlendirilmesi için üretici; spesifikasyonlar, hesaplar, resimler, tanımlar ve parça listeleri formunda tam takım dokümanları

verecektir. Tip sertifikasyonu kapsamında verilecek olan, üretim ve montajda dizaynla ilgili isteklerin uygulanması (2.5'e bakınız) ile ilgili dokümanların, dizayn değerlendirilmesi kapsamında da incelenmek üzere verilmesi önerilir.

2.3.2.2 İlk önce, dizayna esas olan dokümanlar değerlendirilir, bunlar:

- Kontrol ve emniyet sistemi kavramları (Bölüm 2),
- Yük durumu tanımları / yük kabulleridir (Bölüm 4),

2.3.2.3 Bu değerlendirmelerden sonra, aşağıda belirtilen bileşimlerin ve parçaların dizayn değerlendirmesi yapılır:

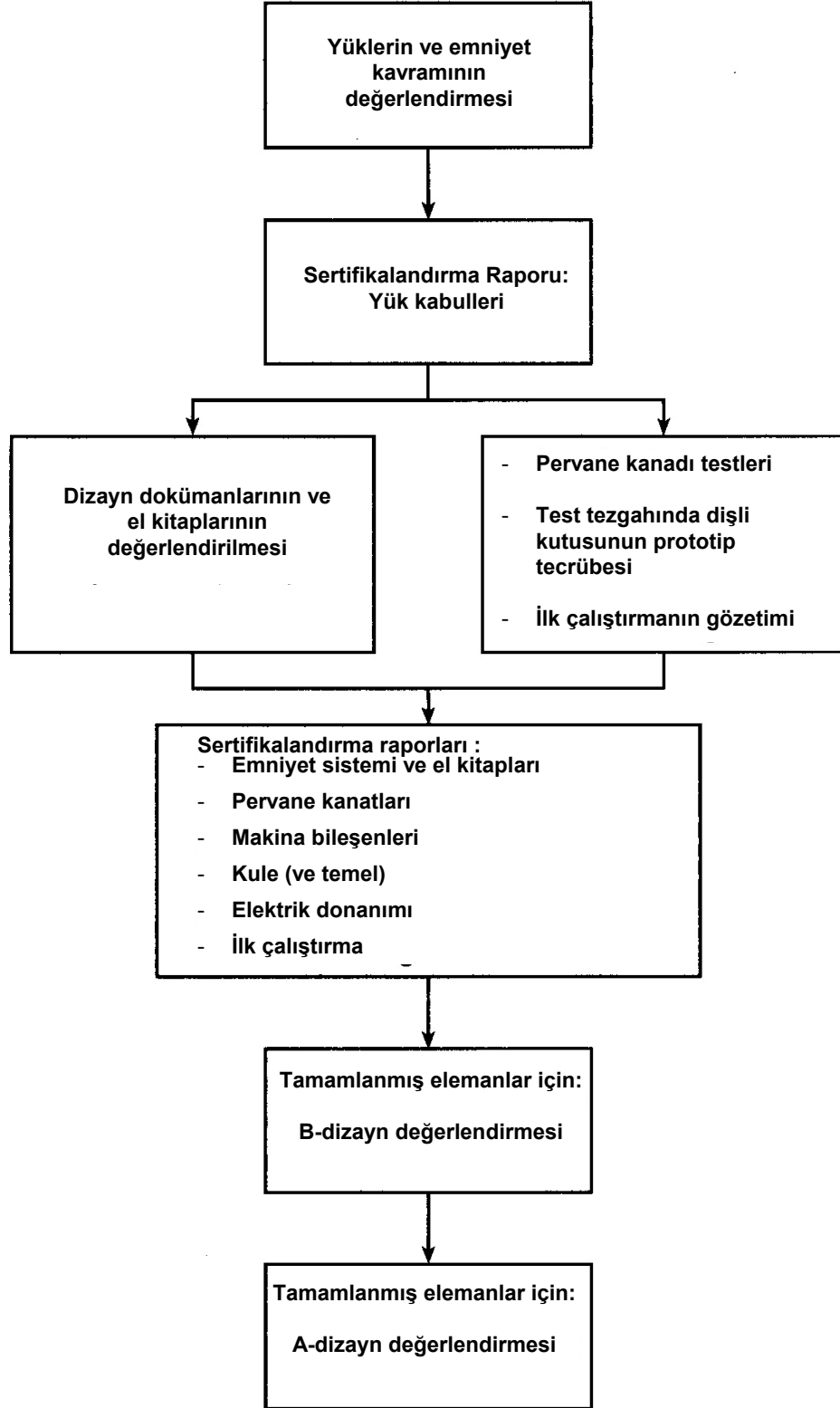
- Emniyet sistemi (Bölüm 2),
- Pervane kanatları (Bölüm 6, B),
- Türbin kaportası ve pervane başlıkları dahil (Bölüm 6, D), mekanik yapılar (Bölüm 6, C, 6.E),
- Makina bileşenleri (Bölüm 7),
- Yıldırımdan korunma dahil elektroteknik bileşenler (Bölüm 8),
- Taşıyıcı yapı (Bölüm 6, F) (opsiyonel),
- El kitapları (Bölüm 9): montaj el kitabı, çalıştırma el kitabı, işletme el kitabı, bakım el kitabı.

2.3.3 Gözetim ve testler

2.3.3.1 Kanat testlerinin kapsamı Bölüm 6, B.5'de tanımlanmıştır.

2.3.3.2 Ana dişli kutusunun test tezgahındaki prototip testi, A-dizayn değerlendirmesinin düzenlenmesinden önce tamamlanacaktır (Bölüm 10, G).

2.3.3.3 Belgelendirilecek versiyondan üretilen ilk açık deniz rüzgar türbinlerinden birinde, ilk çalıştırma prosedürüne nezaret edilecektir (Bölüm 10, H).



Şekil 1.3 A - ve B- dizayn değerlendirme prosedürü

2.4 Kalite yönetim sistemi

Kalite yönetimi sistemi kapsamı çerçevesinde, üretici, dizayn ve üretim yönünden ISO 9001'in isteklerini sağladığını doğrulayacaktır. Kural olarak, bu durum, akredite bir sertifikalandırma kuruluşu tarafından kalite yönetim sistemi sertifikalandırması ile sağlanacaktır (Bölüm 3, B'ye bakınız).

2.5 Üretim ve montajda dizaynla ilgili isteklerin uygulanması

2.5.1 Amaç; üretim ve montajda, bileşenlerle ilgili teknik dokümanlarda belirtilen isteklerin göz önüne alınması ve uygulanması sağlanacaktır. Bu husus öncelikle, bileşenlerin ve rüzgar türbininin üreticisi tarafından TL'na gösterilecektir. Ayrıca, normal çalışma sırasında dış gözetimlerin yapılması öngörüldür.

2.5.2 Üretim ve montaj sırasındaki gözetimin kapsamı, kalite yönetim önlemlerinin standardına bağlıdır ve TL ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

2.5.3 Üretim ve montajdaki kalite yönetimi önlemlerinin tanımı, ilgili bileşen veya gruplarla ilgili özet dokümanda sunulacaktır. Kalite yönetim denetimleri; resimler, spesifikasyonlar ve örnek dokümanlarla desteklenebilir.

2.5.4 Kalite yönetim önlemlerinin tanımlarının, dizayn değerlendirmesi kapsamı içinde sunulması tavsiye edilir.

2.5.5 Dokümante edilen uygulamalar, üretimin başlangıcında, personel muayenesi kapsamında TL tarafından incelenir. Uygunluğun, bileşen üreticisinin işyerinde mi yapılacağı veya tesis üreticisinin kabul muayenesinin bir parçası mı olacağına her durumda ayrı ayrı karar verilecektir.

2.5.6 Üretim kalitesine veya bileşenlerin özelliğine etki eden prosedür değişimleri TL'na bildirilecektir. Büyük değişimlerde, açıklayıcı dokümanlar yeniden inceleme için verilecek ve gerekirse, personel muayenesi tekrarlanacaktır.

2.5.7 Üretim hatasına bağlı olarak açık deniz rüzgar türbinlerinin çalışmasında sapmalar veya arızaların oluştuğuna dair bilgiler elde edilirse, tip sertifikasının düzenlenmesinden sonra dahi TL'nun üretimi gözetme hakkı saklıdır.

2.5.8 Arızaları düzeltme olanakları aşağıda verilmiştir:

- Açıklayıcı dokümanların düzeltilmesinden sonra, oluşan hatalar düzeltilir. Personel muayenesinin tekrarlanması gerekebilir.
- Eğer hatalar algılanamazsa, bu bileşenler veya parçalar için TL, üretim yerinde dış muayene talep edebilir.

2.6 Prototip testi

2.6.1 Prototipin testi kapsamındaki ölçümler, genelde aşağıda belirtilenleri içerir:

- Güç eğrisi ölçümü (Bölüm 10, B'ye bakınız),
- Gürültü yayımının ölçümü (Bölüm 10, C'ye bakınız),
- Elektrik karakteristiklerinin ölçümü (Bölüm 10, D'ye bakınız),
- Rüzgar türbini davranış testleri (Bölüm 10, E'ye bakınız),
- Yük ölçümleri (Bölüm 10, F'ye bakınız),
- Dişli kutusunun prototip denemesi (Bölüm 10, G'ye bakınız).

2.6.2 Bu ölçüm kapsamında sapmalar sadece TL ile anlaşmaya varılması halinde mümkündür.

2.6.3 Ölçümlerle ilgili ayrıntılar Bölüm 10'da verilmiştir. Ölçüm noktaları, ölçümlerin planlanan kapsamı ve bunların değerlendirmesi, montaja başlamadan önce TL ile koordine edilecektir. Eğer ölçümlerin sonuçları, mukavemet analizlerinde esas olarak alınacaksa, ölçümler başlamadan önce ilave istekler hakkında TL ile koordinasyon sağlanacaktır.

2.6.4 Ölçümlerin tamamlanmasından sonra, aşağıdaki faaliyetler yürütülecektir.

- Ölçümlerin değerlendirilmesi ve dokümante edilmesi,
- Ölçüm sonuçlarının uygunluk kontrolü,

- Ölçüm sonuçları ile dizayn dokümanlarındaki kabullerin karşılaştırılması.

2.6.5 Çeşitli ölçümlerle ilgili ölçüm raporları ve karşılaştırmalar, incelenmek üzere **TL**'na verilecektir.

2.7. Yeniden Sertifikalandırma

2.7.1 Tip sertifikasının geçerliliğinin sona ermesi halinde, üreticinin başvurusu üzerine yeniden sertifikalandırma yapılacaktır. İşlemin tamamlanmasını takiben, yeniden sertifikalandırmayı ve 3 yıllık geçerlilik süresini de belirten bir Tip Sertifikası düzenlenecektir.

2.7.2 Yeniden sertifikalandırma için aşağıdaki dokümanlar incelenmek üzere **TL**'na verilecektir:

- Geçerli resimlerin listesi,
- Dizayn değerlendirmesinin bir parçasını oluşturan bileşenlerin dizayn değişimlerinin ve varsa değişimlerin değerlendirilmesi ile ilgili dokümanların listesi,
- Son denetimden beri kalite yönetim sistemindeki değişimlerin listesi,
- Tipteki tüm kurulu açık deniz rüzgar türbinlerinin listesi (asgari olarak, değişimin açık tanımı, seri numarası, göbek yüksekliği, konum ile birlikte tipin beyanı),
- Kurulu açık deniz rüzgar türbinlerindeki tüm hasarların listesi.

2.7.3 Eğer yapıda değişiklikler yapılırsa, bunlar incelenir ve A-dizayn değerlendirmesi için Uygunluk Beyanı revizyonu düzenlenir.

3. Proje Sertifikasyonu

3.1 Genel

3.1.1 Belirli bir saha için proje sertifikasyonu; tip onaylı açık deniz rüzgar türbinleri ve belirli taşıyıcı yapılarının

dizaynlarının, sahaya özgü dış koşulların isteklerine ve buradaki esaslara, ilgili yerel kodlara ve sahaya ait diğer isteklere uygunluğunu doğrular. Proje sertifikasyonu çerçevesinde meteorolojik koşulların, zemin özelliklerinin, sahadaki diğer çevre ve elektrik şebekesi koşullarının, açık deniz rüzgar türbini tipi ve taşıyıcı yapılarının, dizayn dokümanlarında belirtilenlere uygun olduğu değerlendirilecektir.

3.1.2 Proje sertifikasyonu, ayrıca üretimin, taşımanın, montajın ve ilk çalıştırmanın **TL** kurallarına veya kabul edilen diğer standart ve teknik isteklere uygunluğunu ve açık deniz rüzgar türbininin ilgili el kitaplarına uygun şekilde çalıştırıldığını ve bakımlarının yapıldığını da doğrular.

3.1.3 Aşağıdaki koşullarla, proje sertifikasyonu, açık deniz rüzgar türbininin ömrü boyunca geçerliliğini korur :

- Bakım planına göre periyodik izleme yapılacaktır.
- Bakım ve onarımlar, bakım planına göre yapılacaktır.
- Büyük değişimler veya onarımlar, **TL** onayı ile yapılacaktır.
- Dizaynda veya olumsuz dış koşul kabulleri esas alındığında, öngörülme arızalar oluşmayacaktır.

Eğer bu koşullar sağlanmazsa, **TL** yeniden sertifikalandırmayı isteme veya proje sertifikasının geçerliliğini sona erdirmeye hakkına sahiptir.

3.1.4 Belirli bir açık deniz sahasındaki açık deniz rüzgar türbininde proje sertifikasını elde etmek için aşağıdaki aşamalar gereklidir (Şekil 1.4'e de bakınız):

- Kullanılan açık deniz rüzgar türbini tipi için tip sertifikası (B.2'ye bakınız),
- Saha değerlendirmesi (B.3.2'ye bakınız).
- Sahaya özgü dizayn değerlendirmesi (B.3.3'e bakınız),

- Üretim sırasındaki sürveyler (B.3.4'e bakınız),
- Taşıma ve montaj sırasındaki sürveyler (B.3.5'e bakınız),
- İlk çalıştırma sırasındaki sürveyler (B.3.6'ya bakınız),
- Sertifikanın geçerliliğini sürdürmek üzere yapılacak periyodik muayene (periyodik izleme) (B.3.7'ye bakınız).

3.1.5 Bu aşamalar tamamlandıktan sonra, **TL** sertifikayı düzenleyecektir.

3.2 Saha değerlendirilmesi

3.2.1 Saha değerlendirilmesi; açık deniz rüzgar türbini üzerindeki ortamla ilgili etkileri ve açık deniz rüzgar türbini çiftliklerinin karşılıklı etkileşimlerinin incelenmesini içerir.

3.2.2 Saha değerlendirilmesi için, aşağıdaki etmenlerden gelen etkiler dikkate alınacaktır:

- Rüzgar koşulları (Bölüm 4),
- Deniz koşulları (batimetri, dalgalar gelgit, rüzgar ile dalga ilişkileri, deniz buzları, deniz canlıları, aşınma, vb.) (Bölüm 4),
- Zemin koşulları (Bölüm 6, G),
- Saha ve rüzgar çiftliği konfigürasyonu (Bölüm 4),
- Diğer ortam koşulları, örneğin; havadaki tuz oranı, sıcaklık, buz ve kar, nem, yıldırım düşmesi, güneş radyasyonu, vb. (Bölüm 4),
- Elektrik şebekesi koşulları (Bölüm 4, H).

Bu saha koşulları; ölçüm raporlarının uygunluğu, kalitesi ve bütünlüğü ile dış koşullar hakkında raporları oluşturan ölçüm kuruluşlarının akreditasyonu yönlerinden değerlendirilecektir.

3.3 Sahaya özgü dizayn değerlendirmesi

Sahadaki dış koşullar esas alınarak, aşağıdaki değerlendirme aşamalarından oluşan sahaya özgü dizayn değerlendirmesi yapılacaktır :

- Sahaya özgü yük kabulleri (Bölüm 4),
- Sahaya özgü yükler ile tip onayındaki yüklerin karşılaştırması,
- Özel taşıyıcı yapılar (kule, alt yapı ve temel) (Bölüm 3, 5, 6)
- Değişim varsa, tip sertifikasına göre makina parçaları ve pervane kanatlarındaki değişimler (Bölüm 6, 7),
- Eğer yük karşılaştırması tip onaylı, makina bileşenlerindeki yüklerden daha büyük yükleri belirliyorsa, makina parçaları ve pervane kanatları için rezerv gerilme hesapları (Bölüm 6,7).

3.4 Üretim sırasındaki gözetimler

3.4.1 Üretimin başlaması sırasındaki gözetimlerden önce, üretici tarafından belirli kalite yönetimi istekleri karşılanmalıdır. Kural olarak kalite yönetim sistemi ISO 9001'e uygun olarak sertifikalandırılmalıdır. Aksi halde, kalite yönetimi önlemleri **TL** tarafından değerlendirilecektir. Bunun için Bölüm 3, B.3'deki minimum istekler karşılanacaktır.

3.4.2 Üretim sırasındaki gözetimin kapsamı ve incelenecek örneklerin miktarı kalite yönetimi önlemlerinin standardına bağlıdır ve **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir. Genelde, **TL** tarafından aşağıdaki faaliyetler ve onaylar yürütülecektir:

- Malzemelerin ve bileşenlerin muayene ve testleri, (Bölüm 3, D),
- Test sertifikaları, belgeler, raporlar gibi kalite yönetim kayıtlarının incelenmesi,
- Depolama koşulları ve elleçleme dahil, rastgele örnekleme ile üretimin gözetimi,

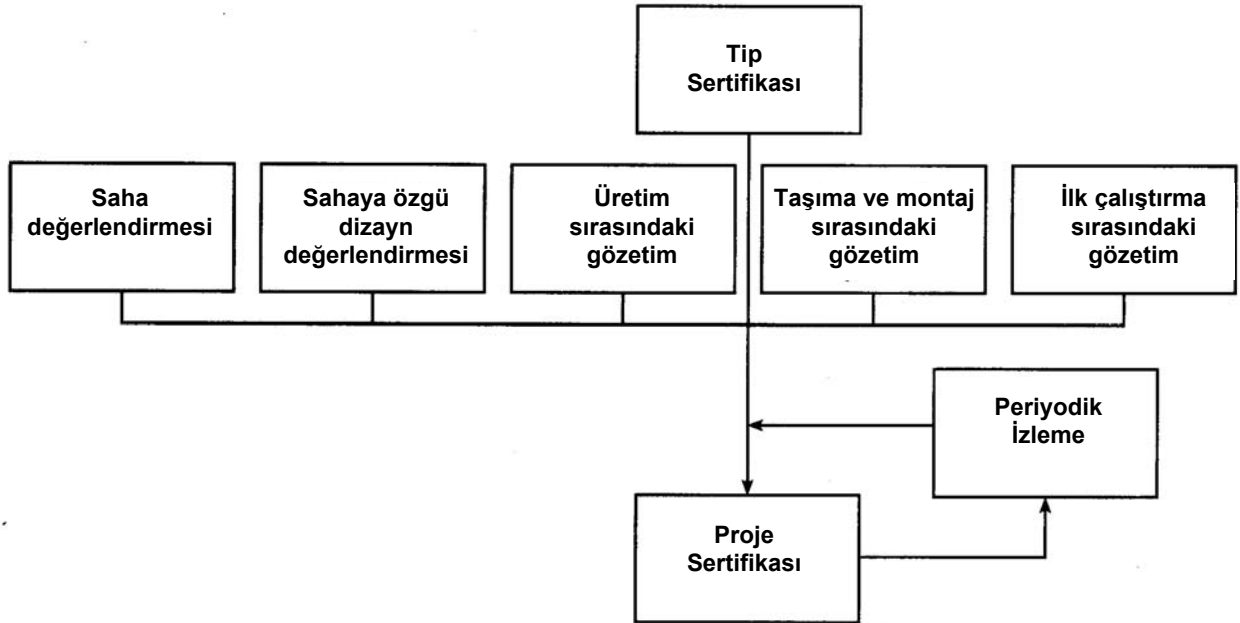
- Korozyondan korumanın muayenesi,
- Elektrik güç sisteminin muayenesi,
- Boyutlar ve toleranslar,
- Genel görünüm,
- Hasarlar.
- İş programının incelenmesi (örneğin; kaynak, montaj, beton dökme, cıvata ile bağlama),
- Üreticinin işyerinde yapılmadığı takdirde, üretimin kalitesi yönünden, ön montajı yapılmış grupların ve monte edilecek bileşenlerin muayenesi,
- Rastgele örnekleme esasına göre montajdaki önemli aşamaların gözetimi (örneğin; kazık çakılması, beton dökülmesi),

3.5 Taşıma ve montaj sırasındaki gözetimler

3.5.1 Çalışmaya başlamadan önce, gerektiğinde sahadaki özel koşulları da dikkate alan, taşıma ve montaj el kitabı verilecektir (Bölüm 9, 1.'e bakınız). Bu el kitabı, değerlendirilen dizayna, taşıma ve montaj koşullarına (iklim, iş planlaması, vb.) uygunluk yönlerinden kontrol edilecektir.

3.5.2 TL'nun gözetim faaliyetlerinin ve muayene edilecek örneklerin miktarı, taşıma ve montajda görev alan kuruluşların kalite yönetim önlemlerine bağlıdır. Kural olarak, TL aşağıdaki faaliyetleri yapacaktır:

- Taşıma ve montaj prosedürlerinin onayı,
- İlgili açık deniz rüzgar türbininin tüm bileşenlerinin belirlenmesi ve ayrılması,
- Taşıma sırasında hasarlanmalar yönünden bileşenlerin kontrolü,
- Cıvatalı ve beton birleştirmelerin muayenesi, tahribatsız testlerin gözetimi (örneğin kaynaklı birleştirmeler),
- Korozyondan korumanın muayenesi (Bölüm 3, E'ye bakınız),
- Aşınmadan koruma sisteminin muayenesi (Bölüm 6, G'ye bakınız).
- Elektrik tesisatının muayenesi (kablo çekilmesi, donanım toprakları ve topraklama sistemi) (Bölüm 8'e bakınız)
- Deniz bağları ve denizdeki işlemlerin muayenesi (Bölüm 12'ye bakınız).



Şekil 1.4 Proje sertifikası aşamaları

3.6 İlk çalıştırmanın gözetimi

3.6.1 İlk çalışma gözetimi, tüm açık deniz rüzgar türbinleri için yapılacak ve rüzgar türbininin çalışmaya hazır olduğunu ve uygulanacak tüm standart ve isteklere uygun durumda bulunduğunu doğrulayacaktır.

3.6.2 İlk çalıştırmadan önce, ilk çalışma el kitabı ve planlanan tüm testler (Bölüm 9, B'ye bakınız) değerlendirilmek üzere verilecektir. İlk çalıştırmadan önce, üretici açık deniz rüzgar türbininin uygun şekilde monte edilmiş olduğunun ve gerektiği takdirde çalışmanın emniyetini sağlamak üzere test edilmiş olduğunun kanıtlarını verecektir. Bu kanıtın bulunmadığı hallerde, tesisi işletmeye alırken uygun testler yapılacaktır. İlk çalışma **TL** gözetimi altında yapılır.

3.6.3 Bu gözetim; fiili ilk çalışma sırasında, açık deniz rüzgar türbinlerinin yaklaşık %10'unun sömürör tarafından gözetimini içerir. Diğer türbinler, ilk çalıştırmadan sonra muayene edilecek ve ilgili kayıtlar incelenecektir.

3.6.4 İlk çalışma sırasında, çalışma ve emniyet işlevi durumlarından kaynaklanan tüm açık deniz rüzgar türbini işlevleri test edilecektir. Bu testler ve faaliyetler şunlardır (Bölüm 9, B'ye de bakınız).

- Emercensi basma düğmesinin işlevi,
- Çalışma sırasındaki olası her koşulda frenlerin harekete geçirilmesi,
- Yönlendirme sisteminin işlevi,
- Yük kaybı durumunda davranış,
- Aşırı devir durumunda davranış,
- Otomatik çalışma işlevi,
- Kontrol sistemi göstergelerinin lojik kontrolü.

Testlere ilave olarak, ilk çalışma sırasında, tüm açık deniz rüzgar türbininin gözle muayenesi suretiyle, aşağıdaki maddeler kontrol edilecektir :

- Genel görünümü,

- Korozyondan korunma,
- Hasarlar,
- Ana bileşenlerin onaylı dizaynla uygunluğu ve izlenebilirliği.

3.7 Periyodik izleme

3.7.1 Sertifikanın geçerliliğini sağlamak için, açık deniz rüzgar türbininin onaylı bakım el kitabına göre bakımı yapılacak (Bölüm 9, D) açık deniz rüzgar türbininin durumu, Bölüm 11 "Periyodik İzleme"ye göre, **TL** tarafından periyodik olarak izlenecektir. Bakımlar, yetkili bir kişi tarafından yapılacak ve dokümanite edilecektir. Periyodik izleme aralığı, muayene planında belirtilecek ve **TL** ile anlaşmaya varılacaktır. Bu aralık, açık deniz rüzgar türbininin durumuna göre değişebilir.

3.7.2 Önemli hasarlar ve onarımlar **TL**'na bildirilecektir. Sertifikanın geçerliliğini sağlamak için, değişimler **TL** tarafından onaylanmalıdır. Gözetime tabi olan bu işlerin kapsamı hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

3.7.3 Bakım kayıtları **TL** tarafından incelenecektir. **TL**'nin yapacağı periyodik izleme aşağıdaki kısımları kapsar:

- Temel ve aşınmayı önleme (varsa, sadece ilgili muayene kayıtlarının onayı),
- Alt yapı,
- Kule,
- Türbin kaportası,
- Tahrik sisteminin tüm parçaları,
- Pervane kanatları,
- Hidrolik / pnömatik sistem,
- Emniyet ve kontrol sistemleri,
- Elektrik donanımı.

3.7.4 Periyodik izlemenin ayrıntıları, Bölüm 11'de verilmiştir.

3.8 Proje sertifikasyonunun A ve B düzeyleri

B'de belirtilen aşamaların başarılı olarak geçilmesinden sonra proje sertifikası düzenlenecektir. Üretim, taşıma, montaj, ilk çalıştırma ve periyodik izlemenin sürveyi ile ilgili olarak iki farklı proje sertifikasyonu düzeyi vardır :

A - Proje sertifikası : Sürveyler açık deniz rüzgar türbinlerinin %100'ünü kapsayacak şekilde yapılır. Yani, açık deniz rüzgar çiftliğindeki tüm rüzgar türbinleri izlenecektir. Sürveyler; taşıyıcı yapı ile önemli makina bileşenlerini, pervaneleri ve elektrik sistemini içerir.

B - Proje sertifikası : Sürveyler, rastgele esaslı olarak, açık deniz rüzgar türbinlerinin %25'ini kapsayacak şekilde yapılır. Yani, açık deniz rüzgar türbinlerinin en az %25'i izlenir. Sürveyler; taşıyıcı yapı ile önemli makina bileşenlerini, pervaneleri ve elektrik sistemini içerir. Sürveylerde, önemli kusurlar, onaylı dizayndan veya kalite yönetim sisteminden farklılıklar bulunursa, izlenecek türbin sayısı iki katına çıkarılır.

C. Temel Dizayn ve Yapım Esasları

1. Genel

1.1 Buradaki esasların temeli, örneğin; ISO 2394 veya eşdeğeri gibi standartlarda yer alan genel güvenilirlik ve dayanıklılık prensiplerine dayanmaktadır.

1.2 Sertifikalandırılması amaçlanan açık deniz rüzgar türbinleri, öngörülen çalışma ömürleri boyunca emniyetli ve ekonomik çalışma garanti edilecek şekilde dizayn ve imal edilecek ve bakımı yapılacaktır. Bu amaçla, aşağıda belirtilenlerin kanıtlanması gereklidir:

- Tesis; üretim sırasında ve öngörülen çalışma ömrü sırasında (azami sınır durumları) karşılaşılabilecek kabul edilen tüm yüklerle (C.2.1'e bakınız) karşı koyabilecektir, ve

- Tesis; bu bağlamda kabul edilecek yüklerin her birinin etkisi altında çalışmaya devam edebilecektir (çalışılabilirlik sınır durumları).

1.3 Genel olarak, açık deniz türbinlerinin, servis ömrü en az 20 yıl olan, insansız yapılar olduğu kabul edilir.

1.4 Açık deniz rüzgar türbini, normalde, küçük etkenler, orantısız şekilde büyük hasarlara neden olmayacak şekilde dizayn edilmelidir. Bu durum -örneğin- aşağıdaki şekilde sağlanabilir.

- Önemli bileşenlerin, bir parçadaki arızanın tüm tesisin hasarlanmasına yol açmayacak şekilde dizayn edilmesiyle, veya
- Tüm önemli bileşenlerin, öngörülen tüm etkilere dayanabilmesinin sağlanmasıyla.

1.5 Muayene ve bakım aralıkları; söz konusu aralıkta tesisin durumunda önemli bir bozulma olmaması sağlanacak şekilde planlanmalıdır. Dizaynda; ilgili bileşenlerin muayenelerinin yapılabilme olanağı dikkate alınacaktır.

1.6 Muayenenin mümkün olmadığı hallerde bileşen, tesisin tüm çalışma ömrü boyunca dayanıklılığı sağlanacak şekilde dizayn ve imal edilecektir.

1.7 Bakım kavramı, dayanıklılığını sağlamak üzere tesisin ömrü boyunca yetkili bir kişi tarafından yapılan tüm faaliyetleri içerir. Bu faaliyetler şunları içerir:

- Düzenli muayeneler,
- Olağandışı muayeneler (örneğin; hasardan, bot darbesinden, büyük depremlerden ve öngörülmeyen diğer önemli olaylardan sonra),
- Onarımlar,

2. Tanımlar

2.1 Yükler

Bu tanımlar çerçevesindeki yükler, yapıya bir yük gelmesine neden olan tüm çevresel etkiler ve etkileşimlerdir.

2.2 Sınır durumları

Bir yapının veya bileşenlerinin bütünlüğü, sınır durumların incelenmesi ile kanıtlanacaktır. Sınır durumlar, kendi içinde de ayrılabilen iki gruba ayrılır: azami sınır durumları ve çalışılabilirlik sınır durumları.

2.2.1 Azami sınır durumu

2.2.1.1 Genelde maksimum yük taşıma kapasitesine karşılık gelen azami sınır durumu, örneğin; aşağıdaki durumları içerir:

2.2.1.2 Bileşenler, kesitler ve bağlantılardan oluşan bir yapının kritik parçalarının, örneğin; aşağıdaki nedenlerle kopması :

- Çatlama / azami mukavemetin aşılması,
- Denge kaybı (burkulma),
- Yorulma.

2.2.1.3 Bir yapının veya parçalarının statik dengesinin kaybı (örneğin; rijid bir gövde olarak devrilme).

2.2.2 Çalışılabilirlik sınır durumu

Dizayna ve işleve bağlı olarak çalışılabilirlik sınır durumu, rüzgar türbininin normalde öngörülen çalışmasına yönelik çeşitli sınırlayıcı değerlerle belirlenir. Dikkate alınacak sınırlar, diğerlerinin yanı sıra, şunlardır:

- Deformasyonlar,
- Titreşim genlikleri ve ivmeler,

- Çatlak genişlikleri,
- Gerilmeler ve zorlanmalar.
- Su geçirmezlik,

2.3 Yükler için kısmi emniyet faktörleri

2.3.1 Yükler için kısmi emniyet faktörleri γ_F , oluşan yük olasılığı dikkate alınarak, verilen bir olasılıkta belirli sınırlayıcı değerlerin aşılmaması sonucunu verir. Bu kısmi emniyet faktörleri, yüklerin ve onların görünme olasılığının (örneğin; normal ve aşırı yükler) belirsizliğini, yüklerin belirleyici karakteristik değerlerden olası sapmasını ve yük modelinin hassasiyetini (örneğin; gravite veya aerodinamik kuvvetler) yansıtır.

2.3.2 Yükler için kısmi emniyet faktörleri kullanılan malzemelerden bağımsızdır ve tüm yük bileşenleri için Bölüm 4, C.7'de belirtilmiştir.

2.3.3 Güvenilir dizayn değerlerini elde etmek için, yüklerin belirsizlikleri ve değişimleri C.1 eşitliğinde, tanımlanan yükler için kısmi emniyet faktörleri ile karşılanır.

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k \quad (C.1)$$

Burada ;

F_d = Yüklerin dizayn değerleri,

γ_F = Yükler için kısmi emniyet faktörleri,

F_k = Yüklerin karakteristik değerleri. Buradaki esaslarda, istatistiksel yollarla karakteristik değerlerin kolaylıkla belirlenemeyeceği durumlarda "temsili değer" ifadesi kullanılır.

2.3.4 Bu değişken belirsizlikler, bazı hallerde bağımsız kısmi emniyet faktörleri vasıtasıyla dikkate alınır. Birçok kodlarda olduğu gibi buradaki esaslarda yük ile ilgili faktörler, kısmi emniyet faktöründe gruplandırılır.

2.4 Malzemeler için kısmi emniyet faktörleri

2.4.1 γ_M , malzeme için kısmi emniyet faktörleri malzeme tipine, prosese, bileşen geometrisine ve varsa, üretim prosesinin mukavemet üzerindeki etkisine bağlılığı dikkate alır.

2.4.2 Mukavemet analizlerinde kullanılacak R_d dizayn dirençleri, C.2 eşitliğine göre R_k karakteristik mukavemetin, malzemeler için kısmi emniyet faktörüne bölümünden elde edilir :

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (\text{C.2})$$

2.4.3 Malzemeler için kısmi emniyet faktörleri, malzemelere bağlı olarak, Bölüm 5, C, D, ve E'de ve Bölüm 6, F'de belirtilmiştir.

3. Analiz Prosedürü

3.1 Bir bileşendeki S gerilmesi, ilgili sınır durumu için uygulanan dizayn yükleri kullanılarak hesaplanır.

$$S = S (F_d) \quad (\text{C.3})$$

3.2 Dizayn yüklerinden kaynaklanan gerilmelerin, dizayn mukavemetinin altında kaldığının kanıtı gereklidir.

$$S \leq R_d \quad (\text{C.4})$$

3.3 ISO 2394 ve Avrupa kodlarında istenilen kısmi emniyet faktörü prosedürü, her zaman doğrudan rüzgar türbinlerine uygulanamaz. Zira ortam ile etkileşimde bulunan açık deniz rüzgar türbininin çalışma durumu, çeşitli yük bileşenleri eşitliğinden elde edilir. Bu gibi

durumlarda, yüklerin ve gerilmelerin hesabı, karakteristik yükler kullanılarak hesaplanacaktır. Belirsizlikten kaynaklanan bağımsız etkiler (örneğin; dönme hızı, aerodinamik kuvvetler); kısmi emniyet faktörleri ile kesin olarak tanımlanan emniyet düzeyi elde edilecek şekilde sistematik olarak değiştirilecektir. Basitleştirme için; karakteristik yükler esas alınarak hesaplanan kuvvetler ve gerilmeler, özel yük kombinasyonları için en olumsuz yükler için kısmi emniyet faktörü ile çarpılabilir.

4. Matematiksel Yöntem

4.1 Gerilmeler, genelde, açık deniz rüzgar türbinin ve bileşenlerinin davranışlarının ve türbine etki eden yük tiplerinin idealize edildiği ve yaklaşımlarının yapıldığı matematiksel modeller vasıtasıyla hesaplanır.

4.2 Seçilen model ve yaklaşım tipi, incelenecek sınır durumuna uygun olacaktır.

4.3 Test sonuçları esas alınarak boyutlandırma mümkündür. Ancak, bunlar istatistiksel olarak desteklenmelidir.

Not :

Yük taşıyıcı sistemin global analizine ek olarak, lokal olarak oluşan gerilmelerin (örneğin; yoğun yükler bölgesinde) incelenmesi gerekli olabilir.

EK 1 - A**ULUSAL STANDARTLAR****1. Genel**

Rüzgar türbinleri ile ilgili Ulusal Standartlar Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanmıştır. Oluşturulmuş bulunan bu standartların listesi, TS numaraları ve başlıkları halinde verilmiştir.

TS EN 61400-21

Rüzgar türbinleri jeneratör sistemleri
- Bölüm 21 : Şebekeye bağlanan
rüzgar türbinlerinin güç kalite
karakteristiklerinin ölçülmesi ve
değerlendirilmesi

2. Rüzgar Türbinleri ile ilgili Türk Standartları Listesi

TS EN 45510-5-3

Enerji santralleri – Donanımlar için
tedarik kılavuzu – Bölüm 5-3 :
Rüzgar türbinleri

TS EN 61400-1 Rüzgar türbinleri - Bölüm 1 :
Tasarım kuralları

TS EN 61400-2 Rüzgar türbinleri jeneratör sistemleri
- Bölüm 2 : Küçük rüzgar
türbinlerinin güvenliği

TS EN 61400-12 Rüzgar türbinleri-üreteç sistemleri
Bölüm 12 : Rüzgar türbini güç
performans deneyi

3. Temin Kaynakları

TS standartları www.tse.org.tr internet sitesinden elde
edilebilir.

EK 1 - B**IEC VE CENELEC STANDARTLARI**

1. Genel		IEC 61400-2	Safety requirements of small wind turbines
1.1 Rüzgar türbinleri ile ilgili uluslararası standartlar, International Electrotechnical Commision'ın Technical Committe 88 tarafından 1988'den beri derlenmektedir. Technical Committee 88'in; standartları, teknik raporları ve teknik spesifikasyonları oluşturan veya revize eden çalışma grupları, proje takımları ve güncelleştirme takımları vardır.		IEC 61400-3	(Committee draft) desing requirements for offshore wind turbines
		IEC 61400-11	Acoustic noise measurement techniques
1.2 IEC tarafından oluşturulan her doküman, paralel harmonizasyon amacıyla European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) içinde dağıtılır.		IEC 61400-12	Wind turbine power performance testing
		IEC 61400-121	(Committee draft) power performance measurements of grid connected wind turbines
1.3 IEC tarafından oluşturulan standartlara ilave olarak, CENELEC'in Technical Committee 88'in de çeşitli Avrupa çalışma grupları tarafından derlenen kendi EN standartları vardır. Aşağıda listelenen dokümanlar, sadece başlıkları ile verilmiş olup, yayımlanma tarihleri ve revizyonları belirtilmemiştir.		IEC TS 61400-13	Measurement of mechanical loads
		IEC 61400-21	Measurement and assesment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
1.4 Buradaki esaslarda atıfta bulunulan ISO açık deniz yapıları standartları 3.'de verilmiştir.		IEC TS 61400-23	Full-scale structural testing of rotor blades
2. Rüzgar Enerjisi Alanındaki Standartların Listesi		IEC TR 61400-24	Lightning protection
IEC WT 01	System for comformity testing and certification of wind turbines, rules and procedures	IEC 61400-25	(Committee draft) communication standard for control and monitoring of wind power plants
IEC 60050-415	International electrotechnical vocabulary-part 415 : wind turbine generator systems	DIN EN 61400-1	Safety requirements
		DIN EN 61400-2	Safety of small wind turbines
IEC 61400-1	Safety requirements		

DIN EN 61400-11	Acoustic noise measurement techniques	ISO 9001 : 2008	Quality management systems - Requirements
DIN EN 61400-12	Wind turbines power performance testing	ISO 19900 : 2002	General requirements for off-shore structures
DIN EN 61400-21	Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines.	ISO 19901-1:2003	DIS : specific requirements for offshore structures – part 1 : Metocean design and operating conditions
DIN EN 50308	Labour safety		
DIN EN 50373	Electromagnetic compatibility	ISO 19901-4:2003	Specific requirements for offshore structures – Part 4 : Geotechnical and foundation design considerations
DIN EN 50376	Declaration of sound power level and tonality values of wind turbines.		

ISO 19902 : 2004 DIS : Fixed steel offshore structures

3. Açık Deniz Yapıları ile ilgili ISO Standartları Listesi

ISO 19903 : 2004 DIS : Fixed concrete offshore structures

ISO 2394 : 1998	General principles on reliability for structures
ISO 2533 : 1975	Standard Atmosphere
ISO 4354 : 1997	Wind actions on structures

3. Temin Kaynakları

IEC standartları www.iec.ch EN standartları www.cenelec.orf , DIN standartları www.din.de ve ISO standartları www.iso.org internet sitelerinden elde edilebilir.

BÖLÜM 2

EMNİYET SİSTEMİ, KORUMA VE İZLEME DONANIMI

Sayfa

A. Genel	2- 1
B. Kontrol ve Emniyet Sistemi	2- 3
C. Koruma ve İzleme Donanımı	2- 7
Ek 2-A Kontrol ve Emniyet Sistemlerinin Etkileşimi	2-16

A. Genel

1. Değerlendirme Dokümanları

1.1 Emniyet sistemi ile koruma ve izleme donanımının onayı için, asgari olarak aşağıdaki dokümanlar verilecektir:

- a) Açık deniz rüzgar türbininin tanımı (tip gösterimi, açık deniz rüzgar türbininin genel yerleşim planı, işlevsel esaslar, vb.),
- b) Kontrol kavramının ve kontrol sisteminin tanımı (kontrol sisteminin yapısı, çalıştırma ve durdurma prosedürlerinin düzeni, normal çalışmada açık deniz rüzgar türbininin davranışı, arıza algılanması durumunda açık deniz rüzgar türbininin davranışı),
- c) Yük kabullerinin onayı için, 3.'e göre açık deniz rüzgar türbininin kontrol düzeninin tanımı,
- d) Açık deniz rüzgar türbininin yüklerine etki eden işletim yönetimindeki diğer parametrelerin (ayarlanmış olan nümerik değerler) belirtilmesi (güç üretimi ve kapanma rüzgar hızları, döner hız değerleri, güç değerleri, varsa rota (yönlendirme) hareketlerinin kontrol /ayarlanması, sıcaklıklar, vb.),

e) Emniyet kavramının ve emniyet sisteminin tanımı (emniyet sisteminin yapısı, emniyet sisteminin aktivasyonundan sonra açık deniz rüzgar türbininin davranışı, emniyet sisteminin çalışması ile ilgili kriterlerin belirtilmesi, vb.),

f) Emniyet sisteminde ayarlanmış bulunan tüm parametrelerin bildirimi (nümerik değerler),

g) Sensörlerin ve varsa, emniyet sisteminin ölçme transduserinin tanımı (tip gösterimi, ayar değerleri, zaman sabitleri, vb.),

h) Emniyet sisteminin aktivasyonundan sonra açık deniz rüzgar türbininin klerens prosedürünün tanımı,

i) Frenleme sistemlerinin tanımı ve bunların davranışları (frenleme sistemlerinin yapısı, çalışma durumu, karakteristik değerler, zaman sabitleri, vb.),

j) Asgari olarak emniyet sisteminin işlevi görünebilecek kapsamda, elektrik ve hidrolik (varsa, pnömatik) devre şemaları. Devre şemalarında, elektrik ve hidrolik (varsa pnömatik) devre şemaları. Devre şemalarında, elektrik ve hidrolik (ve varsa pnömatik) sistem arasındaki bağlantı açıkça anlaşılabilir.

k) 2.'ye göre olası arızaların sistematik değerlendirmesi.

l) Varsa, iç ve dış izleme kameralarının tanımları.

m) Örneğin; şebeke bağlantısı arızası nedeniyle, açık deniz rüzgar türbininin uzun süre devre dışı kalması halinde alınacak önlemlerin tanımı. Bu süre, kural olarak, 3 aydır. Alınacak önlemler, örneğin; kanat piç sisteminin ve / veya pervanenin kilitlemesi veya bir yedek güç beslemesi sağlanması şeklinde olabilir. Bu önlemler yük kabullerine etki eder ve bu nedenle dikkate alınmalıdır (Bölüm 4, C.3.12.6'ya bakınız).

Not :

Açık deniz rüzgar türbininin, elektrik şebekesine bağlanmadan, örneğin; 3 ay'a kadar bir süreyle park etmesi durumunun, açık deniz rüzgar türbininin tüm ömrü boyunca bir kez olacağı kabul edilecektir.

n) Açık deniz rüzgar türbininin, uzun süreli devre dışı kalma durumundan sonra çalıştırılması halinde alınacak önlemlerin tanımı. "Önlemler; örneğin; kilitlerin açılması ve / veya tekrar enerji verildiğinde kuru olması gereken bileşenlerin kurutulması / ısıtılması şeklinde olabilir.

o) Açık deniz rüzgar türbininin alıştırma periyodu sırasında alınacak önlemler (Bölüm 7, D.9.1'e de bakınız). Bu önlemler, asgari olarak :

- Türbinin yaşına bağlı olarak, maksimum gücün sınırlandırılması,
- Alıştırma periyodu sırasında ilave testler ve ölçme prosedürleri,
- Alıştırma periyodu sırasında ve sonunda ilave bakım faaliyetleri'dir.

p) Varsa, rüzgar çiftliği gözetimsel kontrol sistemi ve türbinlerin uzaktan kontrol olanaklarının tanımı (örneğin; elektrik gücünün, piç / rota kontrol parametrelerin,değiştirilmesi).

1.2 Dokümanlarda, Bölüm 2'deki isteklerin karşılandığı gösterilecektir. Ayrıntı derecesi; yük kabulleri ile ilgili olarak, tesisin davranışının uygun olarak tanımlanacağı şekilde seçilecektir.

2. Olası Arızaların Sistematik Değerlendirmesi

2.1 Aşağıda belirtilen sistemlerdeki olası arızaların değerlendirilmesi verilecektir:

- Emniyet sistemi,
- Frenleme sistemi, ve
- Eğer φ_A kapanma yönlendirme arızası tanımlı ise (Bölüm 2, B.2.8 madde 2'ye bakınız), yönlendirme sistemi.

Bu değerlendirmede, bu sistemlerdeki olası tüm arızalar belirtilecek ve incelenecektir. Değerlendirme DYD 2.x ve DYD 7.x gruplarının yük durumlarının tanımında ve emniyet sistemindeki fazlalıkların incelenmesinde kullanılacaktır.

2.2 Olası her arıza için, asgari olarak aşağıdaki bilgiler verilecektir:

- Olası arızaların gösterimi ve tanımı,
- Etkilenen bileşen(ler),
- Olası neden(ler),
- Algılama tipi,
- Arızanın etkisi(leri),
- Olumsuz sonuçların sınırlandırılması ile ilgili önlem(ler).

2.3 Bu muayene için seçilen teknikler (örneğin; hata durumu ve etki analizi, arıza ağacı, vb.), dokümanları oluşturan tarafından uygun olarak seçilecektir.

3. Yük Kabullerinin Onayı için Kontrol Düzeninin Tanımı

3.1 Tesisin davranışının ve ilgili yüklerin simülasyonu için, açık deniz rüzgar türbininin yük tepkisine etki eden ilgili tüm kontrol devreleri ve izleme cihazlarının tanımları verilecektir (örneğin; güç, dönme hızı, yönlendirme momenti).

3.2 Açık deniz rüzgar türbininin kontrol düzeninin davranışı, varsa hiyerarşik bölmelerle, bir blok devre diyagramı ile tanımlanacaktır. Her blok için, giriş / çıkış tepkilerini ve ilk durumu açık olarak tanımlamak üzere formül verilecektir.

3.3 Blok devre diyagramı, kontrol düzeninin giriş ve çıkış sinyallerini ve kullanılan blokların karşılıklı bağlantılarını içerecektir. Etkinin doğrultusunu göstermek üzere, sinyal yönleri oklarla gösterilecektir. Blok devre diyagramındaki her bir sinyal, açık olarak adlandırılacaktır.

3.4 Kontrol düzeninin bağımsız bloklarının giriş ve çıkışları arasındaki işlevsel bağıntı, zaman kademesi bildirimi ile birlikte aralıklı-zaman statik veya dinamik model eşitlikleri formunda (lineer bloklar için z-transfer fonksiyonlarına izin verilir) tanımlanacaktır.

Not :

Kontrol düzeninin işlevi için gerekli olan sinyaller ve parametreler birimleri ile birlikte, bir tabloda özet halinde verilebilir.

B. Kontrol ve Emniyet Sistemi

1. Genel

İşletimi optimize etmek ve bir arıza durumunda tesisi emniyetli bir durumda muhafaza etmek için, kontrol kavramı ve emniyet kavramı; açık deniz rüzgar türbininin sistem kavramı çerçevesinde, dizayn aşamasında oluşturulur.

Emniyet kavramında; izin verilen aşırı devir, yavaşlama momentleri, kısa-devre momentleri, izin verilen titreşimler, vb. gibi ilgili işletme değerleri dikkate alınacaktır (B.3'e bakınız).

2. Tanımlar

2.1 Kontrol kavramı ve kontrol sistemi

2.1.1 Kontrol kavramı ile, açık deniz rüzgar türbininin verimli çalışması, mümkün olduğunca arızalardan arınması, aşırı zorlanmaması ve emniyetli olması ile ilgili bir prosedür anlaşılır. Prosedürün mantığı, genel kontrol sisteminin bir parçasını oluşturan, programlanır bir ünite içinde yer alır.

2.1.2 Kontrol sistemi yardımı ile, açık deniz rüzgar türbini kontrol edilir, ayarlanır ve izlenir. Kontrol sistemi, tesisi normal çalışma sınırları içinde tutacaktır.

2.2 Emniyet kavramı ve emniyet sistemi

2.2.1 Emniyet kavramı ile, arıza durumunda açık deniz rüzgar türbininin emniyetli durumda kalmasını sağlamayı amaçlayan sistem kavramının bir bölümü anlaşılır. Arıza oluşursa, tesisin emniyet kavramına göre davranmasının sağlanması, emniyet sisteminin görevidir.

2.2.2 Emniyet sistemi; lojik olarak kontrol sisteminin üstünde olup, emniyetle ilgili sınır değerler aşıldığında veya kontrol sisteminin, tesisi normal çalışma sınırları içinde tutamıyorsa devreye girer. Emniyet sistemi, tesisi emniyetli bir durumda tutmayı amaçlar.

2.3 Frenleme sistemi

2.3.1 Frenleme sistemi, doğası nedeniyle pervane dönüş hızını azaltabilen ve maksimum değer altında tutabilen veya tamamen durdurabilen bir sistemdir. Frenleme sistemi, pervaneyi frenlemeye katkıda bulunan tüm bileşenleri kapsar.

2.3.2 Frenleme sistemi; örneğin, aerodinamik, mekanik, elektrikli, hidrolik veya pnömatik tipte olabilir. Böyle bir sistem, belirtilen çalışma şekillerinin birden fazlasını kullanabilir veya birkaç alt sistemden oluşabilir.

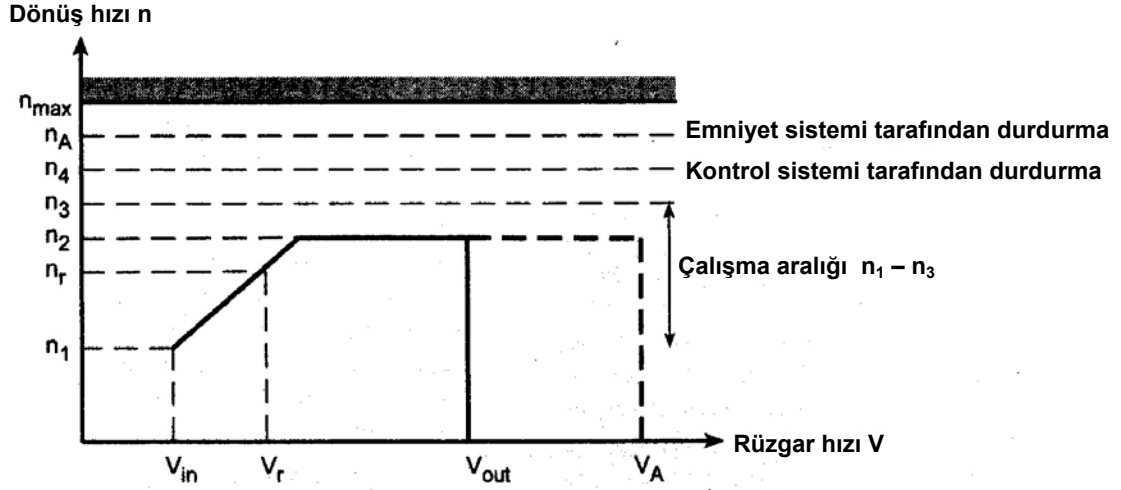
2.4 Klerens

Klerens; gerekli onarımların yapılması veya arıza nedenlerinin giderilmesi ve daha sonra açık deniz rüzgar türbininin çalıştırılması bakımından insan müdahalesi anlamındadır.

Klerensde yeterince kalifiye bir kişinin, açık deniz rüzgar türbini sahasında bulunması ve aktif olarak müdahalesi gereklidir.

2.5 Pervanenin dönüş hızı

2.5.1 Çalışma aralığı; dönme hızının normal çalışma koşulları içinde kaldığı, pervanenin dönme hızının, n_1 "minimum işletme devrinden" n_3 "maksimum işletme devrine" kadar olan aralığını içerir. Çalışma aralığı, sadece kısa bir süre için kabul edilen (örneğin; rezonans devrinin aşılması) içerebilir.



Şekil 2.1 Değişken devirli açık deniz rüzgar türbini örneği kullanılarak, dönme hızı aralıkları skeci

2.5.2 “Nominal devir” n_r ; nominal rüzgar hızı V_r ’deki dönme hızıdır (2.7.2’ye bakınız).

2.5.3 “Hız kontrol ünitesinin ayar değeri” n_2 ; nominal rüzgar hızı V_r ’nin üzerindeki çalışma durumunda, değişken-devirli tesislerde kullanılır. Bu çalışma aralığında, dönme hızı, n_2 ’den sadece standart tolerans kadar sapabilir.

2.5.4 “Kapanma devir sayısı” n_A ; kontrol sistemi vasıtasıyla açık deniz rüzgar türbininin derhal durması gereken dönme hızıdır.

2.5.5 “Aktivasyon devir sayısı” n_4 ; emniyet sisteminin derhal devreye girmesi gereken dönme hızıdır.

2.5.6 “Maksimum aşırı devir sayısı” n_{maks} ; kısa süreli olsa dahi aşılmaması gereken devir sayısıdır.

2.5.7 Devir sayılarının tanımlanmasında; belirli bileşenlerin etkileşimleri, özellikle pervane kanatlarının, tahrik sisteminin ve kulenin titreşim davranışı (örneğin; doğal frekanslar) dikkate alınacaktır.

2.6 Güç

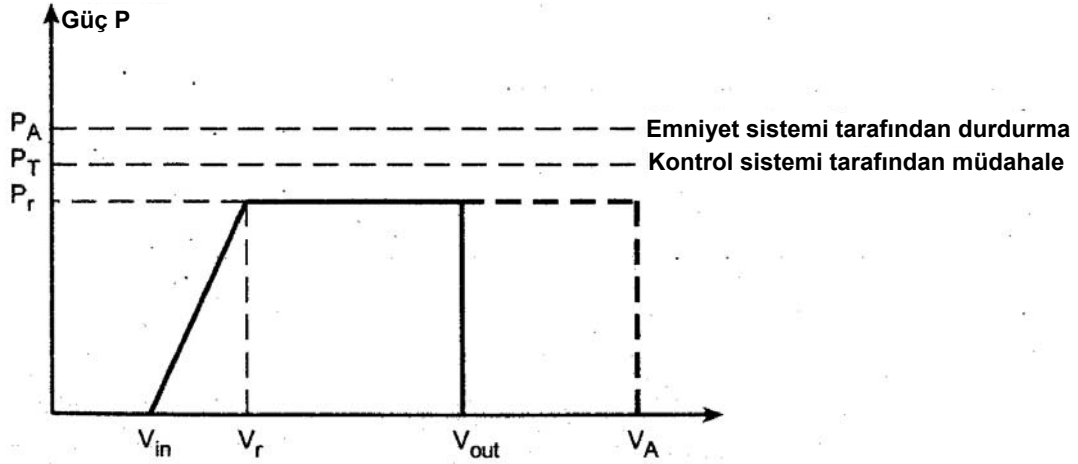
2.6.1 “Nominal güç” P_r ; normal çalışma koşullarında güç eğrisinden elde edilen, açık deniz rüzgar türbininin çıkış terminalindeki (olası invertör sisteminden sonra ve olası transformatörden önce), maksimum devamlı elektrik gücüdür. Bu güçte, jeneratör veya jeneratör / invertör sistemi, belirlenen ortalama nominal elektrik gücünü sağlar.

2.6.2 “Aşırı güç” P_T ; kontrol sisteminin bir güç azaltımını harekete geçirmesi gereken, açık deniz rüzgar türbininin çıkış terminalindeki etkin elektrik gücüdür.

2.6.3 “Aktivasyon gücü” P_A ; emniyet sisteminin derhal devreye girmesi gereken, açık deniz rüzgar türbininin çıkış terminalindeki anlık etkin elektrik gücüdür.

2.7 Rüzgar hızı

2.7.1 “Güç üretimi rüzgar hızı” V_{in} ; açık deniz rüzgar türbininin güç üretmeye başladığı, göbek yüksekliğindeki (normal rüzgar profili modeli NRP için Bölüm 4, B.2.3.2’ye bakınız) en düşük ortalama rüzgar hızıdır.



Şekil 2.2 Güç eğrisi skeci

2.7.2 “Nominal rüzgar hızı” V_r ; açık deniz rüzgar türbininin 2.6.1’e göre nominal gücü ürettiği, göbek yüksekliğindeki (normal rüzgar profili modeli NRP için Bölüm 4, B.2.3.2’ye bakınız) en düşük ortalama rüzgar hızıdır.

2.7.3 “Kapanma rüzgar hızı” V_{out} ; açık deniz rüzgar türbininin durdurulması gereken, göbek yüksekliğindeki maksimum rüzgar hızıdır (ortalama süre üretici tarafından tanımlanacaktır).

2.7.4 “Kısa süreli kapanma rüzgar hızı” V_A ; aşıldığı takdirde, açık deniz rüzgar türbininin derhal durdurulması gereken, göbek yüksekliğindeki anlık rüzgar hızıdır (ortalama süre üretici tarafından tanımlanacaktır).

2.8 Rüzgar doğrultusu ve yönlendirme (rota) sapması

2.8.1 “Yönlendirme (rota) sapması” φ , rüzgar doğrultusu ile (göbek yüksekliğindeki rüzgarın anlık geliş doğrultusu) açık deniz rüzgar türbininin pervane eksenini arasında, yatay düzlemde ölçülen açıdır.

2.8.2 “Kapanma yönlendirme sapması” φ_A , aşıldığı takdirde açık deniz rüzgar türbininin derhal durdurulması gereken izin verilen en büyük yönlendirme sapmasıdır (ortalama süre üretici tarafından tanımlanacaktır).

2.9 Harici güç beslemesi, şebeke arızası

2.9.1 Harici güç beslemesi; açık deniz rüzgar türbininin otomasyonu, kontrolü veya mekanik sistemlerine dışarıdan her çeşit ana veya yardımcı güç beslemesi anlamındadır. Eğer enerji; rüzgar enerjisinin dahili dönüşümü ve açık deniz rüzgar türbininin kendi donanımını kullanan pervanenin kinetik enerjisi ile sağlanıyor ve kullanılıyorsa, bu harici güç beslemesi olarak addedilmez. Elektriğin akülerden, şebekeden veya dizel jeneratörlerden sağlanması harici güç beslemesidir. Benzer şekilde, harici olarak yardımcı güç beslemesi (kontrol havası, hidrolik sistem akışkanı, vb.) de aynı sınıfa dahildir.

2.9.2 Bir saate kadar sürede harici güç beslemesi kesilmesi (şebeke arızası), normal dış koşul olarak kabul edilir. Ayrıca, bir saatten fazla olup 7 güne kadar süren şebeke kesilmesi bir hata olarak kabul edilecektir.

2.10 Kilitleme düzenleri

Kilitleme düzenleri, hareketsiz hale getirilmiş hareketli parçaları (pervane, yönlendirme sistemi, kanat piç sistemi, vb.) emniyete alan düzenlerdir.

3. İstekler ve Dizayn Kavramı

3.1 Genel emniyet kavramı

Emniyet sistemi, aşağıdaki kriterleri sağlayacaktır:

3.1.1 Tekil arıza

Emniyet sisteminin işlevi ile ilgili olan tekil bir bileşenin (örneğin; bir sensör veya frenleme sistemi) arızası, emniyet fonksiyonunda bir hataya yol açmayacaktır. İki bağımsız bileşenin aynı anda arızalanması olası olmayan bir durum olarak sınıflandırılır ve bu nedenle dikkate alınmasına gerek yoktur. Birbirine bağlı bileşen durumunda, aynı anda oluşan arıza, tekil arıza olarak sınıflandırılacaktır. Emniyet sisteminin bağımsız bileşenleri kullanılabilirlik ve güvenilirlikleri bakımından en yüksek nitelikte olacaktır.

3.1.2 Fazlalık

3.1.2.1 Dizayn kavramları bakımından, emniyet sistemi, kontrol sisteminden tamamen bağımsız olacaktır.

3.1.2.2 Emniyet sistemi, karşılıklı olarak ve tamamen bağımsız en az iki frenleme sistemine ulaşabilecektir.

Not :

Bağımsız ifadesinin anlamı; sistem mühendisliği dizayn aşamasında, “ortak bir nedeni olan hatalar”dan şiddetle kaçınılacağı’dır. Buna göre, tekil bir bileşenin arızası, birden fazla frenleme sisteminde arızalanmaya ve bu nedenle tüm emniyet fonksiyonlarının yitirilmesine yol açmayacaktır.

3.2 Kontrol ve emniyet sistemleri

3.2.1 Kontrol sistemi

Kontrol sistemi; açık deniz rüzgar türbinini, Bölüm 4, B’de belirtilen tüm dış koşullarda, normal çalışma sınırları içinde tutacak veya bu sınırlar içindeki çalışmaya döndürecek şekilde dizayn edilecektir. Hatalı durumlar (aşırı-güç, aşırı devir ve aşırı ısınma gibi) kontrol sistemi tarafından algılanacak ve uygun önlemler alınacaktır.

Kontrol sistemi bilgileri açık deniz rüzgar türbinindeki sensörlerden alacak ve en az iki frenleme sistemini harekete geçirecektir. Emniyet sisteminin frenleme sistemini harekete geçirmesi üzerine kontrol sistemi kendini ikinci plana çekecektir.

3.2.2 Emniyet sistemi

3.2.2.1 Emniyet sistemini harekete geçiren sınırlayıcı değerler, dizayn bazındaki sınır değerler aşılmayacak ve açık deniz rüzgar türbini tehlikeye düşmeyecek şekilde ve aynı zamanda kontrol sistemi, emniyet sistemi tarafından gereksiz bir şekilde etkilenmeyecek tarzda tanımlanacaktır.

3.2.2.2 Kontrol sisteminin işlevleri, emniyet sisteminin isteklerine göre ikinci derecede yer alacaktır.

3.2.2.3 Emniyet sistemi, en az iki frenleme sistemine ve jeneratörün şebeke kesicisi donanımına yüksek öncelikli ulaşımı olacak ve normal çalışma değerlerinden sapmalarda devreye girince, gecikmeksizin görevini yerine getirecek, türbini emniyetli durumda tutacak ve kontrolündeki tüm frenleme sistemlerinin yardımıyla pervanenin yavaşlamasını sağlayacaktır.

Not :

Şebekeden ayrılmanın, emniyet sisteminin aktivasyonu anında yapılması gerekli değildir. Her halde, açık deniz rüzgar türbininin hızlanması ve jeneratörün motor olarak çalışmasından kaçınılmalıdır.

3.2.2.4 Eğer emniyet sistemi harekete geçmişse, her durumda 2.4’de belirtilen bir klerense ihtiyaç vardır. Emniyet sisteminin bu klerensi kontrol sisteminden bağımsız olacak ve hiçbir zaman otomatik olarak harekete geçmeyecektir. Eğer emniyet sistemi, şebeke kaybından önce devreye girerse, şebekenin tekrar kazanımından sonra klerens otomatik olarak harekete geçmeyebilir.

3.3 Frenleme sistemleri

3.3.1 Frenleme sistemi istekleri

3.3.1.1 Pervanenin yavaşlayabilmesini veya durma durumuna gelebilmesini sağlayan birbirinden bağımsız en az iki frenleme sistemi bulunacaktır.

3.3.1.2 Yük paylaşımı ve aynı zamanda bir frenleme sisteminin arızası durumunda, diğer frenleme sistem(ler)i, pervaneyi n_{maks} azami aşırı devrin (2.5.6'ya bakınız) altında tutabilmelidir (Bölüm 4, C.3.6'ya bakınız).

3.3.1.3 Pervaneyi durma durumuna getirmek mümkün olacaktır (C.2.14 ve Bölüm 4, C.3.9, C.3.12'ye bakınız).

3.3.2 Frenleme prensibinin seçimi

Asgari olarak frenleme sistemlerinden biri aerodinamik prensibine göre çalışmalı ve doğrudan pervaneye etki etmelidir. Eğer bu istek karşılanmazsa, sağlanan frenleme sistemlerinden en az biri, pervane hızında dönen açık deniz rüzgar türbininin parçalarına (göbek, shaft) etki edecektir.

3.3.3 Harici güç beslemesi

3.3.3.1 Frenleme sistemi; harici güç beslemesi (2.9'a bakınız) kesilse dahi çalışmaya devam edecek şekilde dizayn edilecektir. Seçilen sistem kavramı içindeki tüm frenleme sistemleri ile bu istek karşılanamazsa, buradaki Esaslardaki emniyet düzeyini eşdeğer şekilde sağlayan ilave önlemler uygulanacak ve doğrulacaktır.

3.3.3.2 Frenlerin çalışması için akümülatörlerden yardımcı güç beslemesi (örneğin; hidrolik ünitelerden veya akülerden) gerekli ise, asgari bir emercensi frenleme için yeterli miktarda enerjinin var olduğu otomatik olarak izlenecektir. Eğer akümülatörün işlevi sıcaklığına bağlı ise, akümülatör sıcaklığı da izlenecektir.

Eğer bu izleme görevleri sürekli olarak yapılamıyorsa, en çok haftalık aralıklarla otomatik testler yapılacaktır. Eğer izleme veya test olumsuz sonuç verirse, açık deniz rüzgar türbini derhal durdurulacaktır. Ayrıca, Bölüm 2, C.2.10 dikkate alınacaktır.

3.4 Tork sınırlayıcı bileşenler

Eğer tork'u sınırlayıcı bileşenler varsa, konulan herhangi bir mekanik fren, tork sınırlayıcı cihaz ile pervane göbeği arasında yer alacaktır.

4. Açık Deniz Uygulamaları

4.1 Emniyet sistemi harekete geçirilmişse, her

durumda 2.4'de belirtilen bir klerens gereklidir. Madde 3.2.2.4 uygulanır. Açık deniz rüzgar türbinleri için klerensi yerine getiren kalifiye bir kişinin, türbin sahasında bulunmasına gerek yoktur, aşağıdaki koşullara uyulduğu takdirde, uzaktan kumanda merkezinden klerens yapılabilir.

4.2 Ana bileşenlerin yerinde olduğu ve hasarlanmamış görüldüğünü sağlamak üzere, klerens işleminden önce, türbinin dışı uzaktan muayene edilecektir. Bu muayene, bitişik bir türbinden, bir bottan veya helikopterden yapılabilir ve izleme kameralarının kullanımı mümkündür.

4.3 Ana bileşenlerin yerinde ve hasarlanmamış olduğunun belirlenmesi için, çalıştırma sırasındaki klerensden sonra, türbin kaportasının içi muayene edilecektir. Bu muayene, izleme ve kamera ve mikrofonları veya diğer uygun yöntemler kullanılarak yapılabilir.

4.4 Emniyet sisteminin izin verilen uzaktan klerensleri adedi sınırlıdır. Dokümanlarda, her olası hata için;

- 24 saatte izin verilen uzaktan klerenslerin adedi, ve
- Aynı arıza için toplam olarak uzaktan klerenslerin adedi.

4.5 Eğer, insan emniyeti nedeniyle gerekli ise (örneğin; helikopter kaldırma işlemleri, kanat ucu / gemi'nin olası çatışması) personelin varışından önce, uzaktan kumanda ile pervaneyi boştaki çalışır duruma getirmek mümkün olacaktır.

C. Koruma ve İzleme Düzenleri

1. Genel

1.1 Emniyet sistemi, sınır değerler aşıldığında harekete geçer. Bu sistem bir frenlemeyi başlatır. Bir arızanın ne zaman emniyet sistemini doğrudan harekete geçireceği ve / veya kontrol sistemi tarafından nasıl işlem göreceği aşağıda verilmiştir.

1.2 Bu Bölüm Ek 2-A'da, kontrol sistemi ile emniyet sisteminin etkileşimi, tipik bir örnek olarak, grafik gösterimle verilmiştir.

2. Sınır Değerler, Kontrol Sistemi

2.1 Genel

Buradaki 2. maddede belirtilen durumlarda, türbinin durdurulmasından sonra klerens olmaksızın tekrar otomatik olarak çalışmasına izin verilir. Bu otomatik çalışma, sınır değerlerinin en çok ihlali için her 24 saatte bir kaç kezle sınırlıdır. Farklı sınır değerlerini içeren ihlallerin birbirinden bağımsız kabul edilebilir.

2.2 Dönme hızı

2.2.1 Dönme hızının ölçülmesi

Dönme hızı, ayrı sistemler tarafından en az 2 kat olarak seçilecek ve kontrol sistemine en az iki katla ve emniyet sistemine en az bir katla iletilecektir. Hız sensörlerinden en az biri, pervane devrinde çalışan açık deniz rüzgar türbininin bir bileşenine monte edilecektir.

Not :

Kanat ucu frenlerinin otomatik devreye girmesi emniyet sistemine ve kontrol sistemine raporlanacaktır. Eğer buna olanak yoksa, kanat uçlarının tekrar engellenmemesi ve pervane dönüş hızının n_A 'yı tekrar geçmemesi sağlanacaktır (B.2.5.5'e bakınız).

2.2.2 Ölçme sisteminin işletim güvenilirliği

2.2.2.1 Prensip olarak, hız ölçme sistemleri, işlevsellik ve güvenilirlik bakımından frenleme donanımı ile aynı istekleri sağlayacaktır. Özellikle, yapının aranjmanı, arıza etkileri değerlendirildiğinde bu isteği karşılayacaktır.

2.2.2.2 Kontrol sistemi, açık deniz rüzgar türbininin tüm çalışma durumlarında ölçülen hızların en az ikisinin birbirlerine uygunluğunu sürekli olarak izleyecektir.

2.2.3 Aşırı hız ve kontrol sisteminin tepkisi

2.2.3.1 Eğer pervane devri, çalışma aralığını (B.2.5.1) geçerse ($n > n_3$), kontrol sistemi pervanenin yavaşlamasını sağlayacaktır.

2.2.3.2 Eğer dönüş hızı n_4 (B.2.5.4) aşılsa, kontrol sistemi açık deniz rüzgar türbinini durduracaktır.

2.2.3.3 Eğer karşılıklı hız uygunluğunun izlenmesinde bir hata algılanırsa, açık deniz rüzgar türbinini durdurulacaktır.

2.2.3.4 C.2.2.3'e göre bir durdurmadan sonra, eğer sistem kavramında varsa ve tesiste bir arızalanma yoksa, klerens olmaksızın yeniden otomatik çalışma olabilir. Otomatik çalışma, her bir 24 saatte 3 kez ile sınırlandırılacaktır.

2.2.4 Aktivasyon hızını geçen dönme hızı

Eğer aktivasyon hızı n_A (B.2.5.5) aşılsa, emniyet sistemi derhal harekete geçecektir.

Not :

Uluslararası jeneratör standartlarına göre, standart aşırı devir testini kapsaması nedeniyle, n_{maks} maksimum aşırı devir sayısı (B.2.5.6'ya bakınız) $1,2 \times n_2$ (B.2.5.3'e bakınız) değerini aşmamalıdır.

2.2.5 Emniyet sisteminin devreye girmesinden sonraki davranış

2.2.5.1 Madde 2.2.4'e göre aşırı dönme hızından sonra emniyet sistemi tepki vermişse, maksimum aşırı devir n_{maks} (2.5.6) aşılmayacaktır (kısa süreli dahi). Bu durum özellikle aerodinamik frenlerde ve zamana göre düzenlemeli frenlerde dikkate alınacaktır.

2.2.5.2 Emniyet sistemi, açık deniz rüzgar türbinini derhal durduracak ve emniyetli bir koşula getirecektir.

2.3 Güç

2.3.1 Gücün ölçülmesi

2.3.1.1 Güç ölçümü operasyonel bir ölçüm olarak kabul edilecek ve buna göre işlem görecektir. Nominal gücü 1 MW veya daha büyük olan tesislerde, 2.3.3'e göre P_A aktivasyon gücünün ihlali için ilave güç izlemesi sağlanacaktır. Güç ile açık ve bilinen ilişkiye sahip olduğu takdirde diğer fiziksel parametrelere başvurmak gerekebilir. Bu durumda, operasyonel anlamlı yeni parametreler ile güç arasındaki ilişki, test aşamasındaki ölçümlerle oluşturulacak ve uygun tarzda kaydedilecektir (örneğin; performans grafiği şeklinde).

2.3.1.2 Dönme hızı ile birlikte ölçülen güç, tüm tesisin ortalama yükün ölçümü olarak kabul edilir.

2.3.2 Kontrol sistemi için güç ölçümü

2.3.2.1 Genelde, ölçüm parametresi olarak elektrik gücü (etkin güç) kullanılacaktır. Eğer sistem kavramı, B.2.6.2'ye göre P_T aşırı gücün aşılması olasılığını kapsıyorsa, güç bir kontrol parametresi olarak seçilecek ve kontrol sistemine verilecektir.

2.3.2.2 Güç ölçüm donanımı, gerek ortalama değerleri (yaklaşık 1-10 dakika ortalaması) ve gerekse kısa süreli güç piklerini (en az saniyede bir kez örnekleme) seçebilecektir.

2.3.3 Emniyet sistemi için güç izlemesi

2.3.3.1 Güç, anlık aktivasyon gücü P_A 'nın aşımı yönünden sürekli olarak izlenecektir. Nominal gücü 1 MW veya daha büyük olan tesislerde, gerekli olan izleme ve ölçme cihazları, kontrol sisteminin güç ölçümüne ilave olarak sağlanacak ve doğrudan emniyet sistemi üzerinde etkin olacaktır.

2.3.3.2 Sistem kavramına göre P_A 'nın aşılması mümkün değilse veya güç ölçümü için gerekli fazlalık başka bir tarzda verilmişse, bu hükümden muafiyete izin verilebilir.

2.3.4 Aşırı güç P_T veya nominal güç P_r 'nin aşılması

2.3.4.1 Eğer güç, aşırı güç P_T 'yi (B.2.6.2) aşarsa, gerekli önlemler kontrol sistemi tarafından gecikmeksizin otomatik olarak başlatılacaktır. Gücün uzun süreli ortalaması P_r nominal gücü (B.2.6.1) geçmeyecektir.

2.3.4.2 Alınacak önlemler, sistem kavramına bağlıdır. Güç buna göre azaltılacak veya türbin durdurulacaktır.

2.3.4.3 Aşırı güç P_T için anlık değer ve ortalama değer ortalama sürelerle birlikte üretici tarafından belirlenecek ve yük hesabında buna göre dikkate alınacaktır (yorulma yükleri). Prototip testi sırasında, tanımlanan değerlerin sağlandığı gösterilecektir.

Not :

Kural olarak P_T , P_r nominal gücün hemen üzerinde yer alacak veya ona eşit olacaktır.

2.3.5 P_A aktivasyon gücünün aşımı

2.3.5.1 Eğer anlık güç, P_A aktivasyon gücünü (B.2.6.3) aşarsa, emniyet sistemi gecikmeksizin koruyucu önlemleri otomatik olarak harekete geçirecektir. Fiili önlemler sistem kavramına bağlıdır. Her durumda, açık deniz rüzgar türbini durdurulacak ve emniyetli bir duruma getirilecektir.

2.3.5.2 P_A aktivasyon güç ile ilgili değer, açık deniz rüzgar türbini üreticisi tarafından belirlenecek ve yük hesaplarında dikkate alınacaktır.

2.3.6 Otomatik harekete geçme

Eğer açık deniz rüzgar türbini 2.3.4'deki esasa göre P_T aşırı gücü aştıktan sonra durdurulursa, sistem kavramında bulunması ve tesiste bir arıza olmaması koşuluyla, otomatik tekrar harekete geçme olabilir. Otomatik harekete geçme her 24 saatte 3 kere ile sınırlandırılacaktır.

2.4 Rüzgar hızı

2.4.1 İstekler

Eğer açık deniz rüzgar türbininin emniyetli çalışması rüzgar hızı ölçümüne bağlı ise veya rüzgar hızı kontrol sisteminin giriş parametrelerinden biri ise, rüzgar hızının güvenilir ve uygun şekilde ölçüm olanakları sağlanacaktır.

2.4.2 Rüzgar hızının ölçülmesi

2.4.2.1 Eğer 2.4.1'de belirtildiği gibi rüzgar hızının ölçülmesi gerekli ise, bu istek, hızı ya doğrudan ölçerek veya hızla açık ve bilinen bir bağlantısı bulunan diğer parametrelerle ve bunları işleme tabi tutarak karşılanabilir.

Prensip olarak, operasyonel ölçümler için uygun hissetme noktaları ve ölçüm teknikleri seçilecektir. İlgili ölçme parametresi olarak göbek yüksekliğindeki rüzgar hızı - mümkün olduğunca bozulmamış akımlı - dikkate alınacaktır.

2.4.2.2 Buzlanma durumunda riskli bir belirsizliğe neden olan bir ölçüm yönteminin seçimi, ölçülen değerlerin devamlı olarak uygunluk kontrollerini (örneğin; rüzgar hızı ile ilgili diğer ölçülen büyüklüklerin karşılaştırılması ile) ve

buzlanma tehlikesi durumunda devreye girecek olan uygun bir ısıtma düzenine sahip hissedici donanımının kontrollerini gerektirir.

2.4.3 Kapanma rüzgar hızının aşılması

B.2.7.3'e göre V_{out} kapanma rüzgar hızı, açık deniz rüzgar türbininin dizaynında esas olarak alınmışsa, eğer bu sınır değeri aşılsa, tesis kontrol sistemi tarafından derhal ve otomatik olarak durdurulacaktır.

2.4.4 Kısa süreli kapanma rüzgar hızının aşılması

Eğer kapanma rüzgar hızı, açık deniz rüzgar türbininin dizaynında esas olarak alınmışsa, V_A kısa süreli kapanma rüzgar hızının aşılması halinde (B.2.7.4) tesis, kontrol sistemi tarafından derhal ve otomatik olarak durdurulacaktır.

2.4.5 Otomatik harekete geçme

Eğer açık deniz rüzgar türbini, kapanma rüzgar hızı aşıldığında durdurulursa, rüzgar hızı, sistem kavramına göre izin verilen bir değere düşmüşse ve tesiste bir arıza yoksa, klerensiz olarak otomatik tekrar harekete geçme olabilir.

2.4.6 Hatalı rüzgar hızı ölçümünde kontrol

Eğer kontrol sistemi, rüzgar hızı ölçümlerinin hatalı sonuçlar verdiğini algılayarsa, açık deniz rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.5 Şok

2.5.1 Genel

Şok terimi; hasarlar, balanssızlık veya diğer etkiler nedeniyle (örneğin; depremler) açık deniz rüzgar türbininin cebri hareketleri ve ivmelenmelerini ifade eder.

2.5.2 Şokun ölçülmesi

Sınır değerlerle karşılaştırmalı ölçümler vasıtasıyla, şok sürekli olarak izlenecektir. Sensör, türbin kaportası yüksekliğinde, kule ekseninden kaçık olarak yerleştirilecektir. Tüm kaportanın hareketi olarak hissedilecek şok ölçümü için, toplam hareketi hisseden

ölçüm teknikleri kullanılacaktır. Eğer kaportanın hareketi kuleye iletilmezse, bunun yerine uygun bir bağlı hareket hissedilebilir.

2.5.3 İşletim emniyeti

Sensörlerin hassasiyeti, mevcut koşullarla uyumlu olacaktır. Sensörler, yetkisiz personelin müdahalesi dahil, tüm dış etkenlere karşı etkin olarak korunacaktır. Tesis çalışırken, hassasiyetin ayarlanması önerilir.

2.5.4 Sınır değerinin aşılması

Eğer fiilen ölçülen şok sınır değeri (daha önceden belirlenecek) aşarsa, emniyet sistemi harekete geçecek ve tesisi durduracaktır.

2.6 İşletimsel titreşimin izlenmesi

2.6.1 Genel

2.6.1.1 Titreşim terimi; balanssızlık nedeniyle ve tesisin, bileşenlerin doğal frekansı bölgesinde çalışması nedeniyle açık deniz rüzgar türbininin cebri hareketidir. Balanssızlık; hasara arızaya (örneğin; pervane kanatlarının asimetrik biçine) veya diğer dış etkilere (örneğin; pervane kanatlarının buzlanması) neden olabilir.

2.6.1.2 Bu bölüme göre titreşimlerin sürekli izlenmesi (işletimsel titreşimin izlenmesi); açık deniz rüzgar türbininin, kulenin doğal frekanslarına yakın rezonans aralığındaki çalışması için ön koşullardan birisidir (Bölüm 6, F.4.2.1.4'e bakınız).

2.6.1.3 Aerodinamik ile ilgili kanat titreşimlerinin göz ardı edilemeyeceği açık deniz rüzgar türbinlerinde, 2.6'ya göre bu titreşimlerin sürekli olarak izlenmesi gerekebilir (varsa, kulenin titreşiminin izlenmesine ilave olarak).

2.6.2 Titreşimlerin ölçülmesi

2.6.2.1 Titreşimler sürekli ölçülecek ve bunların şiddeti daha önceden belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılacaktır.

2.6.2.2 Sinyal prosesinde ve hassasiyetlerdeki ortalama süreler ile sensörlerin yerleştirileceği yerler; izlenecek bileşenlerin yük - ilgili tüm hareketleri güvenilir biçimde ölçülecek şekilde seçilecektir.

2.6.2.3 Ölçümler ve sinyal prosesleri, kontrol sistemi içinde yapılabilir.

2.6.3 Sınır değerlerin belirlenmesi

2.6.3.1 Titreşimin izlenmesi ile ilgili sınır değerler; açık deniz rüzgar türbininin dizaynında, izlenecek bileşenler için tanımlanan yükler ve/veya hareket miktarları aşıldığında bir alarm verilecek şekilde belirlenecektir. Açık deniz rüzgar türbininin dizaynı sırasında belirlenen titreşim düzeyi, esas olarak alınacaktır.

2.6.3.2 Kısa süreli izleme (örneğin; birkaç saniyeye kadar olan ölçüm süresi) ve uzun süreli izleme (örneğin; birkaç dakika aralığındaki ölçüm süresi) ile ilgili kriterler tanımlanacaktır.

Not :

Bu kriterlerin tesisin durumuna göre belirlenmesi (örneğin; rüzgar hızı, dönme hızı veya güç) uygun olacaktır.

Bu kriterlerin etkinliği, örneğin simülasyonlarla doğrulanacaktır.

Not :

Bu simülasyonlar için, sistem kavramına ve kule dizaynına bağlı olarak işlev bozuklukları (örneğin; mekanik ve / veya aerodinamik pervane balanssızlığı, doğal frekansların yer değiştirmesi) tanımlanabilir. Simülasyonlarda, bu işlev bozukluklarının, dizayn için tanımlanan yükler aşılmaksızın, seçilen hassasiyetler, ortalama süreler ve sınır değerler ile titreşim izlemesi vasıtasıyla algılanacağı gösterilecektir.

2.6.4 Sınır değerin aşılması

Eğer ölçülen titreşimler, tanımlanan sınır değerlerden birini aşarsa, açık deniz rüzgar türbini, kontrol sistemi tarafından durdurulacaktır.

2.6.4 Otomatik çalışma

Madde 2.6.4'deki durdurmadan sonra, sistem kavramı içinde yer alıyorsa ve tesiste herhangi bir arıza algılanmışsa, klerens olmaksızın otomatik olarak yeniden çalışma olabilir. Otomatik çalışma, her 24 saat için 3 kez ile sınırlandırılacaktır.

2.7 Şebeke arızası / yük aktarımı

2.7.1 Genel

Eğer bir açık deniz rüzgar türbini yükünü kaybederse (örneğin; şebeke yükü) pervane çok hızlı bir şekilde hızlanabilir. Bu durum, tekil bileşenleri ve tesisin genelinin yapısal bütünlüğünü tehlikeye sokar.

2.7.2 Şebeke arızasından sonra çalışma

Eğer bir şebeke arızası varsa veya bağımsız durumda çalışan açık deniz rüzgar türbini yükünü kaybetmişse, bu durum kontrol sistemi ve emniyet sistemi tarafından algılanacak ve açık deniz rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.7.3 Şebeke arızasının giderilmesinden sonra çalışma

Şebeke arıza bir dış olay olarak kabul edilir. Bu nedenle, şebekenin tekrar güç almaya başladığında, açık deniz rüzgar türbini kontrol sistemi tarafından otomatik olarak harekete geçirilebilir.

2.8 Kısa devre

2.8.1 İstekler

Açık deniz rüzgar türbini uygun kısa devre koruma düzenleri ile teçhiz edilecektir.

2.8.2 Bir kısa devreden sonra çalışma

2.8.2.1 Eğer koruma düzeni bir kısa devre algıarsa, tepki verecek ve aynı anda emniyet sistemini devreye sokacaktır.

2.8.2.2 Emniyet sistemi açık deniz rüzgar türbinini durduracak ve emniyetli bir duruma getirecektir.

2.9 Jeneratör sıcaklığının izlenmesi

2.9.1 İstekler

Jeneratör sargılarındaki sıcaklık, izin verilen sınırların içinde tutulmasını sağlamak açısından izlenecektir. Bu amaçla, güvenilir olarak çalışan ve bakım gerektirmeyen kendinden izlemeli bir ölçme sistemi seçilecektir.

2.9.2 Sınır değerler

Sargılardaki sıcaklıklar için sınır değerler genelde, kullanılan izolasyon sınıfı esas alınarak, üreticiden alınan bilgilere göre oluşturulur (Bölüm 8, B.6'ya bakınız).

2.9.3 Aşırı sıcaklıktan sonra çalışma

İzin verilen sargı sıcaklığı aşıldığında, güç azaltılacak ve böylece jeneratörün soğuması sağlanacaktır. Bu, kontrol sisteminin görevidir.

Not :

İzin verilen sıcaklık sınırının aşılması jeneratör ömrünü bir miktar azaltsa dahi fazla oranda aşılması, kısa bir sürede harabiyete neden olur. Aşırı akım veya güç, bileşenlerin mekanik ve elektriksel olarak aşırı yüklenmesine sebep olur. Nominal çalışma değerlerinin kısa süreli aşımı, kontrol cihazları tarafından azaltılacaktır. İzin verilen maksimum sınır değerleri aşılsa, açık deniz rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.10 Frenleme sistemlerinin durumunun izlenmesi

2.10.1 Genel

Bir açık deniz rüzgar türbininin frenleme sistemlerinin emniyet yönünden özel bir anlamı vardır. Mekanik frenleme sistemleri yüksek derecede aşınmaya maruzdur. Bu nedenle, servis freni mümkün olduğunca düşük - aşınma veya aşınmasızlık prensibine göre çalışmalıdır (Bölüm 2, B.3.3.2'ye bakınız). Bir açık deniz açık deniz rüzgar türbininin frenleme sisteminin dizaynı; aşırı ve fark edilmeyen aşınma olasılığının veya gerekli aküde (Bölüm 2, B.3.3.3'e bakınız) bir arızanın, gerektiğinde tepki vermesine olanak veriyorsa, frenleme donanımının durumunun izlenmesi sağlanacaktır.

2.10.2 Ölçüm parametreleri

Durum izlemesi ile ilgili ölçüm parametreleri olarak; fren balatası kalınlığı ve / veya mekanik frenlerdeki fren gevşekliği ile dizayn kavramına bağlı olarak frenleme zamanı veya güç tüketimi faktörleri kullanılabilir. Akümülatörler, dizaynlarına göre (Bölüm 2, B.3.3.3'e bakınız) izlenecektir.

2.10.3 Emniyet istekleri

Durum izlemesi sağlanmışsa, bu donanım frenleme sistemi ile aynı emniyet standartlarına uyacaktır (yani, eğer izleme arızası olursa frenler devreye girecektir). Durum izleme donanımının tepkisi ilerleme olasılığı olan hatalar erken algılanacak ve karşı önlemler başlatılacak şekilde olacaktır.

2.10.4 Bir hata algılandıktan sonra çalışma

Eğer durum izleme donanımı, frenleme sisteminin çalışmaya hazır olmadığını algıarsa, açık deniz rüzgar türbini, kontrol sistemi tarafından durdurulacaktır. Algılanan arıza ile ilgili kesin bir bildirimde bulunulacaktır. Tesisin otomatik olarak tekrar çalışmasına, klerensten sonra izin verilir (Bölüm 2, B.2.4'e bakınız).

2.11 Kablonun bükülmesi

2.11.1 İstekler

Açık deniz rüzgar türbininin çalışması, özellikle döner parçalar (kaporta) ile sabit yapının parçaları (kule veya temel) arasındaki bağlantı kabloları olmak üzere, esnek kabloların bükülmesine neden olursa, bu kabloların aşırı bükülmesi nedeniyle tahrip olmasını önleyici teknik önlemler alınacaktır.

2.11.2 Ölçüm parametreleri

Esnek kabloların bükülmesi ile ilgili uygun bir ölçüm parametresi olarak, kaportanın toplam devrinin belirlenmesi için doğrultuya bağlı sayım veya benzeri bir prosedür kabul edilir.

2.11.3 Sınır değerler

Esnek kabloların kabul edilebilir maksimum bükülme derecesi üretici veya sağlayıcı tarafından tanımlanacaktır.

2.11.4 Aşırı bükülmeden sonra çalışma

2.11.4.1 Bükülmeyi izleme donanımı, kabul edilebilir maksimum bükülme derecesine ulaşmadan önce tepki verecektir.

2.11.4.2 Aktif rota (yönlendirme) sistemli açık deniz rüzgar türbinlerinde, kabloların bükümlerinin açılması, yönlendirme tahrik sisteminin uygun çalıştırılmasıyla kontrol sistemi tarafından otomatik olarak sağlanabilir. Bükümlerin açılması sırasında tesis durdurulacaktır. Eğer esnek kabloların bükümü otomatik olarak açılmışsa, açık deniz rüzgar türbini, klerens olmaksızın, otomatik olarak tekrar çalıştırılabilir.

2.11.4.3 Otomatik büküm açılması için en büyük eşik değeri, kontrol sisteminin tepkisi olmaksızın aşılmışsa, emniyet sistemi açık deniz rüzgar türbinini durduracak ve emniyetli bir konuma getirecektir.

Not :

Açık deniz rüzgar türbini yapısındaki olası tehlikeleri önlemek için, aşırı yüksek rüzgar hızlarında (örneğin; $V \geq 0,8 \cdot V_{ref}$) otomatik büküm açılmasını durdurmak ve bu rüzgar hızı kabul edilebilir düzeye düşüne kadar rota sisteminin tesisi otomatik olarak kontrol etmesi tavsiye edilir.

2.11.4.4 Aktif rota sistemsiz tesislerde, kabul edilebilir maksimum bükülme açısına (2.11.3'e bakınız) ulaşıldıktan sonra, kaportanın daha da dönmesi önleneyecektir. Açık deniz rüzgar türbini emniyetli bir konuma getirilecektir.

2.12 Rota (yönlendirme) sistemi

2.12.1 Rüzgar doğrultusunun ölçülmesi

Açık deniz rüzgar türbininin kontrolü için rüzgar doğrultusunun ölçümü gerekli ise, ölçme donanımı (örneğin; yelkovan) uygun bir şekilde sürekli olarak izlenecek ve buzlanma tehlikesi durumunda harekete geçecek uygun bir ısıtma düzeni ile teçhiz edilecektir.

2.12.2 Hatalı rüzgar doğrultusu ölçümünde çalışma

Eğer kontrol sistemi, rüzgar doğrultusu ölçümünün hatalı sonuç verdiğini algılasa, açık deniz rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.12.3 Aktif rota (yönlendirme) sistemi

2.12.3.1 Aktif yönlendirme sistemli kaportalarda, elle

hatalı kullanımda dahi, hesaplara dahil edilmeyen gerilmelerin bir sonucu olarak, açık deniz rüzgar türbininin bütünlüğünü tehlikeye düşürecek koşulların oluşmaması sağlanacaktır. Aktif rota sistemli kaportaların tahrik sisteminde bir frenleme sistemi olacaktır. Harekete geçmeden önce, kaportanın konumunun dizayn rüzgar doğrultusu ile uyumlu olduğu belirlenecektir.

Not :

Bu durum; durdurma süresince rüzgarın yönünün 180° değişmesi ve açık deniz rüzgar türbininin durma süresince rüzgar yönünü takip etmemesi nedeniyle, özellikle uzun süreli durmalardan sonra önemli olabilir.

2.12.3.2 Eğer sistem kavramında kapanma yönlendirme sapması φ_A (Bölüm 2, B.2.8.2'ye bakınız) tanımlı ise, bu değer aşıldığında açık deniz rüzgar türbini derhal durdurulacaktır. Yönlendirme sapması, tekrar izin verilen sınırlar içine girdiğinde açık deniz rüzgar türbini klerens olmaksızın tekrar otomatik olarak çalıştırılabilir.

2.12.4 Pasif rota (yönlendirme) sistemi

Pasif rota sisteminde, harekete geçmeden önce, kaportanın konumunun dizayn rüzgar doğrultusu ile uyumlu olduğu belirlenecektir.

2.13 Frekans ve gerilim

2.13.1 Şebeke ile paralel çalışan açık deniz rüzgar türbinlerinde, sabit bir devre frekansı kabul edilir. Kural olarak, şebeke frekansı açık deniz rüzgar türbinine etki eder. Yeterli paralel çalışmanın sağlanması için ilgili şebeke operatörü tarafından istenilen kapsamda özel izleme ve kontrol gereklidir. Bunun dışında Bölüm 4, B.4.8 uygulanır.

2.13.2 Bağımsız çalışma durumundaki açık deniz rüzgar türbinlerinde, frekans, genelde açık deniz rüzgar türbininin kendisi tarafından belirlenir.

Nasıl ve ne kapsamda frekans değişimlerine tolere edilebileceği, özel hizmet durumu dikkate alınarak belirlenmelidir. Ancak, genelde dizaynda $\pm 5\%$ 'den veya kısa süreler için $\pm 10\%$ 'dan fazla sapmalar esas alınmamalıdır.

2.14 Emercensi basma düğmesi

2.14.1 Genel

Elle müdahale aracı olarak, her bir kaportada ve kontrol ve ayarlama ünitesinde en az bir adet emercensi basma düğmesi bulunacaktır. Düğmeler; işlevlerinin gerektirdiği şekilde çalıştırılabilir ve diğer amaçlara aktarılamayacaktır.

2.14.2 İstekler

“Emercensi off”un harekete geçirilmesi insanları ve açık deniz rüzgar türbinini tehlikeden korumak amacını taşır. Bunun anlamı; Emniyet sisteminin, açık deniz rüzgar türbininin tüm hareketlerini mümkün olan en kısa sürede durdurma. Ana gaye en hızlı şekilde tesisi, mukavemeti ile uyumlu bir şekilde durma konumuna getirmektir. Bu nedenle, mukavemet yönünden doğrulandığı takdirde, olabilecek zaman gecikmeleri by-pass edilecektir.

2.14.3 Emercensi basma düğmesine basıldıktan sonra çalışma

Emercensi basma düğmesine basılması ile çalışma örneğin; aşırı titreşim nedeniyle emniyet sisteminin harekete geçmesi durumundaki çalışma ile benzer olabilir (Bölüm 2, C.2.5’e bakınız). Çalıştırdıktan sonra, emercensi basma düğmesi çalışır durumda kalacaktır.

2.15 Makina bileşenlerindeki arızalar

2.15.1 Makina bileşenleri durumlarına göre izlenecektir. İzleme donanımı, güvenilir bir çalışma önlemi olarak kullanılabilecek fiziksel parametreleri (örneğin; dişli yağ basıncı, dişli yağ sıcaklığı, yatak sıcaklığı, vb.) kapsayacaktır. Bu donanımın sağlanacağı kapsam, genel dizayn kavramına bağlıdır.

2.15.2 Sınır değerler aşıldığında, kontrol sistemi açık deniz rüzgar türbinini durduracaktır. İşlev bozukluğu tipine bağlı olarak, açık deniz rüzgar türbini otomatik olarak tekrar çalışabilir veya kontrol odasından uzaktan kumanda ile tekrar çalıştırılabilir. Otomatik çalışma, her 24 saatte 3 kez ile sınırlandırılacaktır.

2.15.3 Kontrol sistemi kavramı dizaynında, açık deniz rüzgar türbininin yapısal bütünlüğüne, kullanılabilirliğine göre öncelik verilecektir.

2.16 Soğuk bir tesisin çalışması

Açık deniz rüzgar türbininin belirli bileşenleri (örneğin; dişli, jeneratör, transformatör) için üretici tarafından bileşen sıcaklığı ile izin verilen maksimum güç aktarımı arasında bir ilişki belirlenmişse, tesisin kontrol sisteminde ilgili bir “ısınma fazı” sağlanacaktır. Pervane tarafından sağlanan gücün; ilgili bileşenin üreticisi tarafından anlık sıcaklık için belirtilen maksimum değerden büyük olmasına izin verilmez.

2.17 Kontrol sisteminin ve veri depolamanın etkinliği

2.17.1 Kontrol kavramı, açık deniz rüzgar türbininin belirlenen koşullarda çalışması ile ilgili prosedür olarak tanımlanır (Bölüm 2, B.2.1’e bakınız). Eğer kontrol, programlanabilir bir sistemle yapılıyorsa, bu sistem, açık deniz rüzgar türbininin kontrol ve ayarını yüklenir.

2.17.2 Eğer kontrol sistemi, açık deniz rüzgar türbininin kontrolünü kaybetmiş olduğunu algılasa (örneğin; istenilen kanat piçi elde edilemiyorsa), kontrol sistemi emniyet sistemini harekete geçirecektir.

2.17.3 Kontrol sistemi, uygun bir düzenle (örneğin; watch-dog) izlenecektir. Bu düzen devreye girerse, tesis derhal durdurulacaktır. Eğer bu izleme donanımı 24 saatte 1’den fazla tepki verirse, emniyet sistemi de harekete geçecektir.

2.17.4 Nominal gücü 1 MW veya daha büyük olan tesislerde, emniyet sistemi harekete geçerse, kontrol sistemi, son işletim durumlarının verilerini depolayacaktır.

2.18 Buzlanmanın otomatik algılanması

2.18.1 Buz sensörü

Açık deniz rüzgar türbininin bileşenlerindeki buz oluşumunu otomatik olarak algılayan cihazlar sertifikalandırılabilir.

2.18.2 Buzlanma algılanmasında çalışma

Eğer buzlanma algılanırsa, döner kısımlardan buz parçalarının fırlatılmasını önlemek üzere kontrol sistemi açık deniz rüzgar türbinini durduracaktır. Döner parçalarda buzlanma kalmaması sağlandığı takdirde, tesisin otomatik çalışmasına izin verilir. Aksi halde, yeniden çalıştırmadan önce Bölüm 2, B.2.4'e göre klerens gereklidir.

3. Bakımla İlgili Emniyet Donanımı (Kilitleme Düzenleri)

3.1 İstekler

Açık deniz rüzgar türbini, her bir pervane, yönlendirme sistemi ve kanat-piç sistemi için, bunların hareketine karşı kilitleme işlevine sahip en az bir adet kilitleme ve eşdeğeri bir düzenle teçhiz edilecektir. Genelde otomatik harekete geçme (durma konumuna ulaşıldığında otomatik kavrama) gerekli değildir.

Not :

Kural olarak, frenleme donanımı, aynı zamanda gerekli kilitleme düzeni olarak kabul edilmez. Sistem dizaynının, frenleme sisteminin her parçasının onarımının emniyetle yapılabilmesini sağlaması koşuluyla, istisnai hallerde bu kuraldan sapmalar mümkündür. Sistemin durdurması öngörülen açık deniz rüzgar türbininin parçalarının dönüşleri güvenilir biçimde önlenebiliyorsa, frenleme sisteminin onarımı emniyetle yapılabilir.

3.2 Kilitleme düzenlerinin dizaynı

3.2.1 Kilitleme düzenleri, fren bırakıldığında dahi, düzenlerin pervane, kaporta veya pervane kanadının dönüşlerini güvenilir şekilde önleyebileceği şekilde dizayn edilecektir.

3.2.2 Pervane kiliti; göbek yakınında tahrik sistemine etki edecek ve forma uygun olacak şekilde düzenlenecektir. Pervane kilitinin dizaynında Bölüm 7, E.3.4 esas alınacaktır.

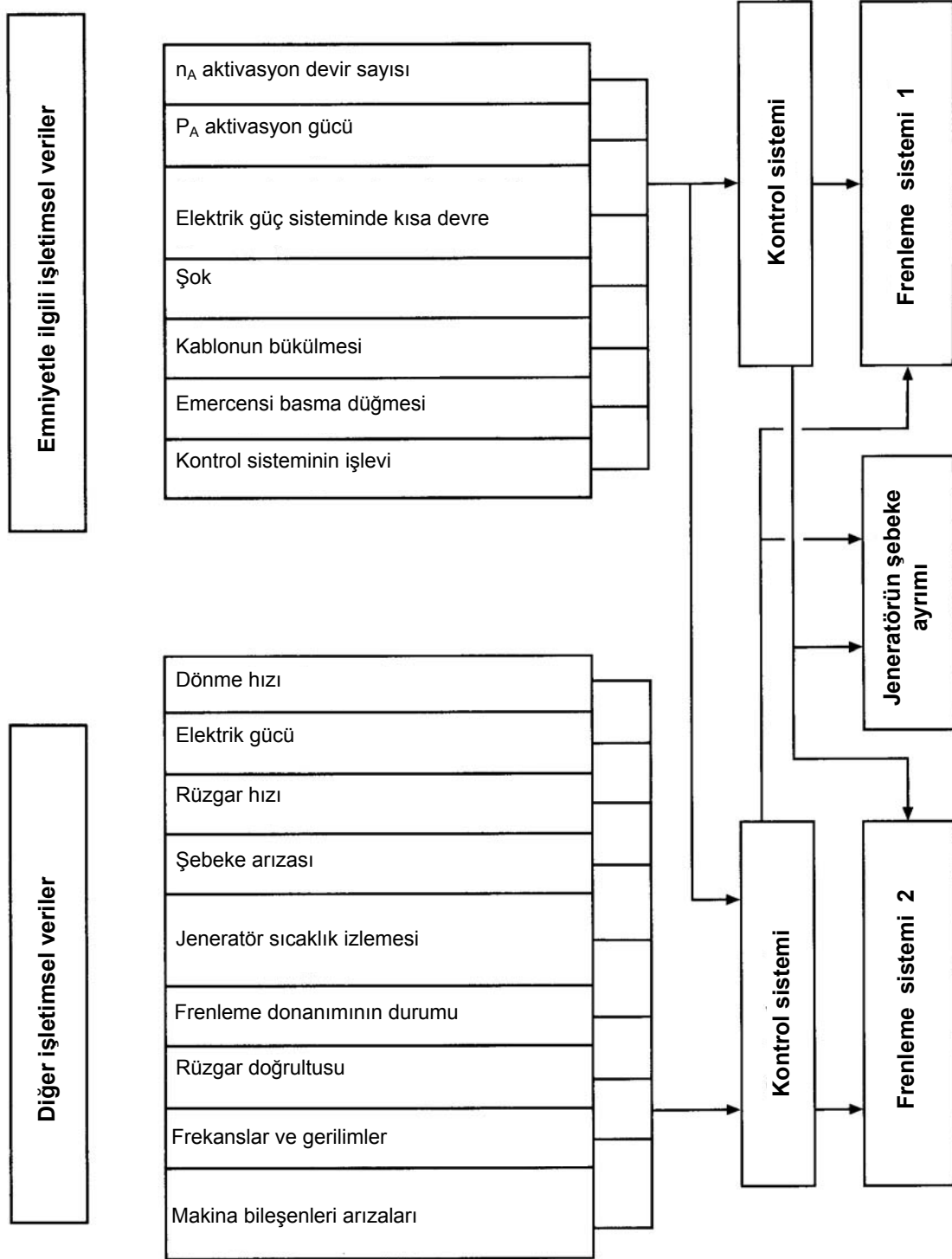
3.3 Emniyet istekleri

Kilitleme düzeninin dizaynında; tehlikeli bir alana giren orada kalan ve çalışan insanların, cihazın işlevine güven duyması kabulü esas alınacaktır. Bu nedenle, cihazın operasyonel emniyeti, kalitesi ve ulaşılabilirliği ile kilitlenmiş bulunan açık deniz rüzgar türbinini parçaları ile birlikte çalışması (örneğin; pervane kanatları, göbek, şaft) ile ilgili özellikle ağır istekler getirilecektir.

3.4 Kilitleme düzeninin harekete geçmesi

Onarımlar; açık deniz rüzgar türbininin çalışma sırasında döner parçalarında yapılacaksa, kilitleme düzeni daima faal olacaktır. Kilitleme düzeni; pervaneyi durma konumuna yavaşlatabilen frenler veya mevcut bulunan azimuth frenler vasıtasıyla tesisi durdurulmuş halde tutsa dahi faal olacaktır. Kullanıcı, bu emniyet önlemi hakkında açıkça uyarılacaktır. Çalıştırma talimatına uygun bir not konulacaktır.

EK -2 A
KONTROL VE EMNİYET SİSTEMLERİNİN ETKİLEŞİMİ



Şekil 2 - A.1 Kontrol ve emniyet sistemlerinin etkileşimi

BÖLÜM 3**ÜRETİCİLER İLE İLGİLİ İSTEKLER, KALİTE YÖNETİMİ,
MALZEMELER, ÜRETİM VE KORROZYONDAN KORUNMA**

	Sayfa
A. Üreticiler ile İlgili İstekler	3- 1
B. Kalite Yönetimi.....	3- 2
C. Malzemeler	3- 4
D. Üretim ve Testler	3-22
E. Korrozyondan Korunma	3-71
Ek 3 –A Kaynaklı Açık Deniz Yapıları için Uygun Çelikler	3-80
Ek 3 –B Yapı Çeliklerinin Kalınlık Sınırları	3-82

A. Üreticiler ile İlgili İstekler**1. Genel**

1.1 Üreticiler; işyeri olanakları, üretim prosesleri ile personelin eğitimi ve vasıfları bakımından yapılacak işlere uygun olacaktır. Bunun kanıtlanması, dokümanite edilmiş ve belgeli kalite yönetim sistemi ile sağlanabilir (B'ye bakınız). Gerekirse başvuru halinde, onay koşullarının sağlanması durumunda **TL** işyeri onay sertifikası düzenleyebilir.

1.2 Buradaki Esaslara, ilgili yasaları ve düzenlemelere, teknik kurallara, standartlara ve kimya endüstrisi vb.den sağlanan verileri dikkate almak ve bunlara uymak üreticilerin sorumluluğundadır.

1.3 Üreticilerden istenilenler, aşağıda belirtilenlerde (özellikle kalite kontrol ile ilgili olarak) ayrıntılı olarak tanımlanmadıkça, bunlar kalite yönetim isteklerine göre tanımlanacaktır. Ayrıntılar hususunda her durumda ayrı ayrı **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

2. İşyeri Donanımı

2.1 İşlerin hatasız olarak yapılması için, üreticiler yeterli donanım ve olanaklara sahip olacaktır. İşlerin uygun şekilde yapılması ile ilgili isteklerin karşılanması ve sınırlama olmaksızın mevcut olması halinde, dış olanaklar da dikkate alınabilir.

2.2 İlgili üretici için gerekenler ölçüsünde donanım ve olanaklar örneğin; şunları içerir:

- Atölyeler, gerekirse üstü açılan çalışma alanları, montaj alanları ile ilgili donanım,
- Malzemeler için ambarlar,
- Kurutma olanakları (örneğin; ahşap kaynak sarf malzemeleri, vb. için)
- Montaj ve taşıma için kaldırma donanımı,
- İşleme makina ve takımları,
- Kaynak ve kesme için takımlar ve donanım,
- Birleştirme, kaynak, laminasyon, yapıştırma donanımı,
- İklimlendirme izleme cihazları,
- Ön ısıtma ve ısıtma işlem olanakları,
- Test donanımı ve malzemeleri ile bunların kalibrasyon cihazları.

3. Personel

3.1 Üreticilerin personeli; bileşenlerin uzmanlıkla hazırlanması, üretilmesi ve test edilmesini sağlayacak nitelikte olacaktır. TL, personelin teknik niteliklerinin kanıtını isteyebilir.

3.2 Sorumluluklarla ilgili alanlar belirlenecek ve üretim sorumluları için gerekli düzenlemeler yapılacaktır.

4. Atölye Onayı

4.1 Genel

Kaynak, laminasyon ve yapıştırma için atölye onayı gereklidir. TL ile anlaşmaya varılmak suretiyle, diğer kuruluşlar tarafından yapılan atölye onayları kabul edilebilir. Diğer üretim yöntemleri veya çalışma teknikleri için TL'nun onayı isteme hakkı saklıdır.

4.2 Onay için başvuru

4.2.1 Onay başvurusu yazılı olarak yapılacaktır. Gerekli olan ilave bilgiler, dokümanlar ve açıklamalar başvuruya eklenecektir.

4.2.2 Başvuruda, kuruluşun organizasyon yapısı ve teknik olanakları tanımlanacak ve personel nitelikleri, üretim kapsamı, üretim prosesleri ve kalite kontrolü hakkında bilgiler verilecektir.

4.2.3 Onay koşullarının gözetimi ve üretilen ürünün kalitesinden sorumlu personel TL'na bildirilecektir.

4.2.4 Üreticinin sorumluluğunda olan testler dokümante edilecektir. Bu işlem, kalite yönetim sisteminin sertifikalandırılması kapsamında doğrulanabilir.

4.3 Onay prosedürü, geçerlilik süresi

4.3.1 TL'nun C., D. ve E.'deki isteklere uygunluk yönünden başvuruyu kontrol etmesi ve işyerini muayene etmesinden sonra 3 yıllık bir süre için atölye onayı verilebilir. Eğer, geçerlilik süresi içinde işler TL gözetimi altında yapılırsa, ilave kontrol yapılmaksızın bu süre 1 yıl uzatılabilir. Daha sonra onayın teyidine gerek yoktur, ancak firmanın isteği halinde verilebilir.

4.3.2 Eğer bir yıldan fazla bir süre ile TL'nun gözetimi altında hiçbir iş yapılmazsa, 3 yıllık geçerlilik süresi sona ermeden uzatma başvurusu yapılacaktır. Başvuruya, güncelleştirilen dokümanlar eklenecektir. Bu durumda, onay yenilenir ve ek bir 3 yıl süreyle uzatılır.

4.4 Onay koşullarındaki değişme

Üretim olanakları, üretim prosesleri, kalite kontrolü, personelin nitelikleri gibi önemli etkileri olan onay koşullarındaki her değişim yazılı olarak TL'na bildirilecektir. Yeni üretim prosedürleri, uygulanmadan yeterince önce TL'na bildirilecektir. TL, bu prosedürlerin doğrulama testlerinin yapılmasını isteyebilir.

B. Kalite Yönetimi

1. Genel

1.1 Üreticinin, tanınmış bir standarda göre kalite yönetimi (KY) sistemini uygulaması ve bunun TL tarafından değerlendirilmesi koşuluyla, bu Esaslarda istenilen kanıtların bir kısmı KY sistemi kapsamı içinde verilebilir. Akredite bir sertifikalandırma kuruluşu tarafından KY sistemi sertifikası TL tarafından değerlendirilerek kabul edilecektir.

1.2 KY sisteminin onaylanması, üreticinin buradaki Esaslarda belirtilen isteklere uymasını gerektirir. Bunun kanıtlanmasının sorumluluğu firmaya aittir. TL sistemin etkinliğini ve işle ilgili istekleri, firma tarafından verilen dokümanlara göre doğrular (örneğin; atölye onayı kapsamında) ve kendi kararına göre, rastgele muayenelerle veya KY sistemi içindeki testlerin gözetimi ile bunları kontrol eder.

1.3 Üretici, buradaki Esaslarda, uygulanacak standartlarda, spesifikasyonlarda ve diğer kurallarda belirtilen tüm testlerin ve muayenelerin yapılmasından sorumludur.

1.4 KY sisteminde veya üretim kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olacağı öngörülen üretim prosesinde değişim yapılmadan önce, TL'na bilgi verilecektir. TL, bu konuları kontrol etme (olağandışı muayene) ve KY sistemi onayını gözden geçirme hakkına sahiptir.

1.5 Bir sertifikalandırma kuruluşunun KY sistemi sertifikasının **TL** tarafından tanındığı hallerde, sertifikanın geçerliliğini yitirmesinin derhal **TL**'na bildirilmesi, üreticinin sorumluluğundadır.

2. Tanımlar

2.1 ISO 9000'deki tanımlar uygulanır.

2.2 Üretici; bir ürünü veya ürünün bağımsız bileşenini üreten veya tedarikçilerden temin edilen bileşenlerden oluşan bir ürünü monte eden ve satan organizasyonel birimdir.

2.3 Kalite; bir ürünün veya bir hizmetin, belirlenen veya öngörülen ihtiyaçları karşılamak için üzerinde taşıdığı özelliklerin ve niteliklerin bütünüdür.

2.4 Kalite yönetimi (KY); ürünün veya hizmetin, kalite ile ilgili istekleri karşılayacak şekilde yeterli emniyeti sağlayan planlı ve sistematik tüm faaliyetlerini içerir.

2.5 KY sistemi, kalite yönetiminin uygulanması için gerekli organizasyon yapısını, sorumlulukları, prosedürleri, prosesleri ve kaynakları içerir.

2.6 Kalite denetimi; kalite faaliyetlerinin ve ilgili sonuçların planlanan çalışmalara uygunluğunun belirlenmesi ve bu faaliyetlerin etkin şekilde uygulandığının ve hedeflere ulaşmaya uygunluğunun saptanması için yapılan sistematik ve bağımsız muayenedir.

2.7 KY sistemi dokümanları, KY sisteminin işlevini tanımlayan tüm dokümanları içerir. Bunlar aşağıda verilmiştir:

- Kalite el kitabı,
- Kalite prosedürleri,
- Kalite talimatları.

3. Kalite Yönetim Sistemi ile İlgili İstekler

3.1 Asgari olarak, KY sistemi ISO 9001'e göre KY

modeli isteklerine uygun olacaktır. ISO 9000 ve ISO 9004, KY sisteminin uygulanması ile ilgili ana prensipleri ve önerileri içerir.

3.2 KY sistemi, ayrıntılı bir şekilde yazılı olarak planlanacaktır (2.7'ye bakınız).

3.3 Kendi geliştirme faaliyetleri bulunmayan üreticiler için, ISO 9001 çerçevesindeki 7.3 alt bölümünün (Dizayn ve Geliştirme) hariç tutulmasına izin verilir.

4. KY Sisteminin Sertifikalandırılması

4.1 KY sisteminin, EN 45012'ye göre akredite olmuş bir sertifikalandırma kuruluşu tarafından sertifikalandırılması bir ön koşuldur. Sertifikalandırma ile ilgili genel koşullar aşağıda belirtilmiştir.

4.2 KY sisteminin sertifikalandırılması, aşağıda verilen denetimlerin tamamlanmasından sonra yapılır:

- ISO 9001'deki isteklere göre KY sistemi dokümanlarının kontrolü,
- Sertifikalandırma kuruluşu tarafından ilk denetimin başarılı olarak sonuçlanması. Bu denetimde, KY sisteminde belirtilen KY faaliyetlerinin uygulanma durumu kontrol edilir.

4.3 Sertifikanın geçerliliği düzenli denetimlerle sağlanır. Bu denetimler, önceden belirlenen aralıklarla yapılır (yılda bir ve gerekirse daha sık).

4.4 Sertifika genelde 3 yıl süre ile geçerlidir. Sertifikanın düzenleniş tarihinde başlar. Yeniden sertifikalandırmanın (genelde yenileme denetimi yapılarak) tamamlanması halinde, 3 yıl süreyle geçerli olacak bir sertifika düzenlenebilir. Sertifikanın geçerliliği için, onaylanan koşullara uyulduğunun ve KY sisteminde ciddi bir kusurun oluşmadığının belirlenmesi gereklidir.

C. Malzemeler

1. Genel İstekler

1.1 Genel

1.1.1 Açık deniz rüzgar türbininin kuvvet ve moment ileten bileşenlerinde sadece garanti edilen özelliklere sahip malzemeler (örneğin; mukavemet, kullanımı varsa düşük sıcaklıklarda dayanıklılık, soğuk şekil değişimi, kaynağa uygunluk, çürümeye direnç, vb.) kullanılabilir.

1.1.2 Seçilen malzemeler, bileşenle ilgili isteklere, özellikler yük tipine (şok yükü, osilasyon yükü), dış koşullara (Bölüm 4, B'ye bakınız) ve dizayna uygun olacaktır. Seçilen malzemeler, onay için verilecek dokümanlarda (resimler, parça listeleri) açıkça belirtilecektir.

1.1.3 Bu bölümde belirtilmeyen tüm malzemeler; kalite istekleri ve test koşulları bakımından, ilgili standartlara göre işlem görecektir. Açık deniz rüzgar türbininin özel ortam ve işletim koşulları dikkate alınacaktır.

1.1.4 Kullanılacak malzemelerin sıcaklık aralığı, ve TD dizayn sıcaklığı Bölüm 4, B.4.1'de verilmiştir. Bu sıcaklık aralığı dışındaki malzemelerin kullanımı, **TL** ile anlaşmayı gerektirir.

1.1.5 Açık deniz rüzgar türbininin taşıyıcı yapısında kullanılacak bileşenler için, proje sertifikası için başvuruda bulunan açık deniz rüzgar türbinlerinde, sadece **TL** onaylı malzemeler kullanılabilir. Diğer yapısal bileşenler, proje sertifikasyonu prosesine opsiyonel olarak dahil edilebilir.

1.2 Malzeme testleri

1.2.1 Malzeme testlerinin tipi ve kapsamı, bileşenin önemine ve bileşene gelen gerilmeye ve olası veya gerekli üretim sonrası testlerin tipine ve kapsamına bağlıdır. Sertifikalandırmanın tipine bağlı olarak, Bölüm 1, B.2.3.3 (A ve B dizayn değerlendirmesi)'e göre gerekli tüm malzeme ve bileşen testleri ile birlikte dizayn analizleri, Bölüm 1, B.2.3'e göre (tip sertifikası) yapımda ve montajda dizayn isteklerinin uygulanması veya Bölüm 1, B.3.4'e göre (proje sertifikası) üretimin gözetimi

gereklidir. Ayrıntılı olarak başka bir husus belirlenmemişse, aşağıdaki istekler uygulanır.

1.2.2 Malzeme test dokümanları (uygunluk beyanları) EN 10204'e uygun olacaktır. Bu dokümanlar; standartlarda belirtilen veya istekler doğrultusunda ilave olarak anlaşmaya varılan testlerin sonuçlarını içerecektir. Bu dokümanlarda ayrıca, bileşenin güvenilir şekilde izlenmesine olanak verecek şekilde malzemenin işaretlenmesi ile ilgili veriler bulunacaktır.

1.2.3 Proje sertifikası kapsamında, bir açık deniz rüzgar türbininin bileşenleri ile ilgili malzeme test dokümanları (uygunluk beyanı), **TL** tarafından yapılan üretim gözetiminin bir parçasını oluşturur.

1.2.4 A ve B dizayn değerlendirmesi kapsamında, büyük statik veya dinamik yüklere maruz olan ve açık deniz rüzgar türbininin bütünlüğü için önemli olan bileşenlerin malzemeleri için genelde EN 10204-3.1'e göre muayene sertifikaları verilecektir. İstisnai olarak, aynı istek sınıfına dahil fazlalıklı veya hasara-dayanıklı bileşenlerin test sertifikaları, EN 10204-2.2'ye göre test raporları şeklinde olabilir.

1.2.5 Daha az oranda yüksek gerilmelere maruz olan, ancak açık deniz rüzgar türbininin işlevi için özel öneme sahip bulunan diğer bileşenlerin veya parçaların malzemeleri için EN 10204-2.2'ye göre test raporları verilecektir.

1.2.6 Tereddüt halinde, bileşenlerin veya parçaların malzeme sınıfları hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır. Muayene sertifikaları elde edilemeyen bileşenler için uygulanacak isteklerin kapsamı **TL** ile tartışılarak kararlaştırılacaktır.

1.2.7 Açık deniz rüzgar türbininin bütünlüğü için önemli olan ve insan sağlığı ve yaşamı için büyük bir tehlike potansiyeli oluşturan ve aşağıda listelenen bileşenler için, üretim ve montajda, Bölüm 1, B.2.5'e göre (tip sertifikası) dizayn isteklerinin uygulanması veya Bölüm 1, B.3.4'e göre (proje sertifikası) üretim gözetimi gereklidir. Güç iletiminde önemli bir rol oynayan civatalı birleştirmeler için, kalite yönetimi önlemlerinin standardı, KY önlemlerinin tanımı ile gösterilecektir.

1.2.8 Özel malzemeler, üretim prosesleri veya bileşenler için TL'nun üretim gözetiminin kapsamını arttırma hakkı saklıdır.

2. Metal Malzemeler

2.1 Genel

2.1.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin çelik yapısında kullanılacak malzemeler, aşağıda belirtilen minimum istekleri sağlayacaktır. Bunun dışında, diğer kodlar ve standartlar, mümkün olduğunca dikkate alınacaktır.

2.1.2 Metal malzemelerden yapılan açık deniz rüzgar türbininin kuvvet ve moment ileten bileşenleri için sadece özellikleri garanti edilen uygun malzemeler (örneğin; mukavemet, düşük sıcaklıklarda dayanıklılık, soğuk şekil değişimi, kaynağa uygunluk, vb.) kullanılabilir. Diğer kurallara veya standartlara uygun malzemelerin kullanımı için TL'nun onayı gerekir.

2.1.3 Malzeme testleri 1.2'ye göre yapılacaktır.

2.1.4 Dişliler, yataklar, frenler, kaplinler, vb. gibi makina bileşenleri için, bu bileşenlere uygun malzemeler kullanılacaktır. Çevresel işletim koşulları (Bölüm 4, B'ye bakınız) dikkate alınarak, kalite istekleri ve test koşulları ilgili standartlardan alınacaktır.

Diğer özel istekler, Kısım 6'da verilmiştir.

2.1.5 Özel durumlarda, yavaşça büyüyen yeni başlamış çatlaklarda, rüzgar türbininin sınırlı çalışması kabul edilebilir. Bir bileşenin kalan ömrünün belirlenmesinde uygulanacak malzeme verileri, kullanımdan önce, TL ile anlaşmaya varılacaktır.

2.2 Yapısal elemanların sınıflandırılması

2.2.1 Çelik yapının çeşitli elemanlarındaki malzemelerin seçiminde, aşağıda açıklanan kriterler dikkate alınacaktır :

- Yapı içindeki elemanın önemi,
- Yük ve gerilme düzeyinin karakteri (statik veya dinamik yükler, artık gerilmeler, gerilme

yığılmaları malzemenin hadde yönüne göre gerilmelerin doğrultuları, vb.),

- Dizayn sıcaklığı,
- Kimyasal bileşim (kaynağa uygunluk),
- Malzemenin akma ve çekme mukavemeti (boyutlandırma kriterleri),
- Malzemenin sünekliği (verilen dizayn sıcaklığında gevreme kırılmasına direnç),
- Kalınlık doğrultusundaki özellikler (lamellar yırtılmaya direnç),

Korrozyon direnci gibi, diğer özellikler dikkate alınmalıdır.

2.2.2 Yapısal elemanın önemine, yük tipine ve gerilme düzeyine bağlı olarak, yapı elemanı aşağıda belirtilen bileşen sınıflarına ayrılabilir :

- Özel yapı elemanları

Bu elemanlar, yapının genel bütünlüğü için önemli olan ve yüksek gerilme düzeylerinin yanı sıra, özellikle zor koşullara maruz elemanlardır (örneğin; yapı elemanının ve / veya kaynaklı birleştirmenin geometrik şekli nedeniyle gerilme yığılmaları veya çok-eksenli gerilmeler yada levha yüzeyindeki çok miktardaki kaynaklı birleştirme nedeniyle kalınlık doğrultusundaki gerilmeler).

Not :

Bu durum; örneğin; boru düğümleri bölgeleri, boru kulelerin ring flençlerine kalın-etli güverte-ayak ve kolon birleştirmelerine, kalın-etli kuvvet uygulama veya tepki noktaları için söz konusudur.

- Birincil yapı elemanları

Bu elemanlar, yapının genel bütünlüğüne katılan veya işletim emniyeti için önemli olan ve özel yapı elemanlarına yakın yük düzeylerine maruz kalan, ancak yukarıda belirtilen ilave zorlanmalara maruz olmayan elemanlardır.

Not :

Bu durum; örneğin; açık deniz rüzgar türbinlerinin kabuk kuleleri, boru şeklindeki takviye yapıları boruları (ceket ayakları, bağlantılar, kazıklar), güvertedeki kirişler ve kemeler, kendini taşıyan kaplamalar, vb. için söz konusudur.

- **İkincil yapı elemanları**

Bu elemanlar, daha az öneme sahip, sadece küçük gerilmelere maruz olan ve yukarıda belirtilen “özel” ve “birincil” sınıfına girmeyen elemanlardır.

Not :

Bu durum; örneğin; yapısal olmayan bölmeler, merdivenler, temeller, kablo yolları, vb. için söz konusudur.

2.2.3 Madde 2.2.2'deki yapı elemanları sınıfları, dizayn aşamasında belirlenecek ve konstrüksiyon dokümanlarında gösterilecektir.

2.3 Çeliklerin seçim kriterleri

2.3.1 Yapı çelikleri, minimum akma mukavemetlerine bağlı olarak aşağıdaki mukavemet sınıflarına ayrılır :

- Normal yapı çelikleri minimum akma mukavemeti 285 N/mm²'ye kadar olan çeliklerdir.
- Yüksek mukavemetli çelikler : minimum akma mukavemeti 285 N/mm²'den büyük ve 380 N/mm²'ye kadar olan çeliklerdir.
- Daha yüksek mukavemetli çelikler : minimum akma mukavemeti veya %0,2 uzama sınırı 380 N/mm²'den büyük olan çeliklerdir.

Not :

Özellikle, yorulmaya karşı dayanım nedeniyle, özel ve birincil yapılar için, nominal akma mukavemeti 355 N/mm²'yi geçmeyen, kaynağa uygun, ince taneli yapı çelikleri önerilir. Nominal akma mukavemetleri (veya %0,2 uzama sınırları) 460 N/mm²'yi geçen daha yüksek mukavemetli çelikler, teknik zorunluluğu bulunan özel hallerde, TL 'nin izni ile kullanılabilir.

2.3.2 İlgili yapı elemanı ve / veya buna ait malzeme cinsi için seçilen mukavemet sınıfı konstrüksiyon dokümanlarında gösterilecektir. Ayrıca, malzemenin sağlaması gereken özel istekler de belirtilecektir.

2.3.3 Özellikle rijid ve / veya kalın olan yapı elemanlarında ve yüksek artık kaynak gerilmelerinin öngörüldüğü hallerde (örneğin; çok pasolu V ağızlı alın birleştirmeleri veya tam kök nüfuziyetli X ağızlı alın birleştirmeleri nedeniyle malzemelerin kalınlığı doğrultusunda etkili olan yüksek gerilmeler) kalınlık doğrultusunda özellikleri iyileştirilmiş çelikler kullanılacaktır. Bu durum genelde, özel yapı elemanları için söz konusudur.

2.3.4 Yapı elemanı sınıfına, dizayn sıcaklığına ve malzeme kalınlığına bağlı olarak, yapı elemanında kullanılacak tüm çelikler, özellikle darbe enerjisi yönünden olmak üzere, 2.4'de verilen istekleri karşılamalıdır. Bunun dışında özel yapı elemanları ve birincil yapı elemanlarında kullanılan çelikler için (2.3.3'de belirtilen kriterlerin uygulandığı) kalınlık doğrultusundaki özelliklerin kanıtı verilecektir, 2.4.6'ya bakınız.

2.4 Çelikler ile ilgili istekler

2.4.1 Üretim yöntemleri

2.4.1.1 Tüm çelikler; elektrik veya açık-ocak fırınlarında bazik oksijen yöntemi ile veya TL tarafından onaylı diğer yöntemler ile üretilecektir.

2.4.1.2 Asgari olarak, aşağıdaki deoksidasyon uygulaması uygulanmalıdır :

- Darbe testi sıcaklığı $\geq 0^{\circ}\text{C}$ olan çelikler, yarı-sakinleştirilmiş, yani; EN 10025'e göre FN deoksidasyon yöntemine eşdeğer,
- Darbe testi sıcaklığı $<0^{\circ}\text{C}$ olan çelikler, tamamen sakınleştirilmiş, yani; EN 10025'e göre FF deoksidasyon yöntemine eşdeğer,
- Kalınlık doğrultusundaki özellik isteklerine uygun çelikler, tamamen sakınleştirilmiş ve taneleri inceltilmiş olacaktır.

2.4.2 Teslim koşulları ve ısıtım işlemi

2.4.2.1 Özel ve birincil yapı elemanlarında kullanılacak, çelikler, normalize edilmiş / normalize edici haddelenmiş (N), termomekanik haddelenmiş (M) veya su verilmiş ve temperlenmiş (Q) olarak teslim edilecektir. (EN 10025'e göre).

2.4.2.2 Çelikler, standartlarda belirtilen genel kalınlık sınırları isteklerini sağlayacaktır. Bunun dışında, aşağıdaki genel kalınlık sınırları uygulanır :

- Normalize edilmiş / normalize edici haddelenmiş (N) :
150 mm'ye kadar
- Termomekanik haddelenmiş (M) :
Normal ve yüksek mukavemetli çelikler için; 150 mm'ye kadar
Daha yüksek mukavemetli çelikler için; 100 mm'ye kadar
- Su verilmiş ve temperlenmiş (Q) :
Normal ve yüksek mukavemetli çelikler için; 150 mm'ye kadar
Daha yüksek mukavemetli çelikler için; 100 mm'ye kadar.

Konstrüksiyon ayrıntıları nedeni ile gerekli ise Ek B'de verilen kalınlık sınırları dikkate alınmalıdır (not'a bakınız).

2.4.2.3 En küçük değer uygulanacaktır.

Not :

Ek B'de verilen kalınlık sınırları, örneğin; özellikle, kaynağın ısıdan etkilenen bölgesinde oluşan negatif etkilerle birlikte, lokal yüksek gerilmelerin çatlağa neden olduğu hallerde, kalın alın kaynakları veya boru düğümlerindeki kaynaklar nedeniyle yada daha sonra ıslah edilmeyen ve çatlaklar nedeniyle tahribatsız testlere tabi tutulmayan gaz oyuklarının yüzeyleri durumlarında dikkate alınmalıdır.

2.4.3 Kimyasal bileşim ve kaynağa uygunluk

2.4.3.1 Çelikler, eriyik analizi ile belirlenmek üzeri, Ek 3-A'da belirtilen standartlarda veya eşdeğerlerinde verilen kimyasal bileşim isteklerine uygun olacaktır.

2.4.3.2 CEV karbon eşdeğeri ;

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} \quad (C.1)$$

İlgili standartlarda veya Tablo 3.1'de verilen değerleri geçmeyecektir (daha küçük olan değer alınacaktır).

2.4.3.3 Karbon eşdeğeri ;

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (C.2)$$

Eğer ilgili çelik standardında, proje spesifikasyonunda isteniyorsa veya 2.4.3.5'deki isteklere uyulması gerekiyorsa, hesaplanmalıdır. Öngörülen değerler aşılmayacaktır.

Tablo 3.1 Karbon eşdeğeri CEV

Çelik mukavemet sınıfı	Malzeme kalitesi N		Malzeme kalitesi M+Q	
	t ≤ 40 mm.	t > 40 mm.	t ≤ 40 mm.	t > 40 mm.
Daha yüksek mukavemetli	0,42	0,45	0,42	0,45
Yüksek mukavemetli	0,45		0,43	
Normal mukavemetli	0,42		0,38	

- (1) 3 örnek için ortalama değerler : değerlerden biri ortalama değer altında olabilir, ancak %70'inden az olamaz.
- (2) Ara değerler enterpole edilebilir.
- (3) Nominal akma mukavemeti 460 N/mm²'yi aşan çelikler, onaylı spesifikasyonun isteklerine tabidir.
- (4) Darbe enerjisi değeri 27 J olan çelikler, 10°C fazla test sıcaklığında 30 J veya 20°C fazla test sıcaklığında 40 J olarak kullanılabilir.

2.4.6 Kalınlık doğrultusu özellikleri

Eğer kalınlık doğrultusu özellikleri kanıtlanacaksa, nihai ısıtılma işlem koşulunda testler yapılacaktır. Ürün kalınlığı 25 mm. den az ise, teste gerek yoktur. Testler EN 10164'e göre yapılacak ve test sonuçları aşağıdaki istekleri sağlayacaktır :

- Kalınlık doğrultusundaki çekme mukavemeti, öngörülen minimum çekme mukavemetinin %80'inden az olmayacaktır.
- Minimum kesit daralması $Z = \%35$ olacaktır.

2.4.7 Hatalardan arınmışlık

Kalınlık doğrultusu özellikleri istekleri bulunan levhalar ve geniş lamalar, iç hataları bakımından ilgili standartlarda listelenen istekleri (örneğin; EN 10160 kalite sınıfı S₂ veya eşdeğeri) karşılanmalıdır.

2.4.8 Muayeneler

2.4.8.1 Aksi belirlenmemiş veya mutabık kalınmamışsa, 1.2'de belirtilen istekler uygulanır.

2.4.8.2 Proje sertifikası için başvuruda bulunulmuş olan açık deniz rüzgar türbinlerinin özel ve birincil yapı elemanlarının malzemelerinin muayeneleri TL sörveyörleri tarafından yapılacaktır. İkincil yapı elemanlarının malzemelerinin EN 10204 3.1'e veya eşdeğerine göre üretici test sertifikası ile temin edilmesi kabul edilebilir.

2.4.9 Belirleme ve işaretleme

2.4.9.1 Tüm ürünler, muayene dokümanları ile irtibatlandırılacak şekilde işaretlenecektir. İşaretlenecek asgari bilgiler; üretici sembolü, eriyik no. ve çelik kalitesidir.

2.4.9.2 Net olarak belirlenemeyen ürünler, gerekli özellikleri yeniden yapılacak testlerle belirlenmedikçe reddedilecektir.

2.5 Çelik dökümler

2.5.1 Genel

Özel ve birincil yapı elemanlarında çelik dökümlerin kullanılmasının öngörüldüğü hallerde, değerlendirme için gerekli tüm ayrıntıları içeren malzeme spesifikasyonları TL'na verilecektir. İkincil yapı elemanları için, standartlara uygun malzemeler kullanılabilir.

2.5.2 Onay testi

Özel yapı elemanlarında kullanılacak çelik dökümler, TL tarafından onay testine tabi tutulacaktır. Standart malzemelerin kullanılması öngörülmemen birincil yapı elemanları için de aynı testler uygulanır.

2.5.3 Teslim koşulları

Tüm ürünler ısıtılma işlemine tabi tutulmuş durumda teslim edilecektir. Isıtılma işlem aşağıdaki şekilde olabilir :

- Normalize edilmiş,
- Normalize edilmiş ve temperlenmiş,
- Su verilmiş ve temperlenmiş.

2.5.4 Kimyasal koşullar

Kaynağa uygun dövme ve karbon ve karbon-manganez dökme çelik kaliteleri 2.4.3'deki isteklere uygun olmalıdır. Alaşımlı çelikler, onaylı spesifikasyonlarda belirtilen isteklere uygun olmalıdır.

2.5.5 Mukavemet özellikleri

Dövme ve döküm çeliklerin çekme ve akma mukavemeti değerleri, diğer yapılarda kullanılan hadde ürünü çeliklere uygun olacaktır. Genelde, akma mukavemeti 355 N/mm²'yi aşan dövme ve döküm çelikler kullanılmayacaktır.

2.5.6 Süneklik istekleri

Çelik dövme ve dökümler, dizayn sıcaklığında gevreme çatlağına yeterince dirençli olacaktır. Aksi belirtilmedikçe, darbe enerji ile ilgili minimum istekler için Tablo 3.4 uygulanır.

2.5.7 Testlerin kapsamı

2.5.7.1 Onaylı spesifikasyonda aksi belirtilmedikçe, ürünler her biri 10 t'a kadar olan eriyikler halinde ayrılacak ve çekme ve çentik darbe testlerine tabi tutulacaktır.

2.5.7.2 Esas olarak dinamik gerilmelere maruz dökme bileşenler için, EN 12681 : 2003 (radyografik test), EN 12680-2 : 2003 (ultrasonik test), EN 1371-1 : 1997 (girici sıvı testi) ve EN 1369 : 1997 (manyetik çatlak algılama testi)'ye uygun DIN 1690 T2 : 1985'e göre kalite sınıfı 3, asgari kabul sınırındır. Kalite sınıfları, Bölüm 5, C.4.4.3'deki hesaplamalı analizlerin kabullerine uygun olacaktır.

2.5.7.3 Hataların üretim veya onarım kaynağı ile giderilmesine, sadece **TL** onaylı spesifikasyonlara göre izin verilebilir. Kaynak atölyelerinin ve kaynakçıların nitelik testleri, Bölüm 3, D.2'ye göre doğrulanacaktır.

2.5.8 Malzeme sertifikaları

Özel ve birincil yapı elemanlarında kullanılacak ürünler, **TL** sorveyörü ve yetkili personelinin gözetiminde test edilecektir.

İkincil yapı elemanlarında kullanılacak ürünler için, EN 10204 3.1'e veya eşdeğerine göre muayene sertifikası ile teslim hususunda anlaşmaya varılabilir.

2.6 Paslanmaz çelikler

2.6.1 Paslanmaz çelikler, proses durumları (örneğin; kaynak) dikkate alınarak, korrozyona karşı dirençlerine göre seçilecektir. Eğer özel hallerde, aksine anlaşmaya varılmadıkça, **TL** tarafından onaylı spesifikasyon esas alınarak teslimat yapılmaması durumunda, örneğin; EN 10088 (paslanmaz çelikler) ve EN 10213-4'e (basıncılı kaplar için çelik dökümler) uygun çelikler seçilebilir.

2.6.2 Kaynaklı yapılar için, kristaller arası korrozyona direnci garanti edilen, kaynak edilmeye uygun kaliteler kullanılabilir. Kaynağın, kaynak sonrası ısıtıl işlem olmaksızın yapılması öngörülüyorsa, bu koşulda korrozyona dirençli çelik döküm kaliteleri kullanılacaktır, örneğin; Nb ile stabilize edilmiş veya %0,03'den fazla C içermeyen çelik dökümler.

Tablo 3.4 Minimum darbe enerjisi istekleri (1)

Ürünün cinsi	Minimum darbe enerjisi (Charpy-V-çentik) [Joule] min.	Test sıcaklığı (2) [°C]	
		Özel yapı elemanları	Birincil yapı elemanları
Dövmeler	Boyuna : 40 Enine : 30	- 40	- 20
Çelik döküm	30	- 40	- 20
(1) İkincil yapı elemanlarında kullanılan ürünler, standartlarda belirtilen isteklere tabidir.			
(2) Eğer dizayn sıcaklıkları -40°C'ın altında ise (özel yapı elemanları) veya -20°C'ın altında ise (birincil yapı elemanları) özel istekler üzerinde anlaşmaya varılacaktır.			

2.6.3 Teslim koşulları, ısıtım işlem, kimyasal bileşim mekanik özellikler ve kaynak edilebilirlik bakımından EN 10213-4'de tanımlananlara eşdeğer kalitede olmaları ve kullanım amaçlarına uygunluğunun kanıtlarının verilmiş olması koşuluyla, diğer standartlara veya malzeme spesifikasyonlarına uygun olan diğer çelik döküm kaliteleri kullanılabilir. Bu amaçla, ilk uygunluk testi gerekebilir.

2.6.4 Madde 1.1'e göre en düşük dizayn sıcaklıkları sınırları dikkate alınacaktır.

2.7 Dövme çelikler

Uygun malzemelerin seçimi ile ilgili ilave bilgiler için **TL** Malzeme Kuralları, Bölüm 6'ya bakınız.

2.7.1 Standartlar

Bölüm 6 ve 7'ye göre yapılar ve bileşenler için dövme ve kütükler, isteklere uygun olarak EN 10083'e göre, büyük kesitlerde (yani 100 mm.den büyük) ise SEW 550'ya göre seçilecektir. Malzeme seçimi ile ilgili diğer ayrıntılar, **TL** Malzeme Kuralları Bölüm 6'dan alınabilir. Temperleme ve sementasyon çelikleri için (örneğin; dişli ve pinyonların üretimi için), EN 10083 ve 10084, paslanmaz çelikler için EN 10088 uygulanır. Yukarıda belirtilen standartlardaki eşdeğer özellikte iseler ve amaçlanan kullanımlarına uygunluklarının kanıtı verilebiliyorsa, diğer standartlara veya üretici malzeme spesifikasyonlarına uygun dövme ve kütükler kullanılabilir. Bunun için ilk uygunluk testi gerekebilir.

2.7.2 Üretim prosesleri

2.7.2.1 Dövme çelikler, bazik oksijen çelik üretim yöntemi ile, elektrik veya Siemens – Martin fırınında veya **TL** tarafından onaylı diğer yöntemlerle üretilen ve sakınleştirilecektir. Talep halinde, kullanılan eritme yöntemi **TL**'na bildirilecektir.

2.7.2.2 Dövme parçalarda zararlı tortuların bulunmamasını sağlamak için ingotun alt ve üst uçlarından yeterli miktarda malzeme kesilecektir. Zararlı tortu terimi, istenilen özelliklerin bozulmasına neden olan tüm düzensizlikleri kapsar.

2.7.2.3 Parçalar, yeterli miktarda işleme fazlalığı kalacak şekilde mümkün olan son boyuta kadar dövülecektir. Dövme parçaya son şeklini vermek amacıyla, parçanın özelliklerini bozacak miktarda yapılacak işlemeye (örneğin; öz bölgeye ulaşan işleme) izin verilmez. Şekil değiştirme derecesi, öz bölge yeterince dövülecek şekilde olacaktır. Toplam şekil değiştirme oranı 3,5 : 1'den az olamaz.

2.7.2.4 Halka şeklinde veya içi boş ürünler, haddelenmeden veya uygun bir mandrel ile genişletilmeden önce zımbalanmış matkap veya burgu ile delinmiş olan ingot veya kütüklerden kesilmiş kısımlardan üretilmektedir.

2.7.3 Teslim koşulları, ısıtım işlem

2.7.3.1 Tüm dövme parçalara, malzemeye uygun tarzda ısıtım işlem uygulanacaktır. Isıtım işlemler, düzenli ve gerekli şekilde bakımı yapılan uygun fırınlarda yapılacaktır. Fırınlarda, sıcaklığı kontrol eden ve gösteren cihazlarla donatılmalıdır. Fırın boyutları, dövme parçanın tümünde sıcaklığı, gerekli ısıtım sıcaklığına düzgün olarak çıkartabilecek özellikte olacaktır. Çok büyük dövme parçalarda, fırın boyutları, toplam normalizasyonun bir kademedede yapılmasına elverişli değilse, alternatif ısıtım prosesi hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

2.7.3.2 Tüm sıcak şekil verme işlemleri, son ısıtım işleminden önce bitirilecektir. Herhangi bir nedenle daha sonraki sıcak şekil verme işlemi için dövme parçanın yeniden ısıtılması gerekli olursa, son ısıtım işlemi tekrarlanacaktır.

2.7.3.3 Dövme parçalar, son ısıtım işleminden sonra sıcak veya soğuk düzeltme işlemine tabi tutulduğunda, bu işlemin ardından, kalan gerilmelerin giderilmesi için gerilme giderici ısıtım işlemi gerekli olabilir.

2.7.3.4 Dövme işleminden sonra mekanik işleme ile kesiti önemli ölçüde değiştirilecek dövme parçalar, yeterli kaba mekanik işlem uygulandıktan sonra su verilip temperlenebilir. Su verilmiş ve temperlenmiş dövme parçanın ağırlığı, son parça ağırlığının 1,25 katını geçemez.

2.7.4 Genel dövme kalitesi

2.7.4.1 Tüm dövme parçalar, kullanımlarına ve işlemlerine önemli ölçüde zararlı etkileri olabilecek tabakalaşmalar, çatlaklar, çekme boşlukları, tortular, gaz boşlukları ve metalik olmayan katkılar gibi hatalardan arınmış olmalıdır. Mekanik olarak işlenmemiş şekilde teslim edilen dövme parçalar, üretim yöntemine bağlı olarak düzgün bir yüzeye sahip olacaktır.

2.7.4.2 Önemsiz yüzey hataları çekme ve / veya taşıma ile giderilebilir. Hataların tamamen giderilmiş olduğu manyetik parçacık veya girici sıvı testleri ile belirlenecektir.

2.7.4.3 Kimyasal bileşimin kanıtlanması

Üretici, her eriyiğin kimyasal bileşimini belirleyecek ve 1.2'ye göre ilgili sertifikayı sağlayacaktır. Sertifikada ilgili çelik kalitesinin eriyiğine ait kimyasal bileşim belirtilecektir. Bileşimde herhangi bir tereddüt varsa veya sertifika ile dövme parçalar arasındaki bağlantı kanıtlanamadığında, ürün analizi yapılacaktır.

2.7.5 Mekanik – teknolojik testler

2.7.5.1 Çekme testi

Mekanik özellikler; çekme mukavemeti, akma sınırı veya %0,2 uzama sınırı, kopma uzaması ve kopmada kesit daralması değerlerinin belirleneceği çekme testi ile kontrol edilecektir.

2.7.5.2 Çentik darbe eğilme testi

Standartlarda belirtilmişse, bir çentik darbe eğilme testi yapılacaktır. Aksi belirtilmedikçe, çentik darbe enerjisi her dövme parçasında veya test parçasında yapılacak çentik darbe testi ile kanıtlanacaktır.

2.7.5.3 Örnek alma

Kural olarak, test parçaları, bu amaçla ana dövme parça ile birlikte dövme işlemi uygulanan fazla malzemeden alınacaktır. Bu test kısımları, genelde dövme parçaya son ısıtma işlemi uygulandıktan sonra ana parçadan ayrılabilir. Bu

durumda, sonraki gerilme giderici ısıtma işlemi ihmal edilebilir. Isıtma işleminden önce test kısmının ana parçadan ayrılmasına sadece üretim zorunlulukları nedeniyle izin verilebilir. Bu durumda, ana dövme parçası ile test kısımlarına birlikte ısıtma işlemi uygulanmalıdır.

2.7.5.4 Bu kuraldan istisna olarak, seri üretilen kalıpta dövme parçalarda, test parçaları, fazla veya ayrıca dövülen örnek kısımlardan alınabilir. Bunlar aynı eriyiğe ait olacak ve test edilecek parça ile birlikte ısıtma işlemi tabii tutulacaktır. Test örneği seçimi ile ilgili olarak, standartlarda belirtilen test demeti boyutları uygulanır.

2.7.5.5 Tüm test kısımlarına, dövme parçasının ilgili kesitine uygun kesite sahip olacak derecede şekillendirmek üzere dövme işlemi uygulanacaktır. Test kısımları, gerekli testlerle birlikte olası yenilenecek testler için gerekli test parçalarının alınmasına da yetecek büyüklükte olacaktır.

2.7.5.6 Tüm test kısımları ve test örnekleri, temsil ettikleri dövme parçaları veya birim test miktarları ile kolaylıkla ilgili kurulabilecek tarzda markalanmalıdır.

Kural olarak, örnekler, yüzeyden itibaren çapın veya kalınlığın 1/3'ünde yer alan test kısımları veya test örneklerinden alınacaktır.

2.7.6 Tahribatsız testler

2.7.6.1 Yüzey çatlakların araştırılması gerekli ise, östenitik çelikler hariç, tercihen manyetik parçacık yöntemi kullanılacaktır. Testler, genelde, dövme parçalara son ısıtma işlemi uygulandıktan ve mümkünse mekanik olarak işlendikten sonra yapılacaktır. Akım uygulanacak ise, elektrotların yanık izleri meydana getirmemesine dikkat edilecektir. Parçanın yüzeyindeki teğetsel alan gerilimi en az 2 kA/m (25 Oe) olacak, ancak 5 kA/m'yi (62,5 Oe) geçmeyecektir.

2.7.6.2 İstisnai durumlarda (ve östenitik çelikler için) girici sıvı yöntemi kullanılarak yüzey çatlak testleri mümkündür. Testler, muayene maddesi üreticisinin talimatına göre, girici sıvı, temizleyici ve developer'den oluşan birbirine bağlı test malzemesi kullanılarak yapılacaktır.

2.7.6.3 Ultrasonik testler, tercihen, basit bir geometrik şekilde iken, test edilecek parçalar asgari olarak normalize edilmiş halde yapılacaktır. Parçanın şekil ve boyutunun izin vermesi koşuluyla, ultrason radyal ve eksenel doğrultuda hareket edecektir. Kullanılan yöntem, uygulama tipi, test problemleri cihaz ayarları, kayıt eşikleri ve hata sınırları gibi testlere ait teknik veriler üretici tarafından belirlenecek ve bildirilecektir. Testi yapanların nitelikleri kanıtlanacaktır.

Firma, ultrasonik testlerle ilgili olarak yukarıda belirtilen test tekniği ayrıntılarını ve sonuçların değerlendirilmesini içeren raporu hazırlayacaktır.

2.8 Dökme demir

2.8.1 Bölüm 6 ve 7'ye göre yapılar ve bileşenler için, gerekli mekanik özelliklere bağlı olarak ya EN 1563:2003'e göre küresel grafitli veya EN 1561:1997'ye göre lamellar grafitli dökme demirler kullanılabilir. Ayrıca, EN 1559-1:1997 ve EN 1559-3:1997'de belirtilen hükümler dikkate alınacaktır.

2.8.2 İlave doğrulama olmaksızın, gevreklik kırılmasına eğilimi bulunan dökme demirler (yüksek yüzdeli perlitli EN-GJS; EN-GJL) kuvvet iletiminde önemli bir rol oynayan ve yüksek dinamik yüklere maruz bileşenlerde (örneğin; pervane göbeği, pervane yatakları ile entegre dişli kutusu muhafazası, pervane yatağı ve makina temelleri döküm parçaları) kullanılmayacaktır.

2.8.3 Küresel grafitli dökme demirler için üretim yöntemi, küresel form V ve VI'daki (ISO 945:1994'e göre) grafitin %90'ının çökmesini sağlamalıdır. Mikro yapının belirlenmesi için ISO 945 uygulanabilir. Ferritik tipler için, metalik ana maddenin tane yapısı içindeki perlit oranı %10'u geçmeyecektir.

2.8.4 Diğer standartlara veya malzeme spesifikasyonlarına uygun diğer tip dökme demirlerin kullanımı için, TL ile anlaşmaya varılmalıdır.

2.8.5 İç kusurların değerlendirilmesi bakımından, bileşenlerin döküm kalitesinin incelenmesi için, ultrasonik (EN 12680-3:2003) ve / veya radyografik (EN 12681:2003) testler gibi tahribatsız test yöntemleri uygulanacaktır. Radyografik testler için, radyasyon kaynağı, EN 444'e göre, maksimum et kalınlığı ile bağlantılı olarak seçilecektir. Eğer ultrasonik test için yeterli arka-panel veya hata ekosu elde edilemezse, radyografik testle kombineli ultrasonik test yapılacaktır.

2.8.6 Genelde dinamik gerilmelere maruz bulunan ve küresel grafitli dökme demirden yapılan bileşenler için, kalite düzeyi istekleri EN 12680-3:2003 (ultrasonik test) ve EN 12681:2003 (Radyografik test), EN 1369:1997 (Manyetik çatlak algılama testi) ve EN 1371-1:1997 (Girici sıvı testi)'ye göre belirlenmelidir.

2.8.7 Yarık tipi hava boşlukları (hata sınıfı A), metalik olmayan katkılar (B) ve kapalı çekme delikleri (C) radyografik testten sonra, kalitelerine göre sınıflandırılacaktır (Tablo 3.5'e bakınız). Burada kabul edilecek en kötü derece VDG, P-541'e göre kalite derecesi 3'dür. Yüksek gerilmeli alanlarda mekanik işleme ile kesilen cüruflara (Z) veya çekme deliklerine (C) izin verilmez ve et kalınlığında izin verilen azalma dikkate alınarak mekanik yollarla giderilmelidir. Varsa, diğer tüm hata tipleri ayrıca değerlendirilecek ve olası önlemler TL ile koordine edilecektir.

2.8.8 Genelde dinamik gerilmelere maruz bulunan ve küresel grafitli dökme demirden yapılan bileşenler için, kalite düzeyi istekleri, belirtilecek veriler için EN 12680-3:2003'e göre belirlenmelidir. Burada kabul edilecek en kötü derece, kalite derecesi 3'dür.

2.8.9 Test kısımlarının veya test parçalarının, mekanik-teknolojik özellikleri ile tane ve grafit yapısının ve döküm kalitesinin belirlenmesi amacıyla alınması, bileşenin tipik özellikleri doğru olarak kaydedilecek şekilde yapılacaktır. Birçok halde bileşen üzerinde değişen örnek alma noktalarını belirlemek gerekir.

Tablo 3.5 VDG, P-541 esas alınarak EN GJS'nin radyografik testi için, et kalınlığına ve kalite seviyesine göre hata sınıfları

Kalite seviyesi	Hata sınıfları		
	Et kalınlığı 100 mm.'ye kadar	Et kalınlığı >100 - 250 mm. arası	Et kalınlığı >250- 400 mm. arası
1	A1, B1, C1	A1, B1, C2	A1, B1, C3
2	A2, B2, C2	A2, B2, C3	A2, B2, C4
3	A3, B3, C4	A3, B3, C5	A3, B3, C6

2.8.10 Tüm test kısımları ve test parçaları, kolaylıkla ilgi kurulabilecek şekilde markalanmalıdır. İlgili spesifikasyon TL'na verilecektir.

2.8.11 Test sonuçları 1.2'ye göre dokümante edilecektir.

2.8.12 Hataların üretim kaynağı veya onarım kaynağı ile giderilmesine, sadece onaylı prosedür testleri ile izin verilir. Kaynak atölyelerinin ve kaynakçıların nitelikleri ile ilgili olarak, D.2'ye bakınız. Bu tip kaynaklara başlamadan önce, kaynak prosesi, ısıtım işlem ve testlerin kapsamı hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır. Dinamik zorlanmaya maruz bileşenlerin karma kaynağına izin verilmez.

2.8.13 Madde 1.1'e göre en düşük dizayn sıcaklığı sınırları dikkate alınacaktır.

2.9 Alüminyum alaşımları

Sadece öngörülen amaca uygun ve TL tarafından onaylı alüminyum alaşımları kullanılacaktır. Gerekirse, alaşımlar için kaynağa uygunluğun kanıtları verilecektir.

Yorulma mukavemeti ve çentiklere hassasiyet bakımından alüminyum, yüksek gerilmeli çeliklere benzer ve bu nedenle dikkatli bir dizaynı ve üretimi gerektirir.

Temas korozyonunu ve özellikle deniz atmosferindeki korozyonu önlemek için, uygun işleme ve korozyondan koruma önlemleri uygulanacaktır.

2.9.1 İşlenmiş alüminyum alaşımları

2.9.1.1 Alüminyum alaşımlarının kimyasal bileşimi için EN 573, mekanik özellikleri için EN 755-2 ve yarı mamül ürünlerin malzeme koşullarının tanımı için EN 515 dikkate alınacaktır.

2.9.1.2 Toleranslara ve genel koşullarla ilgili isteklere uygunluk üreticinin sorumluluğundadır.

2.9.2 Alüminyum alaşımlı dökümler

2.9.2.1 Alüminyum ve alüminyum alaşımlarından yapılan dökümlerin mekanik özellikleri ve kimyasal bileşimleri EN 1706'da verilen değerlere uygun olacaktır.

2.9.2.2 Tüm döküm parçaları, kullanımında ve işlenmesinde fazlaca etkili olabilecek iç ve dış hatalardan arınmış olacaktır.

2.9.2.3 Hatalar kaynakla düzeltilecekse, üretici kaynak spesifikasyonu hazırlamalı ve TL'nun iznini almalıdır. Ayrıca, dökümlerin hatasız olduğundan şüphe edilen durumlarda, üretici tarafından ilgili kısımlarda tahribatsız testler yapılacaktır. Döküm tekniğine göre kritik bölgeler ve düzeltilmiş hata yerleri de testlere dahil edilecektir.

2.9.2.4 Testlerin sonuçları 1.2'ye göre dokümante edilecektir.

3. Fiber Takviyeli Plastikler (FTP)

3.1 Tanımlar

3.1.1 Fiber takviyeli plastikler; matris olarak sıcakta sertleşen, reçineden ve fiber şeklinde yerleştirilmiş takviye malzemesinden oluşan heterojen malzemelerdir.

3.1.2 Sıcakta sertleşen reçine, reçineden ve sertleştiriciden ve muhtemelen ek malzemedan oluşan çok elemanlı karışımdır.

3.1.3 Takviye malzemeleri, kullanım amacına bağlı olarak, çeşitli takviye ürünleri oluşturacak şekilde işlem gören çeşitli malzemelerin elyaflarıdır. İki türlü takviye malzemesi vardır:

- Homojen : Sadece bir malzemenin elyafını içeren takviye ürün
- Homojen olmayan : Tekil tabakaların veya bir tabakadaki doğrultuların homojen olabileceği, farklı malzemelerin elyafını içeren takviye ürünü.

3.1.4 Laminat; takviye malzemesi tabakalarını birbiri üzerine yerleştirerek, sıcakta sertleşen reçine ile birleştirilmek sureti ile üretilen kısımdır.

3.1.5 Sandviç laminat; hafif malzemedan bir ara madde ile birleştirilen laminat tabakadır.

3.1.6 Prepreg; önceden sıcakta sertleşen reçine emdirilmiş ve daha sonra reçine veya sertleştirici ilave edilmeden işlenebilen takviye malzemesidir. Prepreg, ıslak ve kuru olmak üzere ikiye ayrılır. Islak prepregler; uzman üretici tarafından atölyede üretildiği için "kapalı mekan prepregi" olarak bilinirler.

3.2 Genel

3.2.1 Fiber takviyeli plastiklerin özellikleri, geniş çapta, gördükleri işleme bağlıdır. Bu nedenle, D.4'de belirtilen üretici istekleri dikkate alınacaktır.

3.2.2 Tekil bileşenlerin (reçine, takviye malzemesi, yapıştırıcı, vb.) kalitesinin onayı veya teyidinin bulunmasına bakılmaksızın, ilgili kompozit malzemenin özelliklerinin dizayn değerlerine uygunluğu kontrol edilecektir.

3.3 Sıcakta sertleşen reçine

3.3.1 Reçineler; amaca ve bununla ilgili isteklere bağlı olarak, katmerli laminat reçine ve ince tabaka (kaplama) reçine olmak üzere ikiye ayrılır. İnce tabaka (gelcoat) ve katmerli reçinenin ana maddesinin formülasyonu aynı değilse, bunların birleşiminin uygunluğu kanıtlanacaktır.

3.3.2 İnce tabaka reçine, laminatın yüzeylerini mekanik hasarlardan ve ortam etkilerinden korumalıdır. Bu nedenle, sertleşmiş durumdaki reçinenin neme, kimyasal maddelere, UV radyasyonuna, deniz ve endüstriyel ortama dayanıklı olması, aşınmaya karşı çok dirençli olması, su emme kabiliyetinin çok az olması ve yüksek elastisiteye sahip olması gerekir.

İzin verilen katkı maddeleri, sınırlı miktarda olmak üzere tiksotropik maddeler ve boya pigmentleridir.

3.3.3 Katmerli reçineler işlem sırasında emdirici özelliğe sahip olacaktır. Sertleşmiş durumda neme ve yaşlanmaya karşı dirençli olacaktır. Bu özellikler izin verilen katkı ve dolgu maddeleri için de sağlanacaktır.

3.3.4 Sıcakta sertleşen reçinelerde, tüm reçine katkıları (katalizörler, hızlandırıcılar, inhibitörler, dolgu maddeleri ve boya pigmentleri) sıcakta sertleşen reçineye uygun olmalıdır. Bunlar, reçinenin tamamıyla sertleşmesinin önlenmesi için aralarında uyumlu olmalıdır. Katkılar, reçineye özenle ve üretici talimatına uygun olarak katılmalıdır. Sertleşme işlemini başlatan katalizörler ve çalışma zamanını (pota zamanı) ve sertleşme zamanını yönlendiren hızlandırıcılar, üreticinin işleme talimatına göre kullanılır.

3.3.5 Epoksi reçinelerde, reçine ve sertleştirici bileşenleri mümkün olduğunca, üretici kurallarına göre karıştırılacaktır. Kural olarak, sadece üretici tarafından tanımlanan reçine / sertleştirici kombinasyonlarına izin verilir.

3.3.6 Oda sıcaklığında, sertleşen tüm sistemler (soğukta sertleşen sistemler), 16°C'dan 25°C'a kadar olan sıcaklık alanında yeterli bir sertleşme garantisi edilecek şekilde ayarlanacaktır. Diğer sıcaklıklarda sertleşecek soğukta sertleşen sistemler ve sıcakta sertleşen sistemler TL tarafından onaylı üretim spesifikasyonuna göre kullanılabilir.

3.3.7 Dolgu malzemesinin reçinenin özelliklerine önemli bir zararlı etkisi olmamalıdır. Dolgu malzemesinin tipi ve miktarı reçinenin özelliklerini, nominal özelliklerinin altına düşürmemelidir. Genelde, dolgu malzemesinin katmerli reçinedeki miktarı, ağırlığın %12'sini (ağırlığın maksimum %1,5'u kadar tiksotropik madde dahil) aşmamalıdır. Üretici tarafından daha küçük bir değer belirtilmişse, bu değer uygulanır. İnce tabaka reçinedeki (gelcoat) tiksotropik madde miktarı ağırlığın %3'ünü aşmamalıdır.

3.3.8 Boya pigmentleri hava koşullarına dayanıklı ve inorganik veya güneş ışınlarından etkilenmeyen organik boya maddelerinden oluşmalıdır. İzin verilen maksimum pigment oranı, üretici tarafından belirtilen değeri veya ağırlıkça %5'e aşmamalıdır.

3.4 Takviye malzemeleri

3.4.1 Genelde kullanılan takviye malzemeleri; cam, karbon ve aramid elyafı ile çeşitli tiplerde hazırlanır:

- Fıtil : Çok sayıda paralel lifler birbirine sararak veya sarmaksızın birleştirilir. Püskürtme kalıplama proseslerinde, bunlar kesme fitiller olarak kullanılabilir.
- Keçe : Kirpik liflerin veya doğranmış fitil demetlerinin (minimum 50 mm. uzunluğunda) düzensiz yayılarak bir bağlayıcı ile birleştirilmesinden elde edilir.
- Dokuma : Tekstilde uygulanan dokuma tekniğine göre birbiriyle birleştirilen liflerden elde edilir (keten, saten, atlas, vb. gibi). Büküm ve atkılar malzemeye ve / veya ipliğin inceliğine göre ayırt edilir.

- Dokumasız : Tek yönlü fiber tabakalar rastgele birbirleri üzerine yerleştirilir ve ince fiber iplikler birbirlerine veya keçeye tespit edilir. Tabakalarda çeşitli malzemenin ve / veya çeşitli kalınlıkta ipliklerin bulunması mümkündür.

3.4.2 Liflere, öngörülen katmerli reçineye uygun, koruyucu ve / veya yapışmayı iyileştirici kaplama yapılacaktır (cam elyafta "size", karbon elyafta "finish" ve aramidde "avivage"). Bu işlem, lifler ile katmerli reçinenin uygun yaşlanma ve neme dirençli yapışmasını sağlamak için gereklidir.

3.4.3 Cam elyaf için tercihen, alüminyum bor silikat (alkali oksit içeriği $\leq 1\%$) cam kullanılacaktır. Örneğin; VDE 0334/Part 1- Section 4'e göre E camı. Diğer tip camlara uygunsa (örneğin; R veya S camı gibi) TL tarafından izin verilebilir.

3.4.4 Yük taşıyan yapılar için, cam elyaftaki liflerin ortalama çapı 20 μm 'u geçmeyecektir (Bölüm 5, E.4.4'e bakınız).

3.4.5 Karbon elyafta, piç esaslı ve "heavy tow" ürünlere izin verilmez.

Not :

"Heavy tow" lifler, karbonizasyon derecesi %99'dan az olan 48 K ÷ 320 K filament miktarlı karbon elyaftır.

3.5 Çekirdek malzemeler

3.5.1 Çekirdek malzemelerin öngörülen kullanım amacına uygun olduğu kanıtlanacak ve bu malzemeler katmerli reçinenin sertleşmesini engellemeyecektir. Özellikle, rijid plastik köpükler için, izin verilen malzeme sıcaklığı, katmerli reçine sertleşirken aşılmamalıdır.

3.5.2 Aşağıda belirtilenlerin dışında, öngörülen kullanma maksadına uygun çekirdek malzemeler, TL'nun izni ile kullanılabilir.

3.5.3 Sandviç laminatlar için çekirdek malzeme veya takviye kuşağı olarak kullanılan katı köpük malzemeleri kapalı hücre tipinde ve laminat reçineye ve yapıştırıcılara karşı, yaşlanmaya, deniz ve endüstri ortamına karşı direnci çok fazla olmalıdır. Su emme kabiliyeti düşük ve yeterli görünür yoğunluklu olması diğer isteklerdir.

3.5.4 Liflerine dik kesilmiş balsa ağacı, aşağıdaki istekleri yerine getirmek koşulu ile sandviç laminatlarda çekirdek malzeme olarak kullanılır:

- Böcek ve mantar oluşumuna karşı kesimden sonra derhal işleme tabi tutulmalıdır.
- Sterilize edilmeli ve homojen hale getirilmelidir.
- Kesildikten sonra 10 gün içinde kurutulmalıdır.
- Ortalama nem oranı maksimum %12 olmalıdır.

Liflerine dik kesilmiş balsa'nın olası su emişi nedeniyle bileşende bütünüyle sızdırmaz hale getirilmelidir.

3.6 Prepreg

3.6.1 Katmerli reçine ile ön emdirilmesi yapılmış fiber takviyeler, bileşenlerindeki istekleri yerine getirmelidir. Ayrıca, işlem sıcaklığında yeterli yapışma sağlanması için minimum reçine hacmi %35'in altına düşmemelidir.

3.6.2 Kuru prepregler için, depolama koşulları ve raf ömrü ambalajda belirtilecektir. Testler vasıtasıyla uygunluğu doğrulanmadıkça, üretici tarafından belirtilen son kullanma tarihinden sonra kullanılamaz.

3.6.3 Ara tabakalı sertleşen reçinelerin takviye malzemeleri için benzer istekler uygulanır.

3.7 Yapıştırıcılar

3.7.1 Mümkünse katmerli reçine bileşimi esaslı, iki bileşenli reaksiyon yapıştırıcılar kullanılacaktır.

3.7.2 Sıcakta sertleşen yapıştırıcılar kullanılıyorsa, yapıştırılacak malzemelerin izin verilen maksimum termal gerilme aşılmamalıdır. Bu husus, tek bileşenlerin sıcakta eriyen yapıştırıcılara uygulanır.

3.7.3 Yapıştırıcılar, üreticinin talimatına göre kullanılır. Yapıştırıcılar, yapıştırılan malzemeleri etkilememeli, nemlenmeye ve yaşlanmaya karşı dayanıklı olmalıdır.

Çalışma sıcaklığının, yapıştırma mukavemetine etkisi çok az olmalıdır.

3.7.4 Yapıştırıcılar 60°C'a kadar olan sıcaklıklarda kullanılabilir olacaktır.

3.8 Malzemelerin onayı

3.8.1 Eğer FTP bileşenler, açık deniz rüzgar türbinlerine monte edilmek üzere üretiliyorsa ve proje sertifikası başvurusu yapılmışsa, tüm malzemeler için **TL** onayı gereklidir. Onay koşulları A'da belirtilmiştir. Onaylarda esas alınan testlerin, istekleri karşılaması koşuluyla, diğer kuruluşlardan alınan onaylar, **TL** ile anlaşma varılarak, belirli durumlarda kabul edilebilir.

3.8.2 Yukarıdaki durumda, üretim başlamadan önce gerekli malzeme onayları **TL**'na sunulmalıdır. Hiçbir onay veya gerekli onaylar mevcut değilse, istisnai olarak, **TL** ile anlaşmak suretiyle, ana malzeme özelliklerinin kanıtlanması, bileşen laminatları için gerekli malzeme testleri kapsamında elde edilebilir.

4. Ahşap

4.1 Ahşap tipleri

DIN 4074'e göre S 13 sınıfı kalite I çam veya DIN 1052'ye göre kalite I veya eşdeğeri mukavemet özellikli ahşap malzeme kullanılacaktır. İşlemeden sonraki laminar kalınlık 33 mm. yi geçmeyecektir. Solid ahşap pervane kanatları için levha genişliği 22 cm. yi geçmeyecektir.

4.2 Malzeme testleri ve onay

4.2.1 Ahşap pervane kanatlarının üretiminde kullanılan tüm yapıştırıcı ve kaplama maddeleri ve tüm ahşap koruyucuları **TL** tarafından onaylanacaktır. Onay başvurusu, malzeme üreticisi veya sağlayıcısı tarafından yapılacaktır.

4.2.2 TL gözetiminde yapılan testler veya **TL** tarafından kabul edilen bağımsız bir test kuruluşundan alınan rapor, malzemenin **TL** isteklerini sağladığını kanıtlarsa, onay verilir.

4.2.3 Kanıtlar, üretim başlamadan önce verilecektir.

4.3 Yapıştırıcılar

4.3.1 Ahşap pervane kanatlarının üretiminde kullanılan yapıştırıcılar; ahşap öğeler, koruyucular ve kaplama malzemeleri ile uyumlu olacaktır. Bunlar, ani iklim değişimleri durumunda yaşlanma ve yorulmaya dirençli olacaktır.

4.3.2 Sadece resorcinol reçine yapıştırıcısı veya epoksi reçineler kullanılacaktır. Bunlar DIN 68141'e göre testlere tabi tutulacaktır.

4.3.3 Sentetik reçine yapıştırıcıları, bunların öğeleri, kaplama malzemeleri, üretici ve **TL**'nin izni olmadıkça, üretici tarafından belirlenen son kullanma tarihinden sonra kullanılmayacaktır.

4.4 Yüzey koruma

4.4.1 Yüzey koruması, neme karşı etkin koruma sağlanacaktır. Kullanılan malzemeler yüksek elastisiteye, su geçirmezliğe ve az oranda buhar tutma özelliğine sahip olacaktır. Malzemeler; UV radyasyonuna, yaşlanmaya deniz, tropik ve endüstri ortamına dayanıklı olacaktır. Ayrıca, aşınmaya karşı yeterli direnç garanti edilecektir. Ahşap öğeleri ve koruyucuları ile uyumluluk sağlanacaktır. Çatlamayı önlemek için kumaş kaplama kullanılabilir.

4.4.2 ETP'den yapılan su içi yapıları veya sıçrama bölgesindeki yapılar için, **TL** ile görüşme yapılarak ilave istekler değerlendirilmelidir.

4.5 Ahşap koruyucuları

Kullanılan ahşap koruyucularının, DIN 52179'a göre

yapıştırıcılar ile uyumlu olduğu kanıtlanmış olacaktır. Ayrıca, yüzey koruma malzemeleri ile uyumluluk sağlanacaktır.

4.6 Mekanik bağlayıcılar

Ahşap kanatları pervane göbeğine bağlayan elemanlar, uzun süreli çalışmayı garanti eden malzemelerden yapılacaktır. Eğer metal bileşenler kullanılırsa, dizaynda, bu bileşenlerle ahşap arasındaki gerilme ve zorlanmadaki büyük davranış farkı dikkate alınacaktır.

5. Beton – Donatısız, Donatılı veya Ön Gerilmeli

5.1 Genel

5.1.1 Aşağıdaki alt bölüm sahada oluşturulan betonlara, hazır betonlara veya üretim tesisi betonlarına uygulanır.

5.1.2 Buradaki kurallar, sık taneli yapıdaki donatısız, donatılı ve öngerilmeli betonların yük taşıyan ve kuvvetlendirici bileşenleri ile ilgilidir.

5.2 Standartlar

5.2.1 Dizayn, hesaplamalar ve yapımda beton yapılara ait uluslararası ve ulusal tanınmış standartlar kullanılacaktır.

5.2.2 Değerlendirme için kısmi emniyet faktörlerinin esas alındığı (örneğin; Eurocode 2, Part I veya DIN 1045-1 : 2001-07) dizayn kavramı tercih edilmelidir. Diğer dizayn kavramları da seçilebilir, ancak sadece tek bir üniform emniyet kavramının kullanılması sağlanmalıdır.

5.2.2 Örneğin; aşağıda belirtilen tanınmış standartlar ve kurallar kullanılabilir :

- ACI Standard 318-02, Building Code Requirements for Structural Concrete

- ACI Report 357 R-84(97), Guide for the Design and Construction of Fixed Offshore Concrete Structures
- British Standard 8110, The Structural Use of Concrete
- FIP Recommendations, Design and Construction of Concrete Sea Structures.

5.2.4 Dizayn, analizler ve yapım için kullanılacak standartlar yeterince önceden **TL**'na bildirilecek ve bunların uygulaması **TL** tarafından onaylanacaktır.

5.2.5 Eğer tanınmış standartlar; dizayn, analiz ve yapım ile ilgili tüm alanları kapsamıyorsa, ilave standartlar kullanılabilir. Bunlar, özellikle malzemelerin üretimi, testleri ve kalite kontrolüne uygulanır. İstisnalar için **TL** ile anlaşmaya varılabilir.

5.2.6 Tanınmış standartlardan farklılık gösteren yapım ve dizayn prensipleri, malzeme kaliteleri veya gerilme analizi yöntemleri, bunların uygulanabilirliğinin testlerle, deneyimlerle veya teorik araştırmalarla kanıtlanmış ise ve buradaki emniyet isteklerine uygunluğu gösterilmiş ise, kabul edilebilir.

5.3 Beton için ham maddeler

5.3.1 Çimento tipleri

Çimento tipleri; EN 197 veya DIN 1164 ya da beton kullanımında uygulanan ilgili ulusal standartlar veya kaidelere uygun olacaktır.

5.3.2 Beton agregaları

5.3.2.1 Agregalar; beton kullanımında uygulanan ulusal standartlar veya kaidelerdeki isteklere uygun olacaktır (örneğin; DIN 4226-1). Agregalar; betonun dayanımını olumsuz etkileyecek veya donatı malzemesinde korozyona neden olacak miktarda zararlı bileşenleri içermeyecektir.

5.3.2.2 Kural olarak, alkaliye hassas bileşenli agregalar kullanılamaz.

5.3.2.3 Agreganın maksimum tane büyüklüğü ve granülasyon eğrisi EN 206'ya göre seçilecektir.

5.3.2.4 Kombine agrega, mümkün olduğunca iri taneli ve yoğun granüllü olmalıdır. Maksimum partikül boyutu, betonun dökülmesi ve sıkıştırılması mümkün olacak şekilde, donatı demirleri arasındaki aralığın ve beton örtünün fonksiyonu olarak seçilecektir.

5.3.2.5 Devamlı ve devamsız granülasyon eğrili agregalar kullanılabilir.

5.3.3 Katkı suyu

5.3.3.1 Katkı suyu; betonun karışımı, sertleşmesi ve dayanımını olumsuz etkileyecek veya donatı malzemesinde korozyona neden olacak miktarda zararlı bileşenleri içermeyecektir. Genelde, şehir şebekesinden sağlanan su beton oluşumu için uygundur.

5.3.3.2 Suyun uygunluğu konusunda tereddüt varsa, araştırma gerekebilir.

Deniz suyu donatısız betonda, sadece özel durumlarda kullanılabilir ve bu konuda mutabakat gereklidir.

5.3.4 Kimyasal katkı maddeleri

5.3.4.1 Kimyasal katkı maddeleri, sadece, testler neticesinde bunların betonun önemli özelliklerine olumsuz etkileri olmadığı ve donatıların korozyon korumasını bozmadığı anlaşıldığı takdirde beton ve çimento harcında kullanılabilir. Özel durumlarda, yapılacak beton için özel uygunluk testleri gerekebilir.

5.3.4.2 Donatılı veya önerilmeli betona; klorid, klorid-taşıyan malzemeler veya diğer çelik korozyonunu artırıcı malzemeler ilave edilemez.

[illegible]

Tablo 3.7 EN 206-1'ye göre basma mukavemeti için uygunluk kriterleri

Üretim	Her serinin basma mukavemeti için test sonuçları sayısı "n"	Kriter 1	Kriter 2
		"n" sonucun ortalama değeri (f_{cm}) [N/mm ²]	Her bir test sonucu (f_{ci}) [N/mm ²]
Birincil üretim	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Devamlı üretim	15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

5.4.2 Özel nitelikli beton

5.4.2.1 Neme doymuş koşullarda, sık sık ve ani buzlanma ve çözölmeye maruz betonlar, yüksek donma direncine sahip olmalıdır. Bunun için donmaya dirençli agrega ve su geçirmez beton gerekir. Eğer beton, sıklıkla buz çözücü tuz veya benzeri kimyasallarla temas ediyorsa, taze betonda ortalama hava miktarı hacimce yaklaşık %4 olacak şekilde, yeterli miktarda hava çekici katkıları ilave edilecektir.

5.4.2.2 Betonun kimyasal madde etkilerine direnci, büyük oranda yoğunluğuna ve su / çimento oranına bağlıdır. Eğer kuvvetli bir kimyasal etki olasılığı varsa, test sırasında (örneğin; DIN 1048'e göre) su girişi 3 cm'yi geçmeyecek şekilde betonun yoğun olması gereklidir.

5.4.2.3 Litrede 400 mg'dan fazla SO₄ içeren suyun etkisine maruz beton için, yüksek sülfat dirençli çimento kullanılacaktır.

5.4.2.4 Su altında dökülecek beton (sualtı betonu), sıkıştırma olmaksızın kapalı bir yapı elde etmek üzere, yapıştırıcı bir kütle olarak akmalıdır. Tercihen, devamlı granülasyon ve yeterince fazla küçük tanecikler kullanılmalıdır.

5.4.3 Beton donatı çeliği

5.4.3.1 Bu madde, beton yapılarda takviye olarak kullanılan, hasır veya kangallardan yapılan beton donatı çeliğine uygulanır.

5.4.3.2 Beton donatı çeliklerinin çapı, yüzey özellikleri, mukavemet özellikleri ve markalanması, standartlara uygun olacaktır (örneğin; ENV 10080, DIN 488). Eğer beton donatı çeliklerinde kaynak yapılacaksa, sadece buna uygun kaliteler kullanılabilir (örneğin; DIN 448, Part 1'e göre).

5.4.4 Öngerilmeli çelikler ve öngerilme prosedürü

5.4.4.1 Bu madde, beton yapılarda öngerilme elemanları olarak kullanılan tellere, çubuklara ve örgülere uygulanır.

5.4.4.2 Öngerilmeli çeliğin özellikleri standartlara (örneğin; EN 10138) uygun olacak ve üretici sertifikası ile doğrulanacaktır. Özellikle; çeliğin bileşimi, üretim durumu, gerilme-zorlanma özellikleri, elastik sınır, akma sınırı, çekme mukavemeti, yorulma mukavemeti ve sürünme sınırı ile ilgili veriler ve test sonuçları verilecektir. Bu dokümanlar yerine ilgili otoritelerden alınan tip onayları verilebilir.

5.4.4.3 Öngerilme prosedürü için (demirler, kaplinler, çimento şerbeti boruları, vb.) genelde, uygulanabilir standartlara göre tip onayı gereklidir.

5.4.5 Çimento şerbeti harcı

5.4.5.1 Çimento şerbeti harcı; çimento, su ve kimyasal katkı maddeleri / katkıları'dan oluşur, işlevi öngerilmeli elemanlar ile çevreleyen bünye arasında iyi bir yapışma sağlamak ve elemanları kaplamak ve muhafaza içindeki tüm mahalleri doldurmak suretiyle çeliği korozyona karşı korumaktır.

5.4.5.2 Kural olarak, sadece Portland çimentosu kullanılacaktır. Çimento harcını hazırlamak için genelde şehir şebeke suyu uygundur. Kimyasal katkı maddeleri ve katkıları standartlara uygun olacaktır.

5.4.5.3 Deniz suyu kullanılmayacaktır. Katkıların uygunluğu test edilecektir.

5.4.6 Donatım ve ön gerilmeli yüksek mukavemetli cıvatalar için çelikler

5.4.6.1 Donatımlar genelde, standartlara (örneğin; EN 10025) uygun olarak S235 veya S355 (2.'ye bakınız)'den yapılır.

5.4.6.2 Öngerilmeli yüksek mukavemetli cıvatalar, standartlara göre kullanılacaktır. Sadece 8.8 veya 10.9 mukavemet sınıfındaki cıvatalar kullanılacaktır.

5.5 Betonun dayanımı

5.5.1 Donatı çeliğini korozyona karşı koruyacak ve yapının öngörülen ömrü boyunca maruz kalacağı dış ve çalışma koşullarına yeterince karşı koyacak şekilde yeterli dayanımlı beton üretimi için, aşağıdaki faktörler dikkate alınacaktır :

- Betonun dayanımını bozabilecek ve donatımı malzemesinde korozyona neden olabilecek herhangi bir zararlı unsur içermeyen uygun ham maddelerin seçimi,
- Aşağıda belirtilenleri sağlayacak şekilde beton için uygun kompozisyonun seçimi :
 - Çevreci ve hazır betonun özellikleri için istenilen tüm kriterlerin karşılanması,
 - Yoğun bir beton üst tabakası oluşacak şekilde dökülebilmesi ve sıkıştırılabilmesi,

- İç etkilere dayanabilmesi,
- Dış etkilere dayanabilmesi (örneğin; çevre etkileri),

- Mekanik özellikli hasarlar,
- Çevreci betonun; ham maddeler karışım içinde düzgün dağıtılacak ve kusmayacak, sıkı taneli beton elde edilecek şekilde karıştırılması, dökülmesi ve sıkıştırılması,
- Betonun; özellikle yüzeye yakın kısımlarda (örtü tabakası) kompozisyonundan beklenen özelliklere ulaşacak şekilde sertleşmesi.

5.5.2 Dizayn için, ortam koşullarını tanımlayan bilgiler örneğin; EN 206'dan alınabilir.

5.5.3 Tüm bu faktörler; ilgili iç denetimleri çerçevesinde (üretim kontrolü), sorumlulukları dahilinde, yapımcı, taşaron veya temin ediciler tarafından kontrol edilecek ve doğrulanacaktır.

D. Üretim ve Testler

1. Çelik Yapıların Üretimi ve Konstrüksiyonu

1.1 Genel

1.1.1 Kaynak dışındaki üretim, kullanılan dizayn kurallarını tamamlayan, ulusal veya bölgesel üretim spesifikasyonlarına uygun olacaktır. Dizaynda kabul edilen farklılıklar ile ilgili olarak, özgün çalışma isteklerinin, daha katı kontrollerin yapılmasını zorunlu kılmadığı hallerde, üretim toleransları dizayn kabulleri ile uyumlu olacaktır.

1.1.2 Bu alt bölüm, çelik yapıların üretimi ve konstrüksiyonu ile ilgili minimum istekleri tanımlar. Buradaki istekler, taşımadan önce veya taşıma sırasında, donatımda, işletmede ve onarımda çelik yapılarda yapılacak çalışmalara da benzer şekilde uygulanır. Kaynaklar için 2.'ye, muayene ve testler için 3.'e bakınız.

1.2 Standartlar, spesifikasyonlar

İlgili standart, kod, esaslar, spesifikasyonlar, vb.'nin uygulanması hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır. Eğer bu standart, kod, esaslar, spesifikasyonlar, vb. buradaki kurallarla çelişirse, buradaki kurallar önceliklidir.

1.3 Üretim spesifikasyonları, program

Üretim ve konstrüksiyonun ana konularını içeren spesifikasyon, TL'na onay için verilecektir. Zaman programı bilgi için verilecektir. Kaynak prosedürleri ve NDT spesifikasyonları için 2.3.1 ve 3.1.6.4'e bakınız.

1.4 Kalite güvencesi ve kalite kontrol

1.4.1 Üreticiler, malzemelerin, üretimin ve konstrüksiyonun, buradaki esaslara, onaylı resimleri veya spesifikasyonlara ve onaylarda belirtilen diğer koşullara uygunluğunu sağlayan bir kalite kontrol sistemi oluşturacaktır.

1.4.2 Kalite kontrol; kaynak ve NDT dahil, kalite kontrolün tüm koşullarını içeren belirlenmiş sorumluluklara sahip uzman personel tarafından yapılacaktır. Kalite kontrol bölümü, üretim bölümünden bağımsız olacaktır. Organizasyon yapısı ve kontrolden sorumlu personelin vasıfları TL'na verilecektir.

1.4.3 Üretim ve konstrüksiyon sırasında, diğerlerinin yanı sıra, aşağıdaki konularda kontroller yapılacaktır :

- Malzemenin depolanması ve işaretlenmesi,
- Bileşenlerin hazırlanması ve montajı,
- Bileşenlerin ölçülere uygunluk ve genel yapı.

Kaynakların kontrolü için 3.1.6'ya NDT dahil son muayeneler için 3.1'e bakınız.

1.4.4 Kontroller, aynı zamanda, yapıya yardımcı yapıların ve donanımın montajı, düzeltme ve onarım işleri ile korozyondan koruma önlemleri dahil, yapının bütünlüğü ve mukavemetine etki eden tüm işleri de kapsar.

1.4.5 Tüm kalite kontrol önlemleri; kontrollerin cinsi, kapsamı ve sonuçları kanıtlanacak şekilde kaydedilecektir. Sonuçların özet analizi, olası tekrar işlemleri ve kontroller dahil, işlerin gelişimini yansıtacaktır. Kayıtlar ve analizler, belirli aralıklarla onay için TL'na sunulacaktır.

1.4.6 Üreticiler; buradaki esaslara, onaylı resim ve spesifikasyonlara ve üzerinde anlaşmaya varılan yada onaylarda belirtilen diğer koşullara uygunluktan sorumludur. TL tarafından yapılan muayeneler, üreticilerin sorumluluklarını ortadan kaldırmaz.

1.5 Sapmalar, kusurlar ve onarım işleri

Buradaki esaslardan, onaylı resim ve spesifikasyonlardan ve üzerinde anlaşmaya varılan yada onaylarda belirtilen diğer koşullardan sapmaların TL'ndan onayı gereklidir. Aynı durum, büyük onarımlara da uygulanır. Öngörülen onarım işleri ile ilgili öneri, üretici tarafından hazırlanacak ve kusur raporları ile birlikte onay için TL'na verilecektir. Onarım işleri, onarım prosedürünün TL tarafından onaylanmasından sonra yapılacaktır. İzin verilen toleranslar için 1.14'e bakınız.

1.6 Malzemelerin işaretlenmesi ve depolanması

1.6.1 Ana (özel ve birincil) yapı elemanlarına ait tüm malzemeler (levhalar, borular, vb.) ilgili sertifikaları ile ilişkilendirilebilmek üzere açık olarak işaretlenecektir.

1.6.2 Buradaki esaslara ve / veya onaylı spesifikasyonlara uygunluğu yenilenmiş testler ile doğrulanmadıkça, işaretlenmemiş malzemeler reddedilecektir. Testlerin adedi ve tipi C.1'e göre olacaktır.

1.6.3 Üreticiler, yapı içinde malzemelerin izlenmesini sağlayacak bir sistem oluşturacaktır. Üretimin her aşamasında, ilgili malzeme sertifikası ile bileşenlerin ilişkilendirilmesi mümkün olacaktır.

1.6.4 Tüm malzemeler ve yapı elemanları; yüzey işlemleri ve özellikleri olumsuz olarak etkilenmeyecek şekilde depolanacak ve elleçlenecektir. Kaynak sarf malzemeleri ve yardımcı malzemelerin depolanması için 2.2.3'e bakınız.

1.7 Malzemelerin ve yapı elemanlarının yüzey ve ağız hazırlığı

1.7.1 Isıl prosedür (kesme) uygulandığında, ana malzemenin sertleşme olasılığı ve -kullanılan malzemelere bağlı olarak- mukavemet ve / veya süneklik değerlerindeki değişme olasılığı dikkate alınacaktır. Alevle düzeltme için, 1.12'ye bakınız.

1.7.2 Aşırı alevle kesme izleri (örneğin; şaloma arızası nedeni ile) düzgün geçişli olarak çentiksiz şekilde taşlanacaktır. Mümkünse, kaynak onarımlarından kaçınılacak ve yapıldığı takdirde TL sörveyörünce onaylanacaktır.

1.7.3 Levhalar veya borular, uluslararası kabul görmüş standartlara göre mekanik veya termal kesme (alevle, arkla kesme, plazma kesme) ile hazırlanacak ve bunu takiben gerekirse mekanik temizleme yapılacaktır. Giyotin makasla kesme için de aynaları uygulanır. Çapaklar, her zaman kaba işleme ile giderilecektir.

1.7.4 Kaynatılacak yüzeyler; laminasyon, karbon atıkları, çatlaklar, cürufalar ve kesme çentiklerinden arınmışlık yönünden gözle muayene edilecektir. Bu tür kusurlar mekanik temizleme ile giderilecektir. Eğer oyukluk derinliği 5 mm. yi aşıyorsa, onaylı bir kaynak prosedürü kullanılarak, kaynakla onarım yapılacaktır.

Öngörülen kaynağın 25 mm. yakınındaki çelik yüzeyi; kuru, temiz, pastan veya boyadan arınmış olacaktır. Kaynak prosedür testinde kullanılarak denenmesi halinde koruyucu boya kullanılabilir. Ultrasonik testler için gerekiyorsa veya zehirli dumanlardan kaçınmak için temiz alan 75 mm. ye çıkarılacaktır.

1.7.5 Daha sonra kaynak yapılmayan alevle kesilmiş kenarlar çentik ve çapakların giderilmesi için taşlanacaktır. Alevle giderme veya "yıkama" ya izin verilmez.

1.7.6 Mümkünse, ana elemanlardaki geçişler (boru veya kablo geçişleri) matkapla delinecektir. Alevle kesilen geçişler, tüm durumlarda, çentiksiz olarak taşlanacaktır. Kenarlara pah kırılacak veya yuvarlatılacaktır.

1.8 Soğuk ve sıcak şekil verme

1.8.1 %3'den daha fazla kalıcı deformasyon (uzama) neden olan soğuk şekil vermeden kaçınılmalı ve mekanik özelliklerin yeniden testi ile birlikte ana malzemenin gerilme yaşlanması testi yapılmalıdır. Soğuk şekil verilmiş alanlardaki kaynaklar için 2.5.5'e bakınız.

1.8.2 Flençli ring stifnerlerdeki T-kesitlerin şekillendirilmesi, uygulamada gerekli olan özelliklerin şekil verme ve kaynaktan sonra da kanıtlanması için mekanik testler gerekebilir.

1.8.3 Silindirden geçirmeye yardımcı olmak üzere siğillerin veya diğer tekniklerin kabulü, ürünün gözle kabulüne ve maksimum zorlanma bölgelerindeki mekanik test sonuçlarının kabulüne tabidir.

1.8.4 Daha sonra ısıtım işlemi yapılmadıkça ve nihai durumda tekrar testleri ile mekanik özellikler kanıtlanmadıkça, sıcak şekil verme, normalde 700°C'ı aşmayan bir sıcaklıkta yapılmalıdır.

1.9 Donatım ve montaj

1.9.1 Donatım ve montaj sırasında aşırı sıkışıklıktan kaçınılacaktır. Elemanlardaki büyük deformasyonlar, montajdan önce düzeltilmelidir. Kaynaklı montaj elemanları en aza indirilecektir. Kaynak hazırlığı, montaj ve punta kaynağı için 2.6.3'e bakınız.

1.9.2 Eklenecek bileşenler, mümkün olduğunca hassas olarak layna alınacaktır. Enine elemanlarla kesilen eklenen elemanların laynına özellikle dikkat edilecektir. Gerekirse, bu tür layna alma işlemleri, daha sonra kapak kaynağı ile kapatılacak olan, enine elemanlara kontrol delikleri açılması ile yapılabilir. Kaynaktan önce, montaj kontrol edilecektir. İzin verilen toleranslar için 1.14'e bakınız.

1.10 Hava koşullarından koruma

Ön üretim, mümkün olduğunca, havadan korunmuş atölyelerde yapılacaktır. Bileşenlerin montajı ve kaynağın yapıldığı belirli alanlar hava etkilerine karşı geçici örtülerle korunacaktır (örneğin; yağmur ve rüzgara karşı). Düşük ortam sıcaklıklarında kaynak ve ön ısıtma için 2.6.4'e bakınız.

1.11 Yardımcı malzemelerin sökülmesi

1.11.1 Yapı elemanlarına geçici olarak kaynatılmış olan, kenet levhaları, ayar lamaları ve diğer yardımcı malzemeler, mümkün olduğunca en azda tutulacaktır.

1.11.2 Bu elemanlar gerekli ise, aşağıdaki isteklere uyulacaktır :

- Geçici elemanlar çekişleme ile veya ark-havali oyma ile sökülmecektir. Ayak bağlantı kutularına, etek kaymalı bağlantı kutularına, takviye bağlantı kutularına, takviye nihayetlerine ve birleştirme takviye ringlerine bağlı montaj elemanları, ana metalin 3 mm. üzerinden alevle kesilecek ve ana metalle yüzbeyüz olacak şekilde mekanik olarak taşlanacaktır.
- Boyanacak tüm alanlardaki montaj elemanları, boyadan önce yukarıdaki şekilde sökülecektir.
- Yukarıda belirtilmeyen tüm diğer alanlardaki montaj elemanları, elemanın kaynağının üzerinden (kaynağın maksimum 6 mm. üzerinden) alevle kesilecek ve kalan kısım kapama kaynağı ile doldurulacaktır.
- Ayakların, takviyelerin, kazıkların, bağlantıların eklenmesinde kullanılan montaj elemanları, düzgün şekilde sökülecek ve taşlanacaktır.

1.11.3 Eğer kaba işlemede, yapı elemanlarının yüzeyi hasarlanırsa, ilgili kısımlar düzgünce oyulacak ve çentik oluşmayacak şekilde taşlanarak, çatlak yönünden kontrol edilecektir. Mümkünse, kaynakla onarımdan kaçınılacaktır. Kaynakla onarımın yapıldığı hallerde TL sörveyörü onayı gereklidir.

1.12 Alevle düzeltme

Alevle düzeltme malzemelerin ve kaynakların özelliklerini bozmayacak ve mümkünse kaçınılacaktır. Tereddüt halinde, ısıtma işlemin performansının kanıtlanması istenebilir.

Not :

Yüksek mukavemetli (normalize edilmiş) çeliklerde yapılan standart alevle düzeltme, düzeltme sıcaklığının 700°C'ı aşmaması, lokalize olmuş aşırı ısıtma ve ani soğutmadan (örneğin; su ile) kaçınılması koşuluyla, genelde kabul edilebilir. Daha yüksek mukavemetli (su verilmiş ve temperlenmiş) yapı çeliklerinin alevle düzeltilmesinden önce, çelik üreticilerinin tavsiyeleri esas alınarak, anlaşmaya varılması gereklidir.

1.13 Isıl işlem

1.13.1 Eğer ısıtma işlemi gerekli ise, aşağıda ayrıntıları açıklanan bir prosedüre göre yapılacaktır :

- Yapı elemanı, boyutları ve malzemesi,
- Isıtma donanımı ve izolasyon,
- Kontrol cihazları ve kayıt donanımı,
- Isıtma ve soğutma oranları (sıcaklık değişimleri),
- Tutma durumu ve zamanı.

1.13.2 Spesifikasyon, onay için TL'na verilecektir. Kaynak sonrası ısıtma işlemi için 2.6.8'e bakınız.

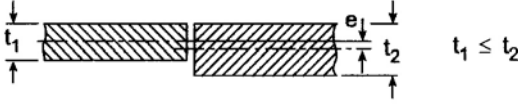
1.14 Üretim toleransları

1.14.1 Genel

İzin verilen üretim ve konstrüksiyon toleransları, yapı elemanının önemine ve etki eden yüklere bağlı olarak belirlenecektir. Spesifikasyon, onay için TL'na verilecektir. İzin verilen toleranslar için genel bilgiler 1.14.2 ÷ 1.14.12'de, kaynak kusurları için 2.6.6 ve 3.1.6'ya bakınız.

1.14.2 Alın birleştirmelerinin (kaynak) kaçıklığı

Kaçıklık e, aşağıdaki şekilde olacaktır:



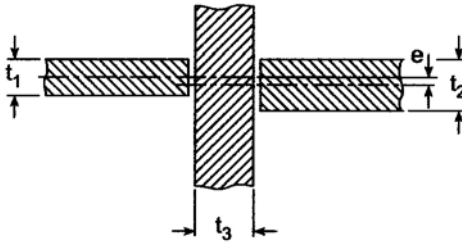
$$e \leq 0,15 \cdot t_1, \text{ maks. } 3 \text{ mm.}$$

$$e \leq 1 \text{ mm, } t_1 \leq 6,5 \text{ mm için}$$

e kaçıklığı, yüksek tekrarlı (yorulma) gerilmeleri durumunda azaltılmalıdır. Bölüm 6, F.6'ya da bakınız.

1.4.3 İstavroz birleştirmelerin (kaynak) kaçıklığı

Kaçıklık e, aşağıdaki şekilde olacaktır :



$$e \leq 0,5 \cdot t_1 \quad t_1 \leq t_2 \text{ ve } t_3 < t_1 \text{ için}$$

$$e \leq 0,5 \cdot t_3 \quad t_1 \leq t_2 \text{ ve } t_3 \geq t_1 \text{ için}$$

e kaçıklığı, t_3 levhasında yüksek tekrarlı (yorulma) gerilmeleri durumunda azaltılmalıdır. Bölüm 6, F.6'ya da bakınız.

1.14.4 Boru elemanların ovalılığı

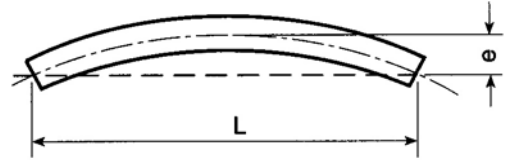
1.14.4.1 Dış çevre, dizayn veya hesaplanan çevreden, belirtilen dış çapın $\pm \% 0,3$ 'ünden daha fazla farklılık göstermeyecektir.

1.14.4.2 Ölçülen maksimum ve minimum çaplar arasındaki fark, hangisi küçükse, belirtilen çapın $\% 1$ 'ini veya 6 mm.yi geçmeyecektir.

1.14.4.3 Kuleler, direkler, kreyn kolonları ve kaldırma donanımlarının benzeri bileşenleri için daha düşük değerler ve / veya ilave sınırlamalar gerekebilir.

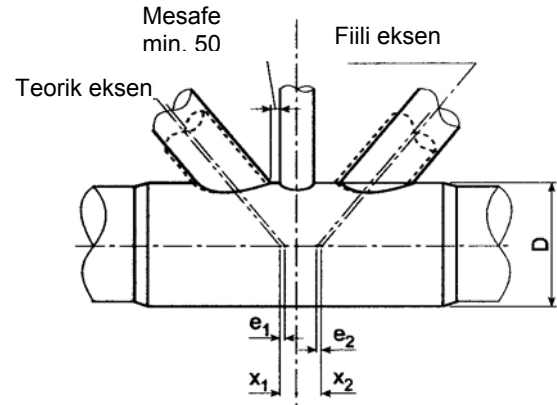
1.14.4.4 Dış basınca maruz silindirik kabuklar (örneğin; yüzdürme tankları, sephiye yapıları, vb.) global ve lokal toleranslar; maksimum basınç, çap / et kalınlığı oranı ve stiffner takviye aralığı / çap oranına bağlı olarak, her durum için hesaplanacak ve belirtilecektir.

1.14.4.5 Burkulma ile ilgili sınırlamalar için Bölüm 6, F.5.4'e bakınız.

1.14.5 Boru elemanların ve görderlerin veya kirişlerin düzgünlüğü

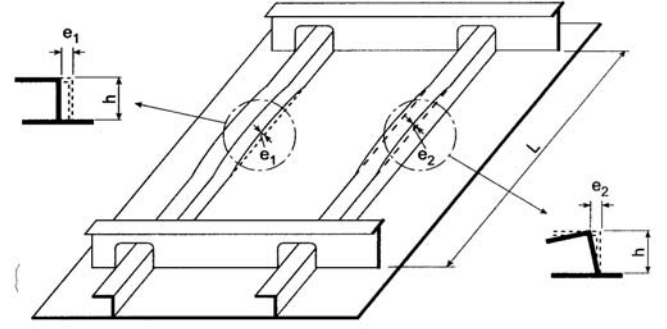
1.14.5.1 Bası elemanları (örneğin; kolonlar), birincil makas elemanları ve içi boş olmayan görder veya kirişler için, doğrusallıktan sapma $e \leq 0,001 L$ veya 3 mm (hangisi büyükse) olacaktır.

1.14.5.2 İçi boş olan görder veya kirişler ve diğer tüm uygulamalar için; doğrusallıktan sapma $e \leq 0,002 \cdot L$ veya 5 mm. (hangisi büyükse) olacaktır.

1.14.6 Boru düğümlerinde teorik eksenlerden sapmalar

1.14.6.1 Eğer belirlenen (dizayn) egzantriklik x , $D/4$ 'den daha az ise, sapmalar aşağıdaki şekilde tanımlanır.

- x (fiili) $< x$ (dizayn) (yukarıdaki şekildeki x_1) :
 $e_1 \leq x_1$, ancak minimum 50 mm.lik ara mesafe isteği dikkate alınacaktır (yukarıdaki şekle bakınız).
- x (fiili) $> x$ (dizayn) (yukarıdaki şekildeki x_2):
 $e_2 \leq 0,1 x_{1,2}$, maks. 50 mm.



$$e_1, \leq 1 + 0,001 \cdot L, \text{ maks. } 10 \text{ mm.}$$

$$e_2, \leq 1 + 0,01 \cdot h, \text{ maks. } 10 \text{ mm.} \quad (D.1)$$

(ölçüler mm. dir)

1.14.6.2 Eğer belirlenen (dizayn) egzantriklik x , $D/4$ 'e eşit veya ondan büyükse (mukavemet hesaplarında dikkate alınmalıdır) sapmalar aşağıdaki şekilde tanımlanır :

- $e_{1,2} \leq 0,1 x_{1,2}$, maksimum 50 mm.
- Minimum 50 mm.'lik ara mesafe isteği dikkate alınacaktır (yukarıdaki şekle bakınız).

Burkulma mukavemeti nedeniyle daha düşük değerler gerekebilir.

1.14.7 Levhadaki ondüleleşme (doğrusallıktan sapma)



- $e \leq 4 \text{ mm.}$ tüm durumların %95'inde,
- $e \leq 6 \text{ mm.}$ tüm durumların kalan %5'inde

Burkulma mukavemeti nedeniyle, daha düşük değerler gerekebilir.

1.14.8 İki taşıyıcı eleman arasındaki takviyeler

Düzlemsel, takviyeli kaplamada, izin verilen e deformasyon sapması aşağıdaki şekilde tanımlanır :

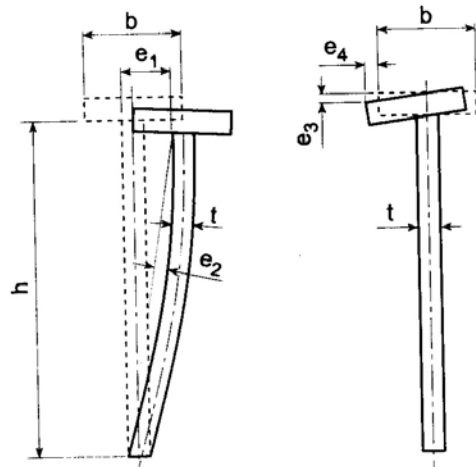
1.14.9 Düzlemsel, takviyeli kaplamalardaki deformasyonlar (doğrusallıktan sapma)

$$e \leq 0,2 \cdot \sqrt{L} \quad (e \text{ ve } L \text{ mm'dir}) \quad (D.2)$$

Burkulma mukavemeti veya yeterli su dreyni nedenleriyle daha düşük değerler gerekebilir.

1.14.10 Görderlerin sapması ve / veya çarpıklığı

Görderlerin izin verilen sapması ve / veya çarpıklığı aşağıdaki şekilde tanımlanır :



$$e_1 \leq 1 + 0,01 \cdot h, \text{ maks. } 10 \text{ mm.}$$

$$e_2 \leq 0,01 \cdot h, \text{ maks. } 0,5 \text{ mm.} \quad (D.3)$$

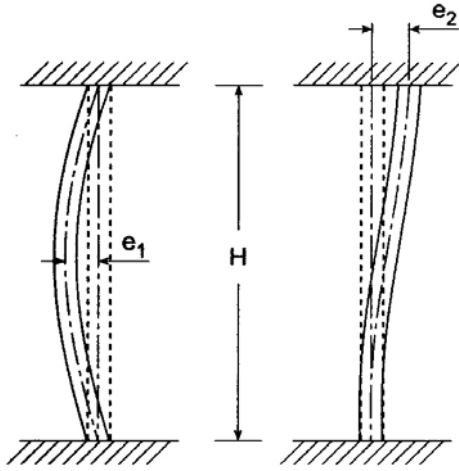
$$e_3 \leq 1 + 0,01 \cdot b, \text{ maks. } 6 \text{ mm.}$$

$$e_4 \leq 0,02 \cdot b, \text{ maks. } t \quad (D.4)$$

(tüm ölçüler mm.)

Burkulma mukavemeti nedeniyle daha düşük değerler gerekebilir.

1.14.11 Kolonların (imal edilmiş) yanal çökmesi ve meyili



1.14.11.1 Yanal çökme, e_1 , 1.15.5'de verilen isteklere göre olacaktır ($L = H$, mm).

1.14.11.2 e_2 çökmesi; $e_2 \leq 0,0015 H$ veya 4 mm (hangisi büyükse), ancak 25 mm. den fazla olamaz.

1.14.12 Kafes kirişler için toleranslar

Kafes kirişler için toleranslar; 1.14.6'da (boru düğümlerinde teorik eksenlerden sapmalar), 1.14.10'da (görderlerin sapması ve/veya çarpıklığı) ve 1.14.11'de (kolonların-imal edilmiş-yanal çökmesi ve meyili) verilenlere benzer şekilde belirlenecektir. Kuvvetlerin uygulandığı veya farklılaştığı alanlara (örneğin; kreyn kolonlarının saplanma noktaları veya bağlantılarında) özel olarak dikkat edilecektir.

2. Kaynak

2.1 Genel İstekler

2.1.1 Kapsam, kaynak kuralları

Bu alt bölüm, kalite güvencesi önlemleri dahil, tüm kaynak işlemlerinin hazırlığı ve yapılması ile ilgili genel koşulları tanımlar. Kaynakla ilgili diğer tüm ayrıntıların; standartlara, kodlara, esaslara (TL tarafından tanınan) göre hazırlanan kaynak spesifikasyonlarında yer alacağı kabul edilmiştir.

2.1.2 Standartlar, kodlar

2.1.2.1 Buradaki esaslarda belirtilen standartlar, kodlar, vb. bu esasların ayrılmaz bir parçasını oluşturur ve özel bir onayı gerektirmez. Bu esasların yayımı sıradaki güncel versiyonlar kullanılır.

2.1.2.2 Diğer standartların, kodların, vb.nin uygulanması hakkında TL ile anlaşmaya varılabilir. Bunlar, yapım dokümanlarında (örneğin; kaynak spesifikasyonları) belirtilecek ve talep halinde TL'na verilecektir.

2.1.2.3 Eğer, bu standartlar, kodlar, vb.nin herhangi biri, buradaki esaslar ile çelişirse, buradaki esaslar öncelikli olacaktır. Farklılıklar, her durumda TL tarafından onaylanmalıdır.

2.1.3 Terimler ve tanımlar

Tanınmış standartlarda, kodlarda, vb.'inde yer alan terimler ve tanımlar kullanılacaktır. Kullanılan standart veya kodlar, dizayn ve/veya konstrüksiyon dokümanlarında gösterilecek ve talep halinde TL'na verilecektir. Farklı terimler ve tanımlar, kaynak spesifikasyonlarında ayrıca açıklanacaktır.

2.1.4 Kaynak atölyeleri donanımı

Üreticiler (kaynak atölyeleri), kaynak işlemlerinin uygun şekilde yapılmasına uygun donanım ve tesislere sahip olacaktır. Kesme ve kaynak makina ve takımlarının yanı sıra, bu donanım; kuru, ısıtılabilir depolama olanaklarını, kaynak sarf malzemeleri için yeniden kurutma fırınlarını ve ısıtılmış muhafaza kutularını, ön ısıtma ve sıcaklık kontrol donanımını içerecektir.

2.1.5 Kaynağın gözetimi

Kaynak işlemlerinin hazırlığı ve yapılması, özel olarak eğitilmiş ve deneyimli kaynak gözetmenlerinin gözetiminde gerçekleştirilecektir. Bu gözetmenlerinin kanıtları TL'na verilecek, bunların görev ve sorumlulukları tanımlanacak ve TL'na bildirilecektir.

2.1.6 Nitelik testlerinin yapılması

Nitelik testleri, üreticinin işyerinde, TL'nun gözetimi altında yapılacaktır. Üretim koşulları mümkün olduğunca simüle edilecektir. Tahribatsız ve tahribatlı testler, -TL ile anlaşmaya varılarak-, diğer bağımsız bir test kuruluşunda yapılabilir. Aksi belirtilmedikçe, örnek alma, örnekler testlerin yapılması buradaki esasların isteklerine göre olacaktır.

2.1.7 Dokümantasyon

2.1.7.1 Üretici, aşağıda belirtilen şekilde, kaynağın ana konularını kapsayan bir dokümanı üretimden önce hazırlayacak ve TL'na verecektir:

- Tüm kaynak ayrıntılarını gösteren resimler,
- Kaynak prosedür spesifikasyonu,
- Prosedür nitelik kayıtları,
- Kaynak gözetmenlerinin vasıfları,
- Kaynakçı sertifikaları,
- Kaynakçı belirleme sistemi.

2.1.7.2 Malzemelerle ilgili dokümanlar için Bölüm 3, C.2.4.9 ve Bölüm 3, D.1.6'ya, kaynak muayeneleri ve NDT için Bölüm 3, D.3.1.1.7'ye bakınız.

2.2 Kaynak Sarf Malzemeleri

2.2.1 Kaynak sarf malzemelerinin onayı

2.2.1.1 Açık deniz çelik yapılarında kullanımı öngörülen tüm kaynak sarf malzemeleri ve yardımcı malzemeler

(çubuk elektrotlar, tel elektrotlar, tel-gaz kombinasyonları veya tel-toz kombinasyonları) TL veya ilgili uygulamalar için yetkilendirilmiş bir kuruluş tarafından onaylanmış olacaktır.

2.2.1.2 TL veya yetkili bir kuruluş tarafından onaylı olmayan kaynak sarf malzemeleri ve yardımcı malzemeler, kaynak prosedürü nitelik testleri vasıtasıyla, özel anlaşma ile TL tarafından nitelendirilebilir. Bu durumda, esas olarak alın kaynaklarının kaynak metalinden, boyuna yönde, yuvarlak bir çekme test parçası ilave olarak alınacaktır.

2.2.1.3 Ancak, bu nitelendirme, onaylı kaynak prosedür sertifikasyonuna göre yapılan uygulama çerçevesinde sınırlandırılmış olup, tekrar testleri yapılmadıkça, en fazla bir yıl süreyle geçerlidir.

2.2.2 Kaynak sarf malzemelerinin seçimi

2.2.2.1 Kaynak sarf ve yardımcı malzemeleri, ana metale geçiş alanları da dahil olmak üzere, kaynaklı birleştirmede, asgari olarak, ana malzemeler için belirlenen mekanik özellikler elde edilecek şekilde seçilecektir.

2.2.2.2 Yüksek ve daha yüksek mukavemetli çeliklerin (akma mukavemeti $> 285 \text{ N/mm}^2$) kaynağı için, karbon eşdeğeri $\geq \%0,42$ olan tüm çelikler için, kaynak metalinde kontrollü düşük hidrojenli (ilgili EN standartlarına ve eşdeğerlerine göre H15, H10 veya H5) kaynak sarf malzemeleri ve yardımcı malzemeleri kullanılacaktır. Ayrıca, bu sarf ve yardımcı malzemelerin, düşük sıcaklıklara maruz, yüksek gerilmeli ve kalın etli bileşenler için, çelik dövme ve dökümler için de kullanımı tavsiye edilir.

2.2.2.3 İkincil yapılar hariç, düşük hidrojenli tipler dışındaki kaynak sarf ve yardımcı malzemeleri, sadece TL ile özel olarak anlaşmaya varılması koşulu ile kullanılabilir.

2.2.3 Kaynak sarf malzemelerinin depolanması ve tekrar kurutulması

2.2.3.1 Tüm kaynak sarf ve yardımcı malzemeleri (koruyucu gazlar hariç) minimum 20°C sıcaklığın

korunduğu kuru bir depoda, mümkün olduğunca orijinal paketinde depolanmalıdır. Üretici tavsiyeleri dikkate alınacaktır. Kaynak sarf ve yardımcı malzemeleri, son kullanımlarına kadar belirlenebilmelidir.

2.2.3.2 Düşük hidrojenli çubuk elektrotların kullanımından önce, katlanmış toz özlü tel elektrotlar ve tozlar, üreticinin talimatlarına göre (maksimum kurutma süresi dikkate alınarak) tekrar kurutulacaktır. Aksi belirtilmedikçe, kurutma sıcaklığı $250 \pm 350^{\circ}\text{C}$, kurutma süresi ≥ 2 saat olmalı ve toplamda en fazla 12 saatten fazla olmamalıdır.

Maksimum kurutma süresi 12 saati aşmamak üzere, tekrarlı kurutmaya izin verilir.

2.2.3.3 Çalışma mahallinde, kaynak sarf ve yardımcı malzemeleri hava (nem) ve kirlenme etkilerine karşı korunacaktır. Düşük hidrojenli çubuk elektrotlar ve tozlar $100 \pm 150^{\circ}\text{C}$ 'da ısıtılmış tutma kutularında muhafaza edilecektir. Tüm belirlenemeyen, hasarlı, ıslak, paslı veya başka bir şekilde kirlenmiş kaynak sarf ve yardımcı malzemeleri kullanım dışına alınacaktır.

2.3 Kaynak prosedür spesifikasyonu ve onay

Genelde, metal malzemeler için kaynak prosedürleri spesifikasyonu ve onayı, EN 288'e göre olacaktır. Diğer eşdeğer kodlar, standartlar, kurallar veya tavsiyeler, TL'nun izni ile kullanılabilir.

2.3.1 Kaynak prosedür spesifikasyonu

2.3.1.1 Kaynak prosedür spesifikasyonu (WPS) hazırlanacak ve onay için TL'na verilecektir. WPS, EN 288-2'de verilen şekilde, kaynağın hazırlığı ve yapılması ile ilgili temel verileri içerecektir.

2.3.1.2 WPS yeni kaynaklar ve kaynak onarımları için verilecektir. Muayene prosedürleri ile ilgili olarak verilecek spesifikasyonlar için, 3.1.6'ya bakınız.

2.3.2 Kaynak prosedürü onayı

2.3.2.1 Üreticiler (kaynak atölyeleri), belirtilen kaynak

prosedürlerini yeterli bir şekilde ve olumlu sonuçlarla, fiili malzemeler ve kaynak sarf malzemelerini kullanarak uygulayabileceklerini kanıtlayacaktır. Bu kanıtlama üretimden önce yapılacaktır.

2.3.2.2 Aksine anlaşmaya varılmadıkça, kaynak prosedürleri EN 288'e göre onaylanacaktır. Kaynak prosedür testleri TL gözetiminde yapılacaktır.

2.3.2.3 TL'nin kararına bağlı olarak, aşağıda belirtildiği şekilde, Bölüm 3, C.2.3.1'e göre normal mukavemetli çeliklerin ortak olarak kanıtlanmış kaynak prosedürleri, ayrıca kaynak prosedür spesifikasyon testleri yapılmaksızın ön onay olarak kabul edilebilir :

- Elle metal ark kaynağı,
- Yarı-otomatik gaz altı ark kaynağı,
- Tel telli tozaltı ark kaynağı.

2.3.2.4 İstisnai hallerde, TL; diğer uzman ve bağımsız bir kuruluşun gözetimi altında yapılan ve onayladığı testlerin esas alındığı mevcut kaynak prosedür onayı kayıtlarını, kısmen veya tamamen tanıyabilir. Bu nedenle, tüm test raporları dahil ilgili dokümanlar, TL'na verilecektir.

2.3.2.5 Bir kaynak prosedürünün onayı, test kaynaklarının yapıldığı üretici ve kaynak atölyesi veya çalışma ünitesi ile sınırlıdır. Onay, 2.3.4'de verilen temel değişkenlerin sınırları dahilinde geçerlidir.

2.3.2.6 Kaynak prosedürünün kullanım onayı, yapının üretim süresi boyunca geçerlidir. Bu süre 3 yılı geçerse veya üretim 3 aydan fazla kesintiye uğrarsa, TL üretim testlerinin veya tekrarlanmış kaynak prosedür nitelik testlerinin yapılmasını isteyebilir.

2.3.2.7 Üretim testleri veya tekrarlanmış kaynak prosedür nitelik testleri, onayın verilmiş olduğu koşulların geçerliliğini yitirdiği (örneğin; personel, mekan) veya kaynakların uygun şekilde yapılması hakkında tereddüt olduğu hallerde, gerekli olabilir.

2.3.3 Kaynak prosedür testleri

2.3.3.1 Kaynak prosedür testleri EN 288-3'e göre yapılacaktır.

2.3.3.2 Kaynak prosedür testleri için bir program hazırlanacak ve onay için **TL**'na sunulacaktır. Çeşitli ana malzemeler ve kaynak sarf malzemeleri, ön malzemeler (örneğin; levhalar veya borular), levha ve / veya et kalınlıkları, dikiş formları ve kaynak pozisyonları, ağız hazırlığı etkileri ve atölyedeki olası kök oymaları dikkate alınacaktır.

2.3.3.3 Testlerdeki ana malzemeler, çelik konstrüksiyon için kullanılanlarla aynı tipte olacak ve karbon miktarı ve karbon eşdeğeri, belirtilen değerlerin üst kısmında olacak şekilde seçilecektir. Haddeme doğrultusu kaynak dikişlerine paralel olacaktır.

2.3.3.4 Test takımlarının tahribatsız testleri 3. de belirtilen tarzda yapılacaktır. Test örneği alma ve mekanik testler, EN 288-3'de verilen spesifikasyonlara uygun olacaktır.

2.3.3.5 **TL**, ilave testleri (örneğin; yüksek ve daha yüksek mukavemetli çelikler ve / veya kalın kaynaklı birleştirmeler için çatlak mekanik testleri), diğer test koşullarını (örneğin; çentik darbe testleri için test sıcaklıkları) veya diğer (daha katı) kabul isteklerini talep hakkına sahiptir.

2.3.3.6 Test kaynakları ve testlerle ilgili protokoller hazırlanacak ve **TL**'na sunulacaktır. Bu protokollerde; tüm kaynak verileri, kaynak ağız hazırlığı, kök oyma, ön ısıtma, pasolar arası sıcaklıklar, olası kaynak sonrası işlemler, tahribatsız, mekanik ve teknolojik testlerin tüm sonuçları yer alacaktır.

2.3.4 Onaylı kaynak prosedürlerinin uygulama sınırları

2.3.4.1 Onaylı kaynak prosedürleri, su üstündeki kaynaklar için, EN 288-3'de belirtilen sınırlamalar içinde kullanılabilir. Su altı kaynakları için 2.3.6.5'e bakınız. Eğer, kaynak prosedürünün, malzemenin, birleştirme şeklinin, kalınlığın veya diğer parametlerin, kaynağın

özelligi üzerinde önemli etkileri varsa, **TL** ayrı sınırlar belirleyebilir.

2.3.4.2 Aksine anlaşmaya varılmadıkça, EN 288-3'de belirtilen değişkenlerin değişimi önemli olarak kabul edilir ve yeni veya ilave kaynak prosedür testlerinin yapılmasını gerektirir. Kombine kaynak prosedürü kullanılırsa, her prosese ait değişkenler uygulanacaktır.

2.3.5 Boru düğüm bağlantıları için nitelendirme

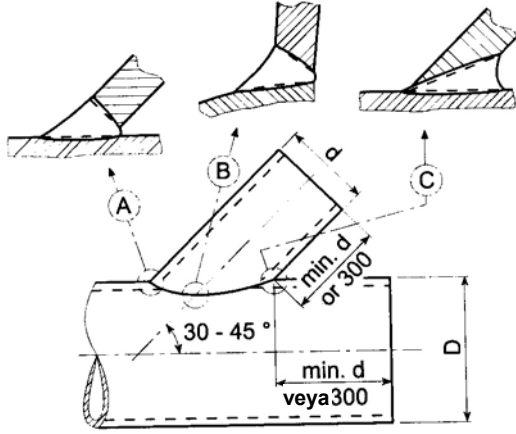
2.3.5.1 Düğüm birleşimlerini oluşturan borular ve / veya levhalar yada görderler arasındaki tam nüfuziyetli kaynaklar için (T, Y veya K birleştirmeler) yukarıda belirtilen isteklere benzer şekilde ve aşağıdaki maddelerdeki açıklamalara göre kaynak prosedür testleri yapılacaktır. Üretici tarafından ayrıntılı bir test programı hazırlanacaktır.

2.3.5.2 Test programı; çeşitli birleştirme şekillerini, boru çaplarını ve et kalınlıklarını, boruların eksenleri arasındaki açıları ve her ağız tipi için çeşitli kaynak pozisyonlarını içerecektir. Aksi gerekmedikçe, test parçaları, Şekil 3.1'e göre bir kuşak-kutu bağlantısı şeklinde olabilir.

2.3.5.3 "D" çapı (kutunun) 600 mm.'yi geçerse, bu boru yerine, eşdeğer çelik kalitesinde, ilgili boyut ve benzer kalınlıkta (ancak 25 mm. den az olamaz) bir levha kullanılabilir. Diğer kaynak tipleri öngörülmüşse ve üretim için onaylanacaksa (çift taraflı, kısmi nüfuziyetli veya iç köşe kaynakları), bu tipler ayrı olarak onaylanacaktır. Çift taraflı kaynak yerine, her durumda **TL**'nin onayını almak üzere tek taraflı kaynak yapılabilir.

2.3.5.4 Birleştirmeler, ultrasonik ve manyetik parçacık yöntemi ile test edilecektir. Şekil 3.1'de yuvarlak içinde gösterilen (A, B, C) her pozisyondan, EN 288-3'de istenilen bir takım test parçası hazırlanacak ve test edilecektir. Charpy – V çentik darbe test parçası, sadece "A" ve "C" pozisyonlarından alınacaktır.

2.3.5.5 Madde 2.3.4'de verilen sınırlamalara ve önemli değişkenlere ilave olarak, boru düğüm bağlantıları için, aşağıdaki sınırlama uygulanır: iç aç 45° veya daha az ise, boru veya görder eksenleri arasındaki iç aç 5°'den daha fazla azalırsa, yeniden nitelendirme gereklidir.



Şekil 3.1 Boru düğümü test parçası

2.3.6 Su altı kaynağı için nitelendirme

2.3.6.1 Yapım veya onarım için kullanılacak olan su altı kaynağı, kaynak yerindeki fiili koşullarda veya bir test düzeninde simüle edilerek yapılan testler vasıtasıyla onaylanacaktır. Testler, fiili kaynak işlemi ile aynı su derinliğinde veya benzer koşullarda yapılacaktır.

2.3.6.2 Su altı kaynağı için genelde, su derinliğine eşit veya bir atmosfer basınç altında kuru bir odacıkta yapılan, düşük hidrojen prosesi kullanılacaktır. Ark'ın suda veya küçük gaz - dolu boşlukta işlev gördüğü su altı ıslak kaynağı, sıg sularındaki küçük veya geçici onarım işlerinde ve her seferinde TL'nun onayı alınarak kullanılabilir.

2.3.6.3 Kaynak prosedür testinden önce, üretici tarafından ayrıntılı bir kaynak prosedür spesifikasyonu (WPS) hazırlanacak ve onay için TL'na sunulacaktır. 2.3.1'de verilen özelliklere ilave olarak, aşağıdaki veriler belirtilecektir :

- Maksimum ve minimum su derinliği,
- Odacık atmosferi (gaz kompozisyonu ve basıncı),
- Odacıktaki maksimum nem,
- Odacık içindeki sıcaklık dalgalanmaları,

- Elektrot taşıma ve izleme sistemi,
- Muayene programı ve yöntemleri.

2.3.6.4 Madde 2.3.6.3'e göre kaynak prosedür spesifikasyonu esas alınarak, üretici tarafından kaynak prosedürü testi programı oluşturulacak ve onay için TL'na verilecektir. Üretici, ayrıca benzer kaynak işlerindeki deneyimini dokümanete edecektir. Aksi halde, ayrıntılı testler gerekebilir. 2.3.3'de verilen test istekleri, benzer şekilde uygulanır.

2.3.6.5 Madde 2.3.4'de sınırlamalara ve önemli değişkenlere ilave olarak, su altı kaynağı için, aşağıda belirtilen değişkenler dikkate alınacaktır:

- Ortam kaynağından ıslak kaynağa ve tersine değişim,
- Anlaşmaya varılanın dışında su derinliğindeki değişim (çalışma basıncı),
- Ortam atmosferindeki değişim (gaz kompozisyonu),
- Kaynak sarf malzemelerindeki değişim,
- Kaynak akımı / polarite değişimi,
- Kaynak parametrelerinde (amperaj, voltaj, hareket hızı) % 10'dan fazla değişim (ortalama değer).

Fiili kaynaktan önce yapılacak üretim testleri için 2.6.9 ve 2.6.10'a bakınız.

2.4 Kaynakçıların yeterliliği

Genel olarak, kaynakçıların onay testleri EN 287'ye göre olacaktır. Diğer eşdeğer kodlar, standartlar, kurallar veya tavsiyeler, TL'nun onayı ile kullanılabilir.

2.4.1 Yeterlilik test istekleri

2.4.1.1 El veya yarı-otomatik (el-kılavuzlu) kaynaklar kalifiye kaynakçılar tarafından yapılacaktır. Kaynakçı yeterlik sınavları TL gözetimi altında yapılacaktır.

TL, yeterlilik sınavlarının, bağımsız bir kuruluşun gözetiminde yapılmasını kabul edebilir.

2.4.1.2 Üreticiler (kaynak atölyeleri), sınavdan geçmiş bulunan kaynakçılar adedini, isimlerini, belirleyici işaretlerini, kaynakçı nitelik düzeylerini ve sınav tarihlerini içeren bir liste, indeks veya benzeri bir dokümanı sağlamalıdır. Kopyalar **TL**'na verilecek, ilgili orijinal dokümanlar (test raporları) kaynak atölyesinde muhafaza edilecektir.

2.4.1.3 Toz altı ark kaynağı gibi tam otomatik kaynak prosesi uygulanan operatörlerin, genelde, kaynak performans sınavına tabi tutulmaları gerekmez. Bunlar, tesiste eğitilmiş olacak ve belirlenmeleri için kaynaklarını işaretleyeceklerdir. Mümkünse, operatörler, kaynak prosedür testlerine tabi tutulacaktır. **TL**, bunların kapasitelerinin kanıtlanması için üretim testleri isteyebilir.

2.4.2 Testlerin kapsamı ve sınırlamalar

2.4.2.1 Açık deniz rüzgar türbininin çelik yapısında kaynak işlerini yapan kaynakçılar, yeterince eğitilmeli ve mümkün olduğunca kapsamlı testlere tabi tutulmalıdır.

2.4.2.2 Kaynakçı nitelik sınavları, EN 287'ye göre üretimde kullanılacak malzemeler (levhalar, borular), birleştirme tipleri (alın, iç köşe, T, K ve Y bağlantılar) ve kaynak pozisyonları için ilgili kaynak prosesi çerçevesinde yapılacaktır.

Ayrıntılar ve diğer veriler, kaynak prosedür spesifikasyonunda belirtilenlere uygun olacaktır.

2.4.2.3 Test parçalarının levha kalınlığı, boru çapı ve et kalınlığı EN 287-1, Tablo 1 ve 2'de ve buradaki kurallar Tablo 3.8'deki isteklere göre olacaktır.

2.4.2.4 Daha önce belirtilen sınırlamalara ilave olarak, aşağıdaki değişkenler önemli değişkenler olarak kabul edilecek ve yeni yada ilave performans testleri ile yeniden nitelendirmeyi gerektirecektir :

- Malzeme : Normal mukavemetli çelikten yüksek mukavemetli çeliğe veya yüksek mukavemetli

çelikten daha yüksek mukavemetli çeliğe dönüşüm.

- Birleştirme tipi : Çift taraflı kaynaktan tek taraflı kaynağa dönüşüm
- Kaynak prosesi : Her türlü dönüşümler.

Tablo 3.8 Test parçası boyutları ve uygulama alanı

	Test parçası boyutları	Uygulama alanı
Levha / et kalınlığı "t"	20 mm.ye kadar	0,5 t ÷ 2 t
	20 mm.den fazla	10 mm.den büyük tüm kalınlıklar
Boru çapı "D"	600 mm.ye kadar	Test edilen çap -100 / + 200 mm.
	600 mm.den fazla	500 mm.den büyük tüm çaplar

2.4.3 Su altı kaynakçılarının nitelendirilmesi

2.4.3.1 Su altı kaynakları için; sadece iyi eğitilmiş, deneyimli ve su üstü kaynakları için nitelendirilmiş kaynakçılar nitelendirilebilir. Su altındaki kaynak testinden önce, kaynakçılara; basınç, atmosfer, sıcaklıklar, vb. gibi su altı kaynak koşullarına alıştırmak üzere yeterince eğitilmelidir.

2.4.3.2 Test kaynakları; fiili kaynak işlemindeki kimyasal bileşime (kaynak edilebilirlik) ve mukavemete uygun malzemeler kullanılarak ve gerçek ya da simüle edilmiş dalma koşullarındaki kaynak prosesi ile yapılacaktır.

2.4.3.3 Testlerin tipi ve kapsamında, yukarıda belirtilenlere benzer şekilde gerçek kaynak işlemi esas alınacak ve her durum için ayrı ayrı belirlenecektir. Yukarıda belirtilen sınırlamalar benzer şekilde uygulanır, kaynak için uygulanacak su derinliği sınırlaması için her durumda ayrı ayrı karar verilecektir.

2.4.4 Nitelendirme sertifikalarının geçerliliği

2.4.4.1 Kaynakçı nitelendirme sertifikasının geçerliliği 2

yıldır. Ancak, bunun için bu süre zarfında kaynakçının çalışması gözle ve / veya tahribatsız testlerle izlenmelidir. Eğer izleme esas olarak gözle yapılıyorsa veya NDT sonuçları kaynakçı ile ilişkilendirilmiyorsa, **TL**, yıllık tekrar testlerinin yapılmasını isteyebilir.

2.4.4.2 Birden fazla kaynak prosesi için test edilmiş olan bir kaynakçı, ilgili prosesi 6 aydan fazla süre ile kullanmamış, ancak bu arada diğer prosesleri kullanmışsa, o proses için tekrar testleri gereklidir. Eğer kaynakçı 2.4.1.1'de tanımlanan herhangi bir kaynak işlemini 3 aydan fazla süreyle yapmamışsa, bir tekrar testi gereklidir. Eğer kaynakçının performansında makul bir tereddüt oluşursa, **TL** tekrar testinin yapılmasını isteyebilir.

2.5. Kaynaklı birleştirmelerin dizaynı

2.5.1 Genel istekler

2.5.1.1 Resimlerde, spesifikasyonlarda, vb. inde, tüm kaynakların yerleri, tipleri, ölçüleri ve kapsamı ile ilgili tüm bilgiler yer alacaktır. Resimlerde, atölye ve saha kaynakları açıkça belirtilecektir. Kaynaklı birleştirmeleri belirtmekte kullanılan semboller ve işaretler tanınmış standartlara veya kodlara göre olacaktır (resimlerde, spesifikasyonlarda, vb. inde belirtilecek) (örneğin; EN 22553) veya bu dokümanlarda açıklanacaktır. Özel kaynak (ağız) detayları skeçlerle ve/veya gerekli açıklamalarla gösterilecektir.

2.5.1.2 İşçilik veya muayene istekleri dahil, standart kaynak detaylarının, sembollerinin, vb. nin genel onay için **TL**'na verilen resimde gösterilmesi tavsiye edilir. Kaynakların ölçülerinin bu resimlerde yer almasına gerek olmayıp, her eleman veya kaynak için kontrat veya işçilik resimlerinde gösterimi yeterlidir.

2.5.1.3 Tüm kaynaklar; üretim sırasında kolayca ulaşılabilir ve uygun kaynak pozisyonunda ve kaynak sırası ile yapılabilir şekilde planlanacak ve dizayn edilecektir. 2.6.5'e bakınız. NDT muayenesine tabi kaynaklı birleştirmeler, yeterli sonuç verebilecek testlerin yapılabilir şekilde gerekli muayene prosedürü uygulanabilecek şekilde dizayn edilecektir.

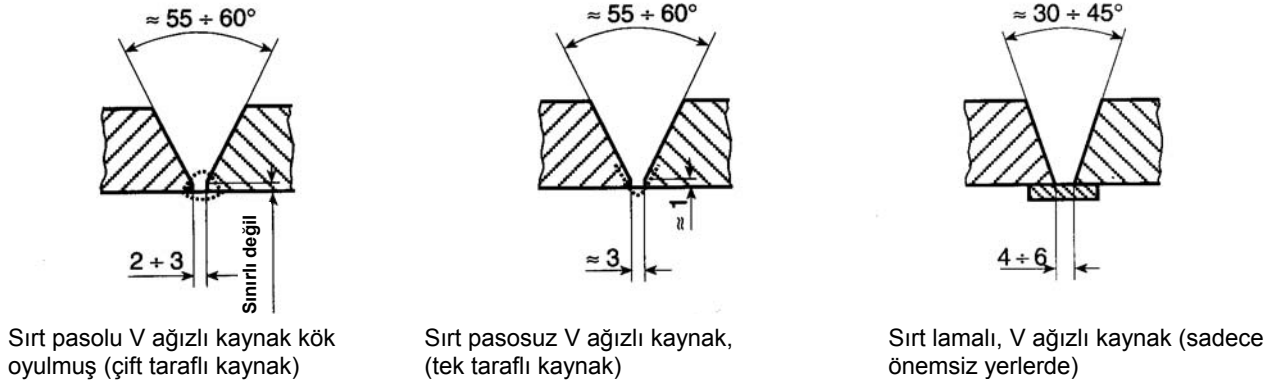
2.5.2 Kaynak şekilleri ve ölçüleri

2.5.2.1 Kaynak şekilleri (ağız hazırlığı) EN ISO 9692 veya eşdeğeri gibi tanınmış standartlara ve kodlara göre olacaktır. Mümkünse, tam nüfuziyetli alın veya T-birleştirmeler, tek taraflı kaynak yerine, yeterli kök işlemli (oyma) çift taraflı kaynak olarak dizayn edilecektir. İç köşe kaynakları, bitişik levha veya gövdelerin her iki tarafından yapılacaktır. Tipik, tek taraflı V-ağızlı kaynak şekli Şekil 3.2'de gösterilmektedir.

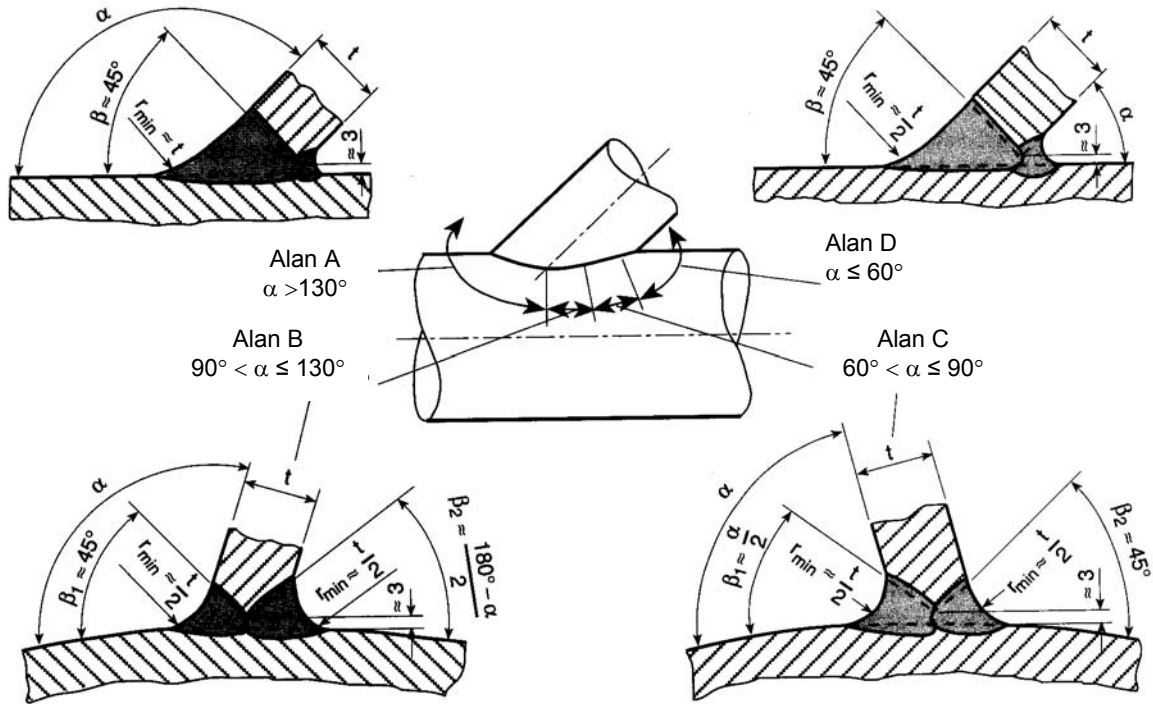
2.5.2.2 Kaynak şekilleri, belirlenen üretim koşullarında, önerilen kaynak tipi ve kalitesine (örneğin; tam nüfuziyetli) ulaşılması sağlanacak şekilde dizayn edilecektir. Bu olmadığı takdirde, yapılması daha kolay olan kaynaklar gerçekleştirilecektir. Boyutlandırma dizaynında, bu kaynakların (muhtemelen daha düşük olan) yük taşıma kapasitesi dikkate alınacaktır. Şekil 3.7'ye göre, kısmi nüfuziyetli kaynağın etkin boğaz kalınlığı, kaynak prosedür testlerinde aksi kanıtlanmadıkça ve **TL** ile anlaşmaya varılmadığı takdirde; (ağzın derinliği -3 mm) olacaktır.

2.5.2.3 Yukarıda belirtilen kurallarda ve standartlarda belirtilenlerden farklı olan (örneğin; tek taraflı, boruların, T, Y veya K birleştirmelerindeki tam nüfuziyetli kaynaklar) özel kaynak şekilleri veya özel kaynak proseslerine ait kaynak şekilleri, 2.3.3 ve 2.3.5'de belirtilen kaynak prosedür testleri ile bağlantılı olarak kanıtlanmış olacak ve **TL** tarafından onaylanacaktır. Ters pasolu ve ters pasosuz T, Y ve K boru birleştirmelerinin tipik kaynak şekilleri, Şekil 3.3 ve 3.4'de gösterilmiştir.

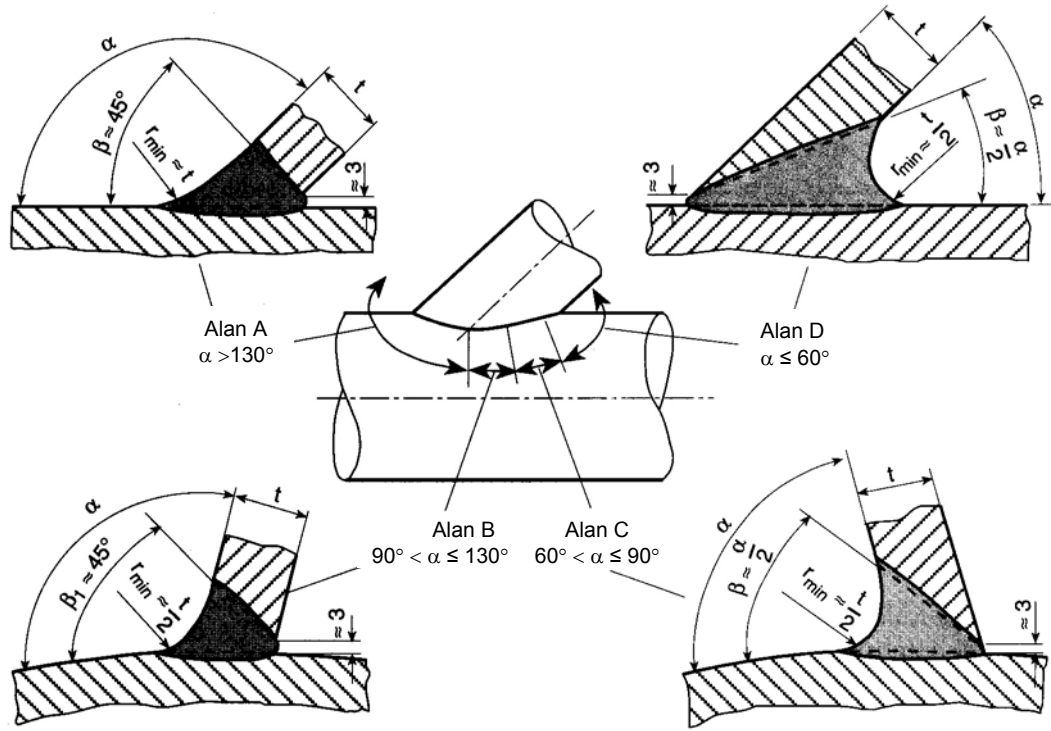
2.5.2.4 Hesaplanan yorulma ömrünü elde etmek için, kaynak konturu, ana metalle düzgün geçişli olarak birleşecek şekilde dizayn edilecektir. Kaynak uçlarının, gerçek dizayn sınıfına göre (Bölüm 6, F.6'ya bakınız) düzgün bir profil oluşacak şekilde taşlanması gibi, ilave işlemler dahil, kaynak konturuna ait istekler, resimlerde ve/veya spesifikasyonlarda belirtilecektir. İyileştirilmiş tipik kaynak konturu (T-birleştirme için) Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Kapak pasosu; ana malzemeden başlayarak ve ısıdan etkilenen bölgede aşırı sertleşmeyi önlemek üzere, kaynağın üzerinden temper tırtılı tekniği ile son paso geçerek, tek pasolu olarak yapılmalıdır.



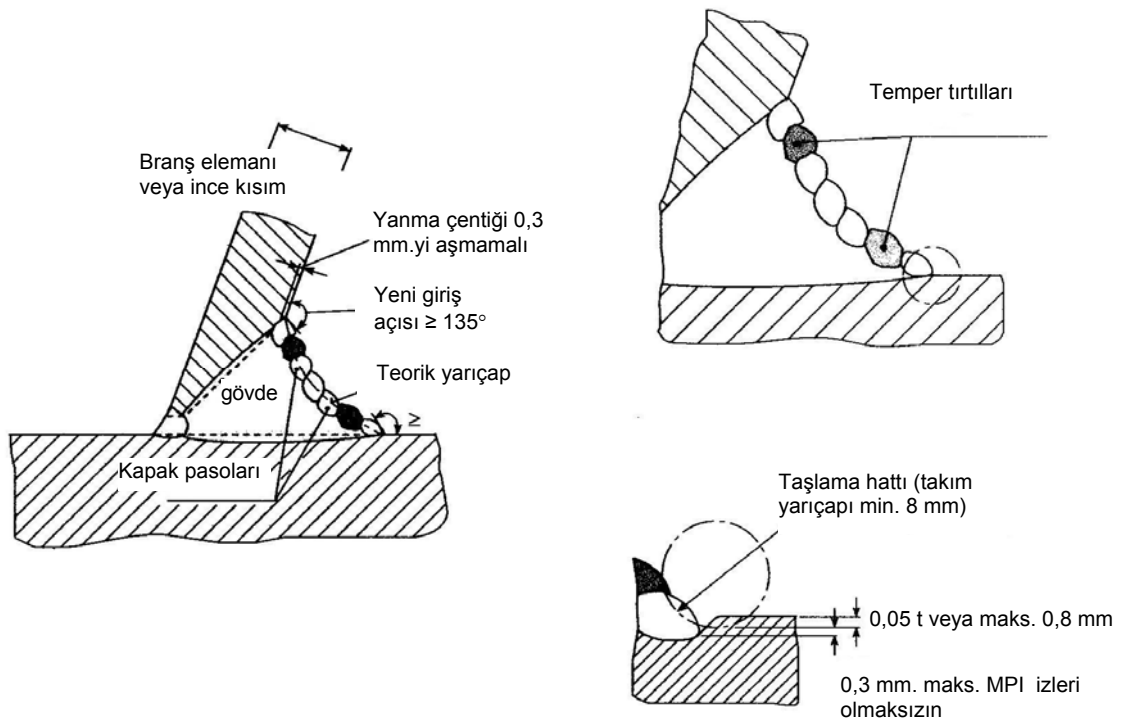
Şekil 3.2 Tipik V ağızlı kaynak şekilleri



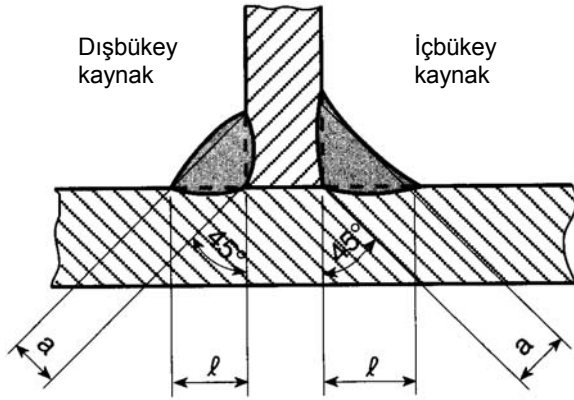
Şekil 3.3 Sırt pasolu tipik boru kaynak birleştirmeleri



Şekil 3.4 Sırt pasosuz tipik boru kaynak birleştirmeleri



Şekil 3.5 İyileştirilmiş tipik kaynak konturu



Şekil 3.6 İç köşe kaynaklarının “a” etkin boğaz kalınlığı ve “l” ayak boyu

2.5.2.5 Kaynakların ölçüleri (etkin boğaz kalınlıkları ve boyları) statik ve yorulma mukavemeti hesapları ile belirlenecek ve onay için TL’na verilen resimlerde gösterilecektir. Tam nüfuziyetli kaynağın etkin boğaz kalınlığı, birleştirilecek ince kısmın kalınlığı olacaktır. Kısmi nüfuziyetli kaynaklar için, kullanılacak kaynak prosedürü için gerekli olan etkin boğaz kalınlığına uygulanan ağır derinliği resimde belirtilecektir (2.5.2.2 ve Şekil 3.7’ye bakınız). Ayrıca, hesaplanan etkin boğaz kalınlığı da belirtilecektir.

2.5.2.6 İç köşe kaynaklarının boğaz kalınlığı Şekil 3.6’daki “a” ölçüsüdür. Resimlerde, iç köşe kaynağı ölçüleri “a” ölçüsü ile veya $a \cdot \sqrt{2}$ ’ye eşit olan “l” ayak boyu ile gösterilebilir.

2.5.2.7 İç köşe kaynaklarının boğaz kalınlığı, kaynatılacak elemanların ince olanının 0,7 katından fazla olmayacaktır. Minimum boğaz kalınlığı, aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$a_{\min} = \sqrt{\frac{t_1 + t_2}{3}} \text{ [mm]}; \quad \text{ancak 3 mm.'den az olamaz} \quad (\text{D.5})$$

Burada;

t_1 = İnce levha (örneğin; gövde) kalınlığı [mm]

t_2 = Kalın levha (örneğin; flenç) kalınlığı [mm]

2.5.3 Kaynaklı birleştirmelerin ayrıntıları

2.5.3.1 Birincil elemanlardaki tüm kaynaklı birleştirmeler, önemli iç veya dış çentikler, devamsızlıklar ve engeller olmaksızın, mümkün olduğunca düzgün bir gerilme akışı sağlanacak şekilde dizayn edilecektir. Farklı boyutlardaki bileşenler arasındaki geçişler (örneğin; görderler veya stifnerler) düzgün ve tedrici olacaktır. Geçiş boyu, derinlik farkının en az 3 katı olmalıdır, Şekil 3.8’e bakınız.

2.5.3.2 Birincil taşıyıcı elemanlara (veya özel elemanlara) ikincil elemanların kaynağı için 2.5.3.1’de istenilenler benzer şekilde uygulanır. Uç kısımlar, ana yapıya düzgün geçişli olarak birleşmelidir. Şekil 3.9’a bakınız.

2.5.3.3 Temel olarak, kaynak (alın) doğrultusuna dik olarak zorlanan birleştirmelerde, levha veya et kalınlığı farkı 3 mm.den fazla ise, bu fark, alın kaynağından önce Şekil 3.10’a göre pah kırılarak düzgün geçiş sağlanmalıdır.

Yüzey seviyeleri arasındaki 3 mm. ye kadar olan farklar kaynak ile eşitlenebilir.

2.5.3.4 Bileşenin veya levhanın kalınlık toleransları nedeniyle kaçıklığın ayarlama ile giderilemediği hallerde (örneğin; borularda çevresel alın kaynağı durumu) ve “X” farkının ince levhanın ve et kalınlığının 1/4’ünden fazla olmadığı hallerde, kaçıklık, Şekil 3.11’e göre pah kırılarak veya dolgu kaynağı ile giderilebilir. Fark daha büyükse ve/veya yüksek yorulma gerilmeli birleştirme söz konusu ise, giderme konusunda, her durumda ayrı ayrı TL ile anlaşmaya varılarak karar verilecektir.

2.5.3.5 Levhaların (görder gövdesi ve flenç levhaları dahil) veya boru cidarlarının lokal olarak yüksek gerilmelere maruz olduğu hallerde, dabilin levhası yerine kalın levhalar konulacaktır. Bu husus, kaplamalara kaynatılacak flençlere, salmastra kutularına, göbeklere, yatak burçlarına veya benzeri bileşenlere benzer şekilde uygulanır. Bu takviye levhalarının minimum ölçüsü aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$D_{\min} = 170 + 3 (t - 10), \text{ ancak 170 mm.den az olamaz.}$$

Burada;

D = Yuvarlak insert'in çapı veya köşeli insert'in
boyu / genişliği [mm],

t = Levha kalınlığı [mm].

Köşeli takviye levhalarının köşe yarıçapı en az 50 mm. olacaktır. Takviye levhaları veya insertler ile kaplama arasındaki kaynaklar, tam nüfuziyetli alın kaynağı olacak ve geçişler 2.5.3.3'e göre yapılacaktır.

2.5.3.6 Maksimum eğilme momentleri alanlarında, görder flençlerini veya benzeri elemanları takviye etmek için dablın levhaları kullanılabilir. Dablın levhaları flenç başına 1 adetle sınırlanacaktır ve kalınlıkları (t), flenç kalınlığının 1,5 katını ve genişlikleri (w) kalınlıklarının 20 katını aşmayacaktır. Dablinlerin uçları, hesaplanan başlangıç ve bitişlerin, Şekil 3.12'de gösterilen şekilde, dışında da devam edecektir. Dablın levhasını flence birleştiren iç köşe kaynakları, devamlı kaynak olacaktır. Dablinlerin uçlarındaki kaynaklar Şekil 3.12'ye uygun olacaktır.

2.5.3.7 Kaynakların lokal yığılmalarından ve kaynaklar arası kısa mesafelerden kaçınılacaktır. Komşu alın kaynakları arası mesafe aşağıda belirtilenden az olmayacaktır :

$$50 \text{ mm.} + 4 t$$

t = levha kalınlığı

İç köşe kaynaklarının birbirlerinden ve alın kaynaklarından mesafesi en az ;

$$30 \text{ mm.} + 2 t$$

olacaktır.

2.5.3.8 Bindirmesiz boru birleştirmelerinde (düğüm bölgeleri), et kalınlığı artırımı ve / veya ana elemanda (kiriş kutu) ve / veya branşlarda (kuşak boruları) özel çelik

kullanımı gerekirse, kaynaklar arası mesafeler Şekil 3.13'deki gibi olacaktır. Büyük olan değerler seçilecektir.

2.5.3.9 Bindirmeli boru birleştirmelerinde (düğüm bölgeleri), (yükün bir kısmının, bir branştan diğerine ortak kaynak vasıtasıyla doğrudan iletildiği), kaynakların bindirilmesi, asgari Şekil 3.14'e göre olacaktır. Büyük olan değerler seçilecektir. Bindirme kaynağının gerçek uzunluğu hesaplama ile belirlenecektir. Daha büyük olan kuşak, tüm çevresi ile kirişe kaynatılan devamlı kuşak olacaktır.

2.5.4 Kaynaklı birleştirmelerin hesabı

2.5.4.1 Buradaki esaslarda veya alternatif dokümanlarda belirtilen kaynaklı birleştirmelere ait hesaplar, TL tarafından kabul edilen kodlara, standartlara, kurallara veya tavsiyelere göre yapılacaktır.

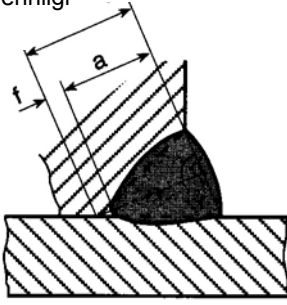
2.5.4.2 Statik yük durumunda, alın kaynaklarının kalınlığının levha kalınlığına eşit olmadığı hallerde ve iç köşe kaynaklarının boğaz kalınlıklarında, boyutların hesaplama doğrulanması (genel gerilme analizi) gereklidir.

2.5.4.3 Esas olarak dinamik yüke maruz kaynaklı birleştirmeler için; izin verilen yükler, gerilme değişimleri durumuna, global yük durumuna, limit gerilme oranına ve ayrıntı sınıfına (yorulma mukavemetinin kanıtlanması) göre hesaplanacaktır.

Ayrıntı sınıfı, kaynaklı birleştirmenin geometrik şeklinin bir fonksiyonudur. Ayrıntı sınıfı ayrıca, önemli iç çentiklerin bulunmadığının (kaynak hataları) kanıtına da bağlıdır.

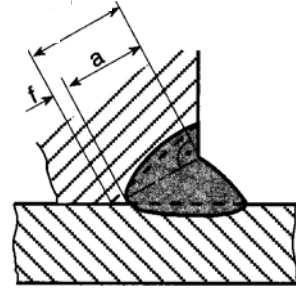
2.5.4.4 Boru birleştirmeleri, kanıtlanmış prosedürler kullanılarak dizayn edilecektir, Standart olmayan veya kompleks birleştirmeler için (örneğin; ring stifnerler veya çelik döküm birleşimleri) uygun analitik ve / veya deneysel incelemeler gerekebilir. Dinamik yüklere maruz tüm boru birleştirmeleri için, bir yorulma analizi yapılacaktır, Bölüm 6, F.6'ya bakınız.

Ağız derinliği

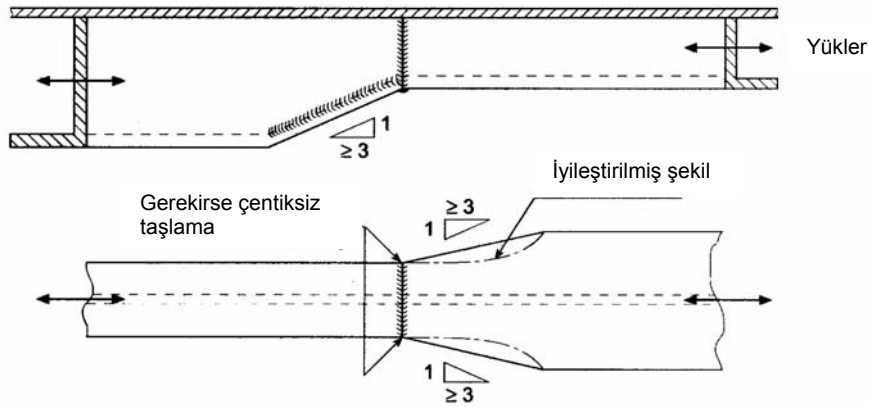


f = eksik kök nüfuziyeti için
azaltma = 3 mm. (E.2.2'ye
bakınız)

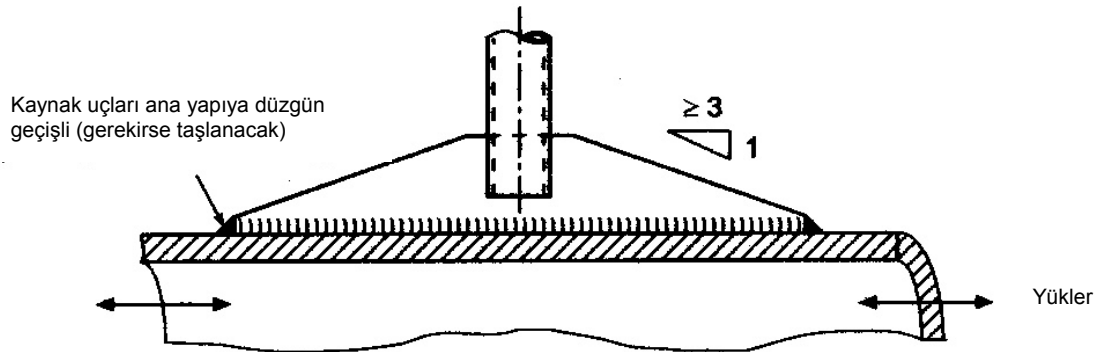
Ağız derinliği



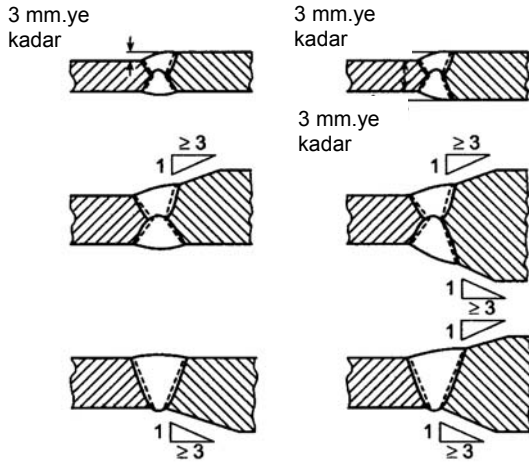
Şekil 3.7 Kısmi nüfuziyetli kaynakların “a” etkin boğaz kalınlığı



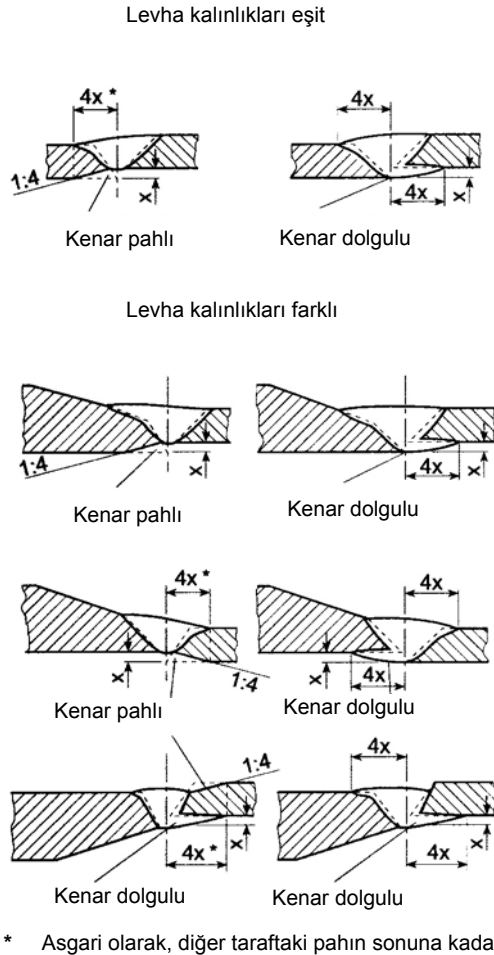
Şekil 3.8 Farklı boyutlardaki bileşenler arasındaki geçişler



Şekil 3.9 Ana yapılara kaynaklı ikincil elemanların nihayetleri



Şekil 3.10 Farklı kalınlıklı alın kaynağı geçişleri



Şekil 3.11 Alın kaynağında kaçıklıkların giderilmesi

2.5.5 Soğuk şekil verilmiş (eğilmiş) alanlardaki kaynak eğrilik yarıçapı

2.5.5.1 Mümkünse, kalıcı uzaması % 3'den fazla olan soğuk şekil verilmiş alanlarda ve zorlanma yaşlanmasına eğilimli yapısal çeliklerin kullanıldığı alanlarda kaynaktan kaçınılmalıdır.

Dış çekme gerilmeli bölgedeki ε uzaması :

$$\varepsilon = \frac{100}{1 + 2 \frac{r}{t}} \quad [\%] \quad (D.6)$$

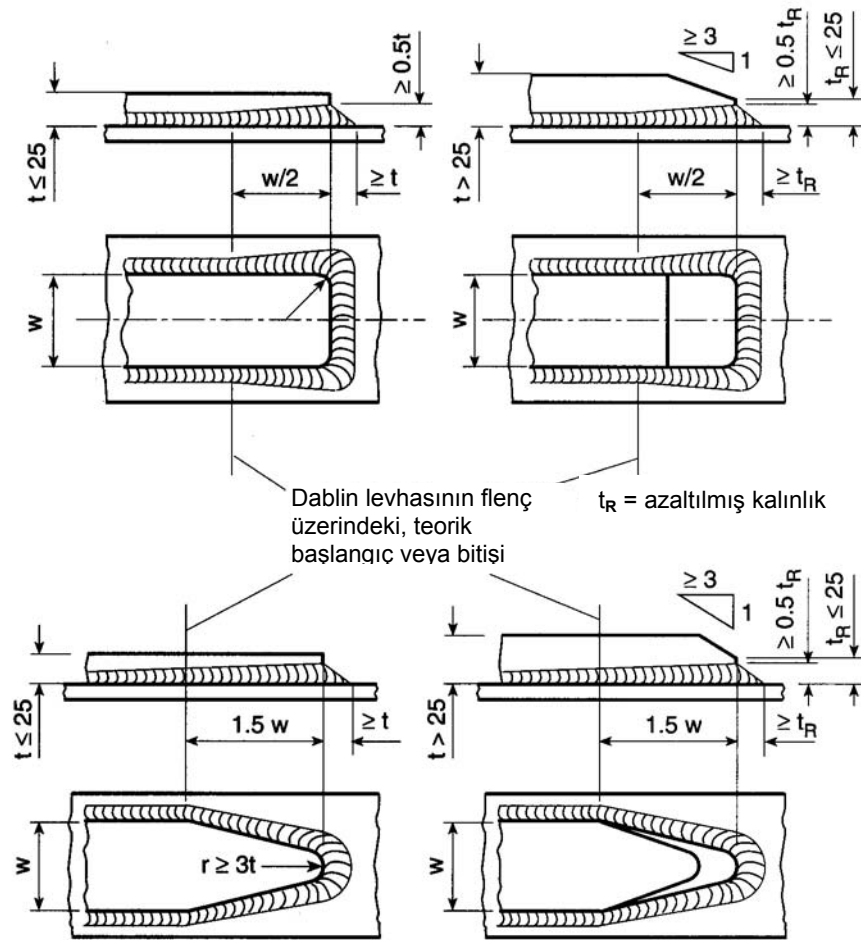
r = İç eğme yarıçapı [mm]

t = Levha kalınlığı [mm]

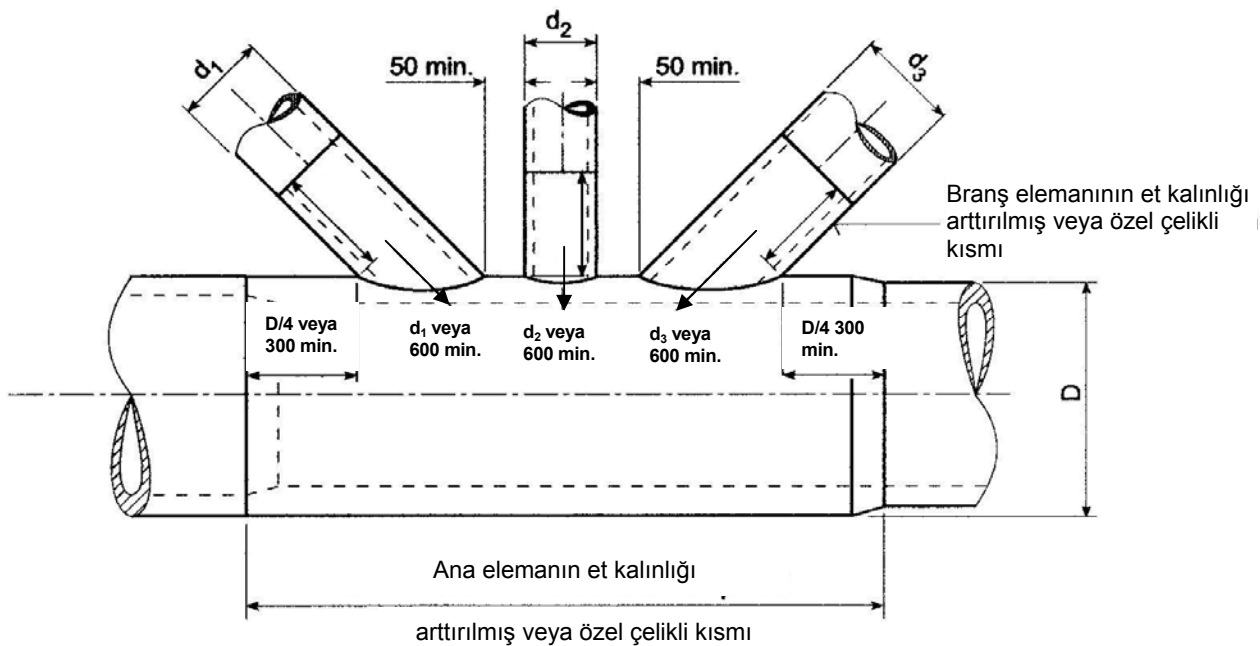
Tablo 3.9 Minimum eğme yarıçapı

Levha kalınlığı t	Minimum iç eğme yarıçapı r
4 mm. ve daha az	1 x levha kalınlığı
8 mm. ve daha az	1,5 x levha kalınlığı
12 mm. ve daha az	2 x levha kalınlığı
24 mm. ve daha az	3 x levha kalınlığı
24 mm.den fazla	5 x levha kalınlığı
Not: Malzemenin eğilme kapasitesi, daha büyük eğme yarıçapını gerektirebilir.	

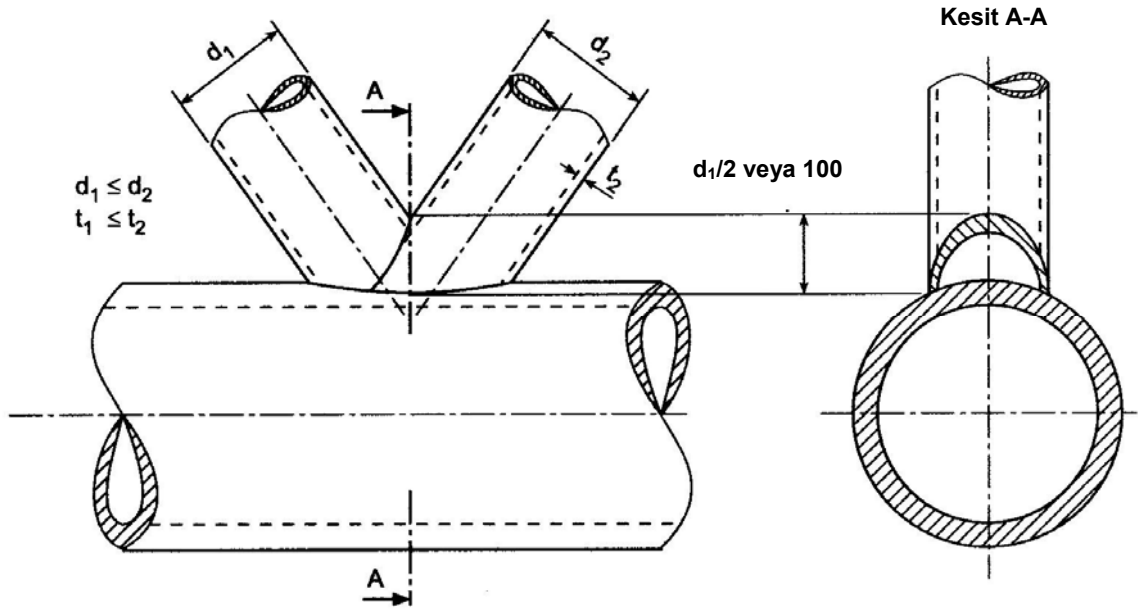
2.5.5.2 Kullanıldığı takdirde diğer çelikler ve malzemeler için, tereddüt halinde gerekli minimum eğme yarıçapı testlerle belirlenecektir. Kaynaktan sonra yeterli dayanımın kanıtı; % 2 veya daha fazla kalıcı uzamaya neden olan soğuk şekil vermeye tabi tutulmuş olan, minimum akma sınırı 355 N/mm^2 'den fazla ve levha kalınlığı 30 mm. ve daha fazla olan çelikler için gerekebilir.



Şekil 3.12 Dablin levhasının flenç üzerindeki uçlarının şekli ve kaynağı



Şekil 3.13 Boru birleştirmelerinde kaynakların ayrılması



Şekil 3.14 Bindirmeli boru birleştirmesinde kaynakların ayrılması

2.6 Kaynakların yapılması, işçilik

2.6.1 Genel istekler

2.6.1.1 Tüm kaynaklar, bu bölümdeki ilgili kurallar ve kaynak teknolojisi standartları dikkate alınarak yapılacaktır. Buradaki kurallara, resimlerde ve spesifikasyonlarda belirtilen ya da anlaşmaya varılan diğer koşullara ya da onaylarda belirtilen hususlara uygunluk üreticinin sorumluluğundadır. TL'nun yapacağı muayeneler, üreticilerin bu sorumluluğunu ortadan kaldırmaz.

2.6.1.2 Tüm kaynak işlemlerinin hazırlığı ve yapılması, üreticinin kaynak gözetmeninin gözetiminde yapılacaktır. Kaynak gözetiminin vasıflandırılması işlevleri için EN 719'a bakınız. Yukarıda belirtilen çalışma koşullarından sapmalar olması halinde, kaynak gözetmeni, TL ile anlaşarak, kaynak kalitesini sağlayacak önlemleri alacaktır. Muayene personeli için 3.1.5'e bakınız.

2.6.2 Üzerine kaynak yapılabilir astar boyalar

Kaynaktan önce levhalar, profiller, vb. üzerine uygulanan ve giderilmeyen, üzerine kaynak yapılabilir astar boyalar, TL ile anlaşmaya varılarak test edilecektir.

2.6.3 Kaynak ağız hazırlanması, montaj, punta kaynağı

2.6.3.1 Ağız hazırlığı, kök oyumu veya hatalı işlerin ya da metalin sökümü için, mekanik işleme, oksijenle kesme, karbon arkı ile oyma, oksijenle oyma, yontma veya taşlama kullanılabilir. Ancak, normalize edilmiş veya su verilmiş ve temperlenmiş çeliklerde oksijenle oyma işlemi kullanılmayacaktır.

2.6.3.2 Bileşenleri hazırlarken veya monte ederken, resimlerde ve spesifikasyonlarda belirtilen kaynak şekillerine ve kök açıklıklarına (hava aralığı) uymaya dikkat edilecektir. Yeterli kök nüfuziyetini elde etmek için, özellikle çift ve tek taraflı kaynak ağızlı T birleştirmelerinde yeterli kök açıklığına dikkat edilecektir.

2.6.3.3 Kök açıklığı, öngörülen aralığın iki katını aşmayacaktır. Bu değer, izin verilen sınırın, sınırlı bir bölgede lokal olarak aşılması durumunda, sorveyörün onayı ile, yan cidarlara dolgu kaynağı yapılarak azaltılabilir. İç köşe dikişlerinde, "a" ölçüsü arttırılacak veya eğer hava aralığı büyükse, tek veya çift ağız açılmış kaynak yapılacaktır. Bu aralıklara dolgu parçası ve tellerin kaynak edilmesine izin verilmez.

- Rijidlik, yani içsel çekme gerilmeleri,
- Ortam sıcaklığı ve iş parçasının sıcaklığı,
- Kaynak esnasındaki ısı girdisi (kaynak dikişinin birim uzunluğuna düşen enerji),
- Isı dağılımının tek veya çok eksenli oluşu.

Devamlı tozaltı ark kaynakları ile birleşen ve tekrar eriyen tek pasolu punta kaynakları hariç, üretimde yapılan punta ve yardımcı kaynaklar için ön ısıtma gerekebilir.

2.6.4.4 Yukarıdaki maddelerde belirtilen önlemlerden başka yumuşak çelikler normalde ön ısıtmaya tabi tutulmazlar. Yüksek mukavemetli çeliklerin ön ısıtması için aşağıdaki hususlar bilgi olarak kullanılabilir; çalışılan parçanın sıcaklığı +5°C'ın altında ise ön ısıtma gereklidir. İş parçası sıcaklığı bu düzeyin üzerinde ise, ön ısıtma, 30 mm. ve üzerindeki cidar kalınlığı için uygulanacaktır. Ön ısıtma sıcaklığı, 2.6.4.3'deki faktörlere bağlı olarak yaklaşık 80° ile 120°C arasında olacaktır. Kaynak sırasında, pasolar arası sıcaklık 250°C'ı aşmamalıdır.

2.6.4.5 Ön ısıtma bütün levha veya yapı elemanı kalınlığı boyunca 4xlevha kalınlığı genişliğinde (en çok 100 mm), dikişin her iki tarafında düzgün olarak yapılacaktır. Lokal aşırı ısıtmalardan kaçınılmalı, gaz üfleçleri ile ön ısıtma yapılırken yumuşak fakat ıssız bir alevle çalışılmalıdır. Ön ısıtma sıcaklığı kaynak işlemi süresince sabit tutulacaktır.

2.6.5 Kaynak pozisyonları, kaynak sırası

2.6.5.1 Kaynak optimum pozisyonda yapılacak, zor kaynak pozisyonları ancak zorunlu durumlarda kullanılacaktır. Birbirine benzer ve sürekli tekrarlanan kaynak işlemleri döner bir kaynak düzeni kullanılarak, mümkünse yatay konumda yapılmalıdır. Düşey aşağıya doğru kaynaklar, özel ve birincil yapı elemanlarının birleştirilmesinde kullanılmayacaktır.

2.6.5.2 Kaynak sırası, büzülmenin en az olacağı ve büzülme gerilmelerinin mümkün olduğu kadar azaltılabilecek şekilde düzenlenmelidir. Özel durumlarda, TL montaj prosedürü ve kaynak sırasının oluşturulmasını isteyebilir.

2.6.6 Kaynak kalite istekleri

2.6.6.1 Kaynağın uyması gereken istekler, örneğin; dikiş geometrisi, yüzey kalitesi, izin verilen dış ve iç kusurlar, ilgili kaynağın yapının genel bütünlüğü için önemine bağlıdır. Bileşenlerin çalışması, yük çeşidi (statik - dinamik) ve gerilme düzeyi de dikkate alınacaktır.

2.6.6.2 Kaynağın uyması gereken istekler; üretim, muayane ve test dokümanlarında (örneğin; resimler, spesifikasyonlar, vb.), ilgili standartlar esas alınarak (örneğin; EN ISO 5817, Kalite Sınıfı B) ve 2.6.6.1'de belirtilen kriterlere göre, belirtilecektir. Bu özellikler, inceleme ve onay için TL'na verilecektir. Kaynakların muayenesi ve testi için 3.'e bakınız.

2.6.7 Onarım kaynakları

2.6.7.1 Onarım kaynakları için, genelde orijinal kaynağa uygulanan istekler uygulanır. Büyük miktardaki onarım kaynaklarını veya onarım kaynağı tekrarlarını (örneğin; tahribatsız testlerin olumsuz sonuç vermesi halinde) yapmadan önce, TL sorveyörüne danışılması öngörülür. Öngörülen onarım önlemlerinin cinsi ve kapsamı, hakkında TL sorveyörü ile anlaşmaya varılması gerekir. Onarım kaynaklarının muayenesi için 3.1.6.7'ye bakınız.

2.6.7.2 Mümkünse, küçük yüzey hataları, taşlanan alandan iş parçasına veya kaynak dikişi yüzeyine düzgün geçiş sağlanacak şekilde taşlanarak onarılmalıdır. Yaygın hatalar, dikkatle oyulmalı, muayane edilmeli ve kaynatılmalıdır. Kaynak prosedür spesifikasyonları dikkate alınmalıdır. Eğer bir dikişte, birbirine yakın olarak yer alan ve onarımı gerektiren birden fazla hata varsa, tüm dikiş kısmı oyulacak ve yeniden kaynatılacaktır.

2.6.7.3 Genelde, kaynak sonrası ısıtma işlemi tabi tutulmuş kısımlardaki önemli onarım kaynakları, tüm parçanın yeniden ısıtma işlemi tabi tutulması gerektirir. Her durumda ayrı ayrı karar verilmek üzere, TL lokal ısıtma işlemi uygulama veya küçük onarım kaynaklarında bütünüyle vazgeçmeyi kabul edebilir.

2.6.8 Kaynak sonrası ısıtma işlemleri

2.6.8.1 Kaynak sonrası ısıtma işlemleri olarak, gerilme

giderici su verme incelenecektir. Eğer diğer cinsten kaynak sonrası ısıtma işlemi amaçlanırsa, TL ile anlaşmaya varılacaktır.

2.6.8.2 Kaynak edilmiş durumda, çatlak mekaniği testleri ve analizleri ile (örneğin; BS 7910'a göre) yapılan incelemeler esas alınarak, yeterli çatlak dayanımı kanıtlanmadıkça, kaynak sonrası ısıtma işlemi, Ek B'de verilen kalınlık sınırlarını aşan, yapısal elemanların kaynaklı birleştirmelerine uygulanmalıdır. Karmaşık dizaynı, zorlanmaya maruz birleştirmeler için Ek B'de verilen kalınlıkların altı içinde kaynak sonrası ısıtma işlemi gerekebilir.

2.6.8.3 Tüm ısıtma işlemleri, üretici tarafından hazırlanacak ve onay için TL'ne verilecek olan, bir prosedür spesifikasyonuna göre yapılacaktır. Bu spesifikasyonda, ısıtma düzenlerinin, izolasyonun, kontrol cihazlarının, kayıt donanımının, nominal ısıtma ve soğutma sıcaklık değişimleri, tutma sıcaklığı ve süreleri ayrıntıları yer alacaktır.

2.6.8.4 Mümkünse, kaynak sonrası ısıtma işlemi, kapalı fırında yapılacaktır. Buna olanak yoksa, TL'nun izni ile lokal ısıtma işlemi yapılabilir. Lokal ısıtma işlemi yapıldığında, kaynağın her iki tarafında, en az malzeme kalınlığının 3 katı kadar bir alan, belirlenen sıcaklıkta tutulacaktır.

2.6.8.5 Tüm ısıtma işlemi çevrimleri; ısıtılan tüm alanda, dıştan ve mümkünse içten, eşit aralıklarla yerleştirilen termokupllar kullanılarak kaydedilecektir. ısıtma işlemi kayıtları, TL sorveyörüne verilecektir. ısıtma işlemi sonrası muayene ve testler için, 3.1.6.5'e bakınız.

2.6.9 Üretim testleri

2.6.9.1 Ana malzeme, kaynak prosesi veya yükleme durumları, üretim koşullarında yapılan kaynaklı birleştirmelerin yeterli mekanik karakteristiklerinin kanıtlanmasını gerektiriyorsa, üretim sırasında, belirli aralıklarla aynı anda kaynatılan test parçalarında üretim testlerinin yapılması istenebilir.

2.6.9.2 Üretim test parçaları, kaynak prosedürü nitelik testleri ile ilgili olarak 2.3.3'de öngörülene benzer şekilde

kaynatılacak ve test edilecektir. Testlerin kapsamı ve uygulanacak istekler her durumda ayrı ayrı belirlenecektir.

2.6.10 Sualtı kaynağı

2.6.10.1 Yapımda ve onarımda kullanılan sualtı kaynağı, genelde, içindeki suyun boşaltıldığı büyük bir odada yapılacaktır. Suda veya küçük bir gaz dolu kapta ark yanması ile karakterize edilen su altında ıslak kaynak, normalde, sıg suda ikincil yapılardaki küçük onarım işleri ile sınırlıdır ve her durumda TL'nun onayını gerektirir.

2.6.10.2 Sualtı kaynağı, üretici tarafından hazırlanacak ve onay için TL'ne sunulacak olan ayrıntılı bir prosedür spesifikasyonuna göre yapılacaktır. Bu kaynaklar, özel kaynak prosedürlerine (2.3.6'ya bakınız) ve özel nitelikli kaynakçılar (2.4.2'ye bakınız) tarafından yapılacaktır. Kaynak sarf malzemelerinin taşınması, elleçlenmesi, kurutulması ve kaynak ortamında depolanması, kaynak prosedür spesifikasyonunda dikkate alınacaktır.

2.6.10.3 Üretim test kaynakları, mümkün olduğunca, tüm sistemlerin uygun işlev gördüğü ve yeterli şekilde kaynatıldığını kontrol ederek, gerçek kaynak koşullarını temsil edecek tarzda, sualtı kaynağına başlamadan önce yapılacaktır. Üretim test kaynağı, üretim kaynağından önce gözle muayene edilecek ve tahribatsız testlere tabi tutulacaktır. Daha sonra, bu kaynak mekanik ve teknolojik testlere tabi tutulacaktır. Test parçalarının tipi ve adedi ile testler, her durumda belirlenecek ve TL ile anlaşmaya varılacaktır.

2.6.10.4 Gözle muayeneler ve tahribatsız testler, onaylı prosedürler kullanılarak, gerçek üretim kaynaklarında, uzman operatörler tarafından yapılacaktır. Testlerin ve muayenelerin yöntemleri ve kapsamı, her durumda belirlenecek ve TL ile anlaşmaya varılacaktır. Bitmiş kaynaklar, tüm yapı elemanları veya kaynaklar için belirlenen isteklere uyacaktır.

2.6.10.5 Vasıflandırmalar, üretim testleri, gerçek kaynak verileri, muayeneler ve testler dahil tüm sualtı kaynak işlemleri kaydedilecektir. Kayıtlar, incelenmek üzere TL'ne verilecek ve 5 yıl süreyle saklanacaktır.

3. Çelik Yapıların Muayenesi ve Testleri

3.1 Genel

3.1.1 Genel istekler

3.1.1.1 Muayene ve testler, çelik yapıların veya bunların parçalarının tamamlanmasından sonra, üreticiler tarafından yapılacaktır. Bu muayene ve testler, yapının ve kaynakların, buradaki isteklere, onaylı resimlere ve spesifikasyonlara yada belirtilen veya anlaşmaya varılan diğer isteklere uygunluğunu sağlayacaktır.

3.1.1.2 Muayene ve testler; üretim, konstrüksiyon ve montaj aşamalarında yapılacaktır. Üretim ve konstrüksiyon sırasında gerekli olan kalite kontrol istekleri için, 1.3'e bakınız.

3.1.1.3 Üreticiler, muayene ve testlerin, gerektiği şekilde ve buradaki esaslardaki isteklere uygun olarak yapılmasından sorumlu olacaktır. TL tarafından yapılan muayeneler, üreticinin bu sorumluluğunu ortadan kaldırmaz.

3.1.1.4 TL sörveyörü yapılan muayene ve testlerin gözetimini yapabilecektir. Bunun için TL sörveyörü, üretim alanlarına ve yapılarına serbestçe girebilecek ve mümkünse yardım edilecektir.

3.1.1.5 Üretici tarafından yapılan muayene ve testlerden sonra, yapılar veya bunların parçaları, son kontrol için TL'na sunulacaktır. Parçalar, normalde boyadan önce, muayene için uygun ulaşım sağlanacak şekilde uygun seksiyonlar halinde sunulacaktır. Sörveyör, üretici tarafından yeterince muayene ve test edilmemiş bileşenleri reddedebilir ve üretici tarafından bu muayenelerin ve düzeltmelerin tamamlanmasından sonra tekrar sunulmasını isteyebilir.

3.1.1.6 Yapıları, yerleri, boyutları ve dağılımları ile belirlenen hataların (örneğin; kaynak hataları) değerlendirilmesinde, kaynaklı birleştirmelere uygulanan istekler (3.1.6.4'e bakınız) dikkate alınacaktır. Muayene veya testlerin sonuçları, test bölümü ve / veya kaynak gözetmenleri tarafından incelenecek ve TL'na verilecektir. Malzemede veya kaynaktaki hataların kabulü veya onarımı ile ilgili karar dahil son değerlendirme TL sörveyörüne aittir.

3.1.1.7 Tüm muayene ve testlerle ilgili raporlar hazırlanacak ve diğer dokümanlar ile birlikte (örneğin; filmler) incelenmek üzere TL sörveyörüne verilecektir. Raporlarda; kullanılan özel test yöntemleri (3.2.5.5, 3.3.7 ve 3.4.4'e bakınız), testin yapıldığı yer ve elde edilen sonuçlarla ilgili tüm gerekli ayrıntılar bulunacaktır.

Raporlar, üretim ve konstrüksiyon, montaj ve donanım aşamalarında, test edilen alanların ve sonuçların izlenmesine olanak vermelidir. Test raporları ve dokümanları 5 yıl süreyle saklanacaktır.

3.1.2 Standartlar, kodlar

3.1.2.1 Belirtilen standartlar, kodlar, vb. bu esasların ayrılmaz bir parçasını oluştururlar. Bu esasların yayını tarihindeki versiyonlar kullanılacaktır.

3.1.2.2 Eşdeğer diğer standartların, kodların, vb.'nin uygulanması için TL ile anlaşmaya varılabilir. Bunlar, yapı dokümanlarında, örneğin; muayene ve test planları ve spesifikasyonlarında belirtilecek ve talep halinde TL'na sunulacaktır.

3.1.2.3 Standartların, kodların, vb.'nin buradaki esaslarla gelişmesi halinde, buradaki esaslar önceliklidir. Buradaki esaslardan sapmalar, her durumda TL onayı gerektirir.

3.1.3 Terimler ve tanımlar

Tanınmış standartlarda, kodlarda, vb.'inde yer alan terimler ve tanımlar kullanılacaktır. Kullanılan standart veya kodlar, muayene ve test dokümanlarında gösterilecek ve talep halinde TL'na verilecektir. Farklı terimler ve tanımlar muayene ve test spesifikasyonlarında ayrıca açıklanacaktır.

3.1.4 Test donanımı

3.1.4.1 Kullanılan test düzenleri ve donanımı, en son teknik standartlara uygun olmalı ve uygun durumda bulunmalıdır. Eğer üretici kendi donanımına sahip değilse, bunlar üçüncü tarafların test donanımını (örneğin; test kuruluşları) kullanabilir. Bu husus TL'na bildirilecektir, 3.1.5.3'e de bakınız.

3.1.4.2 Donanım kalibre edilmeli ve ilgili sertifikalar mevcut bulunmalıdır.

3.1.4.3 TL donanımı kontrol edebilir veya temsilcilerinin gözetiminde kontrol edilmiş olmasını isteyebilir. Ultrasonik test donanımı, 3.1.5.4'e göre test personelinin muayenesi kapsamında kontrol edilebilir.

3.1.5 Muayene ve test personeli

3.1.5.1 Muayene ve test personeli, ilgili test yönteminde vasıflı ve deneyimli olmalıdır. Vasıflandırma kanıtlanmalıdır.

3.1.5.2 Testlerin hazırlığı ve yapılması, vasıfları **TL**'na verilmesi gereken, daha yüksek vasıflı gözetim personeli gözetiminde yapılmalıdır.

3.1.5.3 Test personeli üretim bölümünden bağımsız olacaktır, 1.4.2'ye de bakınız. Organizasyon yapısı **TL**'na verilecektir. Eğer üreticinin kendi test personeli yoksa, diğer firmaların veya test kuruluşlarının personeli kullanılabilir. Bu durum **TL**'na bildirilecektir, 3.1.4.1'e de bakınız.

3.1.5.4 TL, ultrasonik test personeli, yapım yerinde, gerçek üretim koşullarında muayene etme hakkına sahiptir.

3.1.6 Muayene ve testlerin yöntemleri ve kapsamı

3.1.6.1 Her durumda, uygulanacak muayene ve test yöntemleri, test koşulları (kaynağın şekli ve boyutu, olası hataların cinsi ve yeri, ulaşılabilirlik) dikkate alınarak seçilecektir. Muayene ve test yöntemleri hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır. **TL**, iki veya daha fazla muayene ve test tekniğinin birlikte kullanılmasını isteyebilir.

3.1.6.2 Çelik yapıların veya parçalarının tamamlanmasından sonra, tam bir göz muayenesi yapılacaktır. Muayene; bütünlüğü, ölçü uygunluğunu ve standartlara uygun işçiliği sağlayacaktır. Üretim ve konstrüksiyon sırasındaki kalite kontrolü için, 1.4'e bakınız. Göz muayenesini ve önemli düzeltmeleri gösteren bir rapor hazırlanacaktır. Rapor, 3.1.1.5'e göre son kontrolden önce **TL**'na verilecektir.

3.1.6.3 Yapının genel bütünlüğü, yük tipi, gerilme düzeyi ve bunların ulaşılabilirliği (serviste) dikkate alınarak,

kaynaklı birleştirmelerde önemlerine göre tahribatsız muayeneler ve testler (NDT) yapılacaktır. Tahribatsız muayene ve testlerin minimum kapsamı, yapı elemanları sınıflarına göre Tablo 3.10'da verilmiştir. İlgili kaynaklı birleştirmeler ayrıca gösterilmiştir.

3.1.6.4 Dizayn ve gerilme durumları dikkate alınarak, her yapı için ilgili muayene ve test planları ve spesifikasyonlar, üretici tarafından hazırlanacaktır. Bu planlar ve spesifikasyonlar, muayene ve testlerin kapsam ve yöntemi ile yüzey ve iç kaynak hatalarının kabul sınırlarını içecektir.

Bu sınırlar, kaynakların tanınmış standartlara (örneğin; EN ISO 5817, Kalite sınıfı B) göre değerlendirilmesinde kullanılacaktır.

Gerilmelerin yanı sıra, malzemelere ve proseslere bağlı özellikler de dikkate alınmalıdır. Planlar ve spesifikasyonlar onay için **TL**'na verilecektir.

3.1.6.5 Karmaşık ve ağır yapıların (örneğin; boru düğüm noktaları ve kalın etli diğer T, Y ve K birleştirmeler) tüm tahribatsız testleri, geciken çatlakların algılanabilmesi için, kaynak tamamlandıktan sonra 48 saatten önce yapılmayacaktır. Bileşenlerin kaynak sonrası ısıtılma işlemine tabi tutulduğu hallerde, tahribatsız testler, bu ısıtılma işleminden sonra yapılacaktır.

3.1.6.6 Eğer muayene ve testler, yaygın oranda hataları gösteriyorsa, testlerin kapsamı arttırılacaktır. Aksine anlaşmaya varılmadıkça, test edilen ve onarım ihtiyacı olduğu belirlenen her kaynak seksiyonu için, aynı boyda diğer iki kaynak seksiyonunda testler yapılacaktır. Hatanın test edilen seksiyonun dışında da devam ettiği şüphesi varsa, bitişik kaynak seksiyonu da ilave olarak test edilecektir. Kaynakların uygun şekilde yapılmadığı şüphesi varsa, **TL** ilave muayene testlerin yapılmasını isteyebilir.

3.1.6.7 Onarılan kaynaklar tekrar muayene edilecektir. Kaynakların bütünüyle yeniden yapıldığı hallerde, sörveyörün talimatına göre, asgari olarak başlangıç muayeneleri kapsamında yeniden testler yapılacaktır.

Tablo 3.10 Tahribatsız muayene ve testlerin asgari kapsamı (1)

Birleştirme tipi \ Kategori	Özel yapı elemanları (kaynak)			Birincil yapı elemanları (kaynak)			İkincil yapı elemanları (kaynak)		
	RT	UT	MT	RT	UT	MT	RT	UT	MT
Alın kaynakları	% 10 (2)	% 100 (2)	% 10	% 10 (2)	% 100 (2)	% 10	Spot	Spot	Spot
T-birleştirmeler (tam nüfuziyetli)	-	% 100	% 100	-	% 100	% 100	-	Spot	% 5
T-birleştirmeler	-	(3)	% 100	-	(3)	% 100	-	-	Spot
İç köşe kaynakları	-	-	% 10	-	-	% 10	-	-	Spot
(1) Serviste ulaşılabilir veya çok zor muayene edilen tüm kaynaklar, tüm uzunlukları boyunca tahribatsız testlere tabi tutulacaktır. (2) 30 mm. kaynak kalınlığına kadar ultrasonik test (UT) yerine, % 100'e kadar radyografik muayene (RT) yapılabilir. (3) Yüksek gerilmeli alanlarda kısmi nüfuziyetli T-birleştirmeye izin verilen hallerde, eksik kalan boyutun ve kaynağın uygunluğunun belirlenmesi için ultrasonik test gerekebilir.									

3.2 Radyografik testler

3.2.1 Işın kaynakları, cihazlar

3.2.1.1 Radyografik testlerde, ışın kaynağı olarak, mümkünse, X-ışını cihazları kullanılacaktır. Işın enerjisi (tüp gerilimi) EN 1435'de verilen enerji sınırları içinde kalmalıdır. İzin verilen çalışma sınırları içerisinde ışın enerjisi (tüp gerilimi), bileşenlerin kalınlık farklılıkları göz önüne alınarak yüksek kontrastlı bir görüntü elde edilecek şekilde mümkün mertebe düşük tutulmalıdır.

3.2.1.2 Bazı özel durumlarda (örneğin; dikişe ulaşmanın zor olduğu hallerde), her durumda **TL**'nin onayı alınarak, gama ışın kaynağı – tercihen Ir 192- da kullanılabilir.

3.2.2 Filmler, ışın toplayıcı ekranlar

3.2.2.1 Radyografik testlerde kullanılan film sınıflarının (EN 584-1) seçimi EN 1435, Tablo 2'ye göre olacaktır.

3.2.2.2 Çelik malzemelerin radyografilerinde normalde, filmlerin ön ve arkasında 0,02 mm. kalınlığında kurşun ekranlar kullanılır. Filmler ve ekranlar, çekim sırasında bu amaca uygun kasetler, paketler halinde birbirine yakın olarak bulunmalıdır.

3.2.2.3 Işın toplayıcı tuz ekranların ve fluorometal ekranların kullanılması uygun değildir.

3.2.3 Çekim koşulları

3.2.3.1 Radyografik filmlerin çekiminde, test kategorisi A için EN 1435'de (genel muayene prosedürü) belirtilen radyografik parametreler uygulanacaktır. X ışınları kullanılarak yapılan radyografik testlerde ve 480 mm. film uzunluğu için odak noktası ile film arasındaki uzaklık normalde 700 mm. olmalı ve hiçbir durumda film uzunluğunun altına düşmemelidir. Özel hallerde, **TL** test kategorisi B'yi isteyebilir (yüksek hassasiyetli muayene prosedürü).

3.2.3.2 Görüntünün yorumunu bozabilecek, iş parçası yüzeyindeki kirlilikler, görünür kaynak hata ve hasarları ile birlikte, radyografik muayeneden önce giderilecektir. Yardımcı kaynak izleri de giderilecektir. Özel durumlarda (örneğin; kaynağın yüzeyinin çok kaba olduğu veya görüntü kalitesinin özel isteklere tabi olduğu), kaynak yüzlerinin taşlanması gerekebilir.

3.2.3.3 Görüntü kalitesini belirlemek için, her çekimde en az bir adet EN 462-1'e uygun bir görüntü kalitesi belirleme göstergesi (telli tip) ışın kaynağına yakın yüzeye yerleştirilecek ve dikişle birlikte ışınlanacaktır. Buna olanak yoksa, görüntü kalitesi belirleme göstergesi **TL**'nin onayı ile, filmin parça yüzeyine (filmle kaynak dikişi arasına) yerleştirilebilir, ancak bu durumda değişen görüntü kalitesi indekslerini belirlemek için gerekli karşılaştırma çekimleri yapılmalıdır. Çekimin bu şekilde yapıldığı, filmde işaretlenmelidir.

3.2.3.4 Her film, çekim sırasında, filmle birlikte ışınlanan ve filme çıkan kurşun rakam ve harfler kullanılarak açık ve karışmayacak şekilde işaretlenecektir. Bu işaretler test planındaki işaretlerle aynı olacak ve bulunan hataların kolayca saptanmasını sağlayacaktır. İşaretler, muayene edilen alanın dışında (kaynak genişliği + her iki tarafta en az 10 mm.) yer alacaktır.

3.2.4 Film banyosu, yoğunluk (kararma), görüntü kalitesi

3.2.4.1 Filmler amaca uygun olarak donatılmış karanlık odalarda ve film değerlendirilmesinde yanlış anlamalara neden olabilecek kusurlar oluşturmadan banyo edilecektir (örneğin; gölge kararmalar, çizilmeler, filmin katlanması nedeniyle oluşan yarım ay formundaki şekiller gibi). Film ve kimyasal madde üreticilerinin talimat ve tavsiyelerine uyulacaktır. Fazla ışık verilmiş filmlerde kimyasal maddenin zayıflatılmasına veya developmanın zamanından önce kesilmesine izin verilmez.

3.2.4.2 Radyografik filmlerin yoğunluğu "S", değerlendirilen tüm bölgede en az 1,5 değerinde olacaktır. Üst sınır, değerlendirmede kullanılacak film inceleme cihazlarının parlaklığına bağlıdır, ancak bu değer 2,5, en çok 3,0'e kadar olmalıdır. Bir radyografi içindeki yoğunluk farklılıkları büyük olmamalıdır.

3.2.4.3 Film kalitesi, 3.2.3.3'de belirtilen ve EN 462-3'e uygun bir görüntü kalitesi belirleme göstergesi ile sağlanır. A muayene kategorisine giren bir kontrol için (3.2.3.1'e bakınız), çelikte görüntü kalitesi B'ye ulaşmaya çalışılmalıdır. Burada görüntü kalitesi A, kabul edilebilir en düşük değerdir. Alüminyum alaşımları ve B muayene kategorisi için görüntü kalitesi B kesinlikle elde edilmelidir. Görüntü kalitesi belirleme göstergesinin, kaynak alanında, en küçük çaplı telli veya en küçük deliği görüntü kalitesi için ölçü olarak kabul edilir.

3.2.5 Filmleri inceleme, değerlendirme

3.2.5.1 Radyografik filmlerin incelenmesi ve değerlendirilmesi için, istenilen film yoğunluğu için EN 25580'e göre yeterli aydınlık yoğunluğuna sahip cihazlar kullanılabilir. İnceleme alanı perdelenerek değerlendirilecek film boyutuna ayarlanabilmelidir. Parlaklık şiddeti ayarlanabilmelidir.

3.2.5.2 İnceleme ve değerlendirme kısmen karartılmış bir odada yapılmalıdır. Değerlendirmeye belirli bir adaptasyon zamanı geçtikten sonra başlanmalıdır. Cihazın inceleme bölgesindeki açık ve göz alan alanlar perdelenacaktır.

3.2.5.3 Test raporunda, kaynak hatalarını belirtmek için EN ISO 6520-1'de verilen referans numaraları kullanılacaktır.

3.2.5.4 İlk değerlendirme, test bölümü ve/veya üretici kaynak gözetmeni tarafından yapılacaktır. Filmler (ilk ve sonraki çekimler) test raporları ile birlikte değerlendirilmek üzere **TL** sörveyörüne verilecektir.

3.2.5.5 Test raporunda, aşağıdaki bilgiler verilecek, gerekirse şemalarla açıklanacaktır:

- İş no, bileşen, test planı no, radyografik çekim konumu,
- Işın kaynağı ve tüp odağı veya ışın kaynağının ölçüsü,
- Tüp gerilimi veya çekim sırasındaki aktivite zamanı,
- EN 1435'e göre çekim düzeni, penetrametrenin konumu,
- Parçanın veya kaynak dikişinin kalınlığı,
- Film tipi, ekranların türü ve kalınlığı,
- Test kategorisi, görüntü kalitesi indeksi ve görüntü kalitesi sınıfı,
- Hata ve değerlendirme sembolleri.

Test raporunda, ayrıca ilk çekim veya onarımdan sonra yapılan tekrar çekimi olduğu belirtilecektir (3.1.6.6'ya bakınız).

3.3 Ultrasonik Testler

27963, EN 1714, EN 583 veya TSE'nin ilgili standartları).

3.3.1 Test personeli

3.3.1.1 Ultrasonik testleri yapan personel ilgili alanda eğitilmiş ve deneyimli olacaktır. Bunların eğitimi ve deneyimi, katılmış oldukları kurs ve test sertifikaları ve/veya görev almış oldukları test uygulamaları beyanları ile dokümanite edilecektir.

3.3.1.2 Muayene personelinin uygunluğu, test üniteleri, muayene yöntemleri, vb. ile birlikte TL veya TL tarafından tanınan uzman ve bağımsız otoriteler tarafından doğrulanacaktır. Bu doğrulama başvurusu TL Merkez Ofisine yapılacaktır :

- Test personelinin ve gerekirse test gözetmenlerinin mesleki eğitim belgeleri,
- Test donanımının tanımı (test üniteleri, problemler, vb.),
- Test yönteminin tanımı (cihaz ayarları, açılar ve tarama yönleri, cihaz hassasiyeti, vb.),
- Hata büyüklüğünün saptanması için kullanılan yöntem,
- Test raporu formu.

Doğrulamanın başarılı olması halinde, işyerine, belirli test işlerinin bağımsız ve kendi personelinin sorumluluğunda olmak üzere kontrol yetkisi verilebilir.

3.3.1.3 TL, test personeli tarafından düzenlenen test raporlarını doğrulamak için rastgele izleme muayeneleri yapma veya bu muayeneleri, üreticiden bağımsız bir test kuruluşuna yaptıрма hakkına sahiptir. Eğer bu muayenelerin sonuçları, işyeri tarafından yapılan testlerin sonuçlarından farklılık gösterirse, izleme muayenelerinin kapsamı, ilk testlerinkine eşit olacak şekilde genişletilebilir.

3.3.2 Test cihazları ve aksesuarları

3.3.2.1 Kullanılan cihazlar, problemler ve yardımcı aparatlar (hassasiyeti ayarlamak için kalibrasyon ve referans blokları, referans skalaları, vb) son teknolojik gelişmelere ve standartlara uygun olacaktır (örneğin; EN 12223, EN

3.3.2.2 Kullanılan cihaz hassasiyeti içinde olan tüm eko seviyeleri, dB olarak kalibre edilmiş yükseltici ve uygun bir skala işaretleyici yardımıyla ekranda görülebilir olmalıdır. Kademeler arasındaki fark 2 dB'den fazla olmamalıdır. Kalibre edilmiş bir yükseltici kontrolü olmayan cihazlar kullanılmamalıdır.

3.3.2.3 Cihazda seçilebilen kullanım bölgeleri kademesiz olarak ayarlanabilmeli ve gerektiğinde arada boş bölge kalmayacak şekilde birbirini tamamlamalıdır. Her bir bölge içinde zaman taraması kademesiz olarak ayarlanabilmelidir.

3.3.2.4 Ses alanının geometrik karakterine (özellikle giriş ve sapma açılarına), test frekansına ve çözme gücüne bağlı olarak, problemler yukarıda verilen standartlarda belirtilen toleranslar içerisinde kalmalıdır. Giriş ve sapma açıları, nominal değerden veya probun merkez 2°'den daha fazla sapmamalıdır. Giriş açısı ile ses çıkış çizgisinde noktası (açılı problemlerde) kontrol edilmelidir.

3.3.3 Kalibrasyon, hassasiyet ayarı

3.3.3.1 Uzaklık göstergesi (zaman taraması) isteğe göre projeksiyon aralığı "a", kısaltılmış projeksiyon aralığı "a", ses yolu "s" ve mümkünse derinlik konumları "b" de ayarlanabilmelidir. Aksi belirtilmedikçe, kaynak dikişi kontrollerinde tercihen kısaltılmış projeksiyon aralığı "a" da ve karmaşık biçimli kısımlarda ses yolu "s" de ayar yapılır (örneğin; Şekil 3.18'e göre boru birleştirmeleri).

3.3.3.2 Madde 3.3.3.1'e göre yapılacak ayarlamalarda, tekne yapım çeliklerinin muayenelerinde EN 12223 veya EN 27963'e uygun problemler kullanılmalıdır. Farklı ses hızlarına sahip malzemelerde (örneğin; yüksek alaşımlı çelikler), uygun kalibrasyon ve referans blokları kullanılmalıdır. Ayarlama kullanılan delikler 2 mm.den büyük olmamalı ve kontrol yüzeyine paralel olmalıdır. Mümkünse, kalibrasyon işlemi kenar bölgesinde yapılmalıdır.

3.3.3.3 Eko yükseklik tanımı için öngörülen yöntemle bağlı olarak hassasiyet ayarı şekli, konumu ve büyüklüğü bilinen kalibrasyon reflektörleri kullanılarak ve EN 1714'deki veriler göz önüne alınarak yapılmalıdır (örneğin; büyük düzlemsel reflektörler, enine delikler).

Aksi belirtilmedikçe, DGS yöntemi ile muayene yapılmalıdır. DGS yönteminde hassasiyet ayarı cihaz üreticilerinin verilerine uygun olarak ve EN 12223 ve EN 27963'e uygun kalibrasyon blokları kullanılarak yapılmalıdır. Düz tabanlı delikler ve kanallar kalibrasyon reflektörü olarak kullanılmamalıdır.

3.3.3.4 Hassasiyet ayarı gerektiğinde (örneğin; yüzeye yakın hatalar için), EN 1714'e göre düzeltilmelidir. Ses zayıflaması, alaşımsız ve alaşımlı yapım çelikleri ve çok büyük olmayan ses yolları (EN 1714'e bakınız) için genellikle ihmal edilebilir. Ancak referans bloku ile test parçasının yüzeyleri arasındaki kuplaj farkını saptamak için her zaman bir transfer düzelmesi yapılmalıdır. Bu transfer düzelmesinin değeri muayene raporunda belirtilmelidir.

3.3.3.5 Hataların daha kolay bulunabilmesi için seçilen kayıt (hassasiyet) sınırından yaklaşık 6dB daha yükseltilmiş bir kontrol hassasiyeti (arama hassasiyeti) ile çalışılması tavsiye edilir. Ancak hata işaretlerinin değerlendirilmesinde hassasiyet (kayıt) sınırları ayarı geçerlidir. Kayda geçecek tüm eko göstergeleri uzun ses yollarında dahi ekran yüksekliğinin en az % 20'sine ulaşılmalıdır. Bu hususta ayrıca EN 1714'e bakınız. Elektro - gaz kaynağı yapılmış dikişlerde genel olarak 12 dB artırılmış hassasiyetle muayene yapılmalıdır. Muayene raporunda bu durum kaynak yöntemi referans verilerek açıkça belirtilmelidir (örneğin; EG + 12 dB).

3.3.4 Yüzey hazırlama, kuplaj (temas)

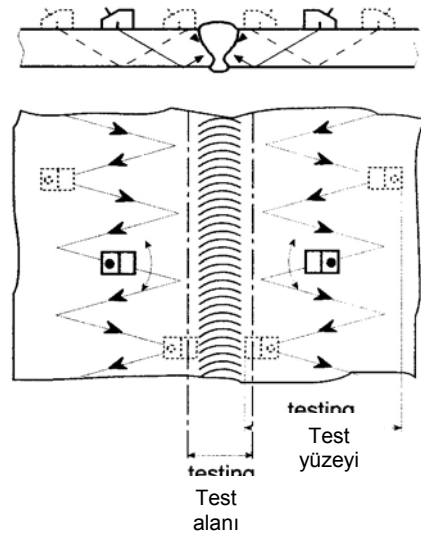
3.3.4.1 Kaynak dikişinin her iki tarafındaki kontrol yüzeyleri düzgün ve kuplajı (teması) engelleyen kirliliklerden arındırılmış olmalıdır. Oksit, tufal ve kaynak sıçramaları temizlenerek problemlerin tam olarak oturması sağlanmalıdır, gerektiğinde yüzey taşlanmalıdır. İyi tutunmuş boya tabakaları bırakılabilir; ancak bu nedenle kontrol olumsuz etkilenmemeli ve eko yüksekliğinin değerlendirilmesindeki hassasiyet kayıpları kantitatif olarak ihmal edilebilmelidir.

3.3.4.2 Enine hataların kontrolü için dikiş yüzeyine açılı problemlerin oturtulması gerekiyorsa, bu yüzey de yukarıda açıklandığı şekilde hazırlanmalıdır. Sesin ana yayılma doğrultusuna dik olan ve hatalı değerlendirmelere neden olarak muayeneyi olumsuz etkileyecek çentik, oyuk, vb. giderilmelidir.

3.3.4.3 Madde 3.3.4.1'e uygun olarak hazırlanan muayene yüzeyleri, mümkün olduğu kadar homojen olmalı ve ± 4 dB'den fazla bir değişim meydana gelmemelidir. Daha büyük değişimlerde yüzey durumu düzeltilmelidir. Büyük değişimlerden kaçınılamıyorsa, bunlar muayene raporunda belirtilmelidir. Kuplaj (temas) sıvısı olarak normal su, selülozlu gliserin, yağlar veya gres kullanılabilir.

3.3.5 Test doğrultuları, giriş açısı

3.3.5.1 Boyuna hataların kontrolü, aksi belirtilmemiş ve kararlaştırılmamış ise, Şekil 3.16'da görüldüğü üzere bir yüzeyden ve dikişin her iki tarafından yapılır. Muayene bölgesi kaynak metalinin ve cidar kalınlığının yaklaşık 1/3'ü genişliğinde bir bölgeyi (bu bölge dikişin her iki yanında en az 10 mm, en çok 20 mm.lik bir genişlik olmalıdır) kapsamalıdır. Muayene yüzeyinin genişliği en az tam bir adım atlama mesafesi ile prob uzunluğunun iki katının toplamı kadar olmalıdır.



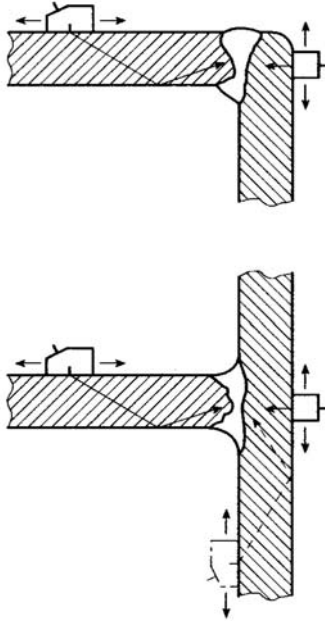
Şekil 3.16 Alın kaynaklarında boyuna hataların testi

3.3.5.2 Dikiş geometrisi ve mümkün olabilecek hata konumlarına göre dikişin her iki yüzeyinden veya (örneğin; eğimlerde) yalnız bir yüzeyinden test maksada uygun olabilir. Köşe veya T bağlantılarda, Şekil 3.17’de görüldüğü gibi genellikle gövde tarafından açılı proba ve ayrıca sürekli levha (alın levhası) tarafından normal proba muayene yapılmalıdır. Bu tür 3.3.5.1’den farklı prob düzenlemeleri muayene raporunda özel olarak belirtilmelidir. Bu durum benzer şekilde eğri yüzeyler için geçerlidir. (Şekil 3.18’deki boru bağlantıları durumu).

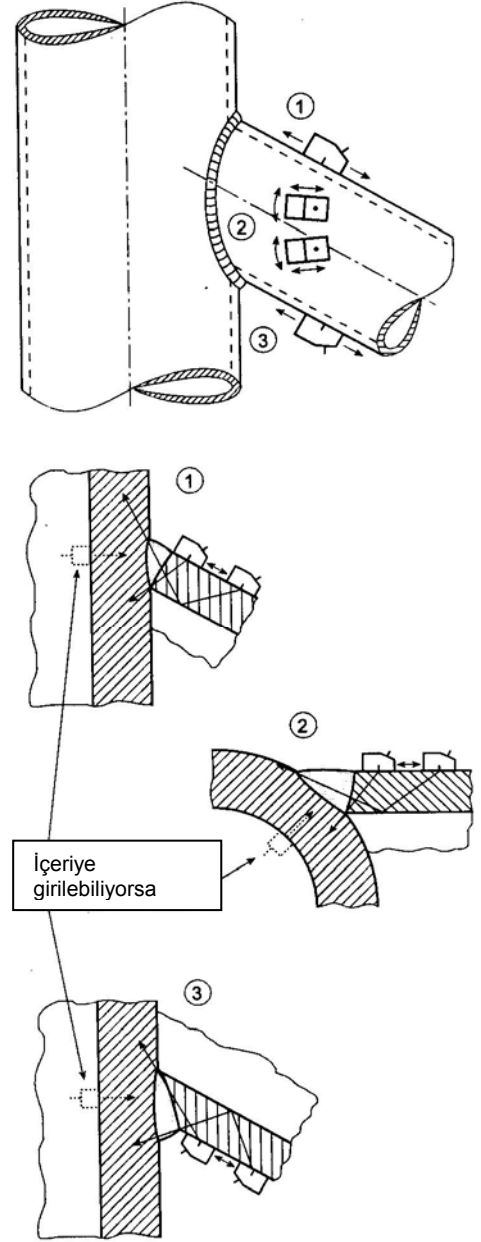
3.3.5.3 Enine hataların kontrolü dikişin her iki tarafından, dikiş boyunca her iki doğrultuda Şekil 3.19’a uygun olarak veya -daha sıkı test koşullarında- dikiş yüzeyi taşlanarak yapılmalıdır.

TL, enine hataların muayenesini paralel bağlanmış problarla yapılmasını isteyebilir.

Kaynak havuzu geniş olan dikişlerde (örneğin; elektro slag kaynağında) ek olarak 45° açılı problarla hata kontrolü yapılmalıdır. Bu hususta EN 1714’e bakınız.

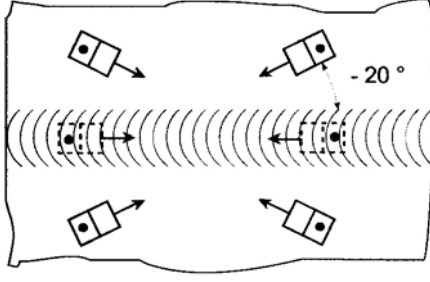


Şekil 3.17 Köşe ve T-birleştirmelerinde boyuna hataların testi



Şekil 3.18 Boru bağlantılarında boyuna hataların testi

3.3.5.4 30 mm.nin altında kalan levha kalınlıkları (dikiş kalınlıkları) için kontrol 70°’lik açılı prob ile yapılabilir. 30 mm.nin üzerinde ise iki açılı prob (70° ve 45° veya 60°) ile kontrol yapılmalıdır. Eğri yüzeyler için gerekli açılı prob EN 1714’e uygun olarak saptanmalıdır. Çok büyük cidar kalınlıklarında (yaklaşık 100 mm.den kalın) değişik derinlik bölgeleri için tandem tekniğiyle (iki benzer probun sabit ve mekanik temas bağlantısı) kontrol yapılmalıdır.



Şekil 3.19 Enine hata testi

3.3.6 Kayıt sınırı, eko göstergelerinin değerlendirilmesi, kabul sınırları

3.3.6.1 DGS yöntemleriyle yapılan kontrollerde kayıt sınırı (referans reflektör büyüklüğü) olarak, boyuna ve enine hatalar için Tablo 3.11'de cidar kalınlığına (dikiş kalınlığına) bağlı olarak verilen disk biçimli reflektör çapları geçerlidir.

60 mm.den büyük kalınlıklar için kayıt sınırı her durum için özel olarak saptanır. Tandem muayenelerde 6 mm. çapında disk biçimdeki reflektör kayıt sınırı olarak alınmalıdır. Eko seviyesi tanımında kullanılan diğer yöntemler için (örneğin; referans blok yöntemi), EN 1714'e göre saptanır.

3.3.6.2 Biçime bağlı olmayan eko göstergeleriyle kaynaklı birleştirmelerin kontrolünde ortaya çıkan eko göstergelerinin 3.3.6.1'e göre kayıt sınırına (referans reflektör büyüklüğü) ulaşmaları veya aşmaları halinde, bunlar ancak TL tarafından özellikle istenmesi veya daha sonra tekrar kontrolleri yapılacak ise kaydedilmelidir. Bunun dışında sadece 3.3.6.4'de belirtilen onarım sınır değerini aşan eko göstergeleri kaydedilir.

3.3.6.3 Eko göstergelerinin sınıflandırılması için bulunan refleksiyon yerlerindeki en büyük eko yüksekliğinin 3.3.6.1'de tanımlanan kayıt sınırından kaç dB daha farklı olduğu belirtilir. DGS yönteminde disk reflektörün boyutu da verilebilir. Belirtilen diğer karakteristikler EN 1714'e göre yarı değer derinlikleri ve kayıt uzunluklarıdır. Refleksiyon yerlerinin konumları "bir referans noktasından boyuna ve enine uzaklık" ve "derinlik konumu" olarak tanımlanır.

3.3.6.4 Boyuna hatalara ait eko göstergelerinin Tablo 3.12'deki onarım sınırı değerlerini aşması (kayıt uzunluğunun ve/veya eko yüksekliğinin Tablo 3.11'deki kayıt sınırını aşması halinde) bu hatalar onarılmalıdır.

Sistemik kaynak hatalarını (örneğin; yetersiz nüfuziyet nedeniyle oluşan kök hataları veya gözenek sıraları) belirtilen sürekli eko işaretleri görülmesi halinde, onarım sınırı aşılması dahi, onarım yapılması gerekir. Çatlak bulunduğunu gösteren eko işaretlerinde her zaman onarım yapılmalıdır.

3.3.6.5 Enine hatalara ait eko işaretleri, eğer bunlar şüpheye yer kalmayacak şekilde boyuna hatalara ait işaretlerle karıştırılmıyorsa, her durumda onarım yapılması gereken kaynak hatalarını gösterir.

3.3.6.6 Eko işaretlerinin değerlendirilmesinde onarım gerekliliğinden şüphe ediliyorsa değerlendirme için, radyografik muayenelere başvurulabilir. 30 mm. ve daha kalın olan kaynak dikişlerinde eko işaretlerinin Tablo 3.11'de verilen onarım sınır değerlerini aşması halinde, radyografik filmler hataları belirgin olarak hiç göstermese dahi, kural olarak onarım yapılmalıdır.

Tablo 3.11 Kayıt sınırları

Et kalınlığı (dikiş kalınlığı)	Disk biçimli reflektör çapı	
	4 mHz	2 mHz
≥ 10 mm - 15 mm.	1,0 mm	1,5 mm
> 15 mm - 20 mm.	1,5 mm	2,0 mm
> 20 mm - 40 mm.	2,0 mm	3,0 mm
> 40 mm - 60 mm.	3,0 mm	4,0 mm

3.3.6.7 Şekil 3.18'e göre, tek taraflı kaynaklı boru birleştirmelerinin testleri sırasında, kök alanı özel olarak değerlendirilmelidir. Burada, Tablo 3.12'deki kabul sınırları uygulanmaz.

Öngörülen dikiş şekline bağlı olarak, kök alanındaki göstergelerin analizlerinin ayrıntıları hakkında, her durumda TL ile anlaşmaya varılmalıdır.

3.3.7 Test raporları

3.3.7.1 Test planına (3.1.6.4'e bakınız) uygun olarak yapılan bütün ultrasonik muayenelerde EN 1714'e uygun aşağıdaki bilgileri içeren test raporları hazırlanmalıdır. Test raporları, muayenelerin aynen tekrarlanabilmesini sağlamalıdır. Raporlar test personeli ve gözetmenleri tarafından imzalanmalıdır.

3.3.7.2 Test raporları aşağıdaki ayrıntıları içermelidir:

- Muayene edilen parçanın açık tanımı, malzemesi, muayenesi yapılan kaynaklı birleştirmelerin boyut ve konumu (karmaşık dikiş biçimleri veya kontrol geometrilerinde şema), kaynak yöntemi,
- Kontrolde esas alınan diğer kurallar (örneğin; spesifikasyonları, standartlar veya kararlaştırılmış diğer kurallar),
- Muayenenin yeri ve tarihi, muayene kuruluşu ve muayene personeli.

3.3.7.3 Muayene raporunda muayenenin ayrıntılarıyla ilgili olarak en az aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır:

- Muayene cihazının markası ve tipi,
- Probların markası, tipi, frekansı ve açılı tipi,
- Kalibre aralığı (test sınırları),
- Hassasiyet ayarı (kullanılan kalibrasyon reflektörü, cihazın hassasiyeti, kayıt sınırı),
- Düzeltme değerleri (yüzeye yakın hatalar için, transfer düzeltmesi),
- Test hassasiyeti,
- Yüzey hazırlama, temas ortamı sıvısı,
- Kontrol yüzeyleri, test doğrultuları, açılı tipleri.

3.3.7.4 Rapora girmesi beklenen test sonuçları (3.3.6.2'ye bakınız), mümkünse tablolar veya şemalar halinde aşağıdaki ayrıntıları içerecek şekilde düzenlenmelidir;

- Belirtilen referans noktasına göre hataların koordinatları,
- Verilen kayıt sınırına (referans reflektörü büyüklüğüne) karşılık gelen maksimum eko yüksekliğinin aşılması (+ ... dB) veya uygulanıyorsa ilgili (yerini alan) disk reflektörün çapı.
- Hata karakteristikleri (kayıt uzunluğu, yarı değer derinliği).

Tablo 3.12'de belirtilen onarım sınır değerlerinin altında olan eko işaretleri de kaydediliyorsa, bu şekildeki her hataya değerlendirme eklenmelidir (örneğin; kabul edilebilir veya onarılır, k : kabul edilebilir ke: kabul edilemez).

3.4 Manyetik toz ve girici sıvı testleri

3.4.1 Test yöntemleri, test donanımı, test malzemesi

3.4.1.1 Mümkünse, manyetik malzemelerin yüzey çatlaklarının testi için, örneğin; EN 1290'da belirtilen manyetik toz (parçacık) yöntemi kullanılmalıdır. Örneğin; EN 571-1'de belirtilen girici sıvı yöntemi (manyetik malzemeler için) kaçınılmaz, istisnai hallerle sınırlı olup, her durumda **TL** onayını gerektirir. Manyetik olmayan malzemeler (paslanmaz çelikler ve çelik dışı metaller), girici sıvı yöntemi ile test edilecektir.

3.4.1.2 Kullanılan test donanımı ve maddeleri, modern teknolojiye ve ilgili standartlara (örneğin; DIN 54130, EN ISO 9934 ve EN ISO 3452) uygun olacaktır. Manyetik alan oluşturma donanımı, manyetik akım ve alan şiddetini gösteren veya ölçen düzenleri içerecektir. **TL** bu verilerin doğrulanması için ölçüm yapılmasını isteyebilir. Talep halinde, kullanılan test maddesinin uygunluğunun kanıtları **TL**'na verilecektir.

Tablo 3.12 Ultrasonik testler için kabul sınırları

EN ISO 5817'ye göre kalite sınıfı (1)	Cidar kalınlığı (2) [mm]	Boyuna bulgular			Enine bulgular (4)		
		Kaynak dikişinin her m.sine düşen bulgu sayısı	Kayıt uzunluğu [mm] (3)	Müsaade edilen eko yüksekliği aşılması [dB]	Kaynak dikişinin her m.sine düşen bulgu sayısı	Kayıt uzunluğu [mm] (3)	Müsaade edilen eko yüksekliği aşılması [dB]
B	10...15	10 ve 3 ve 1	10 20 10	6 6 12	3	10	6
	> 15...20	10 ve 3 ve 1	10 20 10	6 6 12	3	10	6
	> 20...40	10 ve 3 ve 1	10 25 10	6 6 12	3	10	6
	> 40	10 ve 3 ve 1	10 30 10	6 6 12	3	10	6
C	10...20	10 ve 3 ve 1	15 30 10	6 6 12	3	10	6
	> 20...40	10 ve 3 ve 1	15 40 10	6 6 12	3	10	
	> 40	10 ve 3 ve 1	15 50 10	6 6 12	3	10	6
D	10...20	10 ve 3 ve 1	15 50 10	6 6 12	5	10	6
	> 20...40	10 ve 3 ve 1	15 50 10	6 6 12	5	10	6
	> 40	10 ve 3 ve 1	20 50 10	6 6 12	5	10	

(1) 2.6.5, 3.1.6'ya bakınız.

(2) Et kalınlığının değiştiği hallerde, ince olan et kalınlığı (takviyeler hariç kaynak kalınlığı) anlaşılacaktır.

(3) Et kalınlığı 60 mm.yi aşarsa, her 60 mm.lik kalınlık test bölgelerine ayrılacak ve bunlar her iki yüzden muayene edilecektir. Her test bölgesi ayrı olarak değerlendirilecektir. Test bölgeleri üst üste binebilir. Sistemik kaynak hatalarını gösteren devamlı eko işaretleri onarım sınırlarına ulaşmasa dahi, onarımı gerektirir.

(4) Her durumda, enine hataların eko işaretleri, onarımı gerektiren kaynak hataları göstergesi olarak kabul edilir.

3.4.1.3 Kabul seviyeleri modern teknolojiye ve ilgili standartlara uygun olacaktır (örneğin; EN 1289 ve EN 1291).

3.4.2 Manyetik tozla muayene

3.4.2.1 Manyetizasyon mümkünse iş parçasından bir akım geçirilerek sağlanır. Küçük ve yerel kontroller için elektro-mıknatıslar veya gerektiğinde kalıcı mıknatıslar kullanılarak yoke veya prob manyetizasyonundan yararlanılır.

Özel durumlarda (örneğin; yanma yerlerinden kesinlikle kaçınılması gereken durumlarda veya çevresel kaynak dikişlerinde), manyetizasyonun sağlanması için, içinden akım geçen iletkenlerden (kablo veya kafes bobin) yararlanılması uygun olur. Değişik doğrultulardaki hataların saptanması için farklı manyetizasyon yöntemlerinin birlikte kullanılmasına izin verilir.

3.4.2.2 Muayene edilen parçanın içinden geçirilen akım doğru, alternatif veya yarı doğrultulmuş doğru akım olabilir. Yoke manyetizasyonu için doğru akım veya alternatif akım mıknatısları kullanılabilir. Parçanın içinden akım geçirilmesi halinde, yanma bölgelerinden kaçınmak için eriyen tipte elektrotlar kullanılır.

Alternatif akım kullanılıyorsa, eriyen tipte elektrotların kullanılması zorunludur.

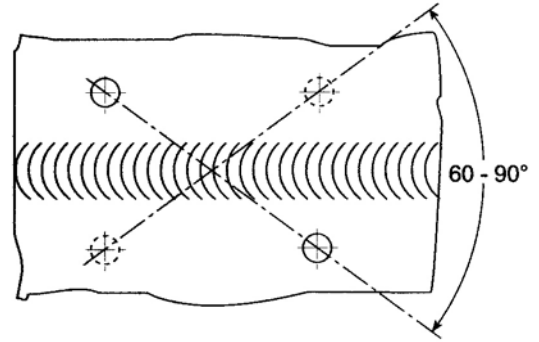
3.4.2.3 Manyetizasyon alan şiddeti (efektif teğetsel alan şiddeti) en az 20 A/cm (25 Oe) olmalı, ancak 50 A/cm'yi (62,5 Oe)'ü aşmamalıdır. Manyetizasyon yeterliliği, deney sırasında uygun yardımcı gereçler (örneğin, test göstergesi veya teğetsel alan şiddet ölçüleri yardımıyla kontrol edilebilir.

3.4.2.4 Malzemedeki düzgünlüklerin manyetik akım dağılımlarını göstermek için kullanılan test ortamı olarak düşük vizkoziteli bir taşıyıcı sıvı içerisinde bulunan manyetik toz kullanılır. Manyetik tozlar siyah veya floresanslı olabilir. Siyah manyetik toz kullanıldığında, muayene edilecek yüzeye beyaz ve silinmeyen bir kontrast renkli boya, mümkün olduğu kadar ince bir tabaka halinde sürülür.

Taşıyıcı sıvı içindeki manyetik toz miktarı üreticilerin verilerine uygun olmalı ve kontrol edilmelidir (örneğin; bir test cismi ile). Kuru test ortamları yalnız yüksek sıcaklıklarda (örneğin; kök pasoları muayenelerinde) kullanılır.

3.4.2.5 Test yüzeyleri serbest tufal, pas, kaynak sıçramaları ve diğer pisliklerden arındırılmış olmalıdır. Yanlışlıklara neden olabilecek çentik, oyuk, çizik, köşe, vs. kontrol öncesinde giderilmelidir.

3.4.2.6 Manyetizasyon Şekil 3.20'ye uygun olarak, birbiriyle en az 60°, en çok 90° açı yapan iki doğrultuda yapılarak, farklı doğrultudaki hataların saptanması sağlanmalıdır.



Şekil 3.20 Manyetizasyon doğrultuları

3.4.2.7 Manyetizasyon işlemi en az, kontrol yüzeyinin manyetik parçacık süspansiyonu ile püskürtüldüğü süre boyunca ve taşıyıcı sıvı hareketlerinin durmasına kadar en az 5 sn. devam etmelidir. Kalan manyetizasyon koşullarında test yapılmasına müsaade edilmez.

3.4.2.8 İlgili olmayan belirtiler dışındaki bütün manyetik tozların toplanmaları, bir düzgünlük veya çatlağı gösterdiğinden, muayene raporuna kayıt edilecek onarılmalıdır. Onarım, küçük çatlaklarda taşlanarak, büyüklerde ise kazınıp kaynakla doldurularak yapılabilir.

3.4.3 Girici sıvı yöntemi ile muayene

3.4.3.1 Girici sıvı olarak renkli veya floresan maddeler, kullanılır. Ara temizleyici ve developer, kullanılan girici sıvıya uygun olmalıdır.

Muayene sisteminin uygunluğu (girici sıvı, temizleyici ve developer) istendiğinde TL'na kanıtlanmalıdır.

3.4.3.2 Girici sıvının uygulanmasından önce muayene yüzeylerinden tufal, pas, yağlar, boyalar veya galvanik tabakalar uzaklaştırılarak, mevcut bir hataya girici sıvının tamamıyla girmesi sağlanmalıdır. Bu sırada, hataların temizlenmesinde mekanik olarak kapatılmamasına dikkat edilmelidir. Kontrol yüzeyleri kuru olmalıdır. Çalışılan parçanın sıcaklığı 5°C ile 50°C arasında olmalıdır.

3.4.3.3 Girici sıvı herhangi bir yöntemle yüzeye uygulanabilir. Yüzeyin tümünün sıvının girme süresince ıslatılmış olmasına dikkat edilmelidir. Girici sıvının girme süresi için üreticinin tavsiyelerine uyulmalıdır. Bununla birlikte çalışılan parçanın 15°C ve üstündeki sıcaklıklarında, en az 15 dakika, 15°C altındaki sıcaklıklarında en az 30 dakika olmalıdır. Girici sıvıları girme süresi içerisinde kurumamalıdır.

3.4.3.4 Sıvının girmesi işleminden sonra fazla sıvı tamamıyla uzaklaştırılır; ancak bu arada olası hata içindeki sıvının kalması sağlanmalıdır. Fazla sıvıların önce bir bez ile silinmesi ve sadece kalanların gereken en az miktarda ara temizleyici ile çabuk olarak temizlenmesi tavsiye edilir. Bundan sonra kontrol yüzeyi mümkün mertebe hızla kurutulur (maksimum 50°C).

3.4.3.5 Ara temizleme ve kurutmadan hemen sonra developer homojen ve ince bir tabaka halinde uygulanır. Yüzeyin kaplanması için yeterli en az miktar kullanılmalıdır. Developman süresi yaklaşık olarak, sıvının girme süresi ile aynı seçilmelidir. Hata aranmasına developer uygulaması ile birlikte başlanabilir. Son muayene, developman süresinin bitiminde yapılır. Değerlendirme için 3.4.2.8'de belirtilenler geçerlidir.

3.4.3.6 Görülen bazı işaretlerin kesin olarak değerlendirmesi mümkün olamaz ise, ön temizlemeden başlayarak bütün kontrol işlemleri tekrarlanmalıdır.

Gerekirse yüzeyin durumu düzeltilmelidir. Tekrar muayene ilk muayenede uygulanan yöntemin aynısı ile yapılmalıdır.

3.4.4 Test raporları

3.4.4.1 Testlerin yapılması ve bulunan hatalar ile ilgili tüm ayrıntıları içeren test raporları, test programına göre tüm yüzey çatlağı muayeneleri için hazırlanacaktır. Bu test raporları; testleri yapan personel ve test gözetmeni tarafından imzalanacaktır.

3.4.4.2 Manyetik toz muayenesi ile ilgili test raporları aşağıdaki ayrıntıları içerecektir :

- Yapı elemanı ve kaynak dikişi ile ilgili ayrıntılar,
- Manyetizasyon yöntemi,
- Akım tipi, varsa manyetizasyonda kullanılan amperaj,
- Test düzeni (manyetizasyon donanımı, elektrotlar veya kutuplar arası uzaklık),
- Test maddesi,
- Test sonuçları,
- Muayene yeri ve tarihi, test kuruluşu ve testi yapan kişi ile ilgili bilgiler.

3.4.4.3 Girici sıvı yöntemi ile yapılan muayenelere ait test raporları, aşağıdaki ayrıntıları içerecektir :

- Yapı elemanı ve kaynak dikişi ile ilgili ayrıntılar,
- Test maddesi (tip, marka),
- Test prosedürünün tanımı (iş parçasının sıcaklığı, sıvının giriş süresi, vb),
- Test sonuçları,
- Muayene yeri ve tarihi, test kuruluşu ve testi yapan kişi ile ilgili bilgiler.

Test raporları DIN EN 571-1, Ek B'de verilen forma uygun olacaktır.

4. Tabakalı Fiber Takviyeli Plastikler

4.1 Üreticilerden istenilenler

4.1.1 Tüm üretim yerleri, depoları ve bunların işleme donanımı, ilgili emniyet otoritelerinin ve profesyonel işçi birliklerinin isteklerini sağlayacaktır. Bu isteklere uyulmasından sadece üreticiler sorumludur.

4.1.2 Laminasyon malzemenin kirlenme tehlikesi, üretim alanlarının, diğer atölyelerden ve depolardan ayrılması ile en azda tutulacaktır. Laminasyon atölyesinde sadece gelecek iki gün için üretimde gerekli malzeme miktarı depolanacaktır.

4.1.3 Laminasyon ve yapıştırma yapılırken, toz çıkaran makinalar, laminasyon atölyesinde sadece sınırlı olarak ve toz toplama ünitesi varsa çalışabilir. Boyama veya püskürtme işlerine, sadece firma bu işlemlerin laminasyon kalitesi üzerinde etkisi olmadığını sağlaması halinde izin verilir.

4.2 Laminasyon atölyesi

4.2.1 Laminasyon atölyeleri, ısıtılabilen ve havalandırılabilen tamamen kapalı mahaller olacaktır. Laminasyon ve sertleşme sırasında, üretici tarafından tabakalı reçine veya yapıştırıcı için başka değerler belirtilmemişse, ortam sıcaklığı 16°C ile 25°C arasında ve bağıl nem %20 RH ile %75 RH arasında olmalıdır.

4.2.2 İklim koşullarının izlenmesi için termograf ve hidrograflar sağlanacaktır. İklim koşullarının her an okunabilmesi mümkün olacaktır. Sayıları ve düzenlemeleri, işletim koşullarına bağlı olmak üzere, cihazların yerleri hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır. Cihazlarda geçerli kalibrasyon işaretleri bulunacaktır. İklim koşullarının kayıtları en az 10 yıl muhafaza edilecek ve istek halinde TL'na verilecektir.

4.2.3 Havalandırma besleme ve egzost düzenleri, malzemelerin zarar görmesi önlenerek ve örneğin laminattan izin verilmeyecek miktarda çözücü çıkmayacak şekilde olacaktır.

4.2.4 İşyerleri uygun ve yeterli bir şekilde aydınlatılacaktır. Ancak, reçinenin kontrollü sertleşmesinin güneş ışığından ve aydınlatma armatürlerinden etkilenmemesi için gerekli önlemler alınacaktır.

4.2.5 Laminasyon atölyeleri, bileşenlere kolayca ulaşılabilmesi ve öngörülen üretim proseslerinin engelsiz bir şekilde yapılabilmesi için yeterli büyüklükte (zemin alanı ve tavan yüksekliği) olacaktır.

4.3 Depolar

4.3.1 Laminasyon reçineleri ve yapıştırıcılar, üretici talimatına uygun olarak depolanacaktır. Deponun sıcaklığı sürekli olarak kaydedilecektir.

4.3.2 Prepregler, özel soğuk bölmelerde, üretici talimatlarına göre depolanacaktır. Sıcaklık sürekli olarak kaydedilecektir.

4.3.3 Takviye malzemeleri, öz malzemeleri, dolgu malzemeleri ve katkıları, tozdan arınmış ve kuru olarak, kapalı kaplarda depolanacaktır. Bu mahallerdeki nem devamlı olarak kaydedilecek ve %70 RH'ı veya kısa süre için %80 RH'ı geçmeyecektir.

4.3.4 Depolama; malzemenin tanımı, üretici tarafından belirtilen depolama koşulları ve maksimum depolama süresi (son kullanma tarihi) kolayca görülebilecek şekilde yapılacaktır. Son kullanma tarihi geçmiş malzemeler; kullanımı önlenerek şekilde işaretlenecek ve mümkün olduğunca kısa sürede depodan uzaklaştırılacaktır.

4.3.5 İşlenecek malzeme miktarı, işleme sıcaklığına tam olarak ayarlanmasını sağlamak üzere ($\Delta t \leq 2^\circ\text{C}$) mümkün olduğu kadar erken ve kapalı durumda üretim yerine getirilecektir.

Not :

Bu sıcaklık uyarı, çiğlenme noktasına ulaşılmaması için gereklidir.

4.3.6 Depodan alınan ve açılan paketler, yalnızca belirli durumlarda (örneğin; sıcakta sertleştirilmiş prepregler) tekrar depoya konulabilir.

4.4 İşleme istekleri

4.4.1 Eğer, açık deniz rüzgar türbinlerinde kullanılmak üzere pervane kanatları, şaftlar veya diğer bileşenler FTP'den üretilmişse ve açık deniz rüzgar türbini için proje sertifikası için başvuru yapılmışsa, üretimde sadece TL onaylı malzemeler kullanılacaktır.

Uygun ve onaylı malzemenin seçiminin yanı sıra, bunların işlemlerine mamulün özelliklerine çok büyük etkisi olacağından, özel olarak dikkat edilecektir.

4.4.2 Üretime başlamadan önce, üretici malzemelerin kombine edilebileceğini ve öngörülen işlemlere uygun olduğunu belirleyecektir.

4.4.3 Reçine bileşenlerinin hazırlanması ve işlenmesi için, bu kuralların yanı sıra, malzeme üreticilerinin talimatları, ilgili emniyet otoritelerinin ve profesyonel işçi birlikleri kuralları da dikkate alınacaktır.

4.4.4 Reçine ve reaksiyon maddelerinin karıştırılmasında, dağılımın düzgün olması ve karışıma giren havanın mümkün olduğu kadar az olması sağlanacaktır. Bazı özel hallerde reçinenin gazlardan arındırılması gerekebilir.

4.4.5 Eğer öz malzemesi olarak rijid plastik köpük kullanılıyorsa, önceden gazı giderilecek ve gerekirse temperlenecektir. Özellikle oluklu öz malzemelerinde, doğrulama kapsamında esas alınan malzeme özelliklerine işleme faaliyetleri sırasında ulaşılması sağlanacaktır.

4.4.6 Üretim sırasında, hazırlanan reçine bileşeni için üreticinin belirttiği işleme zamanı aşılmayacaktır. Böyle bir değer belirtilmemişse, pota süresi bir ilk test ile saptanacak ve işleme zamanı TL'ne danışılarak belirlenecektir.

4.4.7 Bu esasların, tüm üretim işlemlerinin ayrıntılarının kapsamı mümkün değildir. Özel durumlar için bu esasların dışına çıkılması TL ile anlaşmak suretiyle mümkündür.

4.4.8 Laminasyon başlangıcından önce, kalıp yüzeylerine yeterli miktarda uygun bir ayırıcı madde uygulanacak ve laminasyon için öngörülen sıcaklığa getirilecektir. Yüzeyler tozlardan arınmış ve kuru olacaktır. Silikon içeren ayırıcı maddelere izin verilmez.

4.5 Laminat yapı

4.5.1 Yüzeyin korunması jelkot uygulanarak tamamlandığında, reçine onaylı üretim spesifikasyonuna göre üniform bir kalınlıkta, uygun bir yöntemle uygulanacaktır.

4.5.2 İlk laminat tabakası, jelkot uygulanmasından sonra mümkün olan en kısa sürede uygulanacaktır. Bunun için, birim alana düşen ağırlığı düşük olan ve yüksek reçine içeren (örneğin; cam elyafıta maksimum 300 gr/m³ ve ağırlıkça %35 cam) bir takviye tabakası kullanılacaktır.

4.5.3 Laminat, onaylanmış teknik dokümanlara göre üretilen olacaktır. Takviye tabakalarının yeterince havası alınacak ve gerekli elyaf oranı elde edilinceye kadar sıkıştırılacaktır. Reçinenin koyulaşmasından kaçınılacaktır.

4.5.4 Bir kademede sertleşebilen malzemenin maksimum kalınlığı, izin verilen maksimum ısı yayılımı ile belirlenecektir. vakum yönteminde, kural olarak belirleyici faktör, havası tamamen alınabilen tabakaların maksimum sayısıdır.

4.5.5 Laminasyon işlemi, soğukta sertleşen reçinelerde, 3 günden fazla durdurulursa, sertleşen laminatın yüzeyi, yeterli yapışma özelliği elde edebilmek için taşlanacak ve temizlenebilecektir. Farklı üretici talimatları (örneğin; kabuk-oluşturucu madde içeren polyester reçinelerde) dikkate alınacaktır.

4.5.6 Laminatın değişik kalınlıkları arasındaki geçiş tedrici olacaktır. Kalınlığı d [mm] ve çatlama gerilmesi S [N/mm²] olan bir laminat tabaka için minimum geçiş boyu L [mm], aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$L = (S/10) \cdot d \quad (D.7)$$

Örneğin; karmaşık şekilli parçalarda, takviye tabakalarının eklenmesi veya kesilmesinden kaçınılmıyorsa, kesilen kenara bindirme veya takviye kuşağı yapılacaktır. Laminatların sokra ve armuz bölgelerinde takviye tabakaları, en az yukarıda geçiş boyu için belirtilen değerde olmak üzere bindirilecektir.

4.5.7 Bir sandviç yapıdan katı laminata geçiş bölgesinde çekirdek malzemeye en az 1:3 eğim verilecektir.

4.5.8 Paralel ve iç astarlar, kir ve nemden arındırılmış olacaktır. Laminatlarla birleşme yüzeyleri uygun bir yöntemle hazırlanacaktır (Bölüm 3, D.5.2.1'e bakınız).

4.6 Sertleşme ve temperleme

4.6.1 Bileşenler, reçine ve yapıştırıcının yeterli derecede sertleşmesinden sonra kalıptan çıkarılabilir. Gerekli sertleşme süresi, bileşenin kalıptan ayrılması nedeniyle oluşacak kuvvetlere, sertleşme sıcaklığına ve kullanılan reçine sistemine bağlıdır. Sertleşme süresi, deneyimlerle belirlenecektir.

4.6.2 Basınç altında, UV ışınları ile ve / veya yüksek sıcaklıkta sertleşen reçine sistemleri, üretici talimatlarına göre veya yapılan araştırma sonuçlarına göre işleme tabi tutulacaktır.

4.6.3 Bileşenler, sertleşmeden hemen sonra yüksek sıcaklıkta tekrar ısı işleme (temperleme) tabi tutulacaktır. Temperleme süresi ilgili reçine sistemine ve bileşenin temperleme esnasında erişebileceği sıcaklığa bağlıdır. Bu, ısı etkisindeki boyutsal stabilite sıcaklığının altında kalacaktır.

Sonradan temperlenmeyen, soğukta sertleşen sistemler, sertleşme koşullarında 30 gün depolanacaktır. Sertleşme sonrası için ilgili üretici talimatları mevcutsa veya deney sonuçlarına dayanan sertleşme sonrası değerleri bulunuyorsa, TL'nun onayı ile temperleme süresi kısaltılabilir.

4.7 Sızdırmaz hale getirme

4.7.1 Yüzey korumasız laminat yüzeylerinin, sertleşmeden veya temperlemeden sonra uygun maddelerle sızdırmazlığı sağlanacaktır. Özellikle kesik kenarlar ve yapıştırma kenarları yabancı maddelerin (örneğin; nem) girmesine karşı titizlikle korunacaktır.

4.7.2 Kullanılan sızdırmazlık malzemeleri, laminatın özelliklerini olumsuz olarak etkilemeyecektir. Bunlar, bileşenin öngörülen amacına da uygun olacaktır.

5. Yapıştırma

5.1 Yapıştırırmalı bağlantılar

5.1.1 Yük taşıyan kısımlardaki yapıştırma bağlantılar, eşdeğer bir deneyim mevcut değilse, genelde her durumda anlaşmaya varılacak testlerle doğrulanacaktır.

Not :

Çok tiksotropik yapıştırıcılarda, üretim prosesi dikkate alınarak, bunların uygunluğu önceden kanıtlanmalıdır.

5.1.2 Yük taşıyan yapıların yapıştırırmalı bağlantıları için üretim ve test spesifikasyonu oluşturulacaktır. Özellikle, yapıştırıcı tabaka kalınlıklarının nominal değerleri ve toleransları izin verilen hataların maksimum boyutu ve dağılımı belirtilmelidir. Yapıştırırmalı bağlantıların hesaplama ile yapılan doğrulanması sırasında; yapıştırıcı tabaka kalınlıkları, toleranslar ve izin verilen hataların boyutu ve dağılımı dikkate alınacaktır.

5.1.3 Yapıştırma için sadece özellikleri doğrulanmış yapıştırıcılar kullanılabilir. Eğer yapıştırıcılar yapısal bağlantılar için kullanılıyorsa ve bu bileşenler proje sertifikasının bir parçası ise, yapıştırıcı ilave olarak TL onayını alacaktır. Yapıştırıcılar, birleştirilecek malzeme üzerine olumsuz etki yapmamalıdır.

5.1.4 Temas korrozyonu (temas - hattı korrozyonu) olasılığı, uygun önlemlerle giderilecektir.

5.1.5 Eğer FTP bileşenler yapıştırılacaksa ve laminasyon sisteminden farklı bir reçine sistemi kullanılıyorsa, yapıştırmadan önce bileşenler bütünüyle sertleştirilecektir.

5.2 Birleştirme işlemi

5.2.1 Sentetik malzemeler ve metaller için çeşitli yüzey ön işlemleri örneğin; VDI 2229 ve VDI 3821'e uygun olacaktır.

5.2.2 Yapıştırılacak malzemelerin yüzeyleri, kuru ve çözücü maddelerden (yağ, parafin, petrol, vb.), yabancı maddelerden (toz, pas, vb.) ve solventlerden arındırılmış olmalıdır. Özellikle, temizleme amaçlı olarak solvent kullanılırken, bunların malzeme ile uyumu ve yeterli havalandırma süresi sağlanmalıdır.

5.2.3 Düzgün yüzeyler, mekanik olarak (mekanik taşlama, kum püskürtme, vb.) veya kimyasal olarak asitle işleyerek pürüzlendirilecektir. Yapıştırılan malzeme tabakasının yüzeyi yapıştırmayı olumsuz etkiliyorsa (örneğin; polyester reçinede kabul oluşumu veya FTP'de

pullaşma artıkları yada alüminyumda oksit tabakaları), bu işlem kesinlikle gereklidir.

5.2.4 Bir çok halde, özellikle uygun bir primerin uygulanmasından sonra, yapıştırma mukavemetinde artış elde edilir. Özellikle, daha sonraki çevre koşullarından dolayı yüksek gerilmelere maruz kalabilecek yapıştırırmalı bağlantılar için primer kullanımı önerilir.

5.2.5 Yapıştırıcılar, üretici talimatlarına göre kullanılacaktır. Dolgu maddesinin oranı izin verilen değeri aşmamalıdır. Yapıştırıcı karıştırılırken, hava girişi mümkün olduğu kadar önlenerek şekilde, katkıların düzgün şekilde karışması sağlanacaktır.

5.2.6 Yapıştırıcı; yapıştırılacak malzemeye düzgün ve mümkün olduğunca boşluksuz olarak uygulanmalıdır. Eğer yüksek tiksotropik yapıştırıcılar kullanıyorsa, birleştirilecek yüzeylere, saf reçineye uygun bir ince alt tabaka uygulanması tavsiye edilir.

5.2.7 Yapıştırıcıyı uyguladıktan sonra, birleştirilecek malzemeler zaman geçirmeksizin bir araya getirilmeli ve yerine sabitlenmelidir.

5.2.8 Yapıştırıcının tamamen sertleşmesinden önce herhangi bir yük uygulanmasına izin verilmez. Termoset yapıştırıcı tüm yapıştırırmalı birleştirmeler için, birleştirmenin temperlenmesi önerilir, soğukta sertleşme durumunda, temperleme kural olarak gereklidir.

5.2.9 Sertleşmeden sonra, yapıştırırmalı birleştirme, yabancı maddelerin (örneğin; nem) girmesine karşı korunmalıdır.

6. FTP için Üretimin Denetimi

6.1 Genel

6.1.1 Aşağıdaki alt bölüm, örneğin; proje sertifikalandırması durumunda olduğu gibi, FTP bileşenlerin TL tarafından yapılacak üretim denetimine uygulanır.

6.1.2 FTP bileşenlerin üretim denetimi, ham maddenin kalite kontrolünü, üretim sırasındaki denetimi ve tamamlanmış yapı elemanlarının kalitesinin kontrolünü içerir.

6.1.3 Üretim denetiminde iç ve üçüncü taraf (dış) denetimler yapılır. Buradaki kurallara göre dış denetim, iç denetimin ve bileşenlerin kalitesinin TL tarafından veya TL'nun tanıdığı bir kuruluş tarafından rastgele seçmeli kontrolü anlamındadır.

6.1.4 TL önceden haber vermeden, işyerinde kontrol yapma hakkına sahiptir. Üretici, sömveyörün, üretim depolama ve test yerlerine girmesine izin verecek ve mevcut üretim ve test dokümanlarını incelemesini sağlayacaktır.

6.1.5 Sertifikalı kalite yönetim sistemine sahip, bileşenleri seri olarak üreten firmalarda, dış denetim genelde belirli aralıklarla yapılan rutin kontrollerle (denetim) sınırlıdır.

6.2 Malın giriş kontrolü

6.2.1 Malzemelerin karakteristik değerleri ve özellikleri, üretici tarafından muayene dokümanları ile doğrulanacaktır.

EN 10204 (ISO 10474)'e göre aşağıdaki muayene dokümanları -asgari olarak- gereklidir:

EN 10204-2.2 Elyaf ürünler, gel coat reçineler, boyalar

EN 10204-2.3 Katmerli reçineler, prepreg, çekirdek malzemeleri, yapıştırıcılar

6.2.2 Giriş muayenesi sırasında, malzemeler asgari olarak hasarlar yönünden ve sertifikalara uygunluk yönünden kontrol edilecektir. Malzeme özellikleri, rastgele seçilen örneklerle kontrol edilecektir.

6.2.3 Mallar, üretici isteklerine ve buradaki kurallara uygun olarak depolanacaktır.

6.3 Üretim kontrolü

6.3.1 Üretimle ilgili ayrıntılar; bileşenlerin üretimi ve testine ait örnek dokümanlarını da içeren spesifikasyonlarda belirtilecektir. Üretim ve kalite kontrol bölümlerinin görev ve sorumlulukları açık olarak tanımlanacaktır.

6.3.2 Üretimin devamı süresince, üretimin her aşaması, dokümanlar esas alınarak, her aşamadan sorumlu personel tarafından imzalanacaktır.

6.3.3 Üretimde çalışan personel, yaptığı işe uygun şekilde eğitilmiş olacak ve mesleki ehliyeti kontrol altında tutularak çalışacaktır.

Yapıştırırmalı birleştirmelerde, sorumlu gözetmenler yapıştırıcılar konusunda vasıflı olmalı ve işi yapan personel uygun eğitimlerden geçmiş olmalıdır.

6.3.4 Bileşende kullanılan malzemelerin parti numarası, üretimine kadar izlenebilmek üzere (gerektiğinde) üretim dokümanlarına dahil edilecektir. Tabakaya konulan takviye tabakaları, elyaf doğrultusu da dahil olmak üzere üretim prosesi sırasında kontrol edilecektir.

6.3.5 Reaktif reçine birleşiminin her partisinden bir örnek alınacak ve test edilecektir. Eğer karıştırma devamlı yapılıyorsa, her partiden ve üretim aşamasından bir örnek alımı yeterlidir. Bu örnekler, sertleşme dereceleri bakımından rastgele kontrol edilecektir. Sonuçlar kaydedilecektir.

6.3.6 TL tarafından talep edilirse, 50 x 50 cm'lik referans tabakalar, paralel olarak üretilenlerdir. Bunlar, mukavemet hesaplarında kullanılan malzeme değerlerinin doğrulanması için esas oluştururlar.

6.4 Bileşenlerin kontrolleri

6.4.1 Bileşenlerin kontrollerinin kapsamı, üretime başlamadan önce TL ile anlaşarak belirlenecektir.

6.4.2 Üretim sırasında ve üretimin tamamlanmasında, bileşenler gözle muayene edilecek ve kritik alanlar vurarak veya diğer bir uygun yöntemle test edilecektir. Boşluklara, delaminasyona, şekil değişimine, bükülmelere, renk bozukluklarına, hasarlara vb. dikkat edilecektir. Ayrıca, genel kalite (örneğin; yüzey düzgünlüğü) gözle kontrol edilecektir.

6.4.3 Gerektiğinde ve TL'nun talebi halinde, bileşenlerin elyaf miktarı, laminasyon işinin kalitesi ile ilgili

olarak bir sonuç elde etmek üzere, temsili örnekler alınarak belirlenecektir. Benzer şekilde, tabakaların oluşumu uygun testlerle kontrol edilecektir.

6.4.4 TL'nun talebi halinde, tamamlanmış bileşenlerin doğal frekansları, statik ve / veya dinamik yükleri ve geometrileri ile ilgili tekil veya rastgele seçilmiş testleri yapılacaktır.

6.4.5 Bileşende bulunacak herhangi bir hatanın onarımı dokümanite edilecektir. Onarım prosedürü, verilecek üretim spesifikasyonları çerçevesinde önceden değerlendirilecektir.

7. Ahşabın İşlenmesi

7.1 Ahşap pervane kanatlarının üretimi

7.1.1 Genel

7.1.1.1 Uygun ve onaylı malzeme seçiminin yanı sıra, ürünün özellikleri üzerinde önemli etkisi olması nedeniyle, ahşabın işlenmesinin de özel önemi vardır.

7.1.1.2 Bileşenlerin hazırlanması ve işlenmesinde, buradaki esaslarla birlikte, ham madde üreticilerinin talimatları ve ilgili emniyet kuruluşları ve profesyonel işçi birliklerinin istekleri dikkate alınacaktır.

7.1.1.3 Buradaki esaslarda, her kalıplama ve üretim işleminin tüm ayrıntıları ele alınmamıştır. Bu nedenle, bu esaslardan sapmalar, TL'nun izni ile mümkündür.

7.1.1.4 Üretim işlemlerinin ayrıntıları kontrol listeleri veya iş takip listeleri formunda (örnekleri kalite el kitabında yer alan) belirtilecektir. Bunlar, her kademede takibinden sorumlu kimselerce imzalanacaktır.

7.1.2 Kalıp istekleri

Lamine ahşaptan pervane kanatlarının kalıpları, yüksek boyutsal hassasiyet derecesine ilave olarak, üretim işlemi sırasında aşırı deformasyon riskini elemine etmek için yeterli rijidlikte olacaktır. Alt elemanların birbirine yapıştırıldığı hallerde mükemmel birleştirmeyi sağlamak üzere donanım sağlanacaktır.

7.1.3 Ahşabın hazırlanışı

7.1.3.1 Kerestenin DIN 4074-1'e göre S.13 sınıfına veya diğer standartlara göre eşdeğeri kaliteye uygun olacak şekilde ön sınıflandırması yapılacaktır.

7.1.3.2 Sonraki işlemlere geçilmeden önce ortalama nem miktarı belirlenecektir. 10 tipik rastgele seçilen örneğin; ortalaması $\%10 \pm \%2$ olmalıdır. Hiçbir durumda, tekil örnekler arasındaki nem oranı sapması $\%4$ 'ü aşmamalıdır.

7.1.3.3 Tabakaların işlenerek solid-ahşap pervane kanadı oluşturduğu hallerde, nem miktarı genelde odada kurutularak elde edilir. Kalıplanmış laminatların üretiminde kullanılan kaplamalar, kuru durumda teslim edilmişse, nem oranları, belirtilen toleransları aşmayacak şekilde depolanacaktır.

7.1.3.4 İşleme uygunluk bakımından, tabakaların, her tarafı planyalanmalıdır. Kaba kesilmiş tabakaların yapıştırılmasına izin verilmez.

7.1.3.5 Tabakalar planyalandıktan sonra ikinci bir sınıflandırma yapılacaktır. Hatalı kısımlar kesilerek çıkarılabilir.

7.1.4 Tabakalar oluşturulması ve yapıştırma

7.1.4.1 Yapıştırılacak yüzeylerin bozulmasını ve daha sonraki çekmeler veya şişmeler sonucunda deformasyon oluşumunu önlemek için ahşabın yapıştırılması, planyalamadan sonra mümkün olduğunca çabuk yapılacaktır.

7.1.4.2 İşlenmeye tabi tutulacak tüm bileşenler oda sıcaklığında olacaktır. Odanın nemi, gerekli nem oranı toleransları dikkate alınacak şekilde ayarlanacaktır.

7.1.4.3 Tabakalar, yapıştırılan birleştirmelerin çatlayarak açılma riski en azda tutulacak şekilde yerleştirilecektir. Tekil tabakaların boyuna alın ekleri, DIN 68140'a göre yük grubu I kırlangıç kuyruğu geçmeli olarak yapılacaktır. Tabakalarda, boyuna eklerin yeterli sapmaları olması sağlanacaktır.

7.1.4.4 Eğer 22 cm. den daha geniş kesitler üretiliyorsa, her tabaka, tabaka içinde boyuna birleştirmeler arasında yeterli bindirme olacak şekilde birkaç paralel katmandan oluşacaktır.

7.1.4.5 Kaplamaların işlenmesinde (gerek alın ve gerekse geçmeli birleştirmelerde) tabakalardaki birleştirmelerde yeterli bindirmenin bulunmasına dikkat edilecektir. Yapıştırıcılar, üretici talimatlarına göre ve düzgün olarak uygulanacaktır. Yüksek kalitede bir yapışkan tabakası elde etmek için, otomatik yapıştırma prosesi gereklidir.

7.1.4.6 Yapıştırılacak tabakalar, yapışkan sertleşirken baskı altında tutulacaktır. Üretici talimatları dikkate alınacaktır.

7.1.4.7 Kaplamaların kalıplanmış ahşap laminat haline getirilmesinde, tercihen vakum prosesi kullanılmalıdır. Bu tip, kısmi kaplamaların yapıştırılması, yapıştırma levhasının yapımından sonra gerçekleştirilecektir. Kısmi ve yarım kaplamalar, boyutsal hassasiyet sağlanacak şekilde, uygun aparatlarla istenilen pozisyonda tutulacaktır.

7.1.4.8 Yapıştırma sıcaklığı, en az 20°C olacaktır. Sertleşme süresini azaltmak için 50°C'a kadar olan yapıştırma sıcaklıkları kullanılabilir.

7.1.5 Ahşabın korunması

Tabakalar yapıştırıldıktan veya yarım kaplamalar yapıldıktan sonra, boş kısımlar ahşap koruyucuları ile işleme tabi tutulacaktır. Bu husus; kanadı göbeğe bağlayan elemanlar için delinen ve işlenen alanlar gibi, mekanik işlemlerden sonra uygulanır.

7.1.6 Yüzey koruması

7.1.6.1 İşleme tabi tutulacak ahşap yüzeyler düzgün ve çatlaksız olacaktır. Ahşaptaki küçük yüzeysel hatalar, uygun şekilde giderilecektir.

7.1.6.2 Neme karşı koruma sağlayan malzemeler, üreticinin talimatlarına göre işleme tabi tutulacak ve uygulanacaktır. Yüzeyin etkin bir şekilde korunması için birkaç kat kaplama uygulanmalıdır.

7.1.6.3 FTP pervane kanatları ile ilgili proses kurallarına göre, yüzey korumada tekstil astarlar kullanılacaktır.

7.1.7 Kanat birleştirmeleri

7.1.7.1 Pervane kanatları ile göbek arasındaki bağlantılar güvenilir bir yük aktarımı garanti edilecek şekilde dizayn edilecektir. Ahşap kısımlar, birleştirme elemanları ve varsa sentetik reçineler arasındaki elastik özellik farklarının dizaynda kompanse edilmesini sağlamak bakımından bu husus önemlidir. Ayrıca; ahşap kanat, bağlantı elemanı ve göbek arasındaki bağlantılar, ahşaba nemin girmesine karşı etkin olarak korunacaktır.

7.1.7.2 Dizayn olanaklarının fazlalığı nedeniyle, buradaki esaslarda bağlantıların korunması ile ilgili genel istekler verilmemiştir.

7.2 Ahşap pervane kanatlarının üretim denetimi

7.2.1 Genel

7.2.1.1 Ahşap pervane kanatlarının bileşen özellikleri sadece ham madde kalitesine bağlı olmayıp, bunların işleme kalitesine de bağlıdır. Ayrıca, özelliklerin kontrol olanakları ve olası hataların tespiti, daha sonraki bir kademede oldukça sınırlıdır. Bu nedenle, sadece ham maddeyi ve bitmiş ürünü test etmek yeterli olmayıp, üretim sırasında sürekli denetim gereklidir.

7.2.1.2 Üretimin denetimi, iç ve dış denetim olmak üzere ikiye ayrılır. Buradaki esasların kapsamında dış denetimler, iç denetim ve kalite kontrolün düzenli muayenesini ifade eder.

7.2.2 Giriş muayenesi

7.2.2.1 Malzeme onayında belirtilen mekanik özellikler ve karakteristik değerlerin kanıtı, üretici tarafından bir test raporu ile sağlanacaktır. Ahşapta S 13 sınıfı temin edici tarafından yazılı olarak doğrulanacaktır.

7.2.2.2 Giriş muayenesinin bir parçası olarak, ilgili dokümanlar isteklere uygunluk bakımından kontrol edilecek ve malzemeler buradaki isteklere göre depolanacaktır.

7.2.3 Göz kontrolü

Üretim işlemleri sırasında ve üretimin tamamlanmasından sonra, bileşenler gözle kontrol edilecektir. Yapıştırıcıların uygunluğu, ahşap yüzeyindeki hatalar, vb.'ne dikkat edilecektir.

8. Betonun Oluşturulması ve İşlenmesi

Betonun oluşturulması ve işlenmesi EN 1992 ve EN 206'ya göre yapılacaktır. Önemli aşamalar aşağıda verilmiştir:

8.1 Ham maddelerin oranlanması ve karıştırılması

8.1.1 Üretilen beton karışımının ham maddelerinin tipi ve miktarının hassas ayrıntılarını içeren karışım talimatları yazılı olarak mevcut olacaktır.

8.1.2 Ham maddeler ağırlık olarak oranlanacaktır.

8.1.3 Bu maddeler, üniform bir karışım elde edilene kadar mekanik bir karıştırıcı ile karıştırılacaktır.

8.2 Taşıma, dökme ve sıkıştırma

8.2.1 Betonun temin tipi ve kompozisyonu ayrışma önlenerek şekilde uyumlu olacaktır.

8.2.2 Temel ve duvar kalıplamada, çalışma noktasının hemen üzerinde bilen iniş boruları kullanılacaktır.

8.2.3 Pompalanan betonun çıkış boruları, boru içindeki beton akışında kesinti olmayacak şekilde düzenlenecektir.

8.2.4 Takviye çubukları beton içine iyice gömülecektir.

8.2.5 Beton, bütünüyle sıkıştırılacaktır.

8.2.6 Betonlamanın tekil bölümleri, betonlama başlamadan önce belirlenecektir. Bağlantılar oluşacak

gerilmelere karşı konulacak şekilde dizayn edilecektir. Bağlantı yüzeyleri pürüzlü olmalıdır.

8.2.7 Su geçirmez betonda, birleştirmeler de su geçirmez olacaktır.

8.3 Sertleşme

8.3.1 Betonun öngörülen özelliklerinin elde edilmesi için (özellikle yüzey bölgesinde), belirli bir sürede dikkatli sertleşme ve koruyucu önlemler gereklidir.

8.3.2 Sertleşme ve koruma, beton sıkıştırıldıktan sonra mümkün olduğunca çabuk başlayacaktır.

8.3.3 Sertleşme, özellikle güneş ışığı ve rüzgar nedeniyle erken kurumayı önler.

8.3.4 Taze betonun büzülmesinin yavaşlatmak ve yüzeyde de uygun bir şekilde sertleşmesini sağlamak üzere beton nemli tutulmalıdır. Genelde, bunun için 7 gün yeterlidir.

8.3.5 Sertleşmede deniz suyu kullanılmayacaktır.

8.3.6 Diğer önlemler; yapı elemanlarını kalıpta tutma, yüzeyleri plastik folyo ile kaplama veya onaylı sertleştirici maddelerin kullanımı olabilir.

8.4 Soğuk ve sıcak havada beton dökümü

8.4.1 Soğuk havada ve donma koşullarında, beton belirlenen minimum sıcaklıkta dökülecek, ısı kaybı ve korumaya karşı belirli bir süre korunacaktır.

8.4.2 Donmuş betona, çevreci beton ilave edilmeyecektir. Donmuş agrega kullanılamaz.

8.4.3 Sıcak havada, çevreci betondaki güneş etkileri dikkate alınacaktır (örneğin; örtme).

8.4.4 Çevreci betonun sıcaklığı, agreganın soğutulması ve su ilavesi ile düşürülebilir.

8.5 Su altında beton dökümü

8.5.1 Su altı betonu, sabit bunkerler vasıtasıyla döküm

yolunda su ile temas etmeyecek tarzda, kesintisiz olarak dökülecektir. Temel çukurundaki su durgun olacaktır.

8.5.2 1 m. ye kadar olan su derinliklerinde beton, doğal bir meyille, dikkatli boşaltma suretiyle dökülebilir.

8.5.3 Alternatif olarak, su altı betonu, agrega kütesine alttan, düşük ayrışma özellikli harcın enjekte edilmesi ile de dökülebilir.

8.6 Kalıplama ve takviyeleri

8.6.1 Kalıplar

8.6.1.1 Kalıplar ve kutular mümkün olduğunca boyutsal olarak hassas bir şekilde yapılacak, dökme ve sıkıştırma sırasında, betonun ince harcının aralıklardan dışarı akması önlenecek derecede katı olacaktır.

8.6.1.2 Kalıplar ve takviyeleri, sertleşme oluşuncaya kadar oluşabilecek tüm kuvvetleri absorbe edecek şekilde boyutlandırılacak ve dökme hızı ile betonun sıkıştırma tipinin etkileri dikkate alınacaktır.

8.6.1.3 Kayıcı kalıplar kullanılıyorsa, bununla ilgili prosesler dikkate alınacaktır.

8.6.2 Kalıp sökme

8.6.2.1 Kalıp sökme, yüklenici gözetmeninin, betonun yeterince kuvvetli olduğunu doğrulaması ve sökme talimatını vermesi üzerine başlayabilir. Bu işlem; yük taşıma kapasitesi ve bileşenin deformasyona direnci bakımından betonun yeterli mukavemete ulaşması ve sertleşme için kalıba gerek kalmamasından sonra yapılabilir.

8.6.2.2 Beton döküldükten sonra düşük sıcaklıklara maruz kalmış olan bileşenlere özel olarak dikkat edilmelidir.

8.6.2.3 Betonun sürünmesi (creep) veya büzülmesi nedeniyle oluşan yer değişimini en aza indirmek için, yardımcı destekler yerinde bırakılmalı veya kalıpların sökümünden hemen sonra tekrar konulmalıdır.

8.7 Donatılar**8.7.1 Donatıların yerleştirilmesi**

8.7.1.1 Yapışmayan etki eden maddeler (örneğin; kir, gres, buz, gevşek pas) kullanılmadan önce çelik üzerinden giderilecektir.

8.7.1.2 Çelik çubuklar, rijid bir çerçeveye bağlanacak ve öngörülen konumlarında, korrozyondan korunmaya etki etmeyen atkılarla, beton döküldüğü veya sıkıştırıldığında yer değiştirmeyecek şekilde tutulacaktır.

8.7.1.3 Genelde, dinamik yüklere maruz donatıların kaynatılmasından kaçınılmalı ve **TL** ile anlaşmaya varılmalıdır.

8.7.2 Donatıların betonla örtülmesi

8.7.2.1 Her donatı çubuğu veya etriyenin betonla kaplanması her yönde, Tablo 3.13'de verilen değerlerden az olmayacaktır.

8.7.2.2 Ön yapımlı beton bileşenlerin, ikincil yük taşıyıcı elemanlarında, standartlar esas alınarak ve **TL** ile anlaşmaya varılarak, beton örtüsü için daha küçük değerler seçilebilir.

8.7.2.3 Havuzlanabilen hareketli ünitelerde, beton örtünün azaltılması kabul edilebilir.

Tablo 3.13 Beton örtü (nominal değerler)

	Donatı çeliği [mm]	Art germeli kanallar [mm]
Sıçrama bölgesinde ve tuzlu su serpintisine maruz atmosferik bölgede	65	90
Su altı bölgesinde ve tuzlu su serpintisine maruz olmayan atmosferik bölgede	50	75

8.7.3 Çubuk aralıkları

8.7.3.1 Paralel donatı çubukları arasındaki net aralık, en az 2 cm olmalı ve çubuk çapından az olmamalıdır. Ek donatı bölgesinde, donatı çubukları birbirine geçecektir.

8.7.3.2 Ön gerilmeli betonlarda, muhafazaların karşılıklı aralıklarının en az değeri, özel öngerilme prosesi yetkilendirmesinden alınacaktır.

8.7.4 Ankraj

8.7.4.1 Donatı çeliklerinin ankrajı, standartlara uygun olacaktır. Normal ankraj elemanları : düz ankrajlar, U-bükme, L-bükme, halkalar, ankraj ataşmanları ve kaynaklı enine çubuklardır.

8.7.4.2 Ön gerilmeli elemanların ankrajı, öngerilme prosesinin onayına uygun olacak veya standartlarda belirtilen gerilmeler için hesaplarla doğrulanacaktır.

8.7.5 Donatılardaki ek donatılar

8.7.5.1 Donatılardaki çekme ek donatıları; çubuk uçlarında bükmeli veya bükmesiz bindirmelerle, halkalarla, kaynaklı enine çubuklarla, kaynaklı veya dişli bağlantılarla yapılabilir.

8.7.5.2 Eğilme gerilmelerine maruz kesitlerdeki çekme ek donatıları, mümkün mertebe, tamamen açık kesitlerin dışındaki alanlara dağıtılacaktır. Ek donatılar, mümkün olduğu kadar tüm donatı alanına üniform olarak dağıtılacak ve boyuna doğrultuda birbirinden kaçık olarak düzenlenmemelidir. Ek donatıların civarında yeterli enine takviye sağlanmasına dikkat edilecektir.

8.7.5.3 Donatı çubuklarındaki basma ek donatıları, bindirmelerle, kaynakla, dişli bağlantılarla, temas ek donatıları ile yapılabilir.

8.7.5.4 Ek donatıların dizaynı standartlardaki belirli isteklere göre yapılır. Kaynaklı ek donatılarla özel standartlar kullanılacaktır (örneğin; DIN 4099).

8.7.6 Bükülgen bileşenlerdeki donatıların yerleşimi

8.7.6.1 Donatıların yerleşimi; çekme kuvveti doğrultusuna, kesme yükü şiddetine ve kesme donatısı tipine bağlıdır. Çekme kuvvetine karşı koymak için gerekli olmayan donatı çubukları eğilebilir ve kesme donatısı olarak kullanılabilir.

8.7.6.2 Serbest dönebilir veya sadece serbest mesnetli uç destekleri, teorik mesnet hattı gerisinde ankre edilen en büyük alan donatısının en az 1/4'ünde yer alacaktır.

8.7.6.3 Devamlı döşeme ve kirişlerin ana mesnetleri, braketli uç mesnetleri, gergili mesnetler ve freym köşeleri, mesnet ön kenarının gerisinde devam eden en büyük alan donatısının en az 1/4'ünde, döşemeler için %50'sinde yer alacaktır. Öngörülme-yen yüklerin absorbe edilmesi için, mümkünse, saha donatısının bir kısmı, birbirine geçmeli veya pozitif eklemeli olarak düzenlenecektir.

8.7.7 Bası yönünde yüklü bileşenler

Donatı çubuklarının, bası takviyesi olarak kullanıldığı hallerde, bunlar, ilgili standartların isteklerine göre, etriyelerle burkulmaya karşı emniyete alınacaktır. Bası donatıları için standartlarda verilen maksimum değerler aşılmayacaktır.

8.7.8 Öngerilme donatıları

8.7.8.1 Öngerilme donatıları temiz ve passız durumda olmalıdır. İnce tabakalı pasa sahip donatılar kullanılabilir (ince tabakalı pas olarak, kuru bir bez ile silerek giderilebilen bir pas tabakası anlaşılmalıdır. Ancak, pasın bu şekilde giderilmesi gerekmez).

8.7.8.2 Öngerilme donatıları belirli boyda kesilecek ve kuru olarak monte edilecektir. Montaj tamamlanana kadar, öngerilme elemanları kuru bir yerde, zeminden yüksekte depolanacak ve zararlı kimyasal maddeler ve nem ile temasa karşı korunacaktır. Öngerilme elemanlarını yerleştirir ve monte ederken, katlanma veya mekanik hasarlardan kaçınılacaktır. Öngerilme çeliklerinin yerleştirilmesi ile bağlama arasındaki sürede korrozyona karşı korunması için her türlü önlem alınacaktır.

Kısa süreler için, kılıfların uçlarının sızdırmaz hale getirilmesi ve lokal nem birikiminin önlenmesi yeterlidir.

8.7.8.3 Beton dökülmeden önce, kılıflar veya kanallar; katlanma, çökme veya diğer hasarlar bakımından kontrol edilecek, eğer germe işlemine zarar verecek bir risk veya sızıntı varsa, düzeltici önlemler alınacaktır.

8.7.8.4 Ek donatıların sızdırmazlığına dikkat edilecektir. Betonun dökülmesi sırasında, boruların hasarlanmaması sağlanmalıdır.

8.7.8.5 Ön gerilme çeliklerinde kaynağa izin verilmez. Ön gerilme çelikleri kaynak ısısından ve kaynak metal sıçramalarından korunacaktır (örneğin; dayanıklı kılıflar ile).

8.7.9 Öngerilmenin uygulanması

8.7.9.1 Betona; ankraj noktalarındaki yükler dahil, bileşke gerilmeleri absorbe edebilecek derecede dayanımlı olduklarında ön gerilme verilebilir. Eğer; sertlik testinde, test parçasının mukavemetinin, Tablo 3.6'da verilen karakteristik mukavemetin %90'ına ulaşmış olduğu belirlenirse, bu ön koşulun karşılanmış olduğu kabul edilir.

8.7.9.2 Çekme çatlaklarını önlemek veya tekil bileşenlerin erken çözülmesi için, ön gerilmenin bir kısmını mümkün olduğunca çabuk uygulamak gerekebilir. Bu duruma, sertlik testinde, test parçasının mukavemetinin, Tablo 3.6'da verilen karakteristik mukavemetinin Tablo 3.6'da verilen karakteristik mukavemetinin %50'sine ulaşmış olduğu belirlenirse, izin verilir. Bu durumda, bileşenin geri kalanında kısmi öngerilme kuvvetleri ve beton gerilmeleri, izin verilen öngerilme kuvvetinin veya izin verilen ankraj gerilmelerinin %30'undan fazla olamaz.

8.7.9.3 Öngerilme için kullanılan donanım, ilk kullanımdan önce ve genelde her 6 ayda bir kullanım sırasında, istenilen değerden ne oranda sapmalar olduğunun belirlenmesi için test edilecektir. Dış faktörlerin bu sapmalara ne derecede etkili olduğu dikkate alınacaktır (örneğin; presleme sırasındaki sıcaklık).

8.7.9.4 Ayrıntılı bir öngerilme programı hazırlanacak ve mukavemet hesaplarına eklenecektir. Öngerilme programı; her elemanın gerilmesi ile ilgili zaman düzenine ilave olarak, betonun sıkıştırılmasına ait gerilme kuvveti ve kiriş uzaması, sürtünme ve kayma ile ilgili verileri içerecektir.

8.7.9.5 Öngerilme sırası; izin verilmeyen yükler oluşmayacak şekilde seçilecektir. Germe sırasında yapılan tüm ölçümler, öngerilme raporuna kaydedilecektir.

8.8 Kalite kontrol

8.8.1 Genel

8.8.1.1 Yüklenicinin gözetmeni; aşağıda belirtilen testlerin yapılması ve yorumlanmasından, işlerin yapılmasında bu testlerin sonuçlarının dikkate alınmasından ve proje sertifikalandırması durumunda, sonuçların TL'na verilmesinden sorumludur.

8.8.1.2 ISO 9001'e göre kalite yönetim sistemi uygulaması B'de verilmiştir.

8.8.1.3 Bu kısımda, beton yapıların planlanması ve yapımı ile ilgili gerekli minimum kontrol önlemleri verilmektedir. Bunlar; önemli önlemler ve kararlar ile yapım kuralları, standartları ve öngörülen isteklere uygunlukta önemli olan kabul görmüş teknikler bakımından gerekli olan testleri içerir.

8.8.1.4 Üretim ve yapımın gözetimi, inşaat malzemelerinin ve işçiliğin gerekli kaliteye uygunluğu ve kontrolü ile ilgili tüm önlemleri içerir. Bu gözetimler; göz muayenesi ve testler ile birlikte test sonuçlarının değerlendirilmesini kapsar.

8.8.1.5 Üretim ve yapımın gözetimi şunlardan oluşur:

- Uygunluk testleri ve kontrol yöntemleri,
- Yapım sırasındaki testler ve kontroller,
- Son muayeneler ve kontroller.

Gerekirse, öngörülen inşaat malzemeleri, donanımı ve üretim yöntemleri kullanılarak, planlanan yapının uygun bir şekilde yapılmasını sağlamak üzere, uygunluk testleri inşaatın başlamasından önce yapılacaktır.

8.8.1.6 Betonun, harcın, vb.'nin ham maddeleri ile malzemelerin uygunluğu ve kalitesi, kazanılan deneyimler ve yapılan testlerle sağlanmalıdır.

8.8.1.7 Sadece standart inşaat malzemeleri kullanılmalıdır.

8.8.1.8 Sadece, çelik üretim tesisinden sertifikalı olan veya onaylı ön gerilme çelikleri kullanılabilir. Sertifika veya onayda belirtilen istekler (örneğin; montaj sırasındaki ilave testler veya özel prosedürler) dikkate alınacaktır.

8.8.1.9 Öngerilme prosedürü onayı alınacaktır.

8.8.1.10 Gerekli kontroller, Tablo 3.14'de özetlenmiştir.

8.8.2 Yapım sırasındaki testler

8.8.2.1 Genel istekler:

- İnşaat malzemelerinin, yapıdaki donatıların ve konulan donanımın boyutları, özellikleri ve uygunluğu sürekli olarak denetlenecektir.
- İnşaat alanına teslim edilen inşaat malzemeleri ve bileşenler sipariş spesifikasyonlarına göre kontrol edilecektir.
- Önemli bulgular yazılı kayıtlara girecek (örneğin; yapım kayıtları) ve ilgili taraflara açık tutulacaktır.
- Gerekli güvenilirlik derecesine bağlı olarak, ilave olarak özel kontroller yapılabilir.
- Betonun kalite kontrolü için EN 206 uygulanır.
- Diğer tüm inşaat malzemeleri veya diğer malzemeler için geçerli teknik dokümanlar başvurulacaktır.

Tablo 3.14 Üretim ve yapım sırasında kontrol edilecek konular

Konu	İnşaat malzemelerinin ve malzeme üretiminin kontrolü	Yapım sırasındaki kontroller
Beton	Ham maddeler Kompozisyon Üretim Çevreci beton Sertleşmiş beton	Taşıma, dökme Sıkıştırma Sertleşme Yüzey işlemi
Kalıplar ve takviyeleri	Malzeme özellikleri	Katılık Montaj, demontaj Kavis Deflekşınlar Temeller Sızdırmazlık Beton (iç) tarafındaki yüzey durumu
Donatılar	Belirlenen ham madde özellikleri Yüzey durumu	İşleme ve depolama Kesme Montaj, donatı Bindirme ve diğer uç bağlantıları Kaynaklar Serme Beton kaplama
Öngerilmeli çelik ve öngerilmeli donanım	Belirlenen ham madde özellikleri Yüzey durumu Öngerilmeli donanım Öngerilmeli elemanların düzgünlüğü Çimento şerbeti	İşleme ve depolama Kesme Serme Öngerilme donanım Öngerilme Şerbet
Bileşenler, prefabrike parçalar	-	Boyutsal sapmalar Kavis ve deflekşınlar Sipariş şartnamesinden sapmalar

8.8.2.2 Sahaya teslim edilen malzemeler için kabul kontrolleri:

- Hazır betonun teslim makbuzu için EN 206 uygulanır,
- Agregalar, granülometrik bileşim ve diğer önemli özellikler yönünden gözle düzenli olarak kontrol edilmelidir. Kararsızlık halinde, agregalar daha ayrıntılı olarak muayeneye tabi tutulmalıdır.

- İlk teslim sırasında veya temin edicinin değişmesi halinde agregalar için elek testleri gereklidir. Ayrıca, lokal koşullara bağlı olarak, belirli aralıklarla bu testler yapılmalıdır. Alternatif olarak, agregaların sertifikalı üretim kontrolü yapılabilir.
- Donatı çeliğinin her teslimi için, çelik çubuklarda, çelik grubu ile ilgili belirleyici işaretin (standartlarda belirtilen şekilde, örneğin; EN ISO 15630-1) ve üretici işaretinin bulunduğu kontrol

edilecektir. Eğer bunlar yoksa, çelik için 220 N/mm²'lik bir akma noktası kabul edilecektir. Çeliğin özellikleri, bağımsız bir kuruluş tarafından doğrulanırsa, istisnalar kabul edilebilir.

- Prefabrike kısımlar için, bunların sipariş şartnamesine göre üretildiği, işaretlendiği ve işleme tabi tutulduğu teslim makbuzu ile belgelendirilecektir,
- Donatım çeliğinin teslimat makbuzunda aşağıdaki bilgiler bulunacaktır:
 - Demet, kangal veya yapı çeliği mühendisliğinin diğer koşullarındaki çelikler,
 - Çubuk veya kaynaklı donatı çelik hasırları,
 - Kesilmiş ve eğilmiş çelikler,
 - Prefabrike donatılar.
- Tüm donatılar için teslim edilen çeliğin orijini ve özellikleri bilinecektir,
- Öngerilmeli çelik ve öngerilmeli donanım için EN 1992 uygulanır.

8.8.2.3 Kontroller

- Ön testlerin amacı, beton kullanılmadan önce, gerekli özellikleri elde etmek için hangi bileşimi sağlamaları gerektiğini belirlemektir. Bu testler, yeni beton bileşimleri için yapılacaktır. Beton dökümünden önceki kontroller için EN 206'ya bakınız.
- Kaynaklı donatı çelikleri, sadece gerekli uzmanlara ve kaynak gözetmenlerine sahip kuruluşlarca yapılabilir. Sadece, donatı çeliklerinin kaynağında vasıflı kaynakçılar kullanılabilir. Kaynağa başlamadan önce, lokal

üretim koşullarında ön testler (prosedür testleri) ve kaynak izlemesi sırasında kontroller yapılacaktır. Standartlardaki istekler (örneğin; DIN 4099-1) dikkate alınacaktır.

- Öngerilmeli elemanları yerine koymadan önce, üretim yerinde veya sahaya teslimden sonra herhangi bir hasar olup olmadığının belirlenmesi için bir kontrol yapılacaktır,
- Öngerilmeye başlamadan önce, tüm öngerilme işleminin sorunsuz olarak yapılıp yapılmadığının belirlenmesi için genel bir kontrolün yapılması önerilir.
- Enjeksiyon işi başlamadan önce, en az 7 günlük örneklerde, yapının her seksiyonu için, enjeksiyon şerbetinin basma mukavemetinin ön testleri yapılacaktır.
- Enjeksiyon işleri sırasında yeterli sayıda uygunluk kontrolleri yapılacaktır (örneğin; EN 446'ya göre),
- Şerbetin akışkanlığı, hacim değişimi basma mukevemeti ve erken prizlenmeye direnç, yapının her seksiyonu için doğrulanacaktır.
- Her öngerilme aşamasında yapılan ölçümlerle ilgili bir öngerilme raporu düzenlenecektir (gergi kuvveti, uzama, ankraj kayması, vb.),
- Öngerilme ile donatı çeliğini koruyucu önlemlerin (çimento şerbeti) tamamlanması arasındaki aralık kontrol edilecek ve kaydedilecektir,
- Şerbetleme sırasında; enjeksiyon basıncının, ağızlardan çimento şerbetinin engelsiz akışı, sızıntı noktalarından çıkan şerbet miktarı, enjekte edilen şerbet miktarının kontrolü ile uygunluk ve su kaybının kontrolü için örnekler alınması gereklidir. Gerekirse, şerbetin mukavemeti kontrol edilmelidir.

8.8.3 İşlerin gözetimi

8.8.3.1 Yüklenicinin gözetmeni, özellikle aşağıdaki hususlarda olmak üzere, işlerin incelenen dokümanlara göre yapılmasını sağlayacaktır :

- Bileşenlerin boyutlarının doğruluğu,
- Kalıpların emniyetli yapımı,
- Kullanılan malzemelerin kalite uygunluğu,
- Donatı ve öngerilmeli çeliklerin resimlere uygunluğu.

8.8.3.2 Proje sertifikalandırması durumunda, TL işlerin başlamasından, planlı beton dökümünden, uzun bir aradan sonra yeniden dökmeden ve sahadaki kaynak işlerinden yeteri kadar önceden bilgilendirilecektir.

8.8.3.3 Yapılacak işin cinsi ve kapsamına bağlı olarak, kalite ve kararlılığa etki eden tüm prosesler için yüklenici gözetmeni tarafından saha raporları hazırlanacaktır. Bu raporlar, yapım sırasında sahada bulunacak ve talep halinde sorveyöre verilecektir.

8.8.4 Uygunluk kontrolleri

8.8.4.1 Uygunluk kontrollerinin anlamı; yerine getirildiği takdirde tüm öngörülen isteklerin, kriterlerin ve koşulların bütünüyle karşılandığı tüm önlemler ve kararlardır. Buna ilgili dokümanların tamamlanması da dahildir.

8.8.4.2 Betonun uygunluk kontrolleri için EN 206 uygulanır.

8.8.4.3 Uygunluk kontrollerinin amacı, kullanılan betonun gerekli özelliklere sahip olduğunun belirlenmesidir. Betonun basma mukavemeti, su / çimento oranı ve kıvamı doğrulanacaktır.

8.8.4.4 Basma mukavemetinin uygunluk kontrolü için, her 500 m³ beton ve her 7 günlük betonlamada en az bir gün için 3 test örneklik bir seri alınacaktır.

8.8.4.5 Diğer inşaat malzemelerinin uygunluk kontrollerinde, uluslararası standartlar veya bunlar yoksa, ulusal standartlar veya onaylar esas alınır.

8.8.5 Tamamlanmış yapının muayenesi ve bakımı

8.8.5.1 Servis sırasında yapılacak özel kontroller (muayeneler) bir muayene programında belirtilecektir.

8.8.5.2 Kullanım ve bakım için gerekli tüm bilgiler yapının tümünden sorumlu olanların kullanımına hazır olmalıdır.

E. Korrozyondan Korunma

1. Genel

1.1 Açık deniz rüzgar türbinleri deniz iklimine maruzdur. Bu nedenle, uygun malzeme, uygun boya ve koruyucu film seçimi ve düzenli muayene vasıtasıyla korrozyondan korunma dikkate alınacaktır. Mekanik ve elektrik bileşenlerinin değerlendirilmesinde sadece bütünlük değil, aynı zamanda korrozyonun işlev üzerindeki etkileri de dikkate alınacaktır, örneğin; paslanan bağlantıların sıkışması veya sensörlerin arızalanması. Özellikle, yorulma hesaplarında, korrozyondan arınmışlık dikkate alınacaktır. Özellikle pervane kanatlarında, erozyon olasılığı bakımından benzer değerlendirmeler uygulanacaktır.

1.2 Açık deniz rüzgar türbini bileşenleri aşındırıcı ortam koşullarına maruzdur ve bunlara kolayca ulaşamaz. İşletme koşulları nedeniyle, birçok halde, tekrarlı koruyucu boya uygulamasına olanak yoktur. Bu nedenle; dizaynın, malzeme seçiminin ve korrozyondan korunma önlemlerinin büyük önemi vardır.

1.3 Açık deniz rüzgar türbinleri, korrozyon etkileri bakımından “deniz atmosferine maruz” olarak sınıflandırılır.

2. Kapsam, Uygulama

2.1 Bu alt bölüm, çelik ve beton açık deniz yapılarının korrozyondan korunmasını içerir. Korrozyondan korunma sisteminin dizaynı, yapımı ve montajı, TL onayına tabidir.

2.2 Makina bileşenleri ile ilgili ilave istekler, Bölüm 7'de verilmiştir.

2.3 Dizaynda; NACE, DIN, BSI, ISO gibi tanınmış kuruluşların kodları ve standartları kullanılabilir.

3. Terimler, Tanımlar**3.1 Anotlar**

Bir anot; pozitif yüklü iyonlar halinde, doğru akım yayan (genelde anot maddesi erimesi ile), galvanik bir hücrede veya bir korrozyon hücresinin bir bölümünde yer alan elektrottur.

3.2 Kaplama

Kaplama; çoğunluğu organik yapıda olan, ham maddeler ve bağlayıcı katkılardan yapılan, ana malzeme üzerinde birbirine yapışan bir veya birkaç tabakadan oluşan koruyucu madde için kullanılan kolektif bir deyimdir.

3.3 Referans elektrodu

Referans elektrodu; zaman sabitli, potansiyel ile ifade edilen bir yarı hücredir. Potansiyel değerle bağlantılı olarak, referans elektrot daima belirtilecektir.

3.4 Elektrolitik çözelti

Elektrolitik çözelti; deniz suyu gibi, korrozif bir elementte iyon ileten bir maddedir.

3.5 Katot

Katot; redüksiyon prosesinin olduğu bir galvanik hücrede veya bir korrozyon hücresinin bir kısmındaki bir elektrottur.

Burada; elektronlar metalden ayrılır ve/veya elektrolitteki pozitif iyonların boşalımı ile kullanılırlar.

3.6 Katodik koruma

Katodik koruma; korunacak malzemenin katodu oluşturduğu, tutyalarla veya kanalize edilmiş akımla bir koruma yöntemidir.

3.7 Korrozyon

Korrozyon; malzemede ölçülebilir bir değişime neden olan ve bir korrozyon hasarına yol açabilen, metal malzemenin çevresi ile birlikte reaksiyonudur.

3.8 Korrozyondan korunma

Korrozyon hasarları, aşağıdaki koruyucu önlemlerle önlenir :

- Sistemleri ve bileşenleri, EN ISO 12944, Part 3'e göre uygun yapısal önlemleri uygulamak suretiyle dizayn ederek,
- Reaksiyon bileşenlerinin özelliklerine etki ederek ve / veya reaksiyon koşullarını değiştirerek,
- Uygulanan koruyucu tabakalarla metal malzemeyi, elektrolitten ayırarak,
- Elektrokimyasal aksiyonla, örneğin; katodik koruma ile.

3.9 Sıçrama bölgesi

Sıçrama bölgesi; gelgit ve dalga hareketi ile yapının aralıklı olarak ıslak duruma gelen kısmı olarak tanımlanır.

3.10 Akım yoğunluğu

Akım yoğunluğu; birim alana gelen akımdır.

3.11 Atmosferik bölge

Atmosferik bölge; normalde kuru olan, sıçrama bölgesi üzerindeki bölgedir.

3.12 Metal kaplama

Metal kaplama; ana malzeme üzerine uygulanan bir veya daha fazla metal tabaka için kullanılan ortak bir terimdir.

3.13 Suya batmış bölge

Suya batmış bölge; sürekli olarak su altında kalan bölgedir.

4. Korrozyondan Korunma Sistemlerinin Seçimi ve Uygunluğu

4.1 Etkin korrozyondan koruma yerine korrozyon payı verilmesi sadece önemsiz bileşenler, kısa servis ömürlü bileşenler için veya düzenli kontrol ve onarımın mümkün olduğu hallerde söz konusu olabilir. Serpinti bölgesindeki tüm diğer bileşenler ve yapılar için, korrozyon payları, korrozyondan koruma sistemi ile birlikte dikkate alınacaktır. Korrozyon payı değeri; kullanılan koruyucu sisteme, çelik kalitesinin seçimini ve ortam koşullarına bağlıdır. Uygulanan korrozyon payı, **TL** kurallarına göre değerlendirilecektir.

Eğer özel önlemler alınmamışsa, sıçrama bölgesinde 0,5 mm. lik bir korrozyon payı dikkate alınacaktır.

4.2 Atmosferik bölgede ve sıçrama bölgesindeki ulaşılabilir alanlar için, EN ISO 12944'e veya eşdeğeri bir standarda göre uygun bir boyama veya metalik kaplama yapılacaktır.

4.3 Sıçrama bölgesindeki tüm metal elemanlar için, ilgili yapının servis koşullarına uyarlanan ve etkinliği kontrol edilebilen uygun bir korrozyondan korunma sistemi sağlanacaktır.

4.4 Suya batmış bölgede ve deniz tabanının altındaki alandaki korrozyon koruması yapının servis ömrü dikkate alınarak dizayn edilecek yada yenileme veya onarım mümkün olacaktır. Ancak, bunların etkinlik süresi, bileşen için öngörülen sörvey aralıklarına karşılık gelecektir.

4.5 Havuzlanamayan çelik açık deniz tesislerinin suya batmış bölgesinde mutlaka katodik koruma olacaktır. Olumsuz akıntı dağılımı söz konusu ise, ilave boya tavsiye edilir.

4.6 Katodik korumanın etkisiz olduğu alanlar ve aralıklardan kaçınılacak ve/veya **TL** ile anlaşmaya varılacak özel yöntemlerle korunacaktır.

4.7 Kalıcı şekilde hava geçirmez olarak sızdırmazlığı kanıtlanan, kutu kirişler, boru soketleri, vb. gibi boş mahallerin içten korunmasına gerek yoktur. Montaj sırasında boş mahaller temiz ve kuru olmalıdır.

4.8 İçinde su değişiminin olmadığı veya sınırlı derecede olduğu sürekli su ile dolu mahallerde, korrozyondan koruma istekleri, **TL** ile anlaşarak azaltılabilir.

4.9 Öngörülen uygulamada kanıtlanmamış yeni korrozyondan koruma sistemleri için, örneğin; deneysel olarak uygunluğun kanıtlanması gereklidir.

5. Korrozyondan Korunmanın Dizaynı

5.1 Korrozyondan korunmayı ve aşınmaları dikkate alan yapısal dizaynın, korrozyondan korunmanın uygulanması, etkinliği ve onarılabilirliği kabiliyeti üzerinde önemli etkisi vardır. Bu konudaki ana kurallar EN ISO 12944, Part 3 ve 5'de yer almaktadır.

5.2 Korrozyon riskindeki yüzeyler, mümkün olduğunca düzgün olarak dizayn edilmelidir. Mümkünse, gerekli tüm takviyeler, fittingler, borular, vb. düşük korrozyon bölgelerine konulacaktır. Girilemeyen boş bileşenler sızdırmaz şekilde kaynatılacaktır.

5.3 İçinde su veya aşındırıcı maddelerin birikebileceği alanlardan (su cepleri); meyiller, geçitler veya delikler vasıtasıyla kaçınılacaktır. Havalandırma gibi dizayn önlemleri ile yoğunlaşma azaltılacaktır.

5.4 Cürufklar, gevşek sıçramalar ve boncuklar gibi kaynak artıklar temizlenecektir. Yüzeydeki erimiş sıçramalar veya boncuklar, korrozyon gerilmesi veya boya sistemlerinin gerektirdiği hallerde giderilecektir.

5.5 Eğer boya sistemi, yapıdaki gerilme veya kazaların önlenmesi kuralları gerektiriyorsa, çapaklar giderilecek ve keskin kenarlar yuvarlatılacaktır.

6. Malzeme Seçimi

$$U_{Cu / CuSO_4} = - 1,1 \text{ Volt}$$

(E.1)

Koruyucu boya ve koruyucu kaplama ile korunamayan alanlarda uygun malzemeler kullanılacaktır. Çeşitli malzemelerin korrozyona uğrama özellikleri DIN 50930'da verilmiştir.

7. Boyama

7.1 Boyalar; kullanılacak boya sistemini ve dayanımını belirten EN ISO 12944, Part 5'e göre seçilebilir. Diğer bilgiler, TL Kuralları, Açık Deniz Tesisleri, Kısım 60, Bölüm 6'dan alınabilir.

7.2 Boya sistemleri için, TL ile anlaşmak koşuluyla farklı esaslar ve standartlar kullanılabilir.

7.3 Boya ile korunacak yüzeyler; yüzey hazırlama, uygulama, muayene ve bakım gibi gerekli faaliyetler için ulaşılabilecek şekilde dizayn edilecektir. Yüzey hazırlığı, EN ISO 12944 veya eşdeğeri bir standarda göre yapılacaktır.

7.4 Kabul edilen herhangi bir standarda uygun olmayan tüm boya sistemlerinin onayı için TL'na başvurulabilir. Boya malzemesinin öngörülen amaca uygun olduğunun kanıtlarının verilmesi gereklidir. Ürün katalogu, boyu spesifikasyonları ve uygunluk dokümanlarının incelenmesinden sonra (ilgili test sonuçları) TL tarafından bir sertifika düzenlenecektir.

7.5 Boya malzemelerinin etkinliğinin kanıtı; öngörülen koşullarda uzun yıllara dayanan kanıtlanmış kullanımı veya deneysel sonuçlar vasıtasıyla sağlanacaktır.

7.6 Malzeme seçimi, boya kalınlıkları, işçilik, testler, vb. EN ISO 12944'e veya eşdeğeri bir standarda uygun olacaktır.

7.7 Boyalar; verilen servis koşullarında, ilgili korrozif maddeye yeterince dirençli olacaktır.

7.8 Üretimde yapılan boya ve astar boyalar dahil tüm boyalar, kullanılan katodik koruma sistemi ile uyumlu olacaktır, yani bunlar aşağıda belirtilen potansiyele kadar kabarmaya dirençli olacaktır :

Boyalar, hidrolize olmamalı veya sabunlaşmamalıdır.

7.9 Boyalar; fouling'den oluşan hasarlara mümkün olduğunca dirençli olacaktır.

7.10 Atmosferik bölgedeki boyalar; anlaşmaya varılan muayene planına göre, periyodik yapı sürveyleri sırasında muayene edilecek ve hasarlar onarılacaktır.

7.11 Sıçrama bölgesindeki boya sistemleri; uygulamadan hemen sonra, su altında sertleşen boya maddeleri ile onarım yapılabilecek şekilde seçilecektir. Sıçrama bölgesindeki boya hasarları, mümkün olan en kısa sürede onarılacaktır.

7.12 Katodik olarak korunan sualtı yapılarının boyaları, sürveyler sırasında gözle muayene edilecektir. Ancak, hasarların onarımı TL ile anlaşmaya varılarak, istisnai hallerde gereklidir.

8. Metal Kaplama

8.1 Metal kaplama, genelde alaşımsız veya düşük alaşımlı çeliklerde, ana malzemeden daha pozitif veya daha negatif serbest korrozyon potansiyeline sahiptir. Kaplama, çatlaklardan ve gözeneklerden arınmış olmalıdır.

8.2 Daha pozitif potansiyele sahip malzemeler (örneğin; nikel ve bakır esaslı alaşımlar, paslanmaz çelik) kullanarak kaplamada, gözeneklerde ve ana malzemeye geçişlerde temas korrozyonu riski vardır. Bu nedenle, kaplamada çatlak ve gözenekler bulunmamalıdır. Ana malzemeye geçişler kaplanacaktır. Katodik koruma durumunda, ana metalin temas korrozyonu riski yoktur.

8.3 Daha negatif potansiyele sahip malzemelerden (örneğin; çinko veya alüminyum alaşımları) yapılan kaplamalar, atmosferik bölgedeki donanımın geçici olarak korunması için daha uygundur. Kalınlıklarına, bileşimlerine ve çalışma ortamına bağlı olarak, serpinti bölgesindeki kaplamalar üniform olarak aşınırlar ve sınırlı bir ömre sahiptirler.

8.4 Metal kaplamanın yüzey hazırlığında, uygulanmasında ve testlerinde EN ISO 12944 veya eşdeğeri standartlar dikkate alınacaktır.

8.5 Çeliklerin ince metal kaplamasında, ana metal ile mükemmel bir yapışma sağlanacaktır. Bunun kanıtı ultrasonik testlerle yapılabilir.

8.6 Metal kaplama veya ince metal kaplama durumunda -özellikle serpinti bölgesinde- mekanik etkiler veya temas korrozyonundan oluşan hasarlara dikkat edilecektir. Hasarlar, TL ile anlaşmaya varılarak onarılacaktır.

9. Katodik Koruma

9.1 Genel

9.1.1 Katodik koruma, suya batmış bölgede, korrozyonu elektrokimyasal olarak korumayı amaçlar. Bu koruma, tutyalar ile, kanalize edilmiş akım ile veya bunların kombinasyonu ile yapılabilir.

9.1.2 Katodik koruma, açık deniz rüzgar türbinlerinin suya batmış bölgesinde ve deniz tabanı altındaki dış yüzeylere uygulanacaktır. İç yüzeyler, öngörülen korrozyon etkisine göre korunacaktır.

9.1.3 Yapıda daha uygun bir akım dağılımını sağlamak gerekli akım yoğunluğunu azaltmak üzere, katodik koruma boyama ile birleştirilebilir.

9.1.4 Taşıyıcı yapı ile aynı elektro kimyasal özelliklere sahip malzemeden yapılan ikincil yapı elemanları, iletken şekilde bağlanacaktır. Eğer taşıyıcı yapı malzemesi ile bağlı yapının farklı elektrokimyasal özelliklere sahipse, bunların iletken şekilde bağlanmasına izin verilmez. Bu durumda, bunlar birbirinden yalıtılmalıdır.

9.2 Hesaplama esasları

9.2.1 Katodik korumanın seçimi ve dizaynında aşağıdaki parametreler ve koşullar dikkate alınacaktır:

- Korunacak yüzeyin boyutu ve şekli,
- Bitişik yapılar,

- Onarım olanakları ve bakım düzenleri,
- Yapının öngörülen servis ömrü,
- Yapının boyası.

9.2.2 Suya batmış bölgedeki ortam koşulları ile gerekli koruyucu akım yoğunluğu ve anodun akım deşarjı arasında ilişki vardır. Bu nedenle, aşağıdaki parametreler bilinmelidir :

- Sıcaklık aralığı,
- Oksijen oranı,
- İletkenlik,
- Akış hızı (akıntı, dalgalar),
- Kimyasal bileşim,
- Biyolojik aktivite,
- Kum erozyonu.

Eğer ilgili deniz alanında, bu parametreler bilinmiyorsa ve açık deniz yapısında bu bölgede bir deneyim kazanılmamışsa, ölçümler yapılmalıdır.

9.2.3 Katodik koruma; korunacak tüm alanlarda, ölçülen potansiyel değerler, Tablo 3.15’de verilen sınırlar içinde olacak şekilde dizayn edilecek ve sürdürülecektir.

Akma noktası $\geq 800 \text{ N/mm}^2$ olan yüksek mukavemetli çeliklerdeki katodik koruma için, potansiyel aralığı hususunda TL ile anlaşmaya varılacaktır. Kaplamasız çelikler için ve kalınlığı 1 mm’yi aşan kalın kaplamalar için, maksimum değer uygulanmaz.

9.2.4 Yüksek alaşımlı paslanmaz çelikler, pitinge ve çatlak korrozyonuna karşı, TL ile anlaşmaya varılmak suretiyle yapılan uygun bir anot düzenlenmesine sahip katodik koruma ile koruma yapılabilir.

Tablo 3.15 Alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerin (akma noktası ≤ 800 N/mm²) katodik korrozyondan korunması ile ilgili potansiyeller

	Referans elektrot [V]		
	Cu/CuSO ₄	Ag/AgCl	Zn
Minimum değer	-0,85	-0,80	+0,25
Maksimum değer	-1,10	-1,05	+0,00

9.2.5 Gerekli dizayn akımının belirlenmesinde, su içindeki ve deniz tabanı altındaki yüzey ile korunacak yapıyla elektriksel olarak iletici bağlantısı bulunan diğer yapılar da dikkate alınacaktır.

9.2.6 Akım yoğunluğu zaman ile değişir. Kaplamasız çeliklerde, akım yoğunluğu düşer, kaplamalı çeliklerde ise, kaplama hasarı sonucunda artabilir. Tablo 3.16'da kaplamasız çeliğin katodik koruma için minimum akım yoğunluğu değerleri verilmektedir.

9.2.7 Deniz tabanı altında yer alan -örneğin; kazık temelleri- kaplamasız çelik yüzeyleri için 20 mA/m²'lik koruyucu akım yoğunluğu sağlanacaktır.

9.2.8 Sıçrama bölgesinde yer alan çelik yüzeyleri için, Tablo 3.16'daki akım yoğunlukları, EN 12495'e göre 1,2 faktörü ile çarpılacaktır. Sıçrama bölgesinde, katodik koruma ile kaplama sistemi kombinasyonu kullanılacaktır. 20 yıllık bir ömür için, kaplama bozulması faktörünün yaklaşık olarak %50 olduğu dikkate alınmalıdır. Bu değer, kaplama sisteminin uygulamasına bağlıdır.

9.2.9 Etkin bir korrozyondan koruma yapıldığında, 30 yıllık öngörülen servis ömrü için, Tablo 3.16'da belirtilen akım yoğunluğunun yaklaşık %50'si gereklidir. Gerekli başlangıç akım yoğunluğu, Tablo 3.16'daki başlangıç değerinin yaklaşık %10'udur.

9.2.10 Eğer çelik yapılar, beton yapıların donatıları ile temas ediyorsa, donatıların elektriksel olarak iletken bağlantıları yapılmalıdır. Dış donatılar için -yaklaşık olarak beton yüzeyine karşılık gelen- akım yoğunluğu 5 mA/m² alınacaktır.

Tablo 3.16 Çeşitli deniz alanları için, kaplamasız çeliklerin minimum akım yoğunluğu değerleri

	Akım yoğunluğu [mA/m ²]	
	Başlangıç değeri	Nihai değer
Kuzey denizi (güney)	150	100
Kuzey denizi (kuzey)	180	120
Meksika körfezi	150 (1)	75 (1)
ABD Batı kıyıları	150 (1)	100 (1)
Cook inlet	430 (1)	380 (1)
Arap körfezi	130 (1)	90 (1)
Endonezya	110 (1)	75 (1)
(1) NACE-RP-01-76-2003		

9.3 Tutuylarla koruma

9.3.1 Tutuya malzemeleri

9.3.1.1 Olası anot malzemeleri; alüminyum, çinko ve magnezyum esaslı alaşımlardır. Deniz suyu ortamında, magnezyum anotlar kullanılmayacaktır.

9.3.1.2 Genelde, sadece TL onaylı üreticilerden sağlanan malzemeler kullanılabilir. Diğer test kuruluşlarından alınan onaylar veya ürünlerin sürekli kalite kontrolü esasına göre verilen onaylar TL tarafından kabul edilebilir.

9.3.1.3 Üretim yeri onayı için, işyerinin bir tanımı TL'na verilecektir. İşyerlerinde; yeterli üretim ve kalite kontrol olanakları ile anotların testi için gereken laboratuvarlar bulunmalıdır. Özel hallerde, anotlar, işyeri dışındaki kuruluşlar tarafından test ediliyorsa, bu kuruluşlarda gerekli olanaklar bulunmalıdır. İşyerinin onayından önce, üretim ve test olanakları muayene edilecektir.

9.3.1.4 Anotların, aşağıdaki ayrıntıları içeren sertifikaları bulunmalıdır :

- Üretici,
- Anot tipi,
- Kimyasal analiz,

- Analiz yöntemi,
- Akım kapasitesi [Ah/kg]
- Akım gücü [A].

9.3.1.5 Özel hallerde veya sipariş verenin isteği halinde, testler **TL**'nin gözetiminde yapılacaktır. **TL**'nin, üretici sertifikası ile teslim edilen ürünleri kontrol etme hakkı saklıdır.

9.3.1.6 Tüm tutyalar, üreticinin ve tipin açıkça belirlenebileceği şekilde işaretlenecektir.

9.3.1.7 Tutyalar için özel istekler varsa, öngörülen amaca uygunlukları ile ilgili kanıtlar verilecektir.

9.3.1.8 Henüz denenmemiş yeni tutya malzemeleri kullanıldığında, bunların özellikleri deneylerle belirlenecek ve sonuçları **TL**'na verilecektir.

9.3.1.9 Tutya ile montaj elemanı arasındaki metalik bağlantı güvenliğe alınacak ve bu konudaki kanıt, istek halinde **TL**'na verilecektir.

9.3.2 Tutyaların boyutlandırılması

9.3.2.1 Tutyaların gerekli adedi ve ölçülerinin hesaplanması 9.2'de belirtilen parametrelere bağlıdır. Kullanım yeri, yapı ve tutya malzemesi ile ilgili veri dokümanları **TL**'na verilecektir.

9.3.2.2 Gerekli tutya ağırlığı, aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir :

$$m = \frac{A \cdot I \cdot t}{Q} \cdot j \quad [\text{kg}]$$

m = Tutyanın gerekli toplam ağırlığı [kg],

A = Korunacak toplam alan [m²],

I = Gerekli koruma akımı yoğunluğu [A/m²],

t = Koruma süresi [h],

Q = Pratik akım kapasitesi [Ah/kg],

j = Emniyet faktörü = 1,1 [-].

9.3.2.3 Tutyalar, gerekli akım boşalımı sağlanacak geometrik şekle sahip olacaktır.

9.3.3 Tutyaların montajı

9.3.3.1 Tutyalar, korunacak nesneye, sürekli iletkenlik sağlanacak şekilde bağlanacaktır. Bu işlem kaynakla yapılacaksa, **TL** Kaynak Kuralları uygulanır.

9.3.3.2 Tutyalar kaynatılmayacaksa, elektriksel iletkenlik ile ilgili kanıtlar verilecektir.

9.3.3.3 Akım dağılımının mümkün olduğu kadar üniform olmasını sağlamak için, tutyalar yapıdan yaklaşık olarak en az 30 cm mesafede olmalıdır.

9.3.3.4 Tutyalar; potansiyel Tablo 3.15'deki koruyucu potansiyelden daha negatif olacak şekilde dağıtılacaktır. Yani, diğer bileşenler nedeniyle gölge etkisi adı verilen etki oluşmayacaktır.

9.3.3.5 Tutyalar ve bunların montaj elemanları, akıntılar ve dalgalar nedeniyle oluşan yüklere dayanabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır.

9.3.3.6 İlgili yapıya uygulanacak yapım kuralları ve yapısal elemanlardaki olası hasarlanmalar bakımından bağlantılar hususunda **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

9.3.3.7 Tutya yüzeyi kirlerden ve kaplama malzemelerinden arındırılacak, böylelikle akım iletimi zarar görmeyecektir.

9.3.4 Katodik korumanın kontrolü

9.3.4.1 Çeliğin gerekli korumasının sağlandığının belirlenmesi için, yapının ilk kullanımından uygun bir süre sonra, potansiyel ölçümleri yapılacaktır. Potansiyeller, kural olarak, yılda bir kez kontrol edilecektir. Kanalize edilmiş akım sisteminde, serbest potansiyel belirlenecektir.

9.3.4.2 Kontrol ölçümleri için Ag / AgCl / KCl referans elektrotları kullanılacaktır.

9.3.4.3 Referans elektrotlar, belirlenen bir programa göre bir dalgıç ve/veya içinde insan bulunan veya bulunmayan dalgıç cihazı ile yapıya mümkün olduğu kadar yakın olarak yerleştirilecektir.

9.3.4.4 Tutyaların durumu, pasifleştirme ve kristallerarası korrozyon bakımından, yapının sörveyi sırasında kontrol edilecektir. Seçilen sayıda tutyanın potansiyeli ve boyutları tespit edilecektir.

9.4 Kanalize edilmiş akımla katodik koruma

9.4.1 Tutya malzemeleri

9.4.1.1 Kanalize edilmiş akım sistemindeki tutyalar; kurşun-gümüş alaşımları, platinize edilmiş tantal, nyobyum veya titanyum ve iyi iletkenliğe sahip ana metalin üzerine metal oksit tabakaları uygulanması şeklinde olabilir.

9.4.1.2 Kurşun-gümüş alaşımlarından yapılan tutyalar, sadece 30 m. ye kadar olan su derinliklerinde kullanılabilir.

9.4.1.3 Tantal, nyobyum ve titanyum üzerindeki platin tabakası, taşıyıcı malzemeye yeterli surette yapışacaktır.

9.4.1.4 Platin kaplı titanyum tutyalar, 8V'a kadar, nyobyum tutyalar 60 V'a kadar ve tantal tutyalar 150 V'a kadarlık yüklere maruz kalabilirler. Daha yüksek gerilimlere uygunluğun kanıtı **TL**'na verilecektir. Gerilimin hesaplanmasında, uygulanan dalış kuralları dikkate alınacaktır.

9.4.1.5 Üretim yerleri, üretim prosedürü, alaşımların kompozisyonu, platin kaplama kalınlığı ve bunun hesaplanması ile ilgili dokümanlar **TL**'na verilecektir.

9.4.2 Kanalize edilmiş akım sisteminin dizaynı

9.4.2.1 Gerekli akım yoğunluğunun hesaplanmasında 9.2'de belirtilen koşullar uygulanır.

9.4.2.2 Normalde az sayıda tutyalar ve konsantre akım boşalımı nedeniyle, akım dağılımı genelde optimum değildir. Genelde, tutyaya bitişik yüzeyler aşırı derecede korunur. Bu nedenle, kanalize edilmiş akımlı koruma sisteminin dizaynında, tutyalar ile çelik yapı arasındaki mesafenin bağılısı olarak hesaplanan toplam akım yoğunluğu $1,2 \div 1,5$ faktörü ile çarpılacaktır (9.11'e bakınız).

9.4.2.3 Yeterli koruma olmayan hiçbir alan kalmaması sağlanmalıdır. Gölge etkisi nedeniyle, diğer bileşenlerin yüzeylerinin yeterli olarak korunamadığı ve ilave dış akım tutyalarının konulmasının olanaksız olduğu hallerde, **TL** ile anlaşmaya varılarak, kanalize edilmiş akım ve tutyaların kombine edildiği bir koruma sağlanabilir.

9.4.3 Kanalize edilmiş akım sisteminin tesis edilmesi

9.4.3.1 Elektrik cihazları ve tesisatının (örneğin; rektifayerler, kontrol ve kayıt üniteleri, kablo sistemi, vb.) dizaynı ve imalatında, açık deniz tesisleri kuralları dikkate alınacaktır.

9.4.3.2 Kablolar; gerilimi boşaltacak ve mekanik hasarlara karşı korunacak (örneğin; çelik boru içinde) şekilde düzenlenecektir. Ancak, kabloların onarımı veya yenilenmesi mümkün olmalıdır.

9.4.3.3 Tutyalar, çelik yapıdan en az 1,5 m. mesafede düzenlenecek veya tutya yüzeyi ile korunacak çelik yüzey arasındaki mesafeyi koruyacak plastik muhafazalar kullanılacaktır.

9.4.3.4 Tutyalar, su altında değiştirilebilecek şekilde dizayn edilecektir. Bu nedenle, serbest temaslar deniz suyuna dirençli olacak ve yosunlanmaya karşı korunacaktır.

9.4.3.5 Yapıya sabit olarak bağlanmayan tutyaların -örneğin; deniz tabanına yayılmış- kullanımı hususunda **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

9.4.3.6 Montajın gözetimi için, uygun yerlere referans elektrotlar konulacak, bunların değerleri okunabilecek ve/veya kaydedilebilecektir.

9.4.3.7 Tesisin potansiyeli otomatik olarak kontrol edilmelidir. Bu durumda, el ile kontrole değiştirme olanağı sağlanacaktır.

9.4.3.8 Tutyaların yapıya bağlantısı için 9.6'ya bakınız.

9.4.4 Kanalize edilmiş akım sistemlerinin kontrolü

9.4.4.1 Kanalize edilmiş akım sistemlerinde, en az haftada bir kez; rektifayerin ve kontrol cihazlarının işleyişi, gerilim, anotların akım boşalımı ve potansiyel değerleri monte edilmiş bulunan referans elektrotlara göre kontrol edilecektir.

9.4.4.2 Kanalize edilmiş akım sisteminin anotlarının ve kablolarının durumu, yapının genel yıllık sömreyi sırasında, yılda bir kez, kontrol edilecektir.

10. Donatılı beton

10.1 Donatı üzerine uygulanacak beton örtü, asgari olarak DIN 1045-1:2001-07'de belirtilen değerde olmalıdır. Açık deniz tesisleri için, minimum örtünün maruz kalma sınıfı XS3'dür. Öngerilmenin kirişlerin ve bunların bağlantılarının korrozyondan koruma sistemi, **TL** tarafından yapılan düzenlemeye göre dizayn edilmelidir.

10.2 Öngerilmeli betonların bağlı kirişleri, korrozyona karşı EN 445-447, EN 523 ve EN 524'e göre korunmalıdır. Harç EN 445-447'ye ve öngerilme kirişleri için çelik şerit kılıfların tepkisi ve kalite kontrolü EN 523 ve 524'e göre incelenecektir.

EK 3-A

KAYNAKLI AÇIK DENİZ YAPILARI İÇİN UYGUN ÇELİKLER

1. Açıklamalar

1.1 Tablo 3-A.1'de levha ve profiller için, Tablo 3-A.2'de borular için uygun çelik malzemeler verilmiştir. Bu malzemeler, her durumda, buradaki kurallarda ve yapım spesifikasyonunda belirtilen darbe enerjisi isteklerine uygunluk yönünden kontrol edilmelidir.

1.2 Eşdeğer özelliklerde olmaları koşuluyla, diğer standartlara göre üretilen çelikler de kullanılabilir. Bu durumda, bu çelikler, Tablo 3-A.1 ve Tablo 3-A.2'de listelenen çelik kaliteleri ile ilişkilendirilmelidir.

Tablo 3-A.1 Levhalar ve profiller için uygun çelikler

Yapı elemanı sınıfı	Çelik mukavemet sınıfı	Standart ve/veya kurallar	Malzeme sembolü
Özel	Daha yüksek mukavemetli	EN 10225 EN 10025-3/-4 (2)	S 460 +S 420, grup 2+3'ün S 460 NL (1)+S 460 ML (1) S 420 NL (1)+S 420 ML (1)
	Yüksek mukavemetli	EN 10225 EN 10025-3/-4 (2)	S 355, grup 2+3'ün S 355 NL (1)+S 355 ML (1)
	Normal mukavemetli	EN 10025-3/-4 (2)	S 275 NL (1)+S 275 ML (1)
Birincil	Özel sınıf için olanlar ve ilave olarak :		
	Daha yüksek mukavemetli	EN 10025-3/-4 (2)	S 460 N+NL, S 460 M+ML S 420 N+NL, S 420 M+ML
	Yüksek mukavemetli	EN 10225 EN 10025-3/-4 (2) EN 10025-2 (3)	S 355, grup 1'in S 355 N+NL, S 355 M+ML S 355 J2+K2
	Normal mukavemetli	EN 10025-3/-4 (2) EN 10025-2 (3)	S 275 N+NL, S 275 M+ML S 355 J2+K2 S 235 J2+K2
İkincil	Özel ve birincil sınıf için olanlar ve ilave olarak :		
	Yüksek mukavemetli	EN 10025-2 (3)	S 355 J0
	Normal mukavemetli	EN 10025-2 (3)	S 275 JR, S 275 J0 S 235 JR, S 235 J0

(1) Maks. $P=0,025$, Maks. $S = 0,010$

(2) EN 10025-1 ile bağlantılı olarak. EN 10025-3/-4, EN 10113-2/3: 1993'ün yerini alır.

(3) EN 10025-1 ile bağlantılı olarak. EN 10025-2, EN 10025 : 1990'ın yerini alır.

Tablo 3-A.2 Borular için uygun çelikler

Yapı elemanı sınıfı	Çelik mukavemet sınıfı	Standart ve/veya kurallar	Malzeme sembolü
Özel	Daha yüksek mukavemetli	EN 10225	S 460 +S 420, grup 2+3'ün
		EN 10219	S 460 NLH (1)+S 460 MLH (1)
		EN 10210	S 420 MLH (1) S 460 NLH (1)
	Yüksek mukavemetli	EN 10225	S 355, grup 2+3'ün
		EN 10219 EN 10210	S 355 NLH (1)+S 355 MLH (1) S 355 NLH (1)
	Normal mukavemetli	EN 10219 EN 10210	S 275 NLH (1)+S 275 MLH (1) S 275 NLH (1)
Birincil	Özel sınıf için olanlar ve ilave olarak :		
	Daha yüksek mukavemetli	EN 10219	S 460 NH+NLH,S 460 MH+MLH
		EN 10210	S 420 M+ML S 460 NH+NLH
	Yüksek mukavemetli	EN 10225	S 355, grup 1'in
		EN 10219 EN 10210	S 355 NH+NLH,S 355 MH+MLH S 355 J2H S 355 NH+NLH,S 355 J2H
	Normal mukavemetli	EN 10219 EN 10210	S 275 NH+NLH,S 275 MH+MLH S 275 J2H S 275 NH+NLH, S 275 J2H
		Özel ve birincil sınıf için olanlar ve ilave olarak :	
	İkincil	Yüksek mukavemetli	EN 10219
EN 10210			S 355 J0H
Normal mukavemetli		EN 10219	S 275 J0H,S 235 JRH
		EN 10210	S 275 J0H,S 235 JRH
(1) Maks. P=%0,025, Maks. S = %0,010			

EK 3-B

YAPI ÇELİKLERİNİN KALINLIK SINIRLARI

1. Açıklamalar

Tablo 3-B.1’de çeşitli yapı elemanı sınıfları ve dizayn sıcaklıkları için yapı çeliklerinin kalınlık sınırları verilmektedir. Kullanılacak çeliğin kalitesi, ilgili yapı

elemanı sınıfına ait dizayn sıcaklığı ve kalınlığa göre seçilecektir. Öngörülen kalınlık sınırlarını aşan kaynaklı yapısal çelikler, Bölüm 3, D, 2.6.8.2’deki istekleri karşılamalıdır.

Tablo 3-B.1 Çeşitli yapı elemanı sınıfları ve dizayn sıcaklıkları için yapı çeliklerinin kalınlık sınırları [mm]

Yapı elemanı sınıfı	Çelik mukavemet sınıfı	Charpy-V çentik test sıcaklığı T_T [°C]	Dizayn sıcaklığı T_D [°C]			
			≥ 10	0	-10	-20
Özel	Daha yüksek mukavemetli	0	15	15	10	-
		-20	30	30	25	20
		-40	60	60	50	40
		-60	150	150	100	80
	Yüksek mukavemetli	0	10	10	-	-
		-20	25	25	20	15
		-40	50	50	40	30
	Normal mukavemetli	-60	100	100	80	60
		-20	35	30	25	20
Birincil	Daha yüksek mukavemetli	-40	60	60	50	40
		-60	150	150	100	80
	Yüksek mukavemetli	0	30	30	25	20
		-20	60	60	50	40
		-40	150	150	100	80
	Normal mukavemetli	-60	150	150	100	80
		0	25	25	20	15
	Yüksek mukavemetli	-20	55	55	45	35
		-40	100	100	80	60
İkincil	Daha yüksek mukavemetli	-60	150	150	100	80
		0	60	60	50	40
	Yüksek mukavemetli	-20	150	150	100	80
		-40	150	150	100	80
		-60	150	150	100	80
	Normal mukavemetli	Test edilmemiş	30	30	25	20
		0	60	60	50	40
	Yüksek mukavemetli	-20	150	150	100	80
		-40	150	150	100	80

BÖLÜM 4

YÜK KABULLERİ

Sayfa

A. Esaslar	4- 1
B. Dış Koşullar	4- 4
C. Yüklerin Hesaplanması	4-27
Ek 4-A Koordinat Sistemleri.....	4-49
Ek 4-B Yüklerin Değerlendirilmesi	4-52
Ek 4-C Güç Sistemi Arızası	4-55
Ek 4-D Açık Deniz Rüzgar Türbini Tanımı ile İlgili Dizayn Parametreleri	4-56
Ek 4-E Rüzgardan Oluşan ve Su Derinliği ile Sınırlı Dalga Spektrumu	4-58
Ek 4-F Deniz Koşulunda Dalgaların Doğrultusal Dağılımı	4-59
Ek 4-G Dalga Kinematiğinin Hesabı	4-60
Ek 4-H Rijid Konumlandırılmış Yapılar için Dizayn Dalga Yüklerinin Belirlenmesi	4-63
Ek 4-I Kazıkların Kırılan Dalga Yükü	4-66
Ek 4-J Rüzgar ve Dalga Dağılımı Kombinasyonu	4-68

A. Esaslar

1. Genel

1.1 Aşağıdaki maddelerde, ortam koşulları ile açık deniz rüzgar türbininin çalışmasından kaynaklanan yüklerin hesaplanması ile ilgili istekler açıklanmıştır.

1.2 Terimler ve tanımlar Ek 4, A'da ve Bölüm 1, A.6'da verilmiştir.

1.3 Dış koşullar şiddetine göre sınıflandırılır ve yüklerin hesaplanması için dizayna esas olan montaj sahasının isteklerine uygun olacak şekilde seçilebilir.

1.4 Taşıyıcı yapıların (kule, alt yapı ve temel) dizaynı genelde saha özgü olup, makina donanımı dizaynı (üst taraf yapısı), aşağıda tanımlanan rüzgar sınıflarına göre genel yaklaşımla yapılabilir.

1.5 Açık deniz rüzgar türbininin taşınması ve montajı sırasındaki yüklere ait özel istekler Bölüm 12'de verilmiştir.

1.6 Buradaki esaslarda özellikle belirtilmeyen elemanlar, bileşenler yada prosedürler ve yüzer üniteler için, uygun olan ve üzerinde anlaşmaya varılan diğer TL kuralları uygulanabilir, örneğin;

- Rüzgar türbinlerini sertifikalandırma esasları,
- Açık deniz tesislerinin klaslama ve yapım kuralları,
- Yüzer üretim, depolama ve aktarma tesislerinin dizayn, yapım ve sertifikalandırma esasları,
- Deniz altı boru hatları ve yükselticileri ile ilgili kurallar.

1.7 Buradaki esasların uygulanmasında, açık deniz rüzgar türbininin insansız olduğu kabul edilmiştir. Türbinde sığınma yerleri olabilir, ancak sabit yaşama mahalleri yoktur.

1.8 İçinde insan bulunan ve tipik olarak 20 yıldan farklı dizayn ömrüne sahip olan veya yapının yitilmesi yada ciddi derecede hasarlanması önemli sonuçlara yol açan yapıların dizaynı ile ilgili farklı dizayn istekleri dikkate alınmalıdır.

2. Değerlendirme Dokümanları

Yük kabullerinin değerlendirilmesi için, aşağıdaki bilgileri içeren dokümanlar verilecektir:

- a) Türbinlerin konumları ve batimetrikler ile birlikte rüzgar çiftliği konfigürasyonu, konumlarına bağlı olarak türbinlerin doğal frekansları,
- b) Ortam koşulları, deniz tabanının özellikleri hakkında bilgiler, jeoteknik veriler, elektrik koşulları, vb. gibi saha verileri saha için tanımlanacak veya üretici tarafından belirlenen isteklere göre belirlenecektir. Özel verilerin dizayn dokümanları asgari olarak, Ek 4-D'de listelenen bilgileri içerecektir.
- c) Ortam koşullarının elde edilmesinde kullanılan modellerin tanımı ve temel dizayn parametreleri değerleri, eğer B.'de belirtilen model uygulanırsa, parametre değerlerinin bildirimi yeterlidir.
- d) Yapının yüklerine ve davranışlarına etki eden deniz koşullarının ve bunların azaltılması veya giderilmesi için dikkate alınan yöntemler, yani aşınma ve aşınma koruması, deniz canlıları, korozyondan korunma ve korozyon payı.
- e) Öngörülen çalışma sahasındaki fiziksel ortam parametreleri (örneğin; hava yoğunluğu, dinamik viskozite, su yoğunluğu, tuzluluk, vb.). Aşırı sıcaklıklara sahip yerlerde, C.4'deki açıklamalar dikkate alınacaktır.
- f) Dizayn ömrünü, ortamı, yapım yeri ve süresini bildiren genel spesifikasyon ve denizde nihai montaja kadar ana yapım aşamaları,
- g) Transport ve montaj prosedürlerine ait dokümanlar:

Özel türbin durumlarının ayrıntıları ve taşıma, montaj ve bakım için izin verilen ortalama rüzgar hızları ve etkin dalga yükseklikleri. Burada, hareketli bileşenlerin (örneğin; kanat, pervane ve yönlendirme yatağı kilidi) kilitlenmesi için boyutlandırma yükleri belirtilecektir.

- h) Denizdeki işlemler, yapı üzerine veya yapısal elemanlar üzerine ilave yükler getirebilir. Bakım botunun ölçüsü ve deplasmanı belirtilecektir.
- i) Varsa, bağlama sisteminin genel yerleşimi ve dizayn ayrıntıları,
- j) Kütleler, kütle atalet momentleri ve ağırlık merkezlerinin belirtildiği, ana ölçüleri içeren resimler. Pervane kanadı geometrisi için özellikle, eğrilik, profil boyu profil kalınlığı ve profil tipi belirtilmelidir.
- k) Tüm ana yapısal elemanlar için (örneğin; pervane kanadı, tahrik sistemi, taşıyıcı yapı, vb.) hesaplama ile belirlenen gerilmeler durumunda, hesaplarda kullanılan kütle dağılımı, katlıklar, doğal frekanslar ve sönümlenmeler belirtilecektir.
- l) Türbinin dinamik davranışı üzerinde etkisi olan elektrik bileşenlerinin karakteristik parametreleri (örneğin; yönlendirme tahrik sistemi, jeneratör, vb.),
- m) Kararlı rüzgar durumunda, V_{in} ile V_{out} arasında, normal çalışmadaki hesaplamaların sonucu olarak güç eğrisi,
- n) Reynolds sayıları ve profil kalınlığı için 360° 'lik geliş açısına göre kullanılan profil tipi için aerodinamik veriler (kaldırma, sürüklenme ve moment katsayıları) 3 boyutlu bir düzeltme yapılacaktır.
- o) Dizayn için kabul edilen zemin koşulları tanımı ve yük analizi için kullanılan değerler, örneğin p-y eğrileri,

- p) Taşıyıcı yapının hidrodinamik davranışını elde etmek için kullanılan yöntem ve elde edilen değerler (hidrodinamik katsayılar). Eklentilerin etkileri dikkate alınmalıdır.
- r) Dikkate alınacak doğal frekansları (örneğin; pervane kanadı, tahrik sistemi, taşıyıcı yapı) ve ilgili uyarımları da (örneğin; pervane devri, IP, 3P, 6P, vb.) içeren bir rezonas diyagramı (örneğin; Campbell diyagramı) verilecektir.
- s) Taşıyıcı yapının rezonas aralığındaki çalışmalar için: işlevsel prensiplerin ve titreşim izlemesi uygulama kriterleri ile öngörülen harekete geçme değerlerinin tanımı.
- t) Benzeşim sağlamak üzere, kontrol düzeninin ayrıntılı tanımı,
- u) Mekanik frenin, frenleme tork eğrisi,
- v) Koordinat orijinin yeri ile birlikte kullanılan koordinat sistemlerinin tanımı ve varsa skeci (Ek 4-A'daki örneklere bakınız).
- y) Hesaplanan yük durumlarının, aşırı ve yorulma yüklerinin değerlendirmesinin ayrıntılı açıklaması,
- z) Değerlendirme dokümanlarına, açık deniz rüzgar türbininin işlevsel prensibinin ve rüzgar türbininin yük tepkisi üzerinde etkisi olan kontrol ve emniyet sistemlerinin tanımı dahil edilecektir. Bu bağlamda, verilecek dokümanların kapsamı ve bilgi içerikleri Bölüm 2, A.1'de verilmiştir.

3. Dizayn Yöntemleri

3.1 Buradaki kurallarda yapısal analizde kullanılacak nominal veya dizayn yük değerleri esas alınmıştır.

3.2 Eğer dizayn yükleri hesaplama ile bulunacaksa, yapısal dinamik model kullanılacaktır. Hesaplamalarda, genelde lineer elastik teori esas alınabilir. Ancak, önemli olduğu belirlenen hallerde, yükler ile yük etkileri arasındaki lineer olmayan ilişkiler uygun şekilde hesaba katılacaktır.

3.3 Bir yapı, çeşitli kriterlere göre, hasarlar veya diğer durum değişiklikleri nedeniyle emniyetsiz veya kullanım için yetersiz olabilir. Bunlar "sınır durumlar" ile tanımlanabilir. Sınır durumlar, Bölüm 1, C.2.2'de sınıflandırılmıştır.

3.4 Yük durumları, genel mukavemet ve yorulma mukavemeti analizleri için düzenlenmiştir. Gerekirse, her iki durumda da sistemin dinamik davranışı (örneğin; rezonans, dinamik kararsızlık) dikkate alınacaktır. yorulma analizinde, pervanenin süpürme alanındaki rüzgar hızı dağılımının etkisi uygun şekilde dikkate alınacaktır. bu dağılım, deterministik (düşey rüzgar-hızı değişimi, kule gölge etkisi) ve olasılıksal etkilerin (kısmi fırtına, türbülans) sonucudur.

3.5 Dizaynın uygunluğunun doğrulanması hesaplamalarla ve / veya ölçümlerle yapılacaktır. Eğer bu doğrulamada ölçüm sonuçları kullanılırsa, buradaki esaslarda tanımlanan dizayn durumlarını yansıtmak üzere, test sırasında etkin olan ortam koşulları gösterilecektir. Test yükleri dahil, ölçüm koşullarının seçiminde, uygulanacak kısmi emniyet faktörleri dikkate alınacak ve **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

3.6 Yüklerin tanımı için, montaj sahasına ait meteorolojik ve oşinografik veriler uygulanır. Eğer hakiki işletim koşulları yeterince bilinmiyorsa, açık deniz rüzgar türbini Bölüm 4, B.2.1'de belirtilen rüzgar türbini sınıflarının birine ve aşağıda belirtilen verilere göre dizayn edilebilir. Ancak, türbinin montajından önce, sahadaki dizayn koşullarının, öngörülen dış koşulları yeterince kapsamı sağlanacaktır. Bir rüzgar türbini çiftliğine monte edilen türbinler için, karşılıklı etkiler dikkate alınacaktır.

Burada arttırılmış türbülans ve üniform olmayan akımlar söz konusudur.

3.7 Uygun kod'lar kullanılarak, genelde sınır durumlar ve kısmi emniyet faktör dizaynı ile birlikte, yarı-probabilistik dizayn yöntemleri uygulanabilir. İlgili veriler ve emniyet faktörleri hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

3.8 Probabilistik yöntemler, **TL** ile görüşmek suretiyle özel durumlarda kullanılabilir.

4. Emniyet Sınıfları

4.1 Bir açık deniz rüzgar türbini, aşağıdaki iki emniyet sınıfından birine göre dizayn edilecektir:

- Bir arıza oluşumunun, insanların yaralanması veya ekonomik ve sosyal sonuçlar doğması riskini taşıdığı durumlarda uygulanan normal emniyet sınıfı,
- Emniyet isteklerinin lokal kurallar tarafından belirlendiği ve / veya emniyet isteklerinin dizayner ve müşteri arasında kararlaştırıldığı durumlarda uygulanan özel emniyet sınıfı.

4.2 Normal emniyet sınıfındaki bir rüzgar türbininin kısmi emniyet faktörleri Bölüm 4, C.7’de verilmiştir. Özel emniyet sınıfındaki rüzgar türbinlerinin kısmi emniyet faktörleri özel anlaşmayı gerektirir. Özel emniyet sınıfına göre dizayn edilen bir rüzgar türbini, “S sınıfı” türbindir.

B. Dış Koşullar

1. Genel

1.1 Açık deniz rüzgar türbinleri; yüklerine, dayanımlarına ve çalışmalarına etki edebilen oşinografik, meteorolojik ve elektriksel koşullara tabidir. Yeterli düzeyde emniyet ve güvenilirlik sağlamak için dizaynda; ortam, elektriksel ve zemin parametreleri dikkate alınacak ve dizayn dokümanlarında açık olarak belirtilecektir.

1.2 Açık deniz rüzgar türbini sertifikalandırılması kapsamında, montaj sahasında öngörülen koşullar kaydedilecektir. Bunlar, aşağıdaki kısımlarda listelenen özelliklerini içerir. Listelenmeyen ve açık deniz rüzgar türbininin dizaynına etkisi olabilen diğer koşullar da belirtilecektir.

1.3 Yüklerin tanımı için, meteorojik ve oşinografik veriler ile montaj sahasına ait diğer deniz iklimi koşulları uygulanacaktır. Kutup bölgeleri ve tropik fırtınaların oluşabileceği alanlar gibi aşırı koşullara sahip bölgelere özel olarak dikkat edilecektir.

1.4 Ortam koşulları; rüzgar, deniz akıntıları, deniz dalgaları, deniz seviyesi, iklim koşulları, sıcaklık, deniz canlıları, deniz buzları, deniz yatağı, diğer etkiler ile belirlenebilir.

1.5 Dizayn ortam koşulları, yapının ilgili olasılık düzeyine en olumsuz etkilerde bulunacak şekilde belirtilecektir.

1.6 İşletme koşulları ile birleştirmek amacıyla, dış koşullar normal ve aşırı olmak üzere ikiye ayrılır. Normal dış koşullar, genelde, yılda bir kez veya daha sık olarak aşılma olasılığı bulunan koşullardır. Diğer yandan, aşırı dış koşullar, 50 yılda bir kez aşılma olasılığı bulunan koşullardır.

1.7 Buradaki kurallardaki sadeleştirici kabuller, yapısal dizaynla ilgili emniyet faktörleri spesifikasyonuna göre yapılacaktır. Eğer dizayn durumları için, ortam dizayn parametreleri yaklaşımları, buradaki kurallarda belirtilenlerden daha uygun ise, emniyet faktörlerindeki azatlımlar **TL** tarafından kabul edilebilir.

1.8 Özel risk taşıyan alanlar için veya ortam koşulları buradaki kuralların isteklerine göre belirlenmemiş ise, emniyet faktörleri, buradaki esasların emniyet düzeyini desteklemek üzere ayarlanabilir.

1.9 Sınırlayıcı dizayn ortam koşulları, varsa istatistiksel gözlemler esas alınarak belirlenebilir. Buradaki kurallarda belirtilmemişse, **TL** ile anlaşmaya varılarak probabilistik yaklaşımlar uygulanabilir.

1.10 Çeşitli dizayn ortam parametrelerinin süperpozisyonunda, fiziksel bağlantılar veya bu parametreler arasındaki bağlantılar yada ait oldukları ortam olayları arasındaki bağlantılar esas alınacaktır.

1.11 Dizayn parametrelerinin dizayn ortam koşulları esas alınarak (örneğin; dalga zerrecik hızının veya ivmesinin dalga yüksekliği ve periyodu esas alınarak) seçimi, buradaki esaslarda belirtilen şekilde yapılmıyorsa, **TL** ile anlaşmaya varılarak yapılabilir.

1.12 Uygun malzemeler, boyalar ve koruyucu filmler seçilerek ve düzenli muayeneler ile korozyon koruması sağlanacaktır. Mekanik ve elektrik bileşenlerinin

değerlendirilmesinde sadece bütünlük değil, korozyonun işlev üzerine etkisi de dikkate alınacaktır.

Özellikle pervane kanatlarında olmak üzere, erozyon olasılığı ile ilgili benzer değerlendirmeler yapılacaktır.

1.13 Açık deniz rüzgar türbinlerinin açık yapılar olduğu ve bu nedenle yıldırıma maruz kalma tehlikesi bulunduğu dikkate alınmalıdır. Özellikle pervane kanatlarında olmak üzere, erozyon olasılığı ile ilgili benzer değerlendirmeler yapılacaktır.

1.14 Dizaynda dikkate alınacak normal ve aşırı dış koşullar aşağıdaki kısımlarda tanımlanmıştır.

2. Meteorojik Veriler

2.1 Rüzgar Türbini Sınıfları

2.1.1 Açık deniz rüzgar türbini sınıflarının rüzgar hızı ve türbülans parametreleri bakımından tanımı, üst taraf yapısının (türbin makinaları) dizaynı için de geçerlidir. Rüzgar hızı ve türbülans parametreleri değerleri ile birçok farklı sahanın karakteristik değerlerinin temsili amaçlanmış olup, belirli bir saha için hassas bir tanımlama vermez. Hedef, rüzgar türbinlerinin, rüzgar hızı ve türbülans parametreleri ile açıkça farklılık gösteren sağlıklı derecelere göre sınıflandırılmasıdır. Tablo 4.1'de rüzgar türbini sınıflarını tanımlayan temel parametreler verilmektedir.

2.1.2 Açık deniz rüzgar türbinlerinin taşıyıcı yapılarının dizaynında, açık deniz rüzgar türbininin monte edileceği alanı temsil eden deniz koşulları dahil, ortam koşulları esas alınacaktır.

2.1.3 Referans rüzgar hızı V_{ref} olan rüzgar türbini sınıfına göre tasarlanan türbin, göbek yüksekliğinde 50 yıllık tekrarlama süresi ile 10 dakikalık ortama aşırı rüzgar hızının V_{ref} 'e eşit veya V_{ref} 'den küçük olduğu ortam koşullarına karşı koyabilecek şekilde dizayn edilecektir.

2.1.4 Ortalama rüzgar hızı v_{ave} , birkaç saniyeden birçok yıla kadar değişen belirli bir sürede ortalaması alınan, rüzgar hızının anlık değerinin istatistiksel ortalamasıdır. Buradaki esaslarda, rüzgar hızının birçok yıla ait yıllık ortalaması kastedilmektedir. Bu değer, rüzgar hızı dağılımını temsil eden Weibull veya Rayleigh fonksiyonlarında kullanılır (Bölüm 4, B.2.3.1'e bakınız).

2.1.5 Tablo 4.1'deki değerler, göbek yüksekliğinde uygulanır. Bunlar:

V_{ref} = Referans rüzgar hızı,

V_{ave} = Göbek yüksekliğindeki yıllık ortalama rüzgar hızı,

A = Yüksek türbülans şiddeti değeri sınıfı,

B = Orta türbülans şiddeti değeri sınıfı,

C = Düşük türbülans şiddeti değeri sınıfı,

I_{15} = 15 m/sn'deki türbülans şiddetinin karakteristik değeri,

a = Türbülans karakteristikleri için meyil parametresi'dir.

Tablo 4.1 Rüzgar türbini sınıfları için temel parametreler

Rüzgar türbini sınıfı	I	II	II	S
- V _{ref} [m/sn]	50	42,5	37,5	Sahaya özgü
- V _{ave} [m/sn]	10	8,5	7,5	
- A I ₁₅ (-)	0,18			
- a (-)	2			
- B I ₁₅ (-)	0,16			
- a (-)	3			
- C I ₁₅ (-)	0,145			
- a (-)	3			

2.1.6 Ayrıca, bu parametrelerin yanı sıra, açık deniz rüzgar türbininin dizaynında kullanılan dış koşulları bütünüyle belirtmek için diğer çeşitli parametreler de gereklidir. Bu ilave parametre değerleri 2.2 ÷ 2.5'de belirtilmiştir.

2.1.7 Dizayn ömrü en az 20 yıl olacaktır.

2.1.8 Bu bölümün diğer kısımlarındaki başlıklarda, parantez içinde gösterilen kısaltmalar, C.3.4'de tanımlanan dizayn yük durumları için dış rüzgar koşullarını belirtmek için kullanılmıştır.

2.2 Rüzgar Koşullarının belirlenmesi

2.2.1 Açık deniz rüzgar türbinleri, saha için veya seçilen rüzgar türbini sınıfında tanımlanan rüzgar koşullarına emniyetle karşı koyacak şekilde dizayn edilecektir.

2.2.2 Dizaynda ve özgün sahada, asgari olarak, aşağıda verilen temel rüzgar parametreleri belirlenecektir (Ek 4-D'ye de bakınız):

- V_{ref} , referans rüzgar hızı,
- V_{ave} , yıllık ortalama rüzgar hızı,
- Rüzgar hızı dağılımı,
- Rüzgar yönü dağılımı (rüzgar gülü),
- $V_{hub} = 15$ m/sn'de I_{15} türbülans şiddeti,
- Rüzgar kesmesi.

2.2.3 Buradaki esaslarda kullanılan ortalama rüzgar hızı için ortalama süre 10 dakikadır.

2.2.4 Burada I_{15} , 15 m/sn'lik 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı için, göbek yüksekliğindeki türbülans şiddetinin karakteristik değeridir. Karakteristik değer; türbülans şiddetinin ölçülen standart sapmasının, türbülans şiddetinin ölçülen ortalama değerine ilavesi ile elde edilir.

2.2.5 Rüzgar koşulları, öngörülen sahadaki ölçümlerle belirlenebilir. Saha koşulları, lokal meteorolojik

istasyonların uzun süreli kayıtları ile karşılaştırılacaktır.

2.2.6 Ölçüm süresi, en az 6 ay olmak üzere, güvenilir veriler elde edilebilecek kadar uzun olmalıdır. Eğer mevsimsel değişimlerin, rüzgar koşullarında önemli etkileri varsa, ölçüm süresinde bu etkiler dikkate alınacaktır. Ölçüm yüksekliği, dalga yüzeyinden kaynaklanan bozulmaları elimine edecek derecede yüksek olacaktır.

2.2.7 I_{15} değeri, uygun istatistiksel yöntemlerle, 10 m/sn'yi aşan rüzgar hızlarında ölçülen verilerden elde edilmelidir. Eğer diğer lokal koşullar, türbülans şiddetine etki ederse, bu etkiler verilere dahil edilecektir. Ölçümlerin frekansı, rüzgar gücü spektral yoğunluğunun gerçekçi temsili sağlanacak şekilde yüksek olacaktır.

2.2.8 Alternatif olarak, rüzgarın ilgili karakteristik değerleri, **TL** ile anlaşmaya varılarak, nümerik yöntemlerle hesaplanabilir. Rüzgarın etkin esme mesafesi, pürüzlülük boyu, ortalama rüzgar hızı, vb. gibi dış parametrelerin, rüzgar hızının güç spektrumuna ve yapışma fonksiyonlarına standart bağlantısı, türbülansın tanımı için temelde izin verilebilir olarak kabul edilir.

2.2.9 Eğer türbülans şiddetinin standart sapması ölçümle belirlenmemişse, 15 m/sn'deki karakteristik türbülans şiddeti, hesaplanan veya ölçülen ortalama türbülans şiddetinin 1,2 faktörü ile çarpımından bulunabilir.

2.2.10 Her rüzgar hızı bölmesinin aralığı en fazla 2 m/sn, rüzgar doğrultusu sektörünün aralığı ise en fazla 30° olabilir. Hava yoğunluğu hariç tüm parametreler, 10 dakika ortalama rüzgar doğrultusunun fonksiyonu olarak verilecektir.

2.2.11 Anemometrenin özellikleri, örnekleme miktarı ve ölçülen değerlerin kaydı ile ilgili ortalama süre, türbülans şiddetinin belirlenmesine etki edebilir. Bu etkiler, ölçümlerden, türbülans şiddeti tahmin edilirken dikkate alınacaktır.

2.2.12 Açık deniz rüzgar türbininin dizaynı için kabul edilen rüzgar koşullarının modelleri ve parametre değerleri, aşağıdaki kısımlarda tanımlanmıştır.

2.3 Normal rüzgar koşulları

2.3.1 Rüzgar hızı dağılımı

2.3.1.1 Tekil yük bileşenlerinin oluşma frekansını belirlediğinden, sahadaki rüzgar hızı dağılımı, rüzgar türbininin dizaynı için önemlidir. Aşağıda Weibull dağılımı (B.1 formülü) ve Rayleigh dağılımı (B.2 formülü) verilmiştir.

2.3.1.2 Weibull dağılımında verilen rüzgar hızı dağılımında, yakından yapılan uzun süreli ölçümlerle doğrulanacak olan saha ölçümleri esas alınacaktır.

2.3.1.3 Standart rüzgar türbini sınıflarının dizaynında, yük hesapları için Rayleigh dağılımı (B.2 formülü) alınacaktır.

$$P_W(V_{hub}) = 1 - \exp [-(V_{hub} / C)^k] \quad (B.1)$$

$$P_R(V_{hub}) = 1 - \exp [-\pi(V_{hub} / 2 V_{ave})^2] \quad (B.2)$$

$$V_{ave} = \begin{cases} C \frac{\sqrt{\pi}}{2}, & k = 2 \text{ ise} \\ C \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) & \end{cases} \quad (B.3)$$

Burada;

$P_W(V_{hub})$ = Weibull olasılık dağılımı : kümülatif olasılık fonksiyonu, yani $V < V_{hub}$ [-] olan olasılık,

$P_R(V_{hub})$ = Rayleigh olasılık dağılımı : kümülatif olasılık fonksiyonu, yani $V < V_{hub}$ [-] olan olasılık,

V_{hub} = Göbek yüksekliğindeki rüzgar hızının 10 dk'lık ortalaması, [m/sn]

V_{ave} = Göbek yüksekliğindeki yıllık ortalama rüzgar hızı, [m/sn]

C = Weibull fonksiyonunun ölçek parametresi, [m/sn]

k = Weibull fonksiyonunun şekil parametresi. Standart rüzgar türbini sınıfı dizaynında $k=2$ alınacaktır, [-]

Γ = Gama fonksiyonu [-].

2.3.1.5 C ve k , hakiki verilerden çıkarılabilir. Eğer $k=2$ seçilirse ve C ile V_{ave} , $k=2$ için B.3'de verilen koşulu sağlarsa, Rayleigh fonksiyonu ile Weibull fonksiyonu eşit olur.

2.3.1.5 Dağılım fonksiyonları, rüzgar hızının V_{hub} 'dan düşük olduğu kümülatif olasılığı gösterir. Buradan, $(P\{V_1\} - P\{V_2\})$ 'nin rüzgar hızının V_1 ve V_2 sınırları içinde değiştiği zaman aralığı elde edilir. Dağılım fonksiyonlarının türevi ile olasılık yoğunluğu fonksiyonları elde edilir.

2.3.2 Normal rüzgar profili modeli (NRP)

2.3.2.1 $V(z)$ rüzgar profili, sakin sudan z yüksekliğinin fonksiyonu olarak ortalama rüzgar hızını ifade eder ve güç kuralı ile elde edileceği kabul edilir:

$$V(z) = V_{hub} (z / z_{hub})^\alpha \quad (B.4)$$

Burada ;

$V(z)$ = z yüksekliğindeki rüzgar hızı, [m/sn]

z = Sakin su hattından yükseklik, [m]

z_{hub} = Göbeğin sakin su hattından yüksekliği, [m]

α = Güç kuralı üssü, [-].

2.3.2.2 Kabul edilen rüzgar profili, pervane süpürme alanındaki ortalama düşey rüzgar kesmesini belirlemek için kullanılır.

2.3.2.3 Bu modelde nötr atmosferik kararlılık bulunduğu yüzey pürüzlülüğü boyunun 0,002 m olduğu, tüm rüzgar hızları için $\alpha = 0,14$ olduğu kabul edilecektir.

2.3.3 Normal türbülans modeli (NTM)

2.3.3.1 Rüzgarın türbülansı, türbülans girdapları ile taşınan enerji ile temsil edilir. Bunun frekanslar üzerindeki dağılımı -güç spektrumu ve uyumluluk fonksiyonu ile temsil edilen- bu esaslar çerçevesinde, genelde yaklaşık 10 dk. ılık periyotta türbalansı yeterince temsil ettiği kabul edilir.

Spektrumun değişmediği nisbeten kısa süredeki istatistiksel parametreler ile rüzgarın doğal türbülansının karakterize edilmesi, diğerlerinin yanı sıra, aşağıdaki parametreleri etkiler:

- Rüzgar hızının ortalama değeri,
- Türbülans şiddeti,
- Entegre boy ölçekleri.

2.3.3.2 Rüzgar mesafesi, pürüzlülük boyu, ortalama rüzgar hızı, vb. gibi dış parametrelerin standart kombinasyonu ile birlikte rüzgar hızının güç spektrumu ve uyumluluk fonksiyonu, türbülansın tanımı için başlangıç noktası olarak kabul edilir.

2.3.3.3 Türbülans şiddeti değerleri, göbek yüksekliğinde alınacaktır. Diğer yükseklikler için, türbülans şiddeti de değişirken, rüzgar hızının B.2.3.2'ye göre değişimi ile birlikte, rüzgar hızının standart sapmasının sabit kaldığı kabul edilecektir. Pervane süpürme alanı içinde, rüzgar hızındaki ani değişimlere dikkat edilecektir. Bu husus ve deterministik rüzgar hızı değişimleri, pervanenin dönüşü ile birlikte “dönme modeli” etkisini (yani; kısmi fırtına içinden tekrarlı geçiş) oluşturur. Bu etki, yorulma mukavemeti üzerinde önemli bir etki oluşturur. Genelde, sadece boyuna değil aynı zamanda enine ve lateral rüzgar hızı bileşenlerini de dikkate alan üç boyutlu türbülans modeli kullanılacaktır.

2.3.3.4 Türbülans şiddeti üzerindeki sahaya özgün etkiler, dikkate alınacaktır. türbülans şiddetindeki değişim, rüzgar hızının ortalama değeri ve rüzgar çiftliğine montaj için entegre boy ölçeği dikkate alınacaktır.

2.3.3.5 Standart rüzgar türbini sınıfları için, rastgele rüzgar hızı vektörü sahasının güç spektral yoğunluğu (modelde açıkça kullanılsın veya kullanılsın), aşağıdaki istekleri karşılayacaktır:

- a) Göbek yüksekliğinde, boyuna rüzgar hızı bileşeninin standart sapmasının karakteristik değeri aşağıdaki formülle verilecektir:

$$\sigma_1 = I_{15} (15 \text{ m/sn} + a \cdot V_{\text{hub}}) / (a+1) \quad (\text{B.5})$$

Burada ;

$$\sigma_1 = \text{Göbek yüksekliğinde boyuna rüzgar hızının standart sapması, [m/sn]}$$

Bu standart sapmanın yükseklikle değişmediği kabul edilecektir.

Not :

Tablo 4.2’de belirtilenlere ilave yük durumlarının hesaplarını yapmak için, farklı yüzdelik değerlerin kullanımı uygun olabilir. Bu yüzdelik değerler; B.5 formülüne aşağıdaki değerlerin ilavesi suretiyle hesaplanabilir:

$$\Delta\sigma_1 = (x-1) (2\text{m/s}) I_{15} \quad (\text{B.6})$$

Burada x, normal olasılık dağılımı fonksiyonundan hesaplanır.

Örneğin; 95. yüzdelik değer için x = 1,64’dir.

I_{15} ve a değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Rüzgar hızının standart sapması σ_1 ve türbülans şiddeti Şekil 4.1’de belirlenen I_{15} ve a değerleri için rüzgar hızının fonksiyonu olarak verilmiştir.

- b) Ataletsel alt-dizi’nin yüksek frekanslı ucuna doğru, $S_1(f)$ türbülansının boyuna bileşeninin güç spektral yoğunluğu, asimptotik olarak devam eder:

$$S_1(f) = 0,05 (\sigma_1)^2 (\Lambda_1 / V_{\text{hub}})^{-2/3} \cdot f^{5/3} \quad (\text{B.7})$$

Burada;

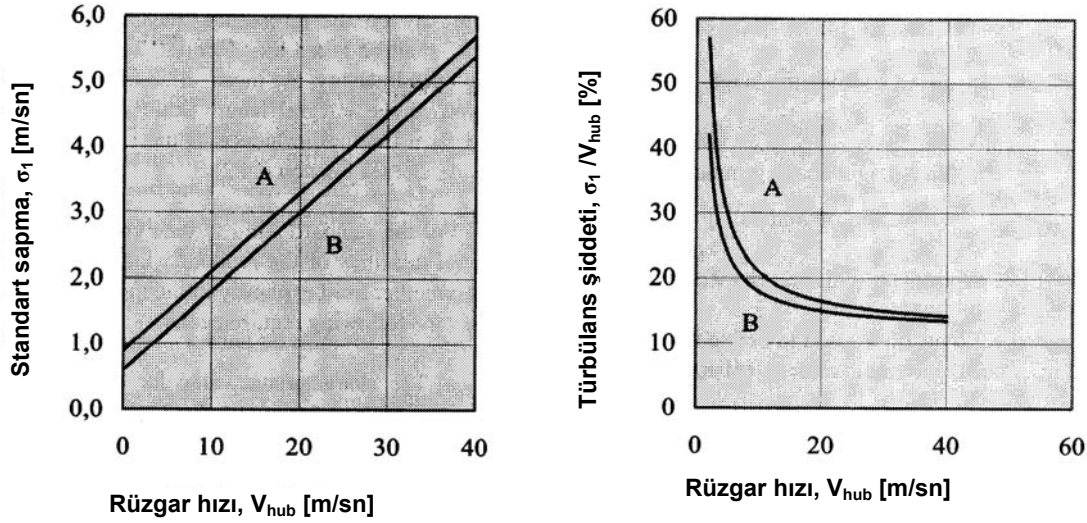
$$S_1(f) = \text{Güç spektral yoğunluğu, [m}^2 \text{/sn}^2]$$

Λ_1 = Boyutsuz boyuna güç spektral yoğunluğun $f S_1(f) / \sigma_1^2$; 0,05’e eşit olduğu dalga boyu olarak tanımlanan türbülans ölçek parametresi, [m].

f = Frekans, [sn⁻¹]

Türbülans ölçek parametresi Λ_1 aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\Lambda_1 = \begin{cases} 0,7 z_{\text{hub}}, & z_{\text{hub}} < 60 \text{ m. için} \\ 42 \text{ m}, & z_{\text{hub}} \geq 60 \text{ m. için} \end{cases} \quad (\text{B.8})$$



Şekil 4.1 Karakteristik rüzgar türbülansı

2.3.3.6 Türel türbülans modeli spesifikasyonları; “Appendix B to IEC 61400-1, Wind Turbine Generator System Part 1: Safety Requirements, Edition 2, February 1999” ve “ESDU 85020, Characteristics of atmospheric turbulence near the ground, ESDU International” da verilmiştir.

2.3.3.7 Türbülanslı rüzgardaki yük hesapları için, aşağıda belirtilen genel istekler dikkate alınacaktır:

- Normal türbülans modellenli (NTM) her simülasyon çalışmasının simülasyon süresi, simülasyon başına en az 10 dakika olacaktır.
- Yorulma yükü hesaplarında, türbülans rüzgar alanı oluşturmak için, her simülasyon çalışımı farklı bir başlangıç değeri (kaynak) ile yapılacaktır.
- Üç boyutlu türbülans sahası kullanılacaktır.
- Türbülans rüzgar alanlarının çözümü uygun olacaktır. En az 10x10 nokta (çapa bağlı olarak) önerilir. Ancak, ızgara aralığı 10 m. den az olmalıdır.
- Eğer kule kesit yükleri inceleniyorsa, rüzgar alanı tüm tesisi (pervane ve kule) kapsayacak veya TL ile anlaşmaya varılarak yerine geçen bir model kullanılacaktır.

2.4 Aşırı rüzgar koşulları

Aşırı rüzgar koşulları, rüzgar türbinlerine etki eden aşırı rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu koşullar, fırtınalar nedeniyle oluşan pik rüzgar hızları ile rüzgar hızı ve doğrultusundaki ani değişimleri içerir. Bu aşırı koşullar, EWM hariç (2.4.1’e bakınız), dizayn hesaplamalarında sadece deterministik etkiler dikkate alınacak şekilde, rüzgar türbülansının potansiyel etkilerini içerir.

2.4.1 Aşırı rüzgar hızı modeli (EWM)

2.4.1.1 EWM’de montaj sahasındaki araştırmalar esas alınacak veya bilgiler mevcut değilse, aşağıda belirtilen şekilde elde edilecektir.

2.4.1.2 EWM kararlı veya türbülanslı rüzgar modeli olabilir. Rüzgar modelinde, V_{ref} referans rüzgar hızı ve σ_1 standart sapma esas alınır.

2.4.1.3 Kararlı aşırı rüzgar modeli için, 50 yıllık aşırı rüzgar hızı V_{e50} , bir yıllık aşırı rüzgar hızı V_{e1} , azaltılmış 50 yıllık ve bir yıllık rüzgar hızlarında, V_{ref} referans rüzgar hızı esas alınacaktır. V_{e50} , V_{e1} , V_{50red} ve V_{1red} aşağıdaki eşitlikler kullanılarak, z yüksekliğinin fonksiyonu olarak hesaplanacaktır:

$$V_{e50}(z) = 1,25 \cdot V_{ref} (z / z_{hub})^{0,14} \quad (B.9)$$

$$V_{e1}(z) = 0,8 \cdot V_{e50}(z) \quad (B.10)$$

$$V_{50\text{azal}}(z) = 1,1 \cdot V_{\text{ref}}(z / z_{\text{hub}})^{0,14} \quad (\text{B.11})$$

$$V_{1\text{azal}}(z) = 0,8 \cdot V_{50\text{azal}}(z) \quad (\text{B.12})$$

Burada ;

$V_{eN}(z)$ = N yıllık tekrarlanma süresi ile öngörülen aşırı rüzgar hızı (3 sn.lik ortalama). V_{e1} ve V_{e50} , sırasıyla 1 ve 50 yılı ifade eder. EWM, kararlı rüzgar modelinde uygulanır.

V_{ref} = 2.1'e göre referans rüzgar hızı

$V_{\text{Nazal}}(z)$ = N yıllık tekrarlanma süresi ile öngörülen azaltılmış aşırı rüzgar hızı (60 sn.lik ortalama). $V_{1\text{red}}$ ve $V_{50\text{red}}$, 1 ve 50 yılı ifade eder. EWM, kararlı rüzgar modelinde uygulanır.

2.4.1.4 Türbülanslı aşırı rüzgar modeli için, 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı, 50 yıllık veya 1 yıllık tekrarlanma süresi ile, aşağıdaki eşitlik kullanılarak, z yüksekliğinin fonksiyonu olarak hesaplanacaktır:

$$V_{50}(z) = V_{\text{ref}} \cdot (z / z_{\text{hub}})^{0,14} \quad (\text{B.13})$$

$$V_1(z) = 0,8 \cdot V_{50}(z) \quad (\text{B.14})$$

Burada ;

$V_N(z)$ = N yıllık tekrarlanma süresi ile öngörülen aşırı rüzgar hızı (10 dakikalık ortalama). V_1 ve V_{50} , 1 ve 50 yılı ifade eder.

2.4.1.5 Türbülanslı aşırı rüzgar modeli için (EWM), göbek yüksekliğindeki ortalama rüzgar hızı V_{hub} , V_{ref} veya $0,8 \cdot V_{\text{ref}}$ olarak alınacaktır. NTM türbülans modelinde (2.3.3'e bakınız) en az $\sigma_1 = 0,12 \cdot V_{\text{hub}}$ 'lık standart bir sapma uygulanacaktır.

2.4.1.6 Bazen, aşırı rüzgar hızları, diğer ortalama süreler veya diğer aşım olasılıkları için mevcuttur. Kanıtlanmış başka veriler yoksa, aşım olasılığı 100 yılda birden 50 yılda bire değiştirilen açık deniz rüzgarı için, rüzgar hızı %3 azaltılabilir. Rüzgar hızının çeşitli ortalama sürelerle dönüşümü, Tablo 4.2 kullanılarak yapılabilir.

Tablo 4.2 Rüzgar hızının ortalama değerleri için dönüşüm faktörleri (10 dk.'lık değer esas alınarak)

Ortalama süre	1 saat	10 dk.	1 dk.	5 sn.	3 sn.
Faktör	0,91	1,00	1,10	1,21	1,25

2.4.1.7 EWM'deki yük hesaplarında, aşağıdaki genel istekler dikkate alınacaktır:

- EWM ile her simülasyon çalışımıdaki, simülasyon süresi, Bölüm 4, C.3.4.9'da verilmiştir.
- Tüm yük hesapları için türbülanslı rüzgarlı birden fazla simülasyon yapılıyorsa, kullanılan rüzgar sahalarında, rüzgar sahaları oluşumu için farklı ilk değerler esas alınacaktır.
- Eğer kule yükleri inceleniyorsa, rüzgar sahası tüm tesisi kapsayacak (kule ve pervane) veya TL ile görüşerek farklı bir model kullanılabilir.
- Diğer bilgiler Ek 4, B.1'de verilmiştir.

2.4.2 Aşırı işletim fırtınası (EOG)

2.4.2.1 N yıllık tekrarlanma periyodu için göbek yüksekliğindeki fırtına şiddeti V_{gustN} , standart rüzgar türbini sınıfları için, aşağıdaki eşitlikten hesaplanacaktır:

$$V_{\text{gustN}} = \beta \left(\frac{\sigma_1}{1 + 0,1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right)} \right) \quad (\text{B.15})$$

Burada;

V_{gustN} = N yıllık öngörülen tekrarlanma periyodu ile, aşırı etkiyen fırtına için maksimum rüzgar hızı değeri, [m/sn]

σ_1 = B.5 eşitliğine göre standart sapma,

Λ_1 = Aşağıdaki eşitliklerle verilen türbülans ölçek parametresi,

$$\Lambda_1 = \begin{cases} 0,7 z_{hub}, & z_{hub} < 30 \text{ m. için} \\ 21 \text{ m}, & z_{hub} \geq 30 \text{ m. için} \end{cases} \quad (B.16)$$

D = Pervane çapı, [m]

$$\beta = \begin{cases} 4,8 & N = 1 \text{ için} \\ 6,4 & N = 50 \text{ için.} \end{cases}$$

2.4.2.2 Rüzgar hızı, N yıllık bir tekrarlanma süresi için B.17 eşitliği ile tanımlanacaktır.

Burada;

$V(z)$ = B.4 eşitliğine bakınız.

$$T = \begin{cases} 10,5 \text{ sn.} & N = 1 \text{ için} \\ 14,0 \text{ sn.} & N = 50 \text{ için} \end{cases}$$

2.4.2.3 1 yıllık tekrarlanma süresi ile $V_{hub} = 25 \text{ m/sn}$ ve türbülans sınıfı A için aşırı etkiyen fırtınaya bir örnek Şekil 4.2'de verilmiştir.

$$V(z,t) = \begin{cases} V(z) - 0,37V_{gustN} \sin(3\pi t / T) (1 - \cos(2\pi t / T)) & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ V(z) & t < 0 \text{ ve } t > T \text{ için} \end{cases} \quad (B.17)$$

$$\theta_{EN} = \pm \beta \arctg \left(\frac{\sigma_1}{V_{hub} \left(1 + 0,1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right) \right)} \right) \quad (B.18)$$

$$\theta_N(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \text{ için} \\ 0,5 \theta_{eN} (1 - \cos(\pi t / T)) & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ \theta_{eN} & t > T \text{ için} \end{cases} \quad (B.19)$$

$$V(z,t) = \begin{cases} V(z) & t < 0 \text{ için} \\ V(z) + 0,5V_{cg} (1 - \cos(\pi t / T)) & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ V(z) + V_{cg} & t > T \text{ için} \end{cases} \quad (B.20)$$

2.4.2.4 Maksimum yükselimdeki her iki tekrarlanma süresi için bu suretle belirlenen parametreler aynıdır.

2.4.3 Aşırı yön değişimi (EDC)

2.4.3.1 N yıllık tekrarlanma süresi için aşırı yön değişimi derecesi θ_{eN} , B.18 formülünden hesaplanacaktır.

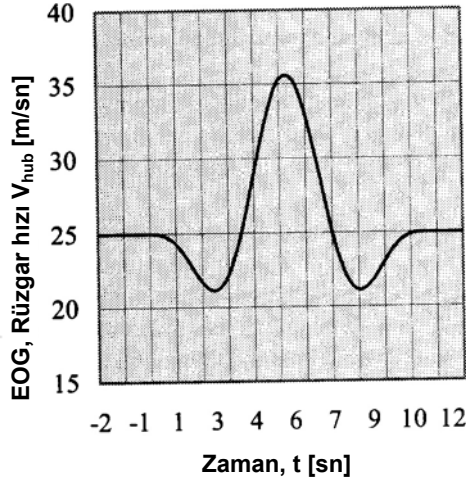
Burada;

θ_{eN} = N yıllık tekrarlanma süresi için $\pm 180^\circ$ ile sınırlı aşırı yön değişimi,

Λ_1 = B.16 eşitliğine göre, türbülans ölçek parametresi,

D = Pervane çapı, [m]

$$\beta = \begin{cases} 4,8 & N = 1 \text{ için} \\ 6,4 & N = 50 \text{ için} \end{cases}$$

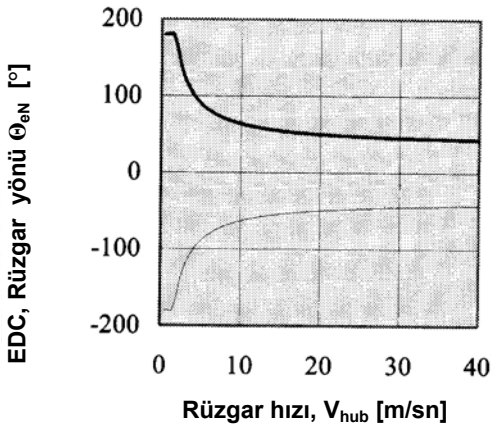


Şekil 4.2 Aşırı etkiyen fırtınaya örnek
($N = 1$, Kategori A, $D=42$ m.,
 $Z_{hub} = 30$ m. $V_{hub}=25$ m/sn)

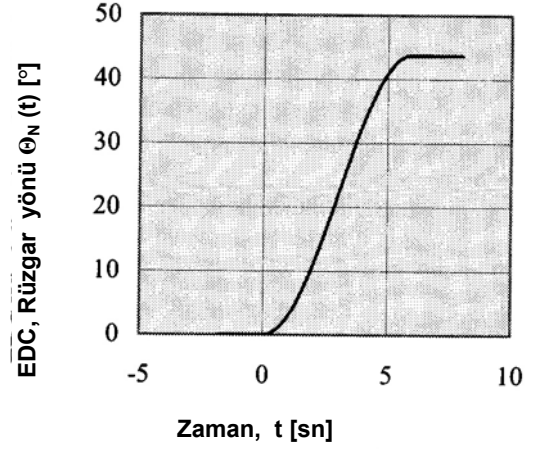
2.4.3.2 N yıllık tekrarlanma süresi için aşırı yön değişimi $\theta_N(t)$, B.19 eşitliği ile verilmiştir.

2.4.3.3 Buradaki $T=6$ sn. aşırı yön değişimi geçişinin süresidir. İşaret, en olumsuz geçiş yükü oluşacak şekilde seçilecektir. Yön değişimi geçişinin sonunda, rüzgar doğrultusunun değişmediği kabul edilecektir. Ayrıca, rüzgar hızının 2.3.2'deki normal rüzgar profili modelini esas aldığı kabul edilecektir.

2.4.3.4 50 yıllık tekrarlanma süresi ile $V_{hub} = 25$ m/sn ve türbülans sınıfı A için aşırı yön değişimine bir örnek, V_{hub} 'ın ve $V_{hub}=25$ m/sn için zamanın bir fonksiyonu olarak Şekil 4.3 ve 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.3 Aşırı yön değişimi derecesi örneği
($N=50$, kategori A, $D=42$ m. $Z_{hub}=30$ m)

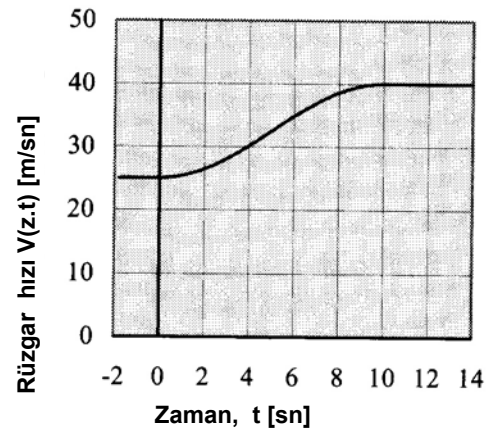


Şekil 4.4 Aşırı yön değişimi örneği
($N=50$, kategori A, $V_{hub}=25$ m/sn)

2.4.4 Aşırı yapışıcı fırtına (ECG)

2.4.4.1 Standart rüzgar türbini sınıflarının dizaynında, $V_{cg}=15$ m/sn'lik bir aşırı yapışıcı fırtına değeri kabul edilecektir. Rüzgar hızı, B.20'de eşitlikte verilen ifadeyle tanımlanacaktır.

2.4.4.2 Burada $T=10$ sn. artış süresi ve $V(z)$ 2.3.2'de "Normal rüzgar profili modelinde (NWP)" verilen rüzgar hızıdır. Aşırı yapışıcı fırtına $V_{hub}=25$ m/sn için Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Aşırı yapışıcı fırtına örneği
($V_{hub}=25$ m/sn (ECG))

2.4.5 Yön değişmeli aşırı yapışıcı fırtına

2.4.5.1 Bu durumda, rüzgar hızındaki artışın (ECG ile tanımlanan, Şekil 4.5'e bakınız), θ_{cg} yön değişimi ile aynı anda etki ettiği kabul edilecektir. Burada θ_{cg} aşağıdaki eşitlikle verilmiştir:

$$\theta_{cg}(V_{hub}) = \begin{cases} 180^\circ & V_{hub} < 4 \text{ m/sn için (B.21)} \\ \frac{720^\circ}{V_{hub}} & 4 \text{ m/sn} \leq V_{hub} \leq V_{ref} \text{ için} \end{cases}$$

2.4.5.2 V_{hub} 'ın ve $V_{hub} = 25 \text{ m/sn}$ için zamanın fonksiyonu olarak θ_{cg} yön değişimi Şekil 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.

2.4.5.3 Aynı andaki yön değişimi B.22 eşitliği ile verilmiştir.

2.4.5.4 Burada $T=10 \text{ sn.}$ artış süresidir. B.4 eşitliğinde belirtilen normal rüzgar profili modeli kullanılacaktır.

2.4.6 Aşırı rüzgar kesmesi (EWS)

2.4.6.1 50 yıllık tekrarlanma süreli aşırı rüzgar kesmesi, aşağıdaki iki rüzgar hızı geçişi kullanılarak dikkate alınacaktır:

- B.23 eşitliğinde tanımlanan geçici düşey kesme
- B.24 eşitliğinde tanımlanan geçici yatay kesme.

Burada;

$$\alpha = 0,2$$

$$\beta = 6,4$$

$$T = 12 \text{ sn.}$$

$$\Lambda_1 = \text{B.16 eşitliğine göre türbülans ölçek parametresi}$$

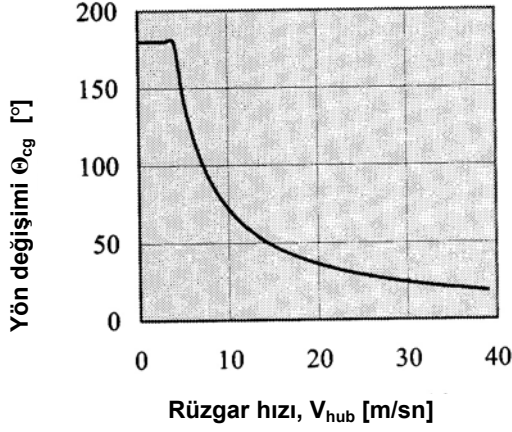
$$D = \text{Pervane çapı.}$$

$$\theta(t) = \begin{cases} 0^\circ \\ \pm 0,5 \theta_{cg} (1 - \cos(\pi t / T)) \\ \pm \theta_{cg} \end{cases}$$

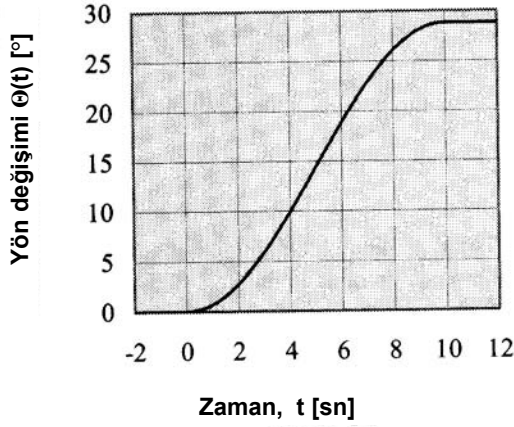
$$\begin{aligned} & t < 0 \text{ için} \\ & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ & t > T \text{ için} \end{aligned} \quad (B.22)$$

$$V(z,t) = \begin{cases} V_{hub} \left(\frac{z}{z_{hub}} \right)^\alpha + \left(\frac{z - z_{hub}}{D} \right) \left(2,5 + 0,2 \cdot \beta \cdot \sigma_1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right)^{1/4} \right) \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right) & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ V_{hub} \left(\frac{z}{z_{hub}} \right)^\alpha & t < 0 \text{ ve } t > T \text{ için} \end{cases} \quad (B.23)$$

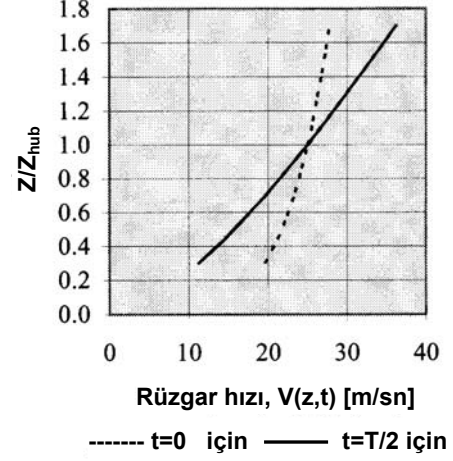
$$V(y,z,t) = \begin{cases} V_{hub} \left(\frac{z}{z_{hub}} \right)^\alpha + \left(\frac{y}{D} \right) \left(2,5 + 0,2 \cdot \beta \cdot \sigma_1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right)^{1/4} \right) \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right) & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ V_{hub} \left(\frac{z}{z_{hub}} \right)^\alpha & t < 0 \text{ ve } t > T \text{ için} \end{cases} \quad (B.24)$$



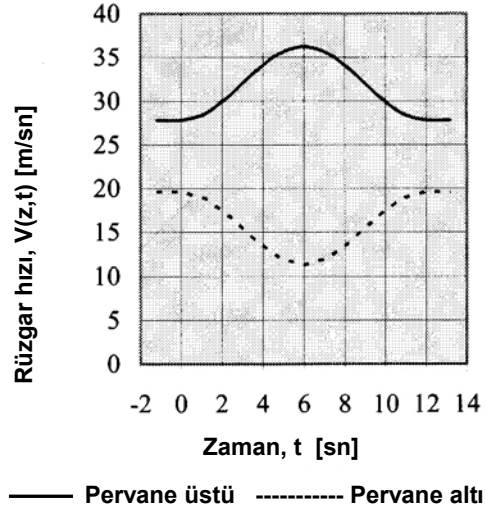
Şekil 4.6 ECD için yön değişimi

Şekil 4.7 $V_{hub} = 25$ m/sn için yön değişimi

2.4.6.2 Yatay rüzgar kesmesi geçişinin işareti, en olumsuz geçiş yükleri oluşacak şekilde seçilecektir. İki aşırı rüzgar kesmesi birbirinden bağımsız olarak dikkate alınır ve bu nedenle bir arada uygulanmaz. Bir örnek olarak, Şekil 4.8'de aşırı durumun başlangıcından önceki rüzgar profilini gösteren aşırı düşey rüzgar kesmesi verilmektedir. Şekil 4.9'da kesme zamana göre gelişimini göstermek üzere, pervane süpürme alanı üstünde ve altındaki rüzgar hızları verilmektedir. Her iki şekilde de türbülans sınıfı A, $V_{hub} = 25$ m/sn, $z_{hub} = 30$ m. ve pervane çapı $D=42$ m. kabul edilmiştir.



Şekil 4.8 Aşırı düşey rüzgar kesmesi, başlangıçtan önceki ($t=0$ noktalı hat) ve maksimum kesmedeki ($t=6$ sn. dolu hat) rüzgar profili ($N= 50$, türbülans sınıfı A, $z_{hub}=30$ m, $V_{hub}=25$ m/sn, $D=42$ m).



Şekil 4.9 Pervane süpürme alanının üstünde ve altındaki rüzgar hızları (kabuller, Şekil 4.8'deki gibidir)

2.5 Rüzgar çiftliği etkisi

2.5.1 Açık deniz rüzgar türbinleri genelde rüzgar çiftliklerine monte edilirler, izdeki rüzgar alanı düzensizliğinden kaynaklanan, yükler üzerindeki aşırı etkiler ve yorulma etkileri dikkate alınacaktır. Bu durum hem basit bir gölge etkisi olarak, hem de superpoze edilen iz etkileşimi olarak değerlendirilecektir. Büyük rüzgar çiftlikleri için, ortam türbülansında artış ve zemin pürüzlülüğü dikkate alınacaktır.

2.5.2 Açık deniz rüzgar türbinlerinin yer aldığı bir rüzgar çiftliği içinde, iz akımı ile birlikte türbülans şiddeti, ortam türbülans şiddetinden önemli ölçüde fazla olabilir. Ayrıca, iz akımı, azalmış ortalama rüzgar hızı ve artmış kesme profili ile karakterize edilir. Bir rüzgar çiftliği içinde, rüzgar karakteristiklerinin ayrıntılı bir analizinin bulunmadığı hallerde, artırılmış türbülans şiddeti ile birlikte yapılan dizayn hesapları esas alınır.

2.5.3 Pervane arkasındaki iz etkisi vasıtasıyla açık deniz rüzgar türbinlerinin karşılıklı etkileşimi, açık deniz rüzgar türbinlerinin 10.D'ye kadar olan mesafeleri dikkate alınarak değerlendirilecektir.

2.5.4 Rüzgar çiftliği etkileri, hesaplama modelleri yardımıyla belirlenebilir, örneğin; S. Frandsen "Turbulence and turbulence generated fatigue in wind turbine clusters" 2003, veya "Dynamic Loads in Wind Farms II (DLWF II).

2.5.5 Rüzgar çiftliğinden kaynaklanan yüklerin analizi için, TL ile anlaşmaya varılarak, diğer geçerli hesaplama modelleri kullanılabilir.

3. Deniz Koşulları

3.1 Dalgalar

3.1.1 Genel

3.1.1.1 Doğal deniz durumu türel bir proses olup, sadece türel teori yardımıyla belirlenebilir. Bu tanıımı yapmak için, kararlı ve ergodik (her ardışık veya ölçülebilir örnek geneli eşit olarak temsil eder) bir deniz durumu sadeleştirilmesi yapılır. Deniz durumunun bir Gauss prosesi olacağı kabul edilir ve farklı yükseklik, periyot, doğrultu ve rastgele fazlı sonsuz sayıda harmonik dalganın süperpozisyonu ile tanımlanabilir.

3.1.1.2 Bir açık deniz rüzgar türbini veya rüzgar çiftliğinin dizaynında uygulanacak dalga koşulları, aşırı koşullar ve yapının ömrü boyunca yorulma ile ilgili koşullar, uzun süreli istatistikler dikkate alınarak tanımlanmalıdır. Bunlar için, sahada yapılan ölçümler veya tesisin monte edilmesi planlanan saha civarında yapılan uzun süreli ölçümlerle desteklenen ve onaylanan model çalışmaları esas alınacaktır.

3.1.1.3 Deniz durumunun şiddetini karakterize eden temel değer, H_s etkin dalga yüksekliğidir. Bir fırtına,

değişken etkin dalga yükseklikli birkaç ardışık deniz

durumu vasıtası ile tanımlanabilir. Birkaç saat süreyle devam eden fırtına, artan şiddetin ilk fazı ve azalan şiddetin son fazı ile karakterize edilir. Deniz durumu; basit dalga alanlarına, oluşum alanındaki tipik rüzgar dalgalarına veya bir zayıflama alanındaki kabarmaya yada birden fazla deniz dalgası ve kabarma sisteminden oluşan kompleks dalga alanına bağlı olabilir.

3.1.1.4 Deniz durumu parametrelerinin elde edilmesinde, su derinliğine bağlı sığ su etkileri dikkate alınacaktır.

3.1.1.5 Deniz dalgaları, alternatif olarak, aşağıdaki şekilde belirlenebilir :

- Doğal deniz durumu ile,
- Eşdeğer dizayn dalgası ile.

3.1.1.6 Eğer yük simülasyonu, türel etkiler dikkate alınarak yapılmışsa doğal deniz durumu (dalga koşulları)'nın tanımı esastır, yarı-statik analizde eşdeğer dizayn dalga yöntemi kullanılabilir.

3.1.1.7 Açık deniz rüzgar türbinlerinin dizaynı sırasında dikkate alınacak dalga koşulları, yapılacak analizin tipine göre tanımlanır. Azami mukavemet analizi için, aşırı dalga etkisi (50-yıllık fırtına olayları) ve çalışma sırasında aşırı yükleme dikkate alınırken, yorulma analizi için normal türel kararsız dalga serileri kullanılacaktır.

3.1.2 Kısa süreli dalga koşulları-doğal deniz durumları

3.1.2.1 Deniz durumu, frekans etki alanında, spektral yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanabilir. Bu, ölçülen bir spektrum olarak veya paramatik formda verilebilir ve çeşitli frekanslarda ve/veya yön bantlarındaki enerjiyi belirler.

3.1.2.2 Bir dalga spektrumunu tanımlamak için gerekli olan parametreler, etkin dalga yüksekliği veya temsili frekans veya periyottur :

- H_s , etkin dalga yüksekliği; spektrumun nümerik analizinden elde edilen, modal dalga yüksekliği ile tanımlanır. Etkin dalga yüksekliği olarak, sıklıkla, durağan deniz yüzeyi yüksekliklerinde ölçülen en yüksek 1/3 dalga yüksekliğinin ortalaması ($H_{1/3}$) olarak tanımlanır.

Derin sularda, modal dalga yüksekliği ve $H_{1/3}$ yaklaşık olarak eşit değerlerdedir.

- Dalga spektrumu; pik frekans ω_p veya periyot T_p ile tanımlanır. Alternatif olarak, spektrum sıklıkla, birbirini takip eden dalga tepeleri arasındaki ortalama süre olarak tanımlanan T_1 karakteristik dalga periyodu veya aynı doğrultuda birbirini takip eden sıfır geçişleri arasındaki ortalama süre olarak tanımlanan T_Z sıfır geçiş periyodu ile tanımlanır.

3.1.2.3 Bir deniz durumu ilave olarak, ortalama dalga doğrultusu μ ve dalga yayılımı fonksiyonu ile de tanımlanabilir.

3.1.2.4 Buradaki kurallarda, kısa süreli dalga koşullarının 3 saat süreyle sabit kaldığı kabul edilmiştir. Bazı yerlerde bu kabulün ayarlanması gerekli olabilir.

3.1.2.5 Deniz durumunun istatistiksel özelliklerinin hesabı için, dalga spektrumunun (n)'inci momentleri kullanılır :

$$m_n = \int_0^{\infty} \omega^n \cdot S_{\zeta}(\omega) d\omega \quad (B.25)$$

Burada;

$S_{\zeta}(\omega)$ = Dalga (enerji) spektrumu,

m_n = Spektrumun (n)'inci momenti,

ω = T periyotlu elemanter dalgaların dairesel frekansı, $\omega = 2 \pi f$

3.1.2.6 Genelde, derin suda H_S etkin dalga yüksekliği için aşağıdaki eşitliği veren, maksimumların Rayleigh dağılımı yaklaşımı kullanılır:

$$H_S = 4\sqrt{m_0} \approx H_{1/3} \quad (B.26)$$

Burada ;

H_S = Etkin veya modal dalga yüksekliği,

m_0 = Dalga spektrumunun değışımi,

$H_{1/3}$ = En yüksek 1/3 dalganın ortalaması.

3.1.2.7 Sığ suda, modal dalga yüksekliği, en yüksek 1/3 dalga yüksekliğinin ortalamasından daha az olabilir.

3.1.2.8 Ortalama (karakteristik) dalga periyodu T_1 , durgun deniz yüzeyinden yüksekliklerin kayıtlarında, birbirini takip eden dalga tepeleri arasındaki ortalama süre olarak tanımlanır.

$$T_1 = 2\pi \cdot m_0 / m_1 \quad (B.27)$$

3.1.2.9 Aynı doğrultudaki (aşağı ve yukarı) sıfır geçiş periyodu (su yüksekliği $\zeta = 0$) aşağıdaki şekilde verilir :

$$T_Z = 2\pi \cdot \sqrt{m_0 / m_2} \quad (B.28)$$

3.1.2.10 Eğer faz açıları, 0 ile 2π arasında sabit olasılık yoğunluğu ile rastgele alınırsa, elemanter dalgaların süperpozisyonu ile doğal deniz durumu modellenabilir. Su yüksekliği aşağıdaki eşitlikten elde edilebilir :

$$\zeta(t) = \int_0^{\infty} \sqrt{2S_{\zeta}(\omega)} d\omega \cdot \cos[\omega t + \varepsilon(\omega)] \quad (B.29)$$

Burada ;

ζ = Su yüksekliği,

S_{ζ} = Dalga frekansı spektrumu
 $S_{\zeta}(\omega) = 2 \pi \cdot S_{\zeta}(f)$

ω = Dairesel dalga frekansı, $\omega = 2 \pi f$

$\varepsilon(\omega)$ = Rastgele dağılımlı faz açısı.

3.1.2.11 Dalga spektrumu fonksiyonu, rüzgar çiftliği sahası için ölçülen bir spektrum olarak verilebilir. Görsel olarak tahmin edilen H_v ve T_v dalga yüksekliklerinin, yaklaşık olarak $H_{1/3}$ ve T_1 'e eşit olacağı değerlendirilebilir.

3.1.2.12 Standart dalga spektrumunun tanımında H_S ve ω_p kullanılabilir (örneğin; Jonswap-spektrumu) :

$$S_{\zeta, \text{Jonswap}}(\omega) = \frac{\alpha \cdot g^2}{\omega^5} \cdot \exp \left[-\frac{5}{4} \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^4 \right] \cdot \gamma \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\omega - \omega_p}{\sigma \omega_p} \right)^2 \right] \quad (\text{B.30})$$

Burada ;

- ω = Dairesel dalga frekansı,
- ω_p = Spektral pik frekans,
- g = Yer çekimi ivmesi,
- α = Genel Phillips sabiti,
- σ = Spektral genişlik parametresi ($\sigma_a \approx 0,07$, $\omega < \omega_p$ için; $\sigma_b \approx 0,09$, $\omega > \omega_p$ için)
- γ = Dorukluluk parametresi ($\gamma = 1$ için Pierson-Moskowitz spektrumu).

α ve γ değerleri aşağıdaki formüllerden hesaplanabilir :

$$\alpha = \frac{5 \cdot H_S^2 \cdot \omega_p^4}{16 \cdot g^2} \cdot C(\gamma) \quad (\text{B.31})$$

Ayrıca ;

$$\gamma = 5 \quad ; \quad T_p / \sqrt{H_S} \leq 3,6 \text{ için}$$

$$\gamma = \exp(5,75 - 1,15 T_p / \sqrt{H_S}) \quad ; \quad 3,6 \leq T_p / \sqrt{H_S} \leq 5 \text{ için}$$

$$\gamma = 1 \quad ; \quad T_p / \sqrt{H_S} \geq 5 \text{ için}$$

3.1.2.13 $C(\gamma)$; Jonswap ve Pierson-Moskovitz spektrumu için ayın etkin dalga yüksekliğin kullanımı garanti edici normalleştirme faktörüdür.

$$C(\gamma) = (1 - 0,287 \ln \gamma) \quad (\text{B.32})$$

3.1.2.14 Ön planlama aşamasında saha verilerinin bulunmadığı hallerde veya açık deniz rüzgar türbininin, 2.1'de belirtilen rüzgar türbini sınıflarına göre dizayn edildiği hallerde dalga parametreleri, sonsuz rüzgar esme boyu kabulü ve korelasyon formülleri uygulaması ile su derinliklerinin dikkate alınması ile, ortalama rüzgar hızına göre alınabilir. Birçok sahaya uygulanabilen bazı formüller, Ek 4-E'de verilmiştir. Kullanılacak bağıntılar, **TL** ile görüşülerek uygulanmalıdır.

3.1.2.15 Gerçekte, deniz durumunda su yüzeyi yüksekliği üç boyutludur (kısa tepeli). Tek yönlü rastgele deniz, tüm frekans bileşenlerinin aynı yönde yayıldığı, özel bir deniz durumudur. Özellikle sığ alanlarda olmak üzere, yönle ilgili bilgilerin ölçümü ve doğrulanması zordur. Bu nedenle, simetrik alt yapıya açık deniz rüzgar türbinlerinin (sabit) pratik dizaynında, tek yönlü deniz durumu kullanılmalıdır.

3.1.2.16 Lineer rastgele dalga modelinde, deniz durumu, su yüzeyi yüksekliğinin $S_{\zeta}(\omega, \mu)$ yönsel dalga spektrumu ile bütünüyle tanımlanabilir. Yönsel dalga spektrumunun olası kullanımına ait kılavuz Ek 4-F'de verilmiştir.

3.1.2.17 Özellikle yönsel dalga spektrumu için, diğer dalga spektrumu formüllerinin uygulaması, **TL** ile anlaşmaya varılarak yapılabilir.

3.1.3 Uzun süreli istatistikler

3.1.3.1 Yorulma analizinin ağırlıklandırılması ve yapının ömrü boyunca aşırı olayların analizi için, deniz koşullarının uzun süreli istatistikleri sağlanacaktır.

3.1.3.2 Yeterli verilerin bulunduğu sahalar için, istatistiksel dağılımlar, ortam parametrelerinin bir arada oluşumunu dikkate almalıdır. Alternatif olarak, dağılımlar, ayrı parametreler için marjinal dağılımlar olabilir. Buradan, uzun süreli dağılımlı dizayn parametreleri elde edilecektir.

3.1.3.3 Açık deniz rüzgar türbinlerinin dizaynında, düzenli dizayn dalgalarının kullanıldığı hallerde, yıllık olasılığı 0,02'ye aşan (50 yıllık dalga) aşırı (maksimum) dalga kullanılır.

3.1.4 Dizayn dalgası

3.1.4.1 Dalga yüksekliği ve periyotlarının uzun süreli istatistiklerinden (oluşumun bağıl frekansları), verilerin en küçük kareler yöntemi olarak, marjinal olasılık dağılım fonksiyonu $F(H_S)$ (örneğin; Weibull) elde edilecektir. Bu temelde aşağıdaki iki alternatif prosedür uygulanabilir.

3.1.4.2 H_{S50} referans değeri, $H_S = H_{S50}$ 'de $F(H_S)$ 'in tersinden elde edilir.

$$F(H_{S50}) = 1 - \frac{1}{N_{SS50}} \quad (B.33)$$

Burada ;

H_{S50} = Tekrarlama olasılığı 50 yıl olan etkin dalga yüksekliği,

N_{SS50} = 50 yılda, 3 saat süreli deniz durumu adedi,
 $N_{SS50} = 50 \cdot 365 \cdot 8 = 146600$.

Örneğin;

$$H_{S50} = F^{-1} \left(1 - \frac{1}{N_{SS50}} \right) \quad (B.34)$$

3.1.4.3 Aşırı deniz durumunun sıfır geçiş periyodu veya aşırı dizayn dalgasının periyodu değerinin, doğrudan ölçümlerle belirlenmesi zordur. Deneyimlerden ve teorik değerlendirmelerden T_D dizayn dalga periyodu aşağıdaki gibi bulunabilir :

$$11,1 \sqrt{H_{S50}/g} \leq T_D \leq 14,3 \sqrt{H_{S50}/g} \quad (B.35)$$

Burada;

H_{S50} = Tekrarlama olasılığı 50 yıl olan etkin dalga yüksekliği,

g = Yerçekimi ivmesi,

T_D = Dizayn dalga periyodu.

3.1.4.4 H_D dizayn dalga yüksekliği, 3 saatlik fırtına sırasında, en yüksek dalganın öngörülen değeri olarak hesaplanabilir :

$$H_D = H_{S50} \sqrt{0,5 \cdot \ln(T_{ref}/T_D)} \quad (B.36)$$

Burada;

H_D = H_{maks50} dizayn dalga yüksekliği,

H_{S50} = Tekrarlama olasılığı 50 yıl olan etkin dalga yüksekliği,

T_{ref} = Referans periyot, $T_{ref} = 10800$ sn.

T_D = Dizayn dalga periyodu.

3.1.4.5 Madde 3.1.4.2'de tanımlanan $F(H_S)$ olasılık dağılım fonksiyonu çözüm için kullanılabilir (iteratif olarak):

$$0,4 \cdot 10^{-8} = \sum_{i=1}^I \left[1 - F(H_{si}) \right] \cdot \exp \left\{ -2H_D^2/H_{si}^2 \right\} \quad (B.37)$$

H_D = H_{maks50} için, toplamda önemli bir etkisi olmaması nedeniyle ihmal edilecek derecede I ile birlikte. Genişlik $\Delta H_D \leq 1$ m. ile sınırlıdır.

3.1.4.6 Madde 3.1.4.5 ve 4.6'daki iki alternatif sonucun küçük olanı, dizayn dalga yüksekliği H_D 'nin uzun süreli dizayn değeri olarak kullanılabilir. Madde 3.1.4.3'de belirtilen T_D dizayn dalga periyodu, 25 sn'yi geçmeyecektir.

3.1.4.7 Tekrarlama periyodu 1 yıl olan etkin dalga yüksekliği, aşağıda belirtilenler kullanılarak, elde edilebilir:

$$N_{SS1} = 365 \cdot 8 = 2920$$

ve tekrarlama periyodu 1 yıl olan maksimum dalganın olasılığı :

$$0,4 \cdot 10^{-8} \cdot 50 = \sum_{i=1}^I \left[1 - F(H_{si}) \right] \cdot \exp \left\{ -2H_{maks1}^2/H_{si}^2 \right\} \quad (B.38)$$

3.1.4.8 Madde 3.1.4.2 ve 3.1.4.3'deki yöntemler, genelde derin su dalgalarına uygulanır, yani $d/(gT^2) > 0,06$ koşulunu sağlayan (d =su derinliği), T periyotlu dalgalar.

3.1.4.9 Rüzgar kaynaklı geçici su dalgalarının dizayn dalga parametreleri, yani $0,002 < d/(gT^2) < 0,06$ koşulunu sağlayan T periyotlu dalgalar, uygun teoriler kullanılarak, aşırı rüzgar hızı ve oluşma mesafesi ile ilgili bilgilerden tanımlanabilir. Yöntemler, **TL** ile anlaşmaya varılarak uygulanabilir.

3.1.5 Kırılan dalgalar

3.1.5.1 Kırılan dalgaların yüksekliği, su derinliği ve deniz tabanı eğiminin fonksiyonudur. Normalde, açık deniz rüzgar türbinlerinin dizaynı için, kırılan dalganın yüksekliğinden daha yüksek dalgaların dikkate alınması gerekmez.

3.1.5.2 Sınırlı derinlikteki sularda, dalgaların kinematiği derin su durumuna göre önemli ölçüde değişebilir. Aşağıda belirtilen değişiklikler oluşabilir :

- Sınırlı dalga yüksekliği,
- Dalga tepesi, çukurdan hayli fazladır (çukurun yüksekliğinin yaklaşık 3 katına kadar),
- Çukur sadece, dalga boyunun 1/3'üne doğru oluşur (yaklaşık dalga boyunun yarısı yerine),
- Dalga profilinin dikliğinin çukura doğru, çukur arkasına oranla daha fazla olması nedeniyle, boy yönünde dalga profili asimetrik duruma gelir.
- Parçacık hızı, özellikle çukurda olmak üzere, kırılan dalgalarda önemli oranda artar,
- Dalga yükseklik dağılımı değişir (normalde kabul edilen Rayleigh dağılımına göre).

3.1.5.3 Sığ sularda, dalga yüksekliğinin ampirik sınırı, lokal su derinliğinin yaklaşık olarak 0,78 katıdır. Derin sularda, dalgalar 1/7 teorik sınırlayıcı diklikle de kırılabilirler. (λ dalga boyunun 0,14 katı).

3.1.5.4 Artan deniz tabanında, basitleştirilmiş kırılan dalga yüksekliği H_B , aşağıdaki şekilde bulunabilir :

$$H_B = \frac{b}{1/d + a/g \cdot T^2} \quad (B.39)$$

H_B = Kırılan dalga yüksekliği,

a = $44 \cdot [1 - \exp(-19 \cdot s)]$

b = $1,6 / [1 + \exp(-19 \cdot s)]$

s = Deniz tabanı meyili, $s = \tan \beta$

d = Su derinliği,

T = Dalga periyodu.

3.1.5.5 Su derinliği azalır ve dalga yüksekliği artarken, sığlaşan sularda 3 tip kırılan dalga oluşabilir (dökülen, dalan veya kabaran).

3.1.5.6 Kırılan dalga tiplerinin sınırları; deniz tabanı meyili s ile dalga dikliğinin karekökü arasındaki eşitlikten hesaplanabilir. Dalganın dikliği, derin su dalgası yüksekliği H_0 veya kırılan dalga yüksekliği H_B ve bozulmamış dalga boyu λ_0 esas alınarak hesaplanır :

$$\zeta_0 = \frac{s}{\sqrt{H_0/\lambda_0}} \quad (B.40)$$

$$\zeta_B = \frac{s}{\sqrt{H_B/\lambda_0}} \quad (B.41)$$

Kırılma tipi ζ_0 veya ζ_B 'nin aşağıda belirtilen aralıklarına göre belirlenebilir.

Dökülme	Dalma	Kabarma
$\zeta_0 < 0,45$	$0,45 < \zeta_0 < 3,3$	$3,3 < \zeta_0$
$\zeta_B < 0,4$	$0,4 < \zeta_B < 2,0$	$2,0 < \zeta_B$

3.1.5.7 Kırılma oluştuğunda, deniz yükseklik prosesi bir miktar “eğri” durum alır ve Gauss durumu oluşmaz, tekil dalga yükseklikleri Rayleigh dağılımı olmaz. Dalga yüksekliği dağılımı bozulur ve kırılan dalga yüksekliği sınırına asimptotik halde ulaşır.

3.1.6 Kabarma

3.1.6.1 Rüzgarla harekete geçen dalgalar, oluştukları yerden uzaktaki diğer bir alanda kabarma olarak görülebilir. Bu nedenle kabarmalar için, lokal rüzgar rejimi ile doğrudan bağlantı yoktur.

3.1.6.2 Kabarmanın spektrumu, standart dalga spektrumundan daha dardır. Bunlar, dominat model frakans etrafında şekil olarak simetrikler. Kabarma spektrumu için, genel olarak kullanılan standart parametrik formlar yoktur.

3.2 Akıntılar

Deniz akıntıları çeşitli nedenlerden oluşabilir. Ana akıntı kategorileri şunlardır:

- Yüzeye yakın akıntılar (rüzgar kesme kuvvetinden kaynaklanan akıntı),
- Gel-git kaynaklı akıntılar,
- Barometrik kaynaklı akıntılar,
- Rüzgar kaynaklı akıntılar, lokal olarak veya büyük su tabakaları ile bağlantılı,
- Dalga kaynaklı akıntılar (sahil boyunca kırılan dalgaların kesme kuvvetinin oluşturduğu akıntı).

Siğ sulara monte edilen sabit yapılara etki eden iki ana akıntı kategorisi; rüzgar kaynaklı akıntılar ve yüzey altı akıntılardır. Dalga kaynaklı akıntılar lokal olarak önemli değerlere ulaşabilirler.

$$U_c(z) = U_{c,sub}(z) + U_{c,rüzgar}(z) + U_{c,surf}(z) \quad (B.42)$$

Burada ;

$$U_c(z) = z \text{ seviyesindeki toplam akıntı hızı,}$$

$$z = \text{Sakin su seviyesinden mesafe (yukarı doğru pozitif),}$$

$$U_{c,sub} = \text{Sakin su seviyesindeki yüzey altındaki akıntı hızı,}$$

$$U_{c,rüzgar} = \text{Sakin su seviyesindeki, rüzgar kaynaklı akıntı hızı,}$$

$$U_{c,surf} = \text{Sakin su seviyesindeki dalga uyarımlı akıntı hızı.}$$

Akıntılar, akış modelleri ile kombine edilmiş istatistiksel veriler kullanılarak veya sahaya özgü ölçümlerle hesaplanabilir. Eğer ölçümler kullanılacaksa, gel-git akıntıları, en az 1 aylık akıntı ve su seviyesi ölçümleri esas alınarak hesaplanabilir. Ölçümlerden 50 yıllık akıntı ekstrapolasyonu için, en az 1 yıllık veri kullanılacaktır. Buradaki kurallarda belirtilenlerden farklı akıntı profilleri, en az 3 düzeyde ölçüm varsa kullanılabilir.

3.2.1 Yüzey altı akıntıları

3.2.1.1 Yüzey altı akıntıları; sahaya özgü topoğrafik sınırlar ile birlikte gel-git hareketlerinden, fırtına kabarması nedeniyle su düzeyindeki farklılıklardan ve barometrik farklılıklar veya suyun termal ve tuzluluk farklılıklarından meydana gelebilir.

3.2.1.2 Gel-git akıntıları düzenli ve tahmin edilebilir olup maksimum gel-git akıntısı, en büyük ve en küçük astronomik gel-git'te (HAT ve LAT) oluşur. Gel-git akıntıları, kıyı hattı veya deniz tabanı şekli ile artabilir.

3.2.1.3 Dizayn hızı yüzeydeki hıza ve sahaya bağlıdır. Siğ sulardaki yüzey altı akıntılarının eksponansiyel bir profile sahip olduğu kabul edilir :

$$U_{c,sub}(z) = U_{c,sub} \left(\frac{d+z}{d} \right)^{1/7} \quad (B.43)$$

Burada;

$$U_{c,sub} = \text{Sakin su seviyesindeki yüzey altındaki akıntı hızı,}$$

$$d = \text{Sakin su seviyesinden su derinliği (pozitif alınır),}$$

z = Sakin su seviyesinden mesafe (yukarı doğru pozitif).

3.2.1.4 Çeşitli akım sistemlerinin ve/veya farklı tuzluluktaki suların karıştığı bazı durumlarda (örneğin; nehirler) akıntının profili ve formu, burada verilenlerden önemli ölçüde farklı olabilir. Derin sularda, genelde lineer ve exponansiyel profil kombinasyonu olan farklı akıntı profilleri daha iyi bir tanım verebilir.

3.2.2 Rüzgar kaynaklı akıntılar

3.2.2.1 Rüzgar kaynaklı akıntılar, fırtınadaki rüzgar gerilmesi ve atmosferik basınç değişiminden oluşur :

$$U_{c, rüzgar}(z) = U_{c, rüzgar} \left(\frac{d_0 + z}{d_0} \right) - d_0 \leq z \leq 0 \text{ için}$$

$$U_{c, rüzgar}(z) = 0 \quad z < -d_0 \text{ için (B.44)}$$

d_0 , 20 m.ye eşitse. Eğer su derinliği 20 m. den az ise, akıntı, çamur hattında kesilmelidir.

$$U_{c, rüzgar} = 0,015 \cdot u(10 \text{ m.}, 1 \text{ s.}) \quad (\text{B.45})$$

Burada ;

$$U_{c, rüzgar} = \text{Su yüzeyindeki akıntı hızı,}$$

$$u(10 \text{ m.}, 1 \text{ s.}) = 10 \text{ m. yükseklikte saatlik ortalama rüzgar hızı.}$$

3.2.3 Dalga kaynaklı akıntı

3.2.3.1 Açık deniz rüzgar türbininin kırılan dalga bölgesinin yakınına konulacağı hallerde, kıyı boyunca kırılan dalganın kesme kuvvetleri nedeniyle oluşan dalga akıntıları dikkate alınacaktır.

3.2.3.2 Dalgalar tarafından kıyıya taşınan su, suyu ters yöne taşıyan bir akıntı ile kompanse edilmelidir. Suyun kütsel taşınması nedeniyle, kırılan bir dalga dönüşüm dalgası haline gelir, bir miktar suyun sahile yığılması söz konusu olur. Bu su, dalgalara ters yönde derin suya doğru dönebilir, ancak genelde kırılan dalga bölgesi içinde sahil boyunca akar.

3.2.3.3 Kırılan dalga akıntılarının hesabı nümerik yöntemler kullanılarak yapılabilir (örneğin; tam eşlenmiş dalga ve akıntı hareketi esas alınarak Boussinesq modeli kullanılarak). Kıyıya yakın akıntılar için sadeleştirme olarak (kıyı hattına paralel doğrultuya sahip olan), kırılan dalga bölgesindeki U_{surf} dizayn hızı, aşağıdaki şekilde bulunabilir :

$$U_{surf} = 2 \cdot s \cdot \sqrt{g \cdot H_B} \quad (\text{B.46})$$

Burada;

$$H_B = \text{Kırılan dalga yüksekliği,}$$

$$g = \text{Yer çekimi ivmesi,}$$

$$s = \text{Kıyı eğimi.}$$

Düşey profil, yüzey altı akıntı profiline eşit alınabilir.

3.3 Deniz düzeyi

3.3.1 Dizayn için kullanılacak en yüksek sakın su düzeyi, gel-git ve fırtına kabarması etkileri ile mevsimsel değişimler dikkate alınarak, 50 yıllık tekrarlanma periyotlu en yüksek deniz düzeyi olarak tanımlanır. En yüksek sakın su düzeyi (HSWL); en yüksek astronomik gel-git'deki su derinliği d ile fırtına kabarması nedeniyle oluşan su düzeyi yüksekliği toplamı olarak alınabilir. Su düzeyi tanımlarının şematik tanımı Ek 4-A'da verilmiştir.

3.3.2 En yüksek sakın su düzeyine benzer olarak, en düşük sakın su düzeyi (LWSL), gel-git ve fırtına kabarması etkileri ile mevsimsel değişimler dikkate alınarak, 50 yıllık tekrarlanma periyotlu en düşük deniz düzeyi olarak tanımlanır. En düşük sakın su düzeyi, en düşük astronomik gel-git'deki su derinliği d ile fırtına kabarması nedeniyle oluşan su düzeyi azalması farkı olarak alınabilir.

3.3.3 Sakın su düzeyi üzerinden en yüksek dalga yüksekliği ζ^* aşağıdaki şekilde verilebilir:

$$\zeta^* = \delta \cdot H_D \quad (\text{B.47})$$

Burada ;

ζ^* = En yüksek dalga yüksekliği,

H_D = Dizayn dalga yüksekliği (3.1.4),

δ = Dalga yükseklik katsayısı, Tablo 4.3'e bakınız.

Tablo 4.3'de verilen dalga yükseklik katsayısı, 3.1.4'de tanımlanan T_D dalga periyodu ve d su derinliğinin fonksiyonudur. $H_D < 0,7 d$ ise lineer enterpolasyon veya ekstrapolasyon yapılabilir.

Tablo 4.3 Dalga yükseklik katsayısı δ

$d/(g/T_D^2)$	$H_D/(g/T_D^2)$					
	0,02	0,01	0,005	0,001	0,0005	0,0001
$\geq 0,20$	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50
0,02	-	0,68	0,58	0,52	0,50	0,50
0,002	-	-	-	0,87	0,80	0,68

3.3.4 Su derinliğinin belirlenmesinde, planlanan montaj yerindeki ölçümler esas alınacaktır. Ölçümler, $\approx 0,1$ m.lik bir hassasiyete ulaşmak üzere; basınç, gel-git, kabarma değişimleri ile düzeltilenektir. Gel-git düzeyleri ve fırtına kabarmaları, uzun süreli ölçümlere ve nümerik modellere dayalı istatistiksel verilerden elde edilebilir.

3.3.5 Su derinliği ve istatistiksel dalga verileri yetkili otorite tarafından sağlanacaktır. Verilerin uygulanması hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

3.4 Deniz buzları

3.4.1 Çalışma alanında deniz buzlarının oluşma olasılığı incelenecektir.

3.4.2 Eğer çalışma alanında mevsimsel deniz buzu oluşma olasılığı varsa, buzun oluşma durumu ve mekanik özellikleri, TL ile anlaşmaya varılarak yetkili otorite tarafından belirlenecektir.

3.4.3 Eğer çalışma alanında sürekli deniz buzu oluşma olasılığı varsa, buzun kalınlığı, büyüklüğü, mekanik özellikleri ve sürüklenme karakteristikleri, TL ile anlaşmaya varılarak, yetkili otorite tarafından belirlenecektir.

3.5 Deniz canlıları

3.5.1 Deniz canlıları bazı alanlarda yoğun olabilir ve dikkate alınmalıdır (örneğin; yapının su altı kısımlarına etki eden dalga ve akıntı yüklerini incelerken). İlgili bilgiler doğrulanmak üzere TL'na verilecektir.

3.5.2 Deniz canlılarının kalınlığı, yerel deneyimlere göre değerlendirilmelidir. Eğer herhangi bir veri yoksa, normal iklim koşulları için 50 mm. lik bir kalınlık seçilebilir.

4. Diğer Ortam Koşullarının Belirlenmesi

4.1 Genel

4.1.1 Rüzgar ve oşinografik koşulların dışındaki ortam (iklim) koşulları, termal, fotokimyasal, korrozif, mekanik, elektrik veya diğer fiziksel yollarla açık deniz rüzgar türbininin bütünlüğü ve emniyetine etki edebilirler. Ayrıca verilen iklim parametrelerinin kombinasyonları bunların etkilerini artırabilir.

4.1.2 Asgari olarak, aşağıda verilen diğer ortam koşulları dikkate alınacak ve alınan önlemler dizayn dokümanlarında belirtilecektir :

- Normal ve aşırı sıcaklık aralıkları,
- Nem,
- Hava yoğunluğu,
- Su yoğunluğu,
- Güneş radyasyonu,
- Yağmur, dolu, kar ve buz oluşumu,
- Kimyasal olarak aktif maddeler,
- Mekanik olarak aktif zerrecikler,
- Yıldırım,
- Depremler,
- Suyun tuzluluğu,

- Kum tepeleri hareketleri (deniz yatağı değişimleri),
- Aşınma,
- Korozyon.

4.1.3 Dizayn ile ilgili iklim koşulları, temsili değerlerle veya değişken koşulların sınırları ile tanımlanacaktır. İklim koşullarının aynı anda görülme olasılığı, dizayn değerleri seçilirken dikkate alınacaktır.

4.1.4 İklim koşullarının, bir yıllık veya daha yüksek tekrarlanma süresine karşılık gelen normal sınırlar içindeki değişimleri, normal dış koşullar olarak kabul edilecektir.

4.1.5 Başka veriler yoksa, aşağıda verilen normal ortam koşulu değerleri dikkate alınmalıdır :

- Açık deniz rüzgar türbinleri, -20°C ile +50°C'lık ortam sıcaklığı aralığına göre dizayn edilecektir. Sabit sıcaklık bileşenlerinin değişimleri olarak +15°C'lık bir ortalama sıcaklığa göre ± 35 K kabul edilecektir. -10°C ile +40°C arasındaki ortam sıcaklıklarında çalışmak mümkün olacaktır.
- Bağıl nem %100'e kadar,
- Atmosferik kapasite, kirlenmemiş deniz atmosferinin yarısına eşit,
- Güneş radyasyonu değeri 1000 W/m^2 ,
- Hava yoğunluğu $1,225 \text{ kg/m}^3$
- Su yoğunluğu $1,025 \text{ kg/m}^3$
- Suyun tuzluluğu %3,5

4.1.6 Dikkate alınacak diğer aşırı ortam koşulları; aşırı sıcaklık, yıldırım, buz oluşumu ve depremlerdir.

4.1.7 Malzeme kaliteleri seçimindeki T_D dizayn sıcaklığı, alandaki ortam sıcaklığının en düşük değeri olarak belirlenecektir.

4.1.8 Deniz düzeyindeki en düşük su sıcaklığı 0°C olarak kabul edilebilir. Aşırı sıcaklık değişimleri olan alanlar için veya deniz buzlarının olduğu hallerde ekstra kabuller yapılmalıdır.

4.1.9 Buradaki esaslarda belirtilen atmosfer ve su sıcaklıkları, 1 saatlik ortalama değerler olacaktır.

4.2 Aşırı sıcaklıklar

4.2.1 Havanın ve suyun dizayn sıcaklıklarının belirlenmesinde, yetkili kuruluşlardan sağlanan ilgili veriler esas alınacaktır.

4.2.2 Eğer, montaj alanında, uzun yılların ortalaması olarak yılda 10 günden fazla süreyle hava sıcaklığı -20°C'den az veya +50°C'dan fazla ise, alt veya üst sıcaklık sınırı buna göre değiştirilecek ve aşağıdaki maddeler göz önüne alınacaktır. Açık deniz rüzgar türbininin, seçilen sıcaklık sınırları içinde işler durumda olduğu ve yapısal olarak uygun durumda bulunduğu doğrulanacaktır.

4.2.3 Eğer sahadaki uzun yılların ortalama sıcaklık değeri, madde 4.1.5'e göre kabul edilen ortalama sıcaklıktan 15 K'den fazla farklılık gösterirse, bu dikkate alınacaktır.

4.2.4 Hava yoğunluğu, sahada hüküm süren sıcaklığa bağlı olarak düzeltililecektir. Düzeltilen hava yoğunluğu, yük hesaplarında ve güç eğrisinin belirlenmesinde dikkate alınacaktır. Ayrıca, aşağıda belirtilen maddeler, özellikle göz önüne alınacaktır :

- Kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri, ortam sıcaklıklarına göre seçilecektir,
- Aşırı sıcaklık durumlarında, önemli ölçüde farklı olan termal genleşme katsayıları nedeniyle oluşan gerilmeler dikkate alınacaktır.
- Soğutucular veya ısıtıcılar, ortam sıcaklığı ve çeşitli bileşenlerin gerekli çalışma sıcaklıkları dikkate alınarak boyutlandırılacaktır.

- Elektronik cihazlar da yüksek veya düşük sıcaklıklara karşı korunacaktır. Eğer bu bileşenlerin doğru çalışması garanti edilemiyorsa, tesis kapatılacaktır.
- Eğer, aşırı sıcaklıklar nedeniyle arızalanan bileşenler varsa, açık deniz rüzgar türbinini emniyetli bir duruma getirmek için uygun bir izleme düzeni sağlanacaktır.

4.2.5 Buz oluşumunun, aerodinamik katsayılar etki edebileceği göz önüne alınacaktır.

4.3 Yıldırım

Standart rüzgar türbini sınıfları için, yıldırım düşmesine karşı koruma ile ilgili olarak Bölüm 8, l'daki yıldırımdan korunmada yer alan hükümler yeterli kabul edilir.

4.4 Buz oluşumu

4.4.1 Açık deniz rüzgar türbininin dönmeyen kısımları için, havaya açık yüzeyler için her tarafta 30 mm. kalınlığında buz oluşumu kabul edilecektir. Buzun yoğunluğu $\rho_E = 900 \text{ kg/m}^3$ olarak alınacaktır. Pervanenin durduğu veya boşta çalıştığı işletim koşullarında, pervane kanatları da her tarafta bu derecede buz oluşumuna göre doğrulanacaktır.

4.4.2 Buz tabakası temelde deniz suyu serpintisinden kaynaklanıyorsa, buz kalınlığı buna göre ayarlanacaktır. Veriler yoksa, deniz düzeyinde 100 mm. lik bir kalınlık kabul edilebilir. Buz kalınlığının, en yüksek dalga yüksekliğinden 60 m. yukarısına kadar 30 mm. kalınlığa azalacağı kabul edilebilir.

4.4.3 Pervane dönerken "tüm pervane kanatlarında buz oluşumu" ve "biri hariç tüm pervane kanatlarında buz oluşumu" koşulları incelenecektir. Kütle dağılımı (kütle/birim boy) önder kenarda kabul edilecektir. Kütle dağılımı, pervane ekseninde sıfırdan, yarıçapın yarısında μ_E değerine lineer olarak artar ve yarıçapın ucuna kadar sabit kalır. μ_E değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır :

$$\mu_E = \rho_E \cdot k \cdot C_{min} (C_{maks} + C_{min}) \quad (B.48)$$

Burada;

μ_E = Pervane yarıçapının yarısında, pervane kanadının önder kenarındaki kütle dağılımı,

ρ_E = Buzun yoğunluğu (900 kg/m^3)

k = $0,00675 + 0,3 \exp (-0,32 R/R_1)$

R = Pervane yarıçapı,

R_1 = 1 m.

C_{maks} = Maksimum giriş boyu,

C_{min} = Kanat ucundaki giriş boyu kanat konturundan lineer olarak ekstrapole edilerek.

4.5 Depremler

4.5.1 Depremlerin öngörüldüğü mahaller için, mevcut istatistiksel bilgiler kullanılarak, "Dizayn depremi" tanımlanacaktır. Depremin özellikleri (ivme şiddeti, süre) yetkili otoriteden alınacak ve TL ile anlaşmaya varılacaktır.

4.5.2 Diğer ortam yüklerinin dikkate alınması koşuluyla, deprem yüküne karşı yeterli mukavemet sağlanacak şekilde dizayn yatay zemin ivmesinin (mukavemet düzeyi) 0,05 g. den (g, yerçekimi ivmesi) az olduğu yerlerde, deprem analizine gerek yoktur.

4.5.3 Deniz altındaki depremlerden kaynaklanan tsunami dalgaları, özel hallerde değerlendirilecektir. Oluşma olasılığına bağlı olarak, dizayn depremi ile birlikte veya olağandışı yük olarak Tsunami ve oluşan kuvvetlerin dikkate alınıp alınmayacağı, her durum için ayrı ayrı değerlendirilecektir.

4.6 Temel ve zemin özellikleri

4.6.1 Öngörülen alandaki temel (zemin özellikleri) jeoteknik rapor vasıtasıyla yerel duruma göre analiz edilecektir. Bunun için Bölüm 6, G. dikkate alınacaktır.

4.6.2 Kazık destekli yapılar için jeoteknik incelemeler, asgari olarak, Bölüm 6, G'de belirtilen zemin mühendisliği verilerini sağlayacaktır.

4.7 Deniz yatağı ve aşınma

4.7.1 Deniz tabanına yerleştirilen açık deniz rüzgar türbini yapıları deniz tabanının yavaş yavaş veya geçici değişimlerinden etkilenebilir. Bu değişimler dizayn parametreleri ve yapısal bütünlüğün geçerliliğini etkileyebilir ve bu nedenle dikkate alınmalıdır.

4.7.2 Deniz tabanı kararlılığı : Bölüm 6'da özetlendiği gibi, topoğrafya ve zemin konfigürasyonu nedeniyle, zemin arızaları veya kaymalarının, aşınma arızalarının dikkate alınıp alınmayacağı belirlenmelidir. Genelde, gereken hallerde, oturma ve zemin sıvılaşmaları dikkate alınmalıdır.

4.7.3 Aşınma, deniz tabanı zemininin akıntılar ve dalgalarla hareket etmesidir. Bu aşınma doğal jeolojik proseslerden veya deniz tabanı üzerindeki doğal akış rejimini bozan yapısal elemanlardan kaynaklanabilir.

4.7.4 Gözlemlerden, deniz tabanı değişimleri, aşağıda belirtilenlerin bazı kombinasyonları ile karakterize edilebilir :

- a) Lokal aşınma : Yapısal elemanların etrafındaki dik kenarlı aşınma çukurları,
- b) Global aşınma : Muhtemelen genel yapı etkileri, çoklu yapı etkileşimi veya dalga-zemin-yapı etkileşimi nedeniyle yapının etrafında büyük kapsamlı sığ aşınma havuzları.
- c) Yapı bulunmasa da oluşabilecek olan, kum dalgalarının bayırların ve tepelerin, genel taban hareketleri. İnsan yapımı yapılar genelde, aşındırıcı olan veya birikime yol açan lokal tortu hareket rejimini değiştirir.

4.7.5 Aşınma, sığ temellerin oturmasına ve temel elemanlarının aşırı gerilmeye maruz kalmasına neden olarak, temellerin düşey ve yanal desteklerinin hareketine yol açarlar. Aşınma olasılığı varsa, dizaynda dikkate alınmalı ve / veya azaltıcı önlemler alınmalıdır.

4.7.6 Aşınmanın önceden belirlenmesi oldukça zordur. Dizayn kriterleri ile ilgili belirsizlik, sağlam dizaynla değerlendirmeye alınmalı ve / veya izleme ve önlemler sağlanmalıdır. Konu ile ilgili bilgiler Bölüm 6, G.7.4'de verilmiştir.

4.8 Elektrik güç şebekesi koşulları

4.8.1 Türbin ile türbin şebeke arasında yer alan tüm elektrik donanımı arasında uyumluluğu sağlamak üzere, açık deniz rüzgar türbini ve öngörülen alandaki mevcut elektrik şebekesi arasında şebeke bağlantı noktasındaki elektrik koşulları belirlenecektir. Bunlar, asgari olarak, şunları içerecektir.

- Normal besleme gerilimi ve dalgalanmaları,
- Normal besleme frekansı ve dalgalanmaları,
- Gerilim simetrisi,
- Simetrik ve asimetrik arızalar,
- Elektrik şebeke kesilmesi adedi ve tipi ve bunların ortalama süresi,
- Sahadaki elektrik şebekesinin özel nitelikleri ve lokal şebeke operatörünün istekleri dikkate alınacaktır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir :
 - Otomatik kapatma çevrimleri,
 - Açık deniz rüzgar türbininin bağlantı noktalarındaki kısa devre empedansı,
 - Türbinin güç sisteminden harmonik gerilim sapması.

4.8.2 Açık deniz rüzgar türbininin terminallerinde dikkate alınacak normal koşullar bu bölümde verilmiştir. Normal elektrik güç şebekesi koşulları, aşağıdaki parametrelerin, aşağıda belirtilen aralık içinde olduğu zaman uygulanır.

- Gerilim : nominal değer $\pm \%10$
- Frekans : nominal değer $\pm \%2$

- Gerilim dengesizliği : gerilimin negatif etkili bileşeninin pozitif etkili bileşenine oranı %2'yi geçmeyecektir.

4.8.3 Şebeke arızası : elektrik şebeke kesilmesinin yılda 20 kez oluşacağı kabul edilecektir (Bölüm 2, B.2.9'a da bakınız).

4.8.4 Normal koşullarla ilgili diğer ayrıntılar DIN EN 50160 : 2000'den bulunabilir. Normalde farklı koşullar oluştuğunda (örneğin; lokal gereklerden kaynaklanan kurallar) bunlar açıkça belirtilmelidir.

4.9 Risk analizi

Bazı alanların bulundukları yer nedeniyle bir risk analizi gerekebilir. Bu analizde, ortamla ilgili olarak açık deniz rüzgar türbininde oluşan belirli hasarlanma olaylarının risk tahminlerini içerir. İncelemelerin kapsamı ve tipi **TL** ile anlaşarak tanımlanmalıdır.

4.10 Korozyon ve erozyon

Öngörülen korozyon korumasının sahaya uygunluğu kontrol edilecektir. Bu nedenle korozyona ve erozyona karşı koruma, uygun malzeme seçimi, uygun boya ve koruyucu kaplama ve düzenli muayene vasıtasıyla dikkate alınacaktır. Daha ayrıntılı bilgi için Bölüm 3, E'ye bakınız. Açık deniz taşıyıcı yapısının sıçrama bölgesine özel olarak dikkat edilmelidir.

4.11 Sıçrama bölgesi

4.11.1 Sıçrama bölgesi; gel-git ve dalga hareketi ile yapının aralıklı olarak ıslak duruma gelen kısmı olarak tanımlanır. Bu bölgenin kapsamı, büyük lokal değişimlere tabidir. Özel yapılar için (yani yüzer sistemler) yapının draft ve hareket değişimleri dikkate alınacaktır.

4.11.2 Sıçrama bölgesi, aşağıda belirtildiği üzere, en yüksek ve en düşük su seviyeleri ile tanımlanır :

$$L_{maks} = L_{uSW} + \Delta s + L_{uWA} + L_{emn.} \quad (B.49)$$

$$L_{min} = L_{LSW} - L_{LWA} \quad (B.50)$$

$$L_{uSW} = \text{Madde 4.11.3'e göre üst sakin su düzeyi,}$$

$$L_{LSW} = \text{Madde 4.11.3'e göre alt sakin su düzeyi,}$$

$$\Delta s = \text{Ömrü boyunca temelin öngörülen oturması,}$$

$$L_{uWA} = \text{Madde 4.11.4'e göre dalga tepesi yüksekliği,}$$

$$L_{LWA} = \text{Madde 4.11.4'e göre dalga çukuru yüksekliği,}$$

$$L_{emn.} = \text{Madde 4.11.6'ya göre çalıştırma için emniyet.}$$

4.11.3 Sıçrama bölgesinin tanımındaki üst ve alt sakin su düzeyleri; 1 yıllık tekrarlanma süresi ile en yüksek en düşük sakin su seviyeleri olarak tanımlanacaktır ($HSWL_1$ ve $LSWL_1$). Eğer, gel-git yükselmesi ve fırtına kabarması dikkate alınarak, sakin su seviyesi için herhangi bir veri yoksa, üst ve alt sakin su düzeyleri, 1 yıllık tekrarlanma süresi ile en yüksek ve en düşük astronomik gel-git ve fırtına kabarmasından elde edilebilir.

$$L_{uSW} = HSWL_1 \text{ veya HAT + fırtına kabarması (1 yıl) (B.51)}$$

$$L_{LSW} = LSWL_1 \text{ veya LAT - fırtına kabarması (1 yıl) (B.52)}$$

4.11.4 Sıçrama bölgesi tanımında dikkate alınacak dalga tepesi ve çukuru yüksekliği, aşılma olasılığı $P(H>H^*) = 0,01$ 'e eşit olan dalga yüksekliğinden elde edilebilir. Dalga yüksekliği, dalga dağılımı diyagramından elde edilebilir. Eğer dalga dağılımı diyagramı yoksa, bunun yerine 1 yıllık tekrarlanma süreli etkin dalga yüksekliği seçilebilir.

$$L_{uWA} = \delta \cdot H_{\%1} \quad (B.53)$$

$$L_{LWA} = (1 - \delta) \cdot H_{\%1} \quad (B.54)$$

$$\delta = 3.3' \text{e göre dalga yükseklik katsayısı (Tablo 4.3)}$$

$$H_{\%1} = \text{Aşılma 0,01'e eşit olan dalga yüksekliği.}$$

4.11.5 Sığ suda, maksimum dalga yüksekliği ve dalga yükseklik katsayısı değerlerinin, fiili su derinliği ile değişebileceği dikkate alınmalıdır.

4.11.6 Çalıştırma ve yapıdan kaynaklanan dalga bozulumu nedeniyle ilave emniyet düzeyi yüksekliği, madde 4.11.4'de seçilen dalga yüksekliğinin %20'si olarak alınabilir.

4.11.7 Sıçrama bölgesinin tanımındaki en yüksek ve en düşük su seviyeleri, ortalama deniz düzeyi (MSWL)'nin üstünde veya altında 2 m. den daha az olmayacaktır.

Not :

Aşılma olasılığı $P(H > H^) = 0,01$ 'e eşit olan dalga yüksekliği, dağılım diyagramı (uzun süreli dağılım) kullanılarak ve doğrudan istatistiksel veriler yoksa dalga yüksekliğinin kısa süreli dağılımı kabul edilerek hesaplanabilir.*

$$P(H > H^*) = \sum_i \sum_j P_s(H > H^*) f_L(H_{si}, T_{pj}) \quad (B.55)$$

Burada ;

$P_s(H > H^) = P_s(H > H^*/H_{si}, T_{pj})$ = Etkin dalga yüksekliği ve deniz durumu periyodunda koşullandırılan kısa süreli dalga yüksekliği olasılığıdır. Rayleigh dağılımı kabul edilebilir.*

$f_L(H_{si}, T_{pj})$ = Dalga dağılımı diyagramından i, j 'inci deniz durumunun uzun süreli olasılığıdır.

C. Yüklerin Hesaplanması

1. Genel

1.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin yapısal dizaynında, yük taşıyan bileşenlerin yapısal bütünlüğünün doğrulanması esas alınacaktır. Yapısal elemanların kopma ve yorulma mukavemetleri, açık deniz rüzgar türbininin yeterli emniyet düzeyi ile yapısal bütünlüğünün kanıtlanması bakımından, hesaplamalar ve/veya testler ile doğrulanacaktır.

1.2 Hesaplamalar, uygun yöntemler kullanılarak yapılacaktır. Hesaplama yöntemleri, dizayn dokümanlarında belirtilecektir. Bu tanımlamalarda, hesap yönteminin geçerliliğinin kanıtı veya ilgili doğrulama çalışmalarına atıflar yer alacaktır. Herhangi bir testteki yük düzeyi, ilgili hesaptaki kısmi emniyet faktörlerini yeterince yansıtmaktadır.

1.3 Kullanılacak analiz yöntemi; yük tipine ve yapısal tepkiye bağlı olacaktır. Lineer olmayan yapıdaki dinamik problemler için zaman tanımlı analiz kullanılmalıdır. Lineer olmayan yük tepkilerinin lineerizasyonunun mümkün olması veya dinamik arttırma etkilerinin hesaplanması koşuluyla, rastgele yükleme için (örneğin; non-deterministik dalga yükleri nedeniyle), lineer elastik tepkili yapılar için tepki spektral analizi kullanılacaktır.

1.4 Hesaplama modelinde tüm yük taşıyan ve takviye elemanları ile ilgili mesnet ve ankastrelik etkileri dikkate alınmalıdır. Bölmeleme derecesi, yapının geometrisini ve bunun yük dağılımı ve uygulanmasına etkisini dikkate almalıdır.

1.5 Üst taraf yapılarının yapısal bütünlüğü için ana dış etki rüzgar durumu olup, taşıyıcı yapının dinamik özelliklerine göre, bazı hallerde deniz koşulları da etkili olabilir. Üst kısmın dizayn sırasında, açık deniz rüzgar türbininin monte edileceği alandaki deniz koşulları, yapısal bütünlükte dikkate alınmalıdır. Belirli açık deniz alanları için, üst kısmın uygunluğunun kanıtlanması B.'de belirtilen istekleri karşılayacaktır.

1.6 Bir açık deniz rüzgar türbininin taşıyıcı yapısının dizaynında, açık deniz rüzgar türbininin monte edileceği alan için temsil edici olan, deniz koşulları dahil, ortam koşulları esas alınacaktır.

1.7 Aşınma, kum dalgaları, vb. nedeniyle zamanla değişim dahil, alandaki zemin özellikleri dikkate alınmalıdır. Yüklerin dinamik analizinde, alandaki zemin durumunun özelliklerinin değişimi ve türbinin dizayn ömrü boyunca kütlelerdeki değişim, yük durumu tanımlarında dikkate alınacaktır, Bölüm 6'ya da bakınız.

1.8 Nem, korozyon ve deniz canlıları gibi deniz koşulları türbinin ömrü boyunca değişebilir ve türbinin dinamik özelliklerine etki edebilir. Yük durumları, normal yüklerin açık deniz rüzgar türbininin tüm ömrü boyunca oluşacak şekilde tanımlanacaktır.

1.9 Genelde ön yük analizinde, öngörülen deniz koşulları ile birlikte, alandaki kabuller veya rüzgar türbini sınıfı esas alınır. Model dinamiği ve zemin davranışı yüklere bağlı olduğundan, bunlar dizayn prosesi sırasında değişebilir. Nihai yük değerlendirmesi veya analizi, tüm

taşıyıcı yapı konfigürasyonlarında kritik yük durumları için yapılacak ve orijinal kabuller bağdaştırılacaktır.

1.10 Yük durumlarının tanımı için, montaj alanıyla ilgili meteorolojik ve oşinografik veriler uygulanacaktır.

2. Yükler

Madde 2.1 ÷ 2.9'da belirtilen yükler, dizayn hesaplamalarında dikkate alınacaktır. Yük hesapları prototip testler ve model testleri kullanılabilir. Testler, akredite bir kuruluş ve / veya TL gözetiminde yapılacaktır. Özel hallerde model testleri gerekebilir.

Genel olarak, dış ve / veya işletim koşulları ile ilgili dinamik tepkiler dikkate alınarak, açık deniz rüzgar türbini için bir dinamik analiz gereklidir.

Kuazi - statik analiz, sadece TL ile anlaşmak suretiyle gerekli olan sistemlerde yapılacaktır. Dinamik arttırma faktörünün (DAF) belirlenmesi konusu da TL ile anlaşarak yapılacaktır. Bu durumlar için, basitleştirme amacıyla, dinamik analiz yerine yapılabilir.

Lineer olmayan yük tepkilerinin lineerizasyonunun mümkün olması veya dinamik arttırma etkilerinin hesaplanması koşuluyla, rastgele yükleme için (örneğin; non-deterministik dalga yükleri nedeniyle), lineer elastik tepkili yapılar için tepki spektral analizi kullanılacaktır.

Yöntem; sabit ceket yapılarındaki aşırı dalga yükleri nedeniyle dinamik arttırma etkilerinin hesaplanması ve yorulma hasarı birikimlerinin belirlenmesi için uygun olabilir.

2.1 Atalet ve ağırlık yükleri

2.1.1 Atalet ve ağırlık yükleri; titreşimden, dönmeden, ağırlıktan ve sismik faaliyetlerden kaynaklanan, açık deniz rüzgar türbinine etki eden statik ve dinamik yüklerdir.

2.1.2 Dinamik analizde, yapısal dinamikler ve titreşim durumlarının eşleşmesi dikkate alınmalıdır. Aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır :

- Kanatların elastisitesi,
- Tahrik sisteminin ve jeneratörün elastisitesi (tahrik sistemi dinamiği),

- Taşıyıcı yapının eğilmesi,
- Helikopter güvertesi dinamiği (varsa).

2.1.3 Etkileri ihmal edilemiyorsa, makinanın elastik bağlanması, titreşim damperleri, taşıyıcı yapının burulmaya dayanımı ve temelin etkileri de dahil edilecektir. Genelde, döner donanımı taşıyan yapı elemanları için rezonanstan kaçınılacaktır.

2.1.4 Yapı ile zemin arasındaki etkileşim genelde lineer-olmayan şekilde modellenmelidir. Kazıklı temeller için; yapı ile kazıklı zemin sistemi arasında yük defleksiyon uyumluluğunu sağlamak üzere, aksiyal ve lateral kazık-zemin desteğinin lineer-olmayan davranışı açık olarak modellenmelidir.

2.1.5 Pervane için, üreticinin talimatlarına göre fiili kütle kaçıklığı dikkate alınacaktır (3.5 ve DYD 1.1 ve 1.5'e bakınız).

2.1.6 Tüm etkin yapısal ve eklentisel kütlelerin yanı sıra, deniz canlıları nedeniyle arttırılmış eleman kalınlıklarının hesaba katıldığı hidrodinamik kütleler ve suya batmış elemanlardaki su dikkate alınacaktır.

2.1.7 Bazı yük durumlarında kuazi-statik analizin yapılmasına ve dinamik arttırma faktörü uygulaması ile yapısal dinamiklerin dikkate alınmasına izin verilir ve / veya gerekli olabilir. Uygulanacak dinamik arttırma faktörü TL ile anlaşmaya varılarak belirlenmelidir.

2.2 Aerodinamik yükler

2.2.1 Aerodinamik yükler; hava akımının ve bunun açık deniz rüzgar türbinlerinin sabit ve hareketli parçalarıyla karşılıklı etkileşiminin neden olduğu statik ve dinamik yüklerdir.

2.2.2 Hava akımı; pervanenin dönüş hızına, pervane düzlemindeki ortalama rüzgar hızına, türbülans derecesine, havanın yoğunluğuna, açık deniz rüzgar türbini bileşenlerinin aerodinamik şekline ve bunların karşılıklı etkilerine ve aeroelastik etkilere bağlıdır.

2.2.3 Açık deniz rüzgar türbinindeki rüzgar yüklerinin analizinde, aşağıdaki etkiler dikkate alınacaktır :

- Açık deniz rüzgar türbininin yapısı nedeniyle, rüzgar alanının bozulması (iz kaynaklı hızlar, kule gölgesi, kulenin rüzgara karşı etkisi vb.),
- Kanat aerodinamik karakteristiklerindeki üç-boyutlu akım etkisi (örneğin; üç boyutlu durma ve aerodinamik uç kaybı),
- Kullanılan profiller için hava akımının dinamik durdurma etkileri,
- Kararsız aerodinamik etkiler,
- Aeroelastik etkiler,
- Pervane kanatlarının üretim veya montaj toleransları nedeniyle oluşabilen aerodinamik asimetritler. Doğruluğu kanıtlanan toleranslar dikkate alınacaktır. Eğer bunlar bilinmiyorsa, kanadın $\pm 0,3^\circ$ 'lik giriş açısı sapması (yani; 3 kanatlı tesiste : kanat -1, 0°C 'de kanat-2, - $0,3^\circ\text{C}$ 'de kanat-3, $+0,3^\circ\text{C}$ 'de) kabul edilecektir.
- Park halinde iken (durma veya boşta çalışma) dinamik tepki ve kule yüklerine fırtına reaksiyon faktörü uygulayarak, kararlı rüzgar modeli EWM uygulaması.

2.2.4 Kuleler gibi yapısal elemanlar için c_f aerodinamik kuvvet katsayısı. EuroCode 1'e veya DIN 4131, Ek A'ya (çelik yapılar) ve DIN 4228, Ek A'ya (prefabrike beton yapılar) veya uluslararası eşdeğer standartlara göre hesaplanacaktır.

2.3 Hidrodinamik yükler

Hidrodinamik yükler, suyun akışı ve bunun açık deniz rüzgar türbininin taşıyıcı yapısı ile karşılıklı etkileşiminden kaynaklanan sabit ve hareketli yüklerdir.

Hidrodinamik yükler; hidroelastik etkiler dahil, su akışının kinematiğine, suyun yoğunluğuna, su derinliğine, taşıyıcı yapının şekline ve bunların karşılıklı etkileşimlerine bağlıdır.

2.3.1 Dalga yükleri

2.3.1.1 Türetilen dalga parametreleri, örneğin; dalga zerrecik hızları ve ivmeleridir. u_w zerrecik hızları ve a_w ivmeleri, dalga yüksekliği H , dalga periyodu T ve su derinliği D 'ye bağlıdır.

2.3.1.2 Bilinen standartlar ve kitaplar esas alınarak, ilgili yapısal elemanın bulunduğu yerdeki dizayn hızı ve ivmesinin tanımı için ilgili dalga teorileri kullanılacaktır. Çeşitli dalga teorilerinin uygulama alanı ile ilgili bilgiler Ek 4-G'de verilmiştir.

2.3.1.3 Derin su ve geçiş su dalgalarına ait dalga kinematik parametrelerinin tanımı için lineer (Airy) dalga teorisi uygulanabilir. Lineer dalga teorisi, düzensiz deniz durumlarının oluşumu için kullanılır. Lineer dalga teorisi uygulama örneği Ek 4-G'de verilmiştir.

2.3.1.4 Çok yüksek dalgalar veya sulardaki dalgalar ve kırılan dalgalara ait dalga zerrecik hızları ve ivmelerinin elde edilmesi için daha yüksek dereceli dalga teorileri kullanılmalıdır. Sığ su bölgelerinde, kırılan dalga olasılıkları analiz edilmelidir. Daha yüksek dereceli teorilerin uygulaması hususunda **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

2.3.1.5 Eğer dalga dağılımı ihmal edilebilirse, yani geçen dalgaların şekli ve doğrultusu önemli ölçüde değişmiyorsa, yapı hidrodinamik olarak açık kabul edilir. Eğer $D/\lambda < 0,2$ ise bu koşul sağlanmış olur, burada D , dalganın ilerleme yönünde yapının karakteristik boyutu (örneğin çap) ve λ dalga boyudur. Hidrodinamik olarak açık ve kompakt yapılar için dalga yüklerinin analiz yöntemleri ile ilgili kısa açıklamalar, Ek 4-H'de verilmiştir.

2.3.1.6 Buradaki kurallar, genelde, rijid açık deniz rüzgar türbinlerine uygulanır.

2.3.1.7 Bir yapı, dalgalar nedeniyle sakin su konumundan olası hareketi, dalga yüksekliği ile karşılaştırıldığında, ihmal edilecek derecede küçükse, rijid olarak konumlandırılmış kabul edilir.

2.3.1.8 Dizayn dalga yüklerinin hesaplama yöntemleri, yapının hidrodinamik özelliklerine ve yapının alandaki yerleşimine bağlıdır.

2.3.1.9 Dalga kaynaklı yüklerin analizinde, açıkça modellenmemişse, deniz canlılarının ve eklentilerin etkileri dikkate alınacaktır.

2.3.1.10 Açık deniz rüzgar türbininin analizindeki aşırı yüklerde, 50 yıllık tekrarlanma süreli aşırı dalga (H_{maks50}) ve rüzgar yükü esas alınacaktır. Bazı yük durumlarında 1 yıllık tekrarlanma süreli aşırı dalga (H_{maks1}) kullanılır.

2.3.1.11 Aşırı dalga, 3 saatte 1 kez fırtına koşulu oluşumu koşulu esas alınarak analiz edilecektir.

2.3.1.12 3 saatlik fırtına koşulu sırasındaki aşırı dizayn dalgası, Bölüm 4, B.3.1.4'de belirtilen şekilde elde edilebilir. Sadeleştirme olarak, dizayn yükleri için aşırı dalga yüksekliği aşağıdaki gibi alınabilir :

$$H_{maks} = 1,86 \cdot H_s \leq H_B \quad (C.1)$$

H_{maks} , 1000 dalga esas alınarak, derin su için olası maksimum değer ve H_B kırılan dalga yüksekliğidir.

2.3.1.13 Aşırı dalga hızı ile birlikte yüklemeyi elde etmek için kullanılacak azaltılmış dalga (3.2.15'e bakınız), aşağıda belirtilene karşılık gelen, olasılığı 0,03 olan dalga yüksekliği ile bağlantılıdır (derin su için);

$$H_{red} = 1,32 \cdot H_s \leq H_B \quad (C.2)$$

2.3.1.14 Sığ sularda dalga yüksekliği dağılımı, Rayleigh dağılımından farklı olabilir. Bu durumda, 2.3.1.12 ve 2.3.1.13'de gösterilen faktörler değişebilir. TL ile anlaşarak farklı değerler kullanılabilir.

2.3.2 Deniz akıntısı yükleri

2.3.2.1 Sakin su düzeyinde z derinlikteki yapısal elemanlardaki deniz akıntısı basıncının dizayn değeri aşağıdaki gibi tanımlanabilir :

$$q_D(z) = \frac{\rho_w}{2} \cdot U_D^2(z) \quad (C.3)$$

Burada ;

$q_D(z)$ = z düzeyindeki dizayn deniz akıntısı basıncı,

ρ_w = Suyun yoğunluğu,

$U_D(z)$ = z düzeyindeki dizayn deniz akıntısı hızı,

z = Sakin su düzeyinden uzaklık, yukarıya doğru pozitif, $0 \geq z \geq -d$

Bu formülde, dizayn deniz akıntısı hızı $U_D(z)$, z yüksekliğinde silindir eksenine dik doğrultudaki $U_C(z)$ (Bölüm 4, B.3.2'ye bakınız) akıntı hızının bileşenidir.

2.3.2.2 Yukarıda tanımlanan $q_D(z)$ kullanılarak, dizayn deniz akıntısı yükleri $F_D(z)$ hesaplanabilir :

$$F_D(z) = C_D \cdot q_D(z) \cdot D(z) \quad (C.4)$$

Burada;

$F_D(z)$ = z düzeyindeki dizayn deniz akıntısı yükü,

C_D = Sürüklenme katsayısı

$q_D(z)$ = z düzeyindeki dizayn deniz akıntısı basıncı

$D(z)$ = z yüksekliğinde $U_D(z)$ 'ye dik olarak yapının projeksiyon genişliği

$F_D(z)$ 'nin doğrultusu, $U_D(z)$ 'nin doğrultusu ile aynıdır. Silindirler için $D(z)$, z yüksekliğindeki çaptır.

2.3.2.3 CD sürüklenme katsayısı kitaplardan veya model testlerinden elde edilebilir ve deniz canlıları ile eklentilerin etkilerine göre düzeltilmelidir.

2.3.3 Kırılan dalga yükleri

2.3.3.1 Eğer kırılan dalgalar oluşuyorsa, ilgili su düzeyi, dalga yüksekliği ve kırılan dalga kinematiği dikkate alınmalıdır.

2.3.3.2 Kırılan dalga yüklerinin analizi tam olarak belirli değildir. Aşağıda, kırılan dalga yüklerinin hesabı ile ilgili bazı bilgiler verilmiştir. Genelde, global yüklerin incelenmesi ve hesaplanan taşıyıcı yapı yüklerinin doğrulanması için model testleri tavsiye edilir.

2.3.3.3 Dökülerek kırılan dalgalar için tekil dalgalar, akıntı fonksiyonlu dalga teorisine göre simüle edilebilir. Sığ su dalgalarının (sıçrayarak kırılmayan), dalga yüksekliği ve hızları formundaki zaman serileri simüle edilebilir. Üstte kırılan bir dalganın maksimum zerrecik hızı aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$u_{\text{maks}} \leq 1,0 \cdot \sqrt{g \cdot d} \quad (\text{C.5})$$

Burada ;

u_{maks} = Üstte kırılan dalgada maksimum zerrecik hızı,

g = Yerçekimi ivmesi,

d = Dalga derinliği.

2.3.3.4 Sıçrayarak kırılan dalgalar için, sıçrayarak kırılmaya maruz kalma sırasında yapıların özel durumları incelenecektir. Kırılan dalganın yapı üzerindeki kuvveti, bir darbe kuvveti ve bir periyodik kuvvet olarak analiz edilebilir. Periyodik kuvvet konvansiyonel dalga teorisi (yani akıntı fonksiyonlu dalga teorisi) kullanılarak hesaplanabilir. Ek 4-I'da, silindirler üzerindeki darbe kuvvetini hesaplama ile ilgili bir yöntem verilmiştir.

2.3.3.5 Eğer yapının su yüzeyi altındaki kısmı, su yüzeyi üzerindeki olduğunca büyükse, bu durum sıçrayarak kırılmaya neden olabilir ve dizayn kabullerinde etkilerin ölçümü dikkate alınacaktır.

2.3.4 Dalga dövünme yükleri

2.3.4.1 Dalgaların sıçrama bölgesindeki yapısal elemanlar darbe yüklerine (dövünme) maruz kalabilirler. Bu yüklerin hassas olarak belirlenmesi zor olup genelde yapısal dizayn önlemleri vasıtasıyla önlenmelidir.

2.3.4.2 Yapıların dalga darbelerine karşı koyacak şekilde dizayn edilmediği veya edilemediği hallerde, dalga darbelerinden, olası en yüksek dalga yüksekliği ile yapının alt kenarı arasında yeterli uzaklık sağlanarak kaçınılacaktır. 1,5 m. lik bir aralık tavsiye edilir. Deniz tabanına rijid olarak bağlı olmayan yapılarda, bunların düşey hareketleri dikkate alınacaktır.

2.4 Hidrostatik yükler

Dış veya iç hidrostatik yükler, bölme veya elemanın sadece yüzeyin tek tarafından suyla teması halinde oluşur. Hidrostatik kuvvetler yüzeyi dik olarak etki ederler. Boş mahallere sahip büyük yapılar için hidrostatik kuvvetlerin önemli etkileri olabilir.

2.5 Deniz buzu yükleri

2.5.1 Bir açık deniz rüzgar türbinine etki eden statik ve dinamik deniz buzu yüklerine, akıntı ve rüzgar etkisi ile hareket eden bu tabakaları ve bunların taşıyıcı yapıyla temasından oluşur. Deniz buzu yüklerinin taşıyıcı yapıların dizaynı ile ilişkisi, açık deniz rüzgar türbininin monte edileceği alanın konumuna ve özelliklerine bağlıdır. Buzun yapıya uyguladığı kuvvetler, bunların lokal yapı elemanlarına etkisi ve yapının bütünündeki global etkileri yönlerinden incelenecektir.

2.5.2 Buz yükleri, buz-yapı etkileşimi aralığı için incelenecektir. Etkileşim aralığı, çalışma alanındaki buz ortamına göre belirlenir ve aşağıdakileri içerebilir :

- İlk ve çok-yıllı seviyedeki buzdan gelen basınç,
- Buz sahası içindeki ilk ve / veya çok-yıllı buz tepeleri ile çatışma,
- Sürüklenen buz kütlelerinin darbesi (deniz buzu veya buzullar),
- Buz dağlarının darbesi,
- Dinamik buz yükleri.

2.5.3 Buz yük incelemeleri, yapı ile yakın teması olan veya yapı tarafından tutulan buz kütleleri veya diğer buz parçalarındaki buzun uyguladığı kuvvetlerini içerecektir. Bunlar, çok ayaklı yapılar ve çarpmadan başka durumdaki buz zafiyeti oluşturacak şekilde dizayn edilen yapılar için önemlidir.

2.5.4 Buzun maksimum basma mukavemeti, yapının buzla lokal olarak yüklenmesinin karakteristiği olarak değerlendirilecektir. Uygun basma mukavemetinin seçiminde, aşağıdaki faktörler dikkate alınacaktır :

- Buzdaki sıcaklık veya sıcaklık değişimi,
- Buz kristallerinin oryantasyonu,
- Tuzluluk,

- Buzun toplam geçirgenliği (salamura hacmi, gaz cepleri ve boşluklar),
- Zorlanma miktarı,
- Yükleme miktarı,
- Ölçek etkileri (yapının ölçüsü / buz kalınlığı).

2.5.5 Buzun gevreme yapısı, başlangıçta belirgin değilse, buz-yapı etkileşimi sırasında periyodik dinamik yüke neden olabilir. Yapının doğal titreşim modlarındaki tepkesinin dinamik büyüklüğü analiz edilecektir.

2.5.6 Global yüklerin incelenmesi ve öngörülen buz hasarı durumları için model testleri önerilir.

2.5.7 TL ile anlaşmaya varılarak, dinamik buz yükleri için ilave inceleme ve analizler yapılacaktır. Basitleştirilmiş olarak, yük titreşim periyodunun, taşıyıcı yapının doğal periyoduna eşit olduğu kabul edilebilir. Yük titreşiminin genliğinin, ortalama değeri deniz buzu yükünün 3/4'üne eşit olduğu statik yatay buz yükünün yaklaşık 1/4'ü olduğu kabul edilebilir.

2.6 Deprem yükleri

2.6.1 Dinamik tepki analizi, aşağıda belirtilenler gibi tanınmış prosedürler kullanılarak yapılmalıdır:

- Tepki spektrum analizi,
- Zaman alanı analizi.

Genelde, analiz için yapının 3 boyutlu modeli kullanılacaktır. Diğer yüklerle deprem yüklerinin kombinasyonu 5.'de verilmiştir.

2.6.2 Modal maksimumları için tepki spektrum analizi uygulanacaksa, "Complete Quadratic Combination" (CQC) yöntemi önerilir.

2.7 Bot darbe yükleri

2.7.1 İşletme darbeleri, 0,5 m/sn'lik bir hızla temas eden ikmal gemisinin neden olduğu darbeden daha az alınmalıdır. Bu durumda, tüm kinetik enerjinin türbin yapısı tarafından absorbe edildiği kabul edilmelidir.

Toplam kinetik enerji aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

$$E = \frac{1}{2} \cdot a \cdot m \cdot v_{bot}^2 \quad (C.6)$$

Burada;

m = Tekne deplasmanı [kg]

a = Eklenmiş kütle katsayısı,

= 1,6 yandan çatışma için,

= 1,1 baştan veya kıçtan çatışma için,

v_{bot} = Darbe hızı [m/sn].

2.7.2 Eğer türbin yapısının katılığı, teknenin çarpan kısmı ile karşılaştırıldığında çok büyükse, türbin yapısı tarafından emilen enerji hesaplanan değerden az olabilir. Bu durum beton yapılarda görülebilir. Bu durumlarda, darbe kuvvetinin neden olduğu hasarın analizi önemlidir.

2.7.3 $F_{bot\ darbe}$ darbe kuvveti, aşağıdaki gibi alınabilir:

$$F_{bot\ darbe} = P_0 \quad (C.7)$$

veya

$$F_{bot\ darbe} = v_{bot} \cdot \sqrt{c \cdot a \cdot m} \quad (C.8)$$

Burada;

P_0 = Teknenin çarpan kısmının minimum çarpma mukavemeti [MN]

c = Teknenin çarpan kısmının katılığı [MN/m]

m = Tekne deplasmanı [kg]

a = Eklenmiş kütle katsayısı,

= 1,6 yandan çatışma için,

= 1,1 baştan veya kıçtan çatışma için,

v_{bot} = Teknenin darbe hızı [m/sn].

2.7.4 Çatışma bölgesinin düşey büyüklüğü; teknenin draftına, maksimum operasyonel dalga yüksekliğine ve gel-git yüksekliğine göre değerlendirilmelidir. Uygulamada düşey konum +3 m ile -5 m. arasında değişir. Lokal basınç hesapları için düşey büyüklük 2 m. kabul edilebilir.

2.7.5 Yürüme sisteminin konulmasına uygun olan, türbine monte edilen usturmaça sistemlerinin mukavemetine özel olarak dikkat edilecektir.

2.8 İşletim yükleri

İşletim yükleri, açık deniz rüzgar türbininin çalışması ve kumandasından kaynaklanır. Bunlar çeşitli sınıflara ayrılırlar. Bunlar, pervane devrinin kontrolü ve kanatlarının piç kontrolü ile torkun kontrolü veya diğer aerodinamik cihazlardır. Diğer işletim yükleri; pervanenin çalıştırılması ve durdurulması sırasında, jeneratörlerin devreye ve devre dışına alınması ve yönlendirme hareketleri sırasında oluşan mekanik frenleme ve geçiş yükleridir. Aşağıdaki etkiler dikkate alınacaktır :

- Statik ve yüke-bağlı yatak sürtünme momentleri (özellikle kanat piç yatağı, yönlendirici yatağı),
- Açık deniz rüzgar türbininin kontrol ve emniyet sistemlerinin davranışı.

2.9 Diğer yükler

2.9.1 Diğer yükler (bakım yükleri, aşırı sıcaklık yükleri, vb. gibi) oluşabilir ve bunlar dikkate alınmalıdır. Montaj sahasının özel koşulları göz önüne alınacaktır.

2.9.2 Yapısal dizaynda montajdan ve sökme işlemlerinden kaynaklanan yükler dikkate alınacaktır. Bu yükler, şunlardan kaynaklanabilir :

- Kendinden yüzer, sephiye düzenleri,
- Tüm yapının veya parçalarının yükselmesi,
- Kazık çakma,
- Denize indirme,
- Suya batma.

3. Dizayn Koşulları ve Yük Durumları

3.1 Genel

3.1.1 Dizayn amacıyla, bir açık deniz rüzgar türbininin ömrü, açık deniz rüzgar türbininin karşılaşılabileceği en önemli koşulları kapsayan dizayn koşulları ile tanımlanabilir. Bu bölümde, dizayn yük durumlarının yapısı tanımlanmaktadır.

3.1.2 Yük durumları, dış koşullar ile birlikte özel montaj, bakım ve işletim durumları veya dizayn koşullarının kombinasyonundan belirlenecektir. Makul oluşma olasılıklı ilgili tüm yük durumları, kontrol ve emniyet sistemlerinin davranışı ile birlikte değerlendirilecektir.

3.1.3 Genelde, açık deniz rüzgar türbininin yapısal bütünlüğünün hesaplanmasında kullanılan dizayn yük koşulları, aşağıdaki kombinasyonlardan elde edilebilir:

- Normal dizayn koşulları ve normal dış koşullar,
- Normal dizayn koşulları ve aşırı dış koşullar,
- Arıza dizayn koşulları ve ilgili dış koşullar,
- Taşıma, montaj ve bakımla ilgili dizayn koşulları ve ilgili dış koşullar.

Not :

Normal dış koşullar tekrarlanma süresi 1 yıl olan, aşırı dış koşullar tekrarlanma süresi 50 yıl olan koşullardır.

3.1.4 Eğer, bir aşırı dış koşul ile bir hata durumu arasında bir bağlantı varsa, bu ikisinin gerçekçi bir kombinasyonu dizayn yük durumu olarak değerlendirilecektir.

3.2 Dış koşulların kombinasyonu

3.2.1 Dış dizayn koşulları; rüzgar, dalga, buz, akıntı ve deniz düzeyi koşullarının kombinasyonundan oluşur. Alternatif olarak, TL ile anlaşmaya varılarak, belirlenen dönüş periyodu ile yapıdaki hareket etkisinin bir kombinasyonu kullanılabilir.

3.2.2 Yük analizi için, değerlendirilecek rüzgar dalga kombinasyonunun belirlenmesinde, dalga yüksekliği, dalga periyodu ve rüzgar hızı dahil, dağılım diyagramları (uzun süreli istatistikler) kullanılmalıdır. Bazı durumlarda, rüzgarın ve dalgaların doğrultusal dağılımının veya bunların uyumsuzluğunun değerlendirilmesi önemli olabilir ve dikkate alınacak dağılım diyagramlarına dahil edilmelidir.

3.2.3 Aşırı dış koşulların kombinasyonu (rüzgar, dalga, akıntı, deniz buzu ve su düzeyi), belirlenen kombine dönüş periyodu ile (50 yıl veya 1 yıl), yapı üzerinde global aşırı ortam etkileri oluşturacak şekilde yapılır.

3.2.4 Kombine aşırı dış koşulların uzun süreli olasılık dağılımı ile ilgili bilgilerin bulunmadığı hallerde, aşırı dış koşulların 3 saatlik fırtına sırasında olduğu kabul edilebilir.

3.2.5 Ortalama rüzgar hızı ile etkin dalga yüksekliği arasında bir bağlantı olduğu, ancak kısa süre zarfında aşırı değerler arasında bir bağlantı olmadığı kabul edilir. Tekil bir fırtına sırasında aşırı dalga yüksekliği ve aşırı fırtına rüzgar hızının aynı anda oluşmadığı, fakat bu süre içinde rastgele dağıldığı kabul edilir.

3.2.6 Kombine rüzgar ve dalga olasılığı dağılımı hakkında bilgilerin bulunmaması veya B.2.1'e göre rüzgar türbini sınıflarının kullanılması halinde, rüzgardan oluşan dalga spektrumu için standart eşitlikler ve buradan H_s etkin dalga yüksekliği kullanılabilir. Sınırsız rüzgar oluşumu mesafesi için Ek 4-E'de belirtilen yöntem kullanılabilir.

3.2.7 Rüzgar ve dalgaların uzun süreli istatistiklerinin bulunduğu, ancak bunların kombinasyonlarının bilinmediği hallerde, TL ile anlaşmaya varılarak, bunların makul ve ılımlı kombinasyonları oluşturulabilir. Ek 4-J'de, türetilen kombinasyon çiftleri ile rüzgar ve dalgaların uzun süreli dağılımlarının yaklaşımını dikkate alan olası bir yöntem verilmiştir.

3.2.8 Aşırı rüzgar ve dalga durumlarının kombinasyonu; türel rüzgar alanlarının ve düzensiz deniz durumlarının zaman serileri kullanılarak veya rüzgar

hızının ve düzenli dalgaların deterministik durumlarının kombinasyonu ile yapılabilir. Rüzgarın türel zaman serileri ile düzenli deterministik dalgalar ile veya tersine kombine edilmesi önerilmez.

3.2.9 Açık deniz rüzgar türbinindeki aşırı yükleri elde etmek için, aşırı durumların tem türel formülasyonunun ve hem de deterministik formülasyonunun dikkate alınması önerilir. Türel simülasyonlar, rüzgar ve dalga koşullarının tüm frekans bileşenlerini içerir, ancak genelde sadece lineer dalga kinematığını kapsar.

Bunun aksine, deterministik düzenli dalgalar lineer olmayan kinematığı kapsar.

3.2.10 Türel türbülanslı rüzgar ile düzensiz deniz durumlarının kombinasyonunda, zaman serileri içindeki tekil olayların kombinasyonlarının istatistiksel dağılımını kapsamak üzere, yeterli sayıda farklı gerçekleştirmeler esas alınacaktır.

3.2.11 Düzensiz dalga durumlarının zaman serilerinin türel rüzgar alanı serileri ile birlikte kullanıldığı durumlarda, zaman serilerinin istatistiksel özellikleri, aynı ortalama süre için düzeltilmelidir.

3.2.12 Türbülanslı rüzgar hızı modeli kullanılarak, rüzgar ve dalganın kombine edilmiş analizi için, 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı, Tablo 4.2 kullanılarak 1 saatlik ortalama rüzgar hızına çevrilebilir. Rüzgar hızının ve spektrumunun standart sapmasının değişmediği kabul edilebilir.

3.2.13 Düzensiz deniz durumları kullanılarak, yapılan aşırı yük simülasyonları için, 3 saatlik ortalama zamandaki etkin dalga yüksekliği, 1,1 ile çarpılarak 1 saatlik bir simülasyon süresine dönüştürülebilir.

3.2.14 Deterministik olayların (değişmez rüzgar ve periyodik düzenli dalga) kombine edildiği hallerde, rüzgar hızının ve dalga yüksekliğinin aynı anda görölme olasılığı, fırtına rüzgarının azaltılmış değeri ile dalgaların maksimum değerlerinin kombine edilmesi veya tersi ile elde edilir.

3.2.15 Aşırı deterministik olayların kombinasyonu, aşırı 1 dakikalık ortalama rüzgar hızı ile 3 saatlik fırtına sırasındaki maksimum dalga yüksekliği kombine edilirse, sağlanabilir. İlave olarak, maksimum 3 dakikalık fırtına rüzgar hızı azaltılmış dalga yüksekliği ile kombine edilecektir.

3.2.16 Simetrik taşıyıcı yapılar için kolineer (ana doğrultu) ortam hareketlerinin en kritik olduğu kabul edilebilir. Diğer tesisler için, ana hareket doğrultusundaki büyük farka neden olan aksiyon kombinasyonları belirtilmelidir.

3.2.17 Rüzgar yükünün en büyük olduğu rüzgar doğrultusu ile dalga yükünün en büyük olduğu doğrultular arasında ilişki bulunmasına gerek yoktur. Dalga yükü normalde, en büyük rüzgar oluşma mesafesi yönünde meydana gelir.

3.2.18 Rüzgar, dalga ve akıntılar arasındaki ortak olasılıklar hakkında bilgi bulunmadığı hallerde, yüzey altı akıntıları rüzgar, dalga veya deniz buzu durumları ile aynı tekrarlanma periyodu ile kombine edilecektir. Normal koşullar için TL ile anlaşmaya varılarak ortalama bir değer veya 1 yıllık tekrarlanma süreli yüzey altı akıntısı kullanılabilir.

3.2.19 Yüzey altı akıntısının, rüzgar ve dalgaların doğrultusu ile ilişkili olmadığı belirtilmelidir. Ancak, en büyük yükün yüzey altı akıntısının dalgalarla aynı doğrultuda olduğu durumda olduğu kabul edilebilir.

3.2.20 Genelde deniz buzu hareketlerinin, herhangi bir dalga hareketi ile kombine edilmesine gerek olmadığı kabul edilir. Deniz buzu rüzgar ve akıntı ile kombine edilecektir. Buz yükünün, en büyük akıntı hızı doğrultusunda etki ettiği kabul edilebilir.

3.2.21 Birçok sahada, deniz buzu koşulu ile rüzgar hızı ve doğrultusu arasında ilişki kurulamaz. Rüzgar ve deniz buzu hareketlerinin kombinasyonunda, olası en olumsuz koşullar esas alınacaktır.

3.2.22 Yük analizi, yapı için en olumsuz yüke neden olan su düzeyi ile yapılacaktır. Dikkate alınacak su düzeyinin aralığı, tekil yük durumunun tekrarlanma süresini dikkate almalıdır.

3.3 Yüklerin kombinasyonu

3.3.1 Kombine dış koşullardan elde edilen yük zaman serileri, gerekli tüm bileşenleri içerir. Diğer kombinasyonlara gerek yoktur.

3.3.2 Bazı hallerde, aerodinamik yüklerin dinamik analizler kullanılarak ve dalga yüklerinin kuazi-statik hesaplama yöntemleri kullanılarak analizi uygundur ve izin verilebilir. Yöntemin uygulanabilirliği ve yüklerin süperpozisyonu öngörülen dizayna bağlı olup, her durumda önceden TL ile anlaşmaya varılmalıdır.

3.3.3 Yük zaman serilerinin bağımsız olarak hesaplandığı durumlarda, dizayner tarafından bunun, dinamik etkileşimler, aeroelastik ve hidroelastik etkiler veya kontrol sistemlerine etkiler nedeniyle önemli derecede hassasiyet kaybına neden olmayacağı gösterilmelidir. Genelde, katı sistemler için bir yük kombinasyonu yapılabileceği kabul edilebilir.

3.3.4 Eğer aşırı rüzgar, dalga ve / veya deniz buzu yükü için ayrı analiz yapılacaksa, toplam kuvvet / momentin aşağıdaki gibi olacağı kabul edilebilir :

$$F_{\text{total,maks}} = F_{\text{rüzgar,ort.}} + \sqrt{\left(F_{\text{rüzgar,maks.}} - F_{\text{rüzgar,ort.}}\right)^2 + F_{\text{dalga,maks}}^2} \quad (\text{C.9})$$

Burada;

$F_{\text{total,maks}}$ = Toplam kuvvet/moment,

$F_{\text{rüzgar,maks.}}$ = Rüzgar hareketi nedeniyle oluşan maksimum kuvvet / moment,

$F_{\text{dalga,ort.}}$ = Rüzgar hareketi nedeniyle oluşan maksimum kuvvet / moment,

$F_{\text{dalga,maks.}}$ = Dalga hareketi nedeniyle oluşan maksimum kuvvet / moment,

3.3.5 Yorulma yükünün kombinasyonu, tüm bileşenlerin, normal dağılımlı genliğe sahip türel yapıda olduğu kabul edilerek benzer tarzda yapılabilir. Yöntem hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

3.4 Yük durumları

3.4.1 Normal dönüş hızları aralığındaki her bir dizayn koşulu için, açık deniz rüzgar türbini bileşenlerinin yapısal bütünlüğünü doğrulamak üzere, çeşitli dizayn yük durumları dikkate alınacaktır. Asgari olarak, Tablo 4.4'deki dizayn yük durumları dikkate alınacaktır. Bu tabloda; rüzgar, deniz, elektrik ve diğer dış koşulların tanımı vasıtasıyla, her dizayn durumu için dizayn yük durumları açıklanmıştır. Eğer diğer gerçekçi kombinasyonlar daha şiddetli yüklere neden oluyorsa, bunlar dikkate alınacaktır.

3.4.2 Özel açık deniz rüzgar türbini dizaynı veya kontrol kavramı nedeniyle gerekli görülürse, TL ile anlaşmaya varılarak, emniyetle ilgili diğer dizayn yük durumları dikkate alınacaktır.

3.4.3 Her dizayn yük durumu için, uygun analiz tipi, Tablo 4.4'de "F" ve "U" ile belirtilmiştir. F, yorulma mukavemeti değerlendirilmesinde kullanılacak yorulma yüklerinin analizini ifade eder. U ise; maksimum malzeme gerilmesini aşan gerilme analizi, uç deflekşını analizi ve kararlılık analizi gibi kopma yüklerinin analizini ifade eder.

3.4.4 U ile gösterilen dizayn durumları ayrıca; normal (N), aşırı (A) veya taşıma ve montaj (T) olmak üzere sınıflandırılır. Normal dizayn durumlarının, açık deniz rüzgar türbininin ömrü sırasında sıklıkla oluşacağı öngörülür. Türbin, normal bir durumdadır veya küçük arızalar ya da anormalliklerle karşılaşabilir. Aşırı dizayn durumu için, aşırı dış koşullardaki normal türbin durumu dikkate alınır. Anormal dizayn durumları daha az oluşur. Bu durumlar, genelde daha ciddi arızalarla karşılaşılan dizayn durumlarına karşılık gelir (örneğin; emniyet sistemi arızaları). Dizayn durumlarının tipi (N, E, A veya T) kopma yüklerinde uygulanacak γ_F kısmi emniyet faktörünü belirler. Bu faktörler Tablo 4.7'de verilmiştir.

3.4.5 Dizayn yük durumlarının tanımında, B.2'de belirtilen rüzgar ve deniz koşullarına bakılmalıdır. Tablo 4.4'de rüzgar hızı aralığı belirtilmişse, açık deniz rüzgar türbini dizaynı için en olumsuz koşula neden olan rüzgar hızları dikkate alınacaktır. Kopma mukavemeti (U) analizinde, $V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$ (örneğin; DYD 1.1) rüzgar

aralığında, asgari olarak V_r ve V_{out} rüzgar hızları ve $V_{in} \leq V_{hub} \leq V_r$ (örneğin; DYD 1.3) rüzgar aralığında, asgari olarak, V_r hızı araştırılacaktır. Yorulma mukavemetinin (F) analizinde, aralık birden fazla alt-aralığa bölünebilir. Her alt-aralık türbinin çalışma ömrünün ilgili bölümlerine ayrılacaktır.

3.4.6 Bir yük durumunda, kontrol veya emniyet sistemi nedeniyle mekanik fren kullanımı öngörülüyorsa, minimum ve maksimum frenleme torkları dikkate alınacaktır. Minimum ve maksimum frenleme torku arasındaki aralıkta her frenleme torkunun oluşması normal bir durum olarak kabul edilir (bir arıza durumu değil). Frenlerin uygunluğu (minimum frenleme torku) DYD 8.1 yük durumu için doğrulanacaktır. Minimum ve maksimum frenleme torklarının tanımları Bölüm 7, E'de verilmiştir.

3.4.7 Sahaya özgü dış koşulların değerlendirilmesi sonucunda, rüzgar ve dalga doğrultularının uyumsuzluğu, genel kabuller esas alınarak hesaplanandan daha büyük yüklerin geldiği anlaşılırsa, sahaya özgü veriler dikkate alınacaktır.

3.4.8 Bazı hallerde, rüzgar ve dalgaların çok yönlülüğü, taşıyıcı yapının asimetrik olmama durumuna bağlı olarak, taşıyıcı yapıya etki eden yük üzerinde önemli etkileri olabilir. Bazı dizayn yük durumları için, yük hesapları, rüzgar ve dalgaların, en olumsuz tek bir doğrultudan etki ettiği kabulüne göre yapılabilir. Bu durumlarda, yapısal bütünlük, taşıyıcı yapının ilgili yönündeki hesaplanan en olumsuz yükleri uygulanarak doğrulanacaktır.

3.4.9 Yorulma analizleri için, her bölme için genel simülasyon süresi 1 saatten az değilse, 10 dakikalık simülasyon süresi uzunluğu uygundur. Türel rüzgar sahası ve düzensiz deniz durumları kullanılarak, aşırı olayların belirlenme simülasyonu, 1 saatlik bir simülasyon süresini gerektirir. Farklı uygulamaların toplamı en az 5 saat olacaktır. Her simülasyon, farklı bir ilk değer ile yapılacaktır.

Tablo 4.4 Dizayn yük durumları

Dizayn koşulu	DYD	Rüzgar koşulları (1)	Deniz koşulları	Diğer koşullar	Analiz tipi	Kısmi emniyet faktörleri
1. Güç üretimi	1.1	$NTM V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H_s(V)$ ile veya dağılım diyagramına göre düzensiz deniz durumu		U	N
	1.2	$NTM V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	$H_s(V)$ ile veya dağılım diyagramına göre düzensiz deniz durumu		F	*
	1.3	$ECD V_{in} \leq V_{hub} \leq V_r$	$H = H_s(V)$		U	E
	1.4	$NWP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$	Dış elektrik arızası	U	N
	1.5	$EOG_1 V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$	Şebeke kaybı	U	N
	1.6	$EOG_{50} V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$		U	E
	1.7	$EWS V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$		U	E
	1.8	$EDC_{50} V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$		U	E
	1.9	$ECG V_{in} \leq V_{hub} \leq V_r$	$H = H_s(V)$		U	E
	1.10	$NWP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$	Kanatlarda ve yapıda buz oluşumu	F/U	* / E
	1.11	Sıcaklık etkileri, C.4'e bakınız.			U	E
	1.12	Depremeler, C.5'e bakınız			U	A
	1.13	$NWP V_{hub} = V_r$ veya V_{out}	$H = H_s(V)$	Şebeke kaybı	F	*
	1.14	$NWP V_{hub} = V_r$ veya V_{out}	-	Deniz buzu	F/U	* / E
	1.15	$NWP V_{hub} = V_r$ veya V_{out}	$H = H_{maks1}$ veya $H_{maks}(V)$		U	N
2. Güç üretimi + arıza oluşumu	2.1	$NWP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$	Kontrol sisteminde arıza	U	N
	2.2	$NWP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$	Emniyet sisteminde arıza veya daha önceki iç elektrik arızası	U	A
	2.3	$NTM V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	$H_s(V)$ ile veya dağılım diyagramına göre düzensiz deniz durumu	Kontrol sisteminde veya emniyet sisteminde arıza	F	*
3. Devreye alma	3.1	$NWP V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	$H = H_s(V)$		F	*
	3.2	$EOG_1 V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$		U	N
	3.3	$EDC_1 V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$		U	N

Tablo 4.4 Dizayn yük durumları (devamı)

Dizayn koşulu	DYD	Rüzgar koşulu	Deniz koşulları	Diğer koşullar	Analiz tipi	Kısmi emniyet faktörleri
4. Normal durdurma	4.1	$NWP V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	$H = H_s(V)$		F	*
	4.2	$EOG_1 V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$		U	N
5. Emercensi durdurma	5.1	$NWP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H = H_s(V)$		U	N
6. Park durumu (durma veya boşta çalışma)	6.1a	$EWM V_{hub} = V_{ref}$ türbülanslı rüzgar modeli	H_{s50} ile düzensiz deniz durumu	Rüzgar dalga uyumsuzluğu	U	E
	6.1b	$EWM V_{hub} = V_{e50}$ kararlı rüzgar modeli	$H = H_{azal,50}$	Rüzgar dalga uyumsuzluğu	U	E
	6.1c	$EWM V_{hub} = V_{azal,50}$ kararlı rüzgar modeli	$H = H_{maks,50}$	Rüzgar dalga uyumsuzluğu	U	E
	6.2a	$EWM V_{hub} = V_{ref}$ türbülanslı rüzgar modeli	H_{s50} ile düzensiz deniz durumu	Şebeke kaybı	U	A
	6.2b	$EWM V_{hub} = V_{e50}$ kararlı rüzgar modeli	$H = H_{azal,50}$	Şebeke kaybı	U	A
	6.3a	$EWM V_{hub} = V_1$ türbülanslı rüzgar modeli	H_{s1} ile düzensiz deniz durumu	Aşırı eğik akım	U	E
	6.3b	$EWM V_{hub} = V_1$ kararlı rüzgar modeli	$H = H_{azal,50}$	Aşırı eğik akım	U	E
	6.4	$NTM V_{hub} < 0,7 V_{ref}$	$H_s(V)$ ile kararsız deniz durumu		F	*
	6.5	$EDC_{50} V_{hub} = V_{ref}$	$H = H_{azal,1}$	Kanatlarda ve yapıda buz oluşumu	U	E
	6.6	Sıcaklık etkileri C.4'e bakınız.			U	E
	6.7	$EWM V_{hub} = V_{azal,50}$ kararlı rüzgar modeli	-	50 yıllık deniz buzu	U	E
7. Park durumu + arıza durumu	7.1a	$EWM V_{hub} = V_{e1}$ kararlı rüzgar modeli	$H = H_{azal,1}$		U	A
	7.1b	$EWM V_{hub} = V_{azal1}$ kararlı rüzgar modeli	$H = H_{maks1}$		U	A
	7.2	$NTM V_{hub} < 0,7 \cdot V_{ref}$	$H_s(V)$ ile kararsız deniz durumu		F	*
8. Taşıma, montaj, bakım ve onarım	8.1	$EOG_1 V_{hub} = V_T$	$H = H_{sT}$	Üretici tarafından belirlenecek	U	T
	8.2a	$EWM V_{hub} = V_{e1}$ kararlı rüzgar modeli	$H = H_{azal}(V)$	Kilitli durum	U	A
	8.2b	$EWM V_{hub} = V_{azal,1}$ kararlı rüzgar modeli	$H = H_{maks}(V)$	Kilitli durum	U	A
	8.3			Girdap kaynaklı enine titreşimler	F	*

Tablo 4.4 Dizayn yük durumları (devamı)

Dizayn koşulu	DYD	Rüzgar koşulu	Deniz koşulları	Diğer koşullar	Analiz tipi	Kısmi emniyet faktörleri
8. Taşıma, montaj, bakım ve onarım	8.4	NTM $V_{hub} < 0,7 V_{ref}$	H_s (V) ile kararsız deniz durumu	Uzun süre içinde şebeke yok	F/U	*/A
	8.2a	NWM $V_{hub} < V_T$	$H = H_{sT}$	Bot darbesi	U	A
* Yorulma mukavemeti için kısmi emniyet faktörü (7.3'e bakınız).						
(1) Eğer V_{oub} kapanma rüzgar hızı tanımlı değilse V_{ref} kullanılacaktır.						

Tablo 4.4'deki kısaltmaların açıklamaları :

DYD	Dizayn yük durumu	H_{s1}	Tekrarlanma süresi 1 yıl olan etkin dalga yüksekliği (B.3.1.4'e bakınız)
ECD	Yön değiştirmeli aşırı yapışıcı fırtına (B.2.4.5)	H_{s50}	Tekrarlanma süresi 50 yıl olan etkin dalga yüksekliği (B.3.1.4'e bakınız)
ECG	Aşırı yapışıcı fırtına (B.2.4.4)	$H_{azal,N}$	Tekrarlanma süresi N yıl olan etkin dalga yüksekliği (C.2.3.1 ve B.3.1.4'e bakınız)
EDC	Aşırı yön değişim (B.2.4.3)		
EOG	Aşırı işletim fırtınası (B.2.4.2)	H_{maks1}	Tekrarlanma süresi 1 yıl olan maksimum dalga yüksekliği (C.2.3.1'e bakınız)
EWM	Aşırı rüzgar hızı modeli (B.2.4.1)	H_{maks50}	Tekrarlanma süresi 50 yıl olan dizayn dalga yüksekliği (C.2.3.1 ve B.3.1.4'e bakınız)
EWS	Aşırı rüzgar kesmesi (B.2.4.6)		
NTM	Normal türbülans modeli (B.2.3.3)	F	Yorulma mukavemeti
NWP	Normal rüzgar profili modeli (B.2.3.2)	U	Kopma mukavemeti
$H_s(V)$	V_{hub} 'a karşılık gelen etkin dalga yüksekliği (C.3.2.6 ve 7.'ye bakınız)	N	Normal
$H_{azal}(V)$	V_{hub} 'a karşılık gelen azaltılmış dalga yüksekliği (C.2.3.1 ve C.3.2'ye bakınız)	E	Aşırı
$H_{maks}(V)$	V_{hub} 'a karşılık gelen maksimum dalga yüksekliği (C.2.3.1 ve C.3.2'ye bakınız)	A	Anormal
		T	Taşıma, montaj, tesis ve bakım.

3.5 Güç üretimi (DYD 1.1 ÷ 1.15)

3.5.1 Bu dizayn koşulunda, açık deniz rüzgar türbini çalışır durumdadır ve elektrik şebekesine bağlıdır. Kabul edilen açık deniz rüzgar türbini konfigürasyonunda pervane balanssızlığı dikkate alınacaktır. Dizayn hesaplarında, pervane üreticisi tarafından belirtilen maksimum kütle ve aerodinamik balanssızlıklar (örneğin; pervane piçi ve bükülme sapmaları) kullanılacaktır.

3.5.2 Ayrıca, yönlendirme, eksen kaçıklığı ve kontrol sistemi gecikmeleri gibi optimum teorik çalışma koşullarından sapmalar, çalışma yüklerinin analizinde dikkate alınacaktır.

3.5.3 Yönlendirme hareketi için yönlendirme kaçıklığı ve gecikmesi dikkate alınacaktır. Daha küçük değerler doğrulanmıyorsa $\pm 8^\circ$ ’lik ortalama bir yönlendirme kaçıklığı uygulanacaktır.

3.5.4 Deterministik rüzgar ve dalga durumu, ılımlı bir tarzda kombine edilmelidir. Dalga ve fırtına zirvesi arasındaki faz gelişigüzel olabilir ve bu nedenle en olumsuz şekilde kombine edilebilir.

3.5.5 DYD 1.1 ve 1.2 dizayn yük durumları, atmosferik türbülansdan kaynaklanan yüklerle ilgili istekleri temsil eder. DYD 1.3, 1.6 ÷ 1.10, 1.14 ve 1.15 açık deniz rüzgar türbininin ömründeki potansiyel kritik olaylar olarak seçilmiş olan geçici durumları ifade eder. DYD 1.4, 1.5 ve 1.13’de, dış arızalar ve elektrik şebekesi kaybı nedeniyle oluşan geçici olaylar dikkate alınır.

3.5.6 DYD 1.1, 1.2 : Bu dizayn yük durumları için incelenecek rüzgar hızı aralığı içinde, rüzgar hızı aralıklarının ayrıştırılması, 2 m/sn’den büyük olmayacak şekilde seçilecektir.

3.5.7 DYD 1.3, 1.5 ÷ 1.9 : Açık deniz rüzgar türbini için en olumsuz koşullara neden olacak pervane çalıştırma pozisyonları dikkate alınacaktır. Pervane çalıştırma pozisyonları arasındaki aralıklar en fazla 30° olacaktır.

3.5.8 DYD 1.2 : Yorulma yükü hesaplarına, yılda 700 jeneratör açma-kapama işlemi (yüksek devir / düşük devir ve tersi) dahil edilecektir. Ayrıca, aktif yönlendirme

kontrollü yatay eksenli türbinlerde, yönlendirme hızı $15/R$ [$^\circ/\text{sn}$]’yi veya yönlendirme ivmesi $450/R^2$ [$^\circ/\text{sn}^2$]’yi geçerse, yönlendirme sisteminin tüm servis ömrü sırasında çalışacağı dikkate alınacaktır. (R, pervane yarıçapıdır [m]). Yönlendirme sisteminin, servis ömrünün %10’unda çalışacağı kabul edilecektir. Ayrıca, ortalama rüzgar hızlarının V_{in} ’den V_r ’ye ve tekrar V_{in} ’e yılda 300 kez değişeceği dikkate alınacaktır. Rüzgar hızının V_r ’den V_{out} ’a ve tekrar V_r ’ye yılda 50 kez değişeceği kabul edilecektir.

3.5.9 DYD 1.4 : Bu yük durumunda, bir enerji tüketicisine bağlantıdan kaynaklanan düzensizlikler (örneğin; zayıf bir şebekedeki gerilim, frekans ve yük dalgalanmaları, mekanik tahrikli makinelerin çalışması, şebeke arızaları ve şebeke operatörünün özel istekleri) dikkati alınacaktır. Bir rüzgar türbinindeki aşırı etkilere örnekler aşağıda verilmiştir:

- İzole bir şebekede frekans, gerilim ve yük dalgalanmaları,
- Girişim gerilimleri,
- Şebekede kısa devre
- Mekanik proses makinasının direncinde ani artış,
- Şebeke operatörünün özel istekleri.

3.5.10 DYD 1.5 : Fırtına sırasında, herhangi bir anda şebeke kaybı olabilir. En olumsuz kombinasyonlar dikkate alınacaktır. Asgari olarak, şebeke kaybı ve fırtınanın aşağıdaki üç kombinasyonu incelenecektir:

- Şebeke kaybı, en düşük rüzgar hızının her anında olabilir,
- Şebeke kaybı, en yüksek fırtına ivmesinin her anında olabilir,
- Şebeke kaybı, maksimum rüzgar hızında oluşabilir.

3.5.11 DYD 1.8 : Hesaplarda, “karakteristik yönlendirme kaçıklıklı rüzgar yönü değişimi” koşulunun en olumsuz kombinasyonu kabul edilecektir.

3.5.12 DYD 1.10 : DYD 1.10 dizayn yük durumunda, buz oluşumlu nemli hava koşulu dikkate alınır. “Tüm pervane kanatlarında buz oluşumu” ve “Biri hariç tüm pervane kanatlarında buz oluşumu” koşulları dikkate alınacaktır. Yorulma yüklerinin analizinde, buz oluşumu ile çalışmanın süresi ile ilgili kabulleri üretici belirleyecektir. Buz oluşumu Bölüm 4, B.4.4’e göre modellenenecektir.

3.5.13 DYD 1.13 : Yorulma yüklerinin analizinde, şebeke arızası nedeniyle devreye giren, rüzgar türbininin geçici açma-kapama operasyonları dikkate alınacaktır. Şebeke arızalarının yıllık tekrarı, lokal şebeke stabilitesine bağlı olup, uygun bir değer kabul edilecektir. Şebeke arızasının sayısı ayrıntılı olarak doğrulanmadığı hallerde, yılda en az 20 şebeke arızası kabul edilecektir.

3.5.14 DYD 1.1, 1.2 için, düzensiz deniz durumu koşulları kabul edilecektir. Öngörülen alanla ilgili meteorolojik parametrelerin uzun süreli olasılık dağılımı esas alınarak, ortalama rüzgar hızı ile birlikte, her bir normal deniz durumu için, etkin dalga yüksekliği, pik spektral periyodu ve yön seçilecektir. Dizayner, dikkate alınan normal deniz durumlarının adedi ve ayrımının, uzun süreli meteorolojik parametrelerin dağılımı ile birlikte, yorulma hasarlarının hesaba katılması için yeterli olduğunu gösterecektir.

3.5.15 DYD 1.3 ÷ 1.13 için C.3.2.6 ve C.3.2.7’ye göre ortalama rüzgar hızı ($H_s(V)$)’ya karşılık gelen etkin dalga yükseklikli düzenli bir dalga kabul edilecektir.

3.5.16 DYD 1.15 için tekrarlanma süresi 1 yıl olan maksimum dalga yüksekliği (H_{maks1}) veya V_{hub} ’a karşılık gelen maksimum dalga yüksekliği ($H_{maks1}(V)$)’nin büyük değerinde olan düzenli bir dalga kabul edilecektir.

3.6 Güç üretimi ile birlikte arıza oluşumu (DYD 2.1 ÷ 2.3)

3.6.1 Güç üretimi sırasında oluşan, açık deniz rüzgar türbininin yükü için önemli olan kontrol veya emniyet sistemi arızası ya da elektrik sistemi arızası (jeneratör kısa devresi gibi) dikkate alınacaktır.

3.6.2 Tekil arızaların aynı anda oluşmadığı kabul edilebilir.

3.6.3 DYD 2.1 : DYD 2.1’de normal bir olay olarak kabul edilen kontrol sisteminde bir hata oluşumu analiz edilecektir. Kontrol sisteminin sınır değerlerinin aşılması (örneğin; $n \geq n_4$ (Bölüm 2, B.2.5), yönlendirme hatası, kanatların birbirine göre piçlerinin sapması) incelenecektir.

3.6.4 DYD 2.2 : DYD 2.2’de, nadiren karşılaşılan olaylar olarak kabul edilen emniyet sisteminde veya iç elektrik sisteminde arıza oluşumu analiz edilecektir. Emniyet sisteminin sınır değerlerinin aşılması (örneğin; $n \geq n_A$ (Bölüm 2, B.2.5), $p \geq p_A$ (Bölüm 2, B.2.6), titreşim, şok (Bölüm 2, C.2.5), pervane piçinin kontrol dışı kalması, frenleme sisteminin arızası veya yönlendirmenin kontrol dışı kalması) incelenecektir. Ayrıca, güç sistemindeki hatalar (Ek 4, C’ye bakınız) da incelenecektir. Kollektif piç kontrolü durumunda, Bölüm 2, B.3.3.1 dikkate alınacaktır.

3.6.5 DYD 2.3 : Eğer bir arıza derhal durdurmaya neden olursa veya daha sonraki yüke girme önemli bir yorulma hasarına yol açarsa, DYD 2.3’de olası durdurma adedi veya bu olağan dışı dizayn durumunun süresi dikkate alınacaktır. Asgari olarak n_4 aşırı devir sayısı nedeniyle yılda 10 kez durdurma (Bölüm 2, B.2.5.4’e bakınız) ve aşırı yönlendirme hatası ile 24 saat çalışma (Bölüm 2, C.2.11 ve 2, C.2.12’ye göre izin verilen maksimum eşik akıma eşit değer) dikkate alınacaktır.

3.6.6 DYD 2.1 ve 2.2 için, ortalama rüzgar hızı ($H_s(V)$)’ye karşılık gelen etkin dalga yükseklikli düzenli bir dalga kabul edilecektir.

3.6.7 DYD 2.3 için düzensiz deniz durumu koşulları kabul edilecektir. Öngörülen alanla ilgili meteorolojik parametrelerin uzun süreli olasılık dağılımı esas alınarak, ortalama rüzgar hızı ile birlikte, her bir normal deniz durumu için etkin dalga yüksekliği, pik spektral periyodu ve yön seçilecektir. Dizayner, dikkate alınan normal deniz durumlarının adedi ve ayrımının, uzun süreli meteorolojik parametrelerin dağılımı ile birlikte, yorulma hasarlarının hesaba katılması için yeterli olduğunu gösterecektir.

3.7 Çalıştırma (DYD 3.1 ÷ 3.3)

3.7.1 Bu dizayn durumu; açık deniz rüzgar türbininin durma veya boşta çalışma konumundan güç üretimine geçiş sırasında yük oluşumuna neden olan tüm olayları içerir.

3.7.2 DYD 3.1 : Yılda, V_{in} 'de en az 1000 çalışma prosedürü, V_r 'de 50 çalışma prosedürü ve V_{out} 'da 50 çalışma prosedürü dikkate alınacaktır. Varsa, gölge kriteri veya bir rüzgar çiftliğine yerleşimdeki koşullar gibi sahaya özgün istekler nedeniyle diğer çalışma prosedürleri de dikkate alınacaktır.

3.7.3 DYD 3.1÷ 3.3 için, ortalama rüzgar hızı ($H_s(V)$)'ye karşılık gelen etkin dalga yükseklikli düzenli bir dalga kabul edilecektir.

3.8 Normal durdurma (DYD 41. ÷ 4.2)

3.8.1 Bu dizayn durumu; açık deniz rüzgar türbininin güç üretiminden stand-by konumuna (durma veya boşta çalışma) normal geçiş sırasında yük oluşumuna neden olan tüm olayları içerir.

3.8.2 DYD 4.1 : Yılda, V_{in} 'de en az 1000 durdurma prosedürü, V_r 'de 50 durdurma prosedürü ve V_{out} 'da 50 durdurma prosedürü dikkate alınacaktır. Varsa, gölge kriteri veya bir rüzgar çiftliğine yerleşimdeki koşullar gibi sahaya özgün istekler nedeniyle diğer durdurma prosedürleri dikkate alınacaktır. Bölüm 4, B.2.5'e de bakınız.

3.8.3 DYD 4.1 ve 4.2 için, ortalama rüzgar hızı ($H_s(V)$)'ye karşılık gelen etkin dalga yükseklikli düzenli bir dalga kabul edilecektir.

3.9 Emercensi durdurma (DYD 5.1)

3.9.1 Bu yük durumu; emercensi durdurma düğmesinin elle çalıştırılmasını içerir. Bu yük durumu için, pervane boşta çalışmaya getirilecektir (Bölüm 2, C.2.14'e bakınız).

3.9.2 DYD 5.1 için ortalama rüzgar hızı ($H_s(V)$)'ye karşılık gelen etkin dalga yükseklikli düzenli bir dalga kabul edilecektir.

3.10 Park hali (durma veya boşta çalışma)(DYD 6.1÷ 6.7)

3.10.1 Bu dizayn durumu için, stand-by durumunda park etmiş açık deniz rüzgar türbininin pervanesi durma veya boşta çalışma halindedir.

3.10.2 Dizayn durumları için, Tablo 4.4'de belirtildiği gibi, kararlı rüzgar modeli veya türbülanslı rüzgar modeli kullanılacaktır. Eğer türbülanslı rüzgar modeli kullanılırsa, bu türel bir dalga modeli ile kombine edilecek ve tam dinamik bir simülasyon kullanılarak tepki belirlenecektir. Eğer kararlı rüzgar modeli kullanılırsa, bu deterministik bir dizayn dalgası ile kombine edilecek ve dinamik tepki için gerekli düzeltmeler ile kuazi statik analizden tepki belirlenecektir.

3.10.3 Bu yük durumunda, kararlı aşırı rüzgar hızı modelinde, $\pm 15^\circ$ 'ye kadar geçici eğik akım veya türbülanslı aşırı rüzgar hızı modelinde $\pm 8^\circ$ 'lik ortalama eğik akım, eğer ortalama yönlendirme kaçıklığının daha büyük değerlere neden olmaması ve yönlendirme sisteminin kaymaması sağlanabilirse, kabul edilecektir (Bu durumda, ilave bir yönlendirme hatasının dikkate alınmasına gerek yoktur). Bu hariç tutulmıyorsa, $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kullanılacaktır.

3.10.4 DYD 6.2 : Bu yük durumunda, aşırı rüzgar durumlu fırtınanın ilk kademesinde bir şebeke arızası kabul edilecektir. Kontrol ve yönlendirme sistemi için en az 6 saatlik ve emniyet sistemi için en az 48 saatlik yeterli bir kapasite sağlayan bağımsız bir güç beslemesi yoksa, $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kabul edilecektir.

3.10.5 DYD 6.3 : Bu yük durumunda, aşırı eğik akım veya ortalama aşırı eğik akım ile birlikte, 1 yıllık tekrarlanma süreli (yıllık rüzgar) aşırı rüzgar kabul edilecektir. Kararlı aşırı rüzgar hızı modeli için $\pm 30^\circ$ 'ye kadar aşırı eğik akım ve türbülanslı aşırı rüzgar hızı modeli için $\pm 20^\circ$ 'ye kadar ortalama eğik akım kabul edilecektir. Bu durumda, ilave yönlendirme hatasının dikkate alınmasına gerek yoktur.

3.10.6 DYD 6.4 : Eğer bileşenlerde, yorulma yüklerinden önemli hasarlar oluşabiliyorsa (örneğin; boşta çalışmada pervane kanatlarının kütlesinden), ilgili rüzgar hızında gücün üretilmeyeceği öngörülen saatler DYD 6.4'de dikkate alınacaktır.

3.10.7 DYD 6.5 : Bu dizayn yük durumu, buz oluşumlu hava durumlarını içerir. Buz oluşumu, Bölüm 4, B.4.4'e göre modellenenecektir. İlave bir yönlendirme hatasının dikkate alınmasına gerek yoktur.

3.10.8 DYD 6.7 : Bu yük durumunda, Bölüm 4, C.2.5'e göre 50 yıllık deniz buzu durumları incelenecektir.

3.10.9 DYD 6.1a ve 6.2a için, türbülanslı rüzgar modeli, düzensiz deniz durumu koşulu ile birlikte alınacaktır. Bu durumda, etkin dalga yüksekliğinin 50 yıllık tekrarlanma değeri ve ortalama rüzgar hızının 50 yıllık tekrarlanma değeri alınacaktır. Etkin dalga yüksekliği ve ortalama rüzgar hızının ortalama değerleri, simülasyon zaman sürecine ayarlanmalıdır (Tablo 4.2 ve Bölüm 4, C.3.2'ye bakınız).

3.10.10 DYD 6.1b ve 6.2b için, kararlı aşırı rüzgar modeli, azaltılmış deterministik dizayn dalgası ile birlikte alınacaktır. Bu durumda, 50 yıllık tekrarlanma periyotlu aşırı rüzgar hızı ve (3 saniye ortalamalı) 50 yıllık tekrarlanma periyotlu $H_{azal,50}$ azaltılmış dalga yüksekliği kullanılacaktır.

3.10.11 DYD 6.1c için azaltılmış rüzgar hızlı kararlı rüzgar modeli (Bölüm 4, B.2.4.1'e bakınız), aşırı deterministik dizayn dalgası ile birlikte alınacaktır. Bu durumda, 50 yıllık tekrarlanma periyotlu azaltılmış rüzgar hızı (1 dakika ortalamalı) ve 50 yıllık tekrarlanma periyotlu $H_{maks,50}$ maksimum dalga yüksekliği kullanılacaktır.

3.10.12 DYD 6.3a için, türbülanslı rüzgar modeli, düzensiz deniz durumu ile birlikte alınacaktır. Bu durumda, etkin dalga yüksekliğinin 1 yıllık tekrarlanma süresi ve ortalama rüzgar hızının 1 yıllık tekrarlanma süresi alınacaktır. Etkin dalga yüksekliği ve ortalama rüzgarın ortalama değerleri, simülasyon zaman sürecine ayarlanmalıdır (Tablo 4.2 ve Bölüm 4, C.3.2'ye bakınız).

3.10.13 DYD 6.3b için, kararlı rüzgar modeli, azaltılmış deterministik dizayn dalgası ile birlikte alınacaktır. bu durumda, 1 yıllık tekrarlanma periyotlu aşırı rüzgar hızı (3 saniye ortalamalı) ve 1 yıllık tekrarlanma periyotlu $H_{azal,1}$ azaltılmış dalga yüksekliği kullanılacaktır.

3.10.14 DYD 6.1, 6.2 ve 6.3'de, türbülanslı rüzgar modeline ait ana rüzgar doğrultusunun, ana dalga doğrultusuna göre $\pm 30^\circ$ 'ye kadar kaçıklığı dikkate alınacaktır. Kararlı rüzgar modeli durumunda, DYD 6.3b hariç olmak üzere, dalga doğrultusuna göre, kısa süreli rüzgar doğrultusunun ilave 7° 'lik kaçıklığı dikkate

alınacaktır. DYD 6.3b için 10° 'lik ilave kaçıklık dikkate alınacaktır.

3.10.15 DYD 6.4 için, düzensiz deniz durumu koşulları kabul edilecektir. Öngörülen alanla ilgili meteorolojik parametrelerin uzun süreli olasılık dağılımı esas alınarak, ortalama rüzgar hızı ile birlikte, her bir normal deniz durumu için etkin dalga yüksekliği, pik spektral periyodu ve yön seçilecektir. Dizayner, dikkate alınan normal deniz durumlarının adedi ve ayrımının, uzun süreli meteorolojik parametrelerin dağılımı ile birlikte, yorulma hasarlarının hesaba katılması için yeterli olduğunu gösterecektir.

3.10.16 DYD 6.5 için, Bölüm 4, C.2.3.1'e göre azaltılmış deterministik dizayn dalgası kabul edilecektir.

3.11 Park hali + arıza durumları (DYD 7.1 ÷ 7.2)

3.11.1 Bu yük durumunda, bir arıza oluşumundan kaynaklanan stand-by olmayan durum (durma veya boşta çalışma) dikkate alınır. Park halinde bulunan rüzgar türbininin, elektrik şebeke arızası veya rüzgar türbini içindeki arıza nedeniyle, normal davranışından sapmaların analizi gereklidir. Eğer şebeke arızası dışındaki bir arıza, park halindeki rüzgar türbininin normal davranışından farklı davranışa neden olursa, olası sonuçlar dikkate alınacaktır. Bu durumda şebeke arızası, hatalı bir durum olarak kabul edilecek ve bu nedenle rüzgar türbininin diğer herhangi bir arızası ile birlikte dikkate alınmayacaktır.

3.11.2 Hatalı durum, aşırı rüzgar hızı modeli (EWM) ve 1 yıllık tekrarlanma süresi ile birlikte dikkate alınacaktır. Bu yük durumunda, kararlı aşırı rüzgar hızı modeli için $\pm 15^\circ$ 'ye kadar geçici eğik akım kabul edilecektir. Yönlendirme sistemindeki bir arıza araştırılmadıkça, ilave bir yönlendirme hatasının dikkate alınması gerekmez. Böyle bir durumda, $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kullanılacaktır. Eğer yönlendirme sisteminin kayması engellenemiyorsa, $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kullanılacaktır.

3.11.3 Eğer 1 haftaya kadar süreyle bir şebeke arızası olursa ve yedek enerji sistemi veya fazlalıklı elektrik beslemesi yoksa, mekanik frenin, emniyet ve yönlendirme sisteminin davranışı yük kabullerinde uygun şekilde dikkate alınacaktır.

3.11.4 DYD 7.1a için, aşırı rüzgar modeli, azaltılmış deterministik dizayn dalgası ile birlikte alınacaktır. Bu durumda, 1 yıllık tekrarlanma periyotlu aşırı rüzgar hızı (3 saniye ortalamalı) ve 1 yıllık tekrarlanma periyotlu $H_{azal,1}$ azaltılmış dalga yüksekliği kullanılacaktır.

3.11.5 DYD 7.1b için, azaltılmış rüzgar hızlı aşırı rüzgar modeli, aşırı deterministik dizayn dalgası ile birlikte alınacaktır. Bu durumda, 1 yıllık tekrarlanma periyotlu azaltılmış rüzgar hızı (1 dakika ortalamalı) ve 1 yıllık tekrarlanma periyotlu H_{maks1} maksimum dalga yüksekliği kullanılacaktır.

3.11.6 DYD 7.1a'da, türbülanslı rüzgar modeline ait ana rüzgar doğrultusunun, ana dalga doğrultusuna göre $\pm 30^\circ$ 'ye kadar kaçıklığı dikkate alınacaktır. Kararlı rüzgar modeli durumunda dalga doğrultusuna göre, kısa süreli rüzgar doğrultusunun ilave 7° 'lik kaçıklığı dikkate alınacaktır.

3.11.7 DYD 7.2'de, herhangi bir bileşende önemli yorulma hasarlarının oluşabileceği her rüzgar hızı için, elektrik şebekesi ve açık deniz rüzgar türbinindeki arızalar nedeniyle güç üretiminin olmayacağı öngörülen saatler dikkate alınacaktır. Arızalar nedeniyle güç üretimi olmayan süre, açık deniz rüzgar türbininin saha değerlendirmesinin bir parçası olarak belirlenecektir.

3.11.8 DYD 7.2 için, düzensiz deniz durumu koşulları kabul edilecektir. Öngörülen alanla ilgili meteorolojik parametrelerin uzun süreli olasılık dağılımı esas alınarak, ortalama rüzgar hızı ile birlikte, her bir normal deniz durumu için etkin dalga yüksekliği, pik spektral periyodu ve yön seçilecektir. Dizayner, dikkate alınan normal deniz durumlarının adedi ve ayırımının, uzun süreli meteorolojik parametrelerin dağılımı ile birlikte, yorulma hasarlarının hesaba katılması için yeterli olduğunu gösterecektir.

3.12 Taşıma, montaj, bakım ve onarım (DYD 8.1÷8.5)

3.12.1 DYD 8.1 : Üretici; özellikle türbinin hangi maksimum ortalama rüzgar hızına (10 dk.lık ortalama) hangi etkin dalga yüksekliğine ve hangi eğik akıma kadar monte edilebileceği ve bakımının yapılabileceği olmak üzere, açık deniz rüzgar türbininin taşıma, montaj, bakım ve onarımı için kabul edilen tüm rüzgar koşullarını, deniz

koşullarını ve dizayn durumlarını bildirecektir. Üretici tarafından belirtilen maksimum rüzgar hızı (V_T) ve etkin dalga yüksekliği (H_{sT}), açık deniz rüzgar türbinindeki aktif çalışmalara uygulanır. Eğer rüzgar ve deniz koşulu belirlenen sınır değerleri aşarsa, çalışma durdurulacaktır.

3.12.2 Bakım durumunda, çeşitli kilitleme düzenlerinin (örneğin; kanat piçi, pervane ve yönlendirme tahrik sistemi) etkilerine ve kabul edilmiş bulunan bakım pozisyonuna dikkat edilecektir. Pervane kilitli olsa dahi, pervane piç sistemi tüm kontrol aralığında hareket edebilecektir. Pervane kiliti aktive olmaksızın durmanın doğrulanması, $\pm 10^\circ$ 'lik bir eğik akıma kadar sağlanacaktır (Bölüm 2, B.3.3).

3.12.3 Mekanik frenin doğrulanması için (emergensi durdurma butonuna basıldıktan sonraki durum), bu yük durumu için $\pm 30^\circ$ 'ye kadar geçici eğik akım kabul edilecektir. Açık deniz rüzgar türbini için en olumsuz koşullara neden olan pervane pozisyonları dikkate alınacaktır. Pervane pozisyonları arasındaki aralık en fazla 30° olacaktır.

3.12.4 DYD 8.2 : Bu dizayn yük durumunda, türbinin kilitli konumda bırakılması gerek durum dikkate alınacaktır. Bu yük durumunda, eğer tüm süre zarfında yönlendirme sistemi çalışmaya hazırsa ve sistemin kaymaması sağlanırsa (bu halde ilave bir yönlendirme hatasının dikkate alınmasına gerek yoktur), kararlı aşırı rüzgar hızı modelinde, $\pm 15^\circ$ 'ye kadar geçici eğik akım veya türbülanslı aşırı rüzgar hızı modelinde $\pm 8^\circ$ 'lik ortalama eğik akım kabul edilecektir. Kayma hariç tutulmıyorsa $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kullanılacaktır. Bölüm 2, C.3'e göre kilitleme düzenleri ile ilgili istekler karşılanacaktır.

3.12.5 DYD 8.3 : Bölüm 6, A.3.7 ve 8 ile Bölüm 6, F.4.2.2 ve 6, F.6.9'a göre kulenin doğrulanmasında, girdap dağılımı nedeniyle oluşan enine salınım incelenecektir. Akıntı ve dalga yükleri nedeniyle oluşan girdap dağılımı da dikkate alınacaktır.

3.12.6 DYD 8.4 : Tamamen monte edilmemiş veya şebeke bağlantısı yapılmamış haldeki açık deniz rüzgar türbininin uzun süreleri, yorulma ve kopma yükü analizinde dikkate alınacaktır. Dikkate alınacak süre, **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir. Bilgi olarak 3 aylık bir süre kullanılabilir.

3.12.7 DYD 8.5 : Çevrede gemilerin hareketi sırasında tekne darbeleri oluşabilir. Bu teknelerden gelen darbeler dikkate alınacaktır. bakım gemisinin boyutları (deplasmanı), açık deniz rüzgar çiftliği üreticisi ve / veya operatörü tarafından belirtilecektir.

3.12.8 Açık deniz rüzgar türbini tesisi yakınında çalışan tekneler için izin verilen maksimum etkin dalga yüksekliği işletme el kitabında belirtilmelidir. Yakın civarda teknelerin çalışmasına izin verilmeyen alanlar, işletme el kitabında belirtilmelidir.

3.12.9 Açık deniz rüzgar türbininin montajı ve bakımı sırasında oluşan işlevsel yükler dikkate alınacaktır, Bölüm 12'ye bakınız. Bu yükler, şunlardan oluşabilir :

- Takımların ve hareketli donanımın ağırlığı,
- Kreyinlerin ve diğer taşıma donanımının çalışmasından oluşan yükler,
- Taşıma işlemleri ile ilgili yükler (örneğin; helikopter),
- Açık deniz rüzgar türbinine hizmet eden gemilerin bağlama / yaslama yükleri.

3.12.10 Takımların ve donanımın yükleri ve ağırlıkları mal sahibi / dizayner tarafından belirtilecektir. Spesifikasyonlarda, izin verilen yük kombinasyonları ve sınırlamalar ile ilgili bilgiler de yer almalıdır. Bu sınırlamalar işletme el kitabında belirtilecektir. İşletme el kitabı ilgili tüm prosedürleri ve sınırlayıcı koşulları kapsayacaktır.

3.12.11 Sınırlayıcı işletim koşulları genelde operatör veya dizayner tarafından belirtilecektir. Özellikle çatışmalar ve helikopter işlemleri olmak üzere, yetkili otorite/idarelerin kuralları göz önüne alınmalıdır.

3.12.12 Türbinin çalışma durumu ve öngörülen en büyük helikopter türü ile birlikte ortam koşulları, üretici tarafından belirtilmelidir. İnş platformunun yapısal emniyeti, mesafeler, yangından korunma, işaretleme, vb. gibi helikopter işlemleri ile ilgili emniyet konuları ilgili ulusal ve uluslararası kurallara ve kod'lara uygun olacaktır.

3.12.13 Helikopter yükü, izin verilen maksimum helikopter çalışma koşullarına göre, rüzgar ve dalga koşullarından kaynaklanan yüklerle kombine edilecektir.

4. Aşırı Sıcaklıklar için Yük Kabulleri

4.1 Yük hesapları, seçilen sıcaklık aralığına uygun olacaktır. Rüzgar yükleri asıl olarak, hava yoğunluğundaki değişimden etkilenir. Burada güç eğrisinin ve bu nedenle kontrol davranışının da değişeceği dikkate alınacaktır.

4.2 Açık deniz rüzgar türbinlerinin elastisitesi veya kontrol davranışının yüklerin etkileneceği tarzda değiştiği hallerde, bunlar dikkate alınacaktır.

4.3 Yorulma mukavemeti yüklerinin hesabı, saha için belirlenen ($\theta_{ort,yıl}$) ortalama sıcaklığında yapılacaktır. Eğer, açık deniz rüzgar türbininin uzun süre buz oluşumu durumunda çalışacağı öngörülüyorsa, bu durum yorulma yüklerinin hesabında dikkate alınacaktır.

4.4 Aşırı yüklerin belirlenmesi için, aşırı sıcaklık (1 yıllık tekrarlanma periyotlu) $\theta_{1\text{ yıl, min/maks}}$ normal dış koşullarla kombine edilecektir (NTM, NWP). Türbinin çalışmakta olduğu ve ortam sıcaklığının izlendiği yük koşulları için, $\theta_{1\text{ yıl, min/maks}}$ aşırı sıcaklığına alternatif olarak, tesisin çalışması için aşırı sıcaklık $\theta_{min/maks, çalışma}$ kullanılabilir.

4.5 50 yıllık tekrarlanma periyotlu aşırı dış koşullar (EWS, EWM, EOG, EDC, ECD, ECG) $\theta_{ort,yıl}$ ortalama sıcaklığı ile kombine edilecektir. Eğer sahada yüksek rüzgar hızı düşük sıcaklık ile bağlantılı ise, bu bağlantı dikkate alınacaktır.

4.6 Bir arıza oluşumundan sonraki koşul (DYD 7.1), tekrarlanma süresi 1 yıl olan $\theta_{1\text{ yıl, min/maks}}$ aşırı sıcaklık ile kombine edilecektir.

4.7 Yük kabullerinde türbindeki buz oluşumu dikkate alınacaktır (DYD 1.10 ve 6.5). Bu yük durumunun, saha için uygun olduğu kontrol edilecektir. Bazı yerlerde, buz kalınlığı koşullara uyacak şekilde ayarlanacaktır.

4.8 Türbinin buzlanması, deniz buzunun oluşması ve aşırı sıcaklıkların, bir yılda 0,02 veya daha fazla olasılıkla oluşma durumu söz konusu ise, bu kombinasyon dikkate alınacaktır.

4.9 Yük durumlarının analiz edileceği sıcaklıklar Tablo 4.5'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5 Yük durumlarının analiz edileceği sıcaklıklar

Sıcaklık	Yük durumu (DYD)
$\theta_{\text{ort.yıl}}$	1.2, 1.3, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.13, 2.3, 3.1, 4.1, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 7.2, 8.2, 8.3
$\theta_{\text{ort.yıl}} \leq 0^{\circ}\text{C}$	1.10, 1.14, 6.5, 6.7
$\theta_{1 \text{ yıl, min/maks}}$	7.1
$\theta_{1 \text{ yıl, min/maks}}$ veya $\theta_{\text{min/maks., çalışma}}$	1.1, 1.4, 1.5, 2.1, 2.2, 3.2, 3.3, 4.2, 5.1
Üretici tarafından belirtilecektir	8.1, 8.5

5. Depremlerin Etkileri

5.1 Genel

Deprem riski olan bölgelerde, depremlerin neden olduğu yükler dikkate alınacaktır. Lokal olarak uygulanabilen kurallar mevcut değilse, TL ile anlaşmaya varılarak, Eurocode 8 ve / veya API uygulanabilir.

5.2 İvmeler

Depremden kaynaklanan yüklerin incelenmesinde; rüzgar ve dalga yükleri ile 500 yıllık tekrarlanma süreli deprem ivmesinin kombinasyonu esas alınır.

5.3 Yük durumu tanımı

Depremlerin neden olduğu yükler, normal dış koşullar ile kombine edilecektir. İlgili tüm yük durumları dikkate alınacaktır. Sadeleştirme bakımından, deprem yükünün, asgari olarak Tablo 4.6'da verilen yük durumları ile kombine edileceği kabul edilebilir. Deprem analizi için dikkate alınacak kısmi emniyet faktörleri, Bölüm 4, C.7.2.3'de verilmiştir.

5.4 Analizler

5.4.1 Depremlerden kaynaklanan yükler; frekans veya zaman alanında hesaplanabilir. Her durumda, yeterli sayıda doğal modların (≥ 3) dikkate alınması ve zaman alanında hesaplama için, her yük durumunda, yeterli sayıda (≥ 6) simülasyon yapılması sağlanacaktır.

5.4.2 Genel olarak, yapı için elastik bir yük taşıma davranışı kabul edilecektir. Bazı yapılar için (örneğin; kafes kuleler), sünek bir davranış kabul edilebilir. Uygulanacak sönümlleme, TL ile anlaşmaya varılarak dizayna uygun şekilde belirlenecektir. Eğer sünek bir davranış kabul edilirse, deprem olduktan sonra yapının muayenesi mümkün olacaktır. Bu muayenelerin kapsamı, hakkında TL ile anlaşmaya varılacak ve el kitaplarında dokümanite edilecektir.

6. Taşıyıcı Yapının Doğal Frekansının Değişimi ve Rezonans Bölgesinde Çalışma

6.1 Açık deniz rüzgar türbininin ömrü boyunca, yapının ve zeminin kütlesi ve katılığı önemli derecede değişir. Türbinin doğal frekansları üzerinde aşınmanın, korozyonun, deniz canlılarının, zemin oturmalarının ve kum hareketlerinin etkisi olabilir.

6.2 Yük analizinde, taşıyıcı yapıların doğal frekanslarının değişimi dikkate alınacaktır (yük analiz için en olumsuz durumlar uygulanarak). Rezonanslı çalışma modları oluşmuyorsa, yorulma analizi için ortalama değerler uygulanabilir.

6.3 Eğer, bir açık deniz rüzgar türbininin, yapının doğal frekansının $\pm\%5$ tolerans ile, taşıyıcı yapının rezonans aralığında çalışması isteniyorsa, uygun titreşim izleme sistemleri sağlanacaktır (Bölüm 2, C.2.6). Yük hesaplarında, izin verilen titreşimler için uygun eşik değerleri belirlenecek ve dikkate alınacaktır.

Tablo 4.6 Depremlerle birlikte analiz edilecek yük durumları

DYD	Rüzgar koşulları	Deniz koşulları	Diğer koşullar
D1	NTM $V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	$H_s(V)$ ile düzensiz deniz durumu	Normal çalışma
D2	NWP $V_{hub} = V_r$ veya V_{out}	$H = H_s(V)$	1. Şebeke kaybı 2. Titreşim sensörü ile emniyet sisteminin hareke geçmesi
D3	NWP $V_{hub} = 0,8 \cdot V_{ref}$	$H = H_{s1}$	Aşırı yönlendirme kaçıklığı

7. Yükler ve Kısmi Emniyet Faktörleri

7.1 Kullanışlılık sınır durumu

7.1.1 Kullanışlılık sınır durumunun analizinde yükler için kısmi emniyet faktörleri

Kullanışlılık sınır durumunun analizinde, tüm yük bileşenlerindeki yükler için $\gamma_F = 1,0$ kısmi emniyet faktörü kullanılacaktır.

7.1.2 Deflekşin analizindeki yükler için kısmi emniyet faktörü

7.1.2.1 Tablo 4.4'de listelenen dizayn koşullarında, rüzgar türbininin emniyetini tehlikeye düşürecek deflekşinların olmadığı doğrulanacaktır. En önemli değerlendirmelerden biri, kanatlar ile kule arasında temasın olmasına izin verilmeyeceğidir. En olumsuz yöndeki maksimum elastik deflekşin, Tablo 4.4'de listelenen yük durumları için hesaplanacaktır.

7.1.2.2 Kanat deflekşinı için, TL ile görüşerek istatistiksel aşırı değer analizi de kullanılabilir. 50 yıllık ekstrapolasyon süresi uygulanacaktır.

7.1.2.3 Her durumda, yükler için kısmi emniyet faktörü olarak $\gamma_F = 1,0$ uygulanacaktır. Kanat ile kule arasındaki izin verilen boşluğun gözlemlenmesi, Bölüm 6, B.4.1'e göre doğrulanacaktır.

7.2 Kopma sınır durumu

7.2.1 Kopma sınır durumunun analizinde yükler için kısmi emniyet faktörleri

7.2.1.1 Eğer, çeşitli nedenlerden kaynaklanan yükler, birbirinden bağımsız olarak hesaplanabiliyorsa, yükler için kısmi emniyet faktörlerinin değerleri Tablo 4.7'ye göre olacaktır.

7.2.1.2 Birçok durumda, özellikle kararsız yüklerin dinamik etkilere neden olduğu hallerde, yük bileşenleri birbirinden bağımsız olarak hesaplanamazlar. Bu durumlarda, yükler için kısmi emniyet faktörleri γ_F olarak, Tablo 4.7'deki ilgili dizayn durumunun en büyük kısmi emniyet faktörü uygulanacaktır.

7.2.2 Yorulma mukavemetinin analizinde, yükler için kısmi emniyet faktörü

Tüm normal ve anormal dizayn durumlarında, yükler için kısmi emniyet faktörü $\gamma_F = 1,0$ alınacaktır.

7.2.3 Deprem yükleri için kısmi emniyet faktörü

Depremden kaynaklanan yükler için emniyet faktörü $\gamma_F = 1,0$ alınacaktır.

7.3 Özel kısmi emniyet faktörleri

Eğer yükler ölçümlerden veya ölçümlerle doğrulanmış analizlerden hesaplanmış ise, TL ile görüşerek, yükler için daha küçük kısmi emniyet faktörleri kullanılacaktır. Tüm kısmi emniyet faktörleri değerleri, dizayn dokümanlarında verilecektir.

Tablo 4.7 Yükler için kısmi emniyet faktörleri γ_F

Yük nedeni	Olumsuz yükler				Olumlu yükler
	Dizayn koşulu tipi (Tablo 4.4'e bakınız)				Tüm dizayn koşulları
	N Normal	E Aşırı	A Anormal	T Taşıma ve montaj	
Ortam	1,2	1,35	1,1	1,5	0,9
Opsiyonel	1,2	1,35	1,1	1,5	0,9
Gravite	1,1/1,35 (*)	1,1/1,35 (*)	1,1	1,25	0,9
Diğer atalet kuvvetleri	1,2	1,25	1,1	1,3	0,9
Isı etkisi	-	1,35	-	-	0,9
(*) Tartılarak belirlenemeyen kütleler durumunda.					

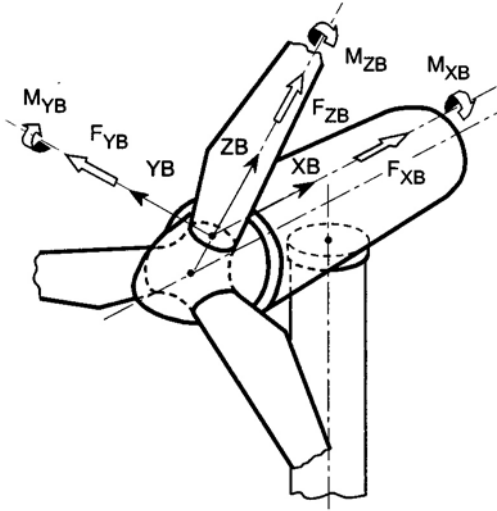
EK 4 - A

KOORDİNAT SİSTEMLERİ

Genel olarak, koordinat sistemleri serbest olarak seçilir. Bir öneri olarak, orijin noktaları ve yönleri ile birlikte, olası koordinat sistemleri aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir. Sadeleştirme amacıyla, pervane eksenini eğim açısı ve koniklik açısının gösterimi yapılmamıştır.

1. Kanat Koordinat Sistemi

Kanat koordinat sisteminin orijini kanat kökünde olup pervane ile birlikte döner. Pervane göbeğine oryantasyonu sabittir.

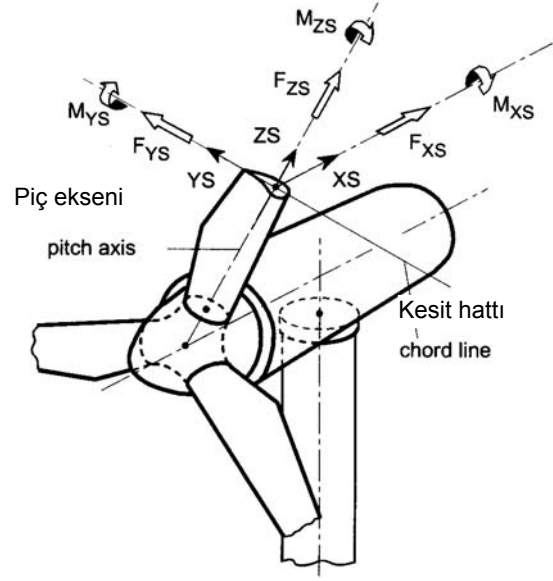


- XB Pervane eksenini yönünde
 ZB Radyal
 YB XB, YB, ZB saat yönünde dönecek şekilde

Şekil 4 - A.1 Kanat koordinat sistemi

2. Kanat Kesiti Koordinat Sistemi

Kanat kesiti koordinat sisteminin orijin noktası, ilgili kesit hattı ile pervane piçi ekseninin kesit noktasıdır. Pervane ve lokal piç açısı ayarı ile birlikte döner.



- YS Kesit yönünde, kanat takip kenarına yönelmiş
 ZS Kanat piçi eksenini doğrultusunda
 XS XS, YS, ZS saat yönünde dönecek şekilde, kesit dik

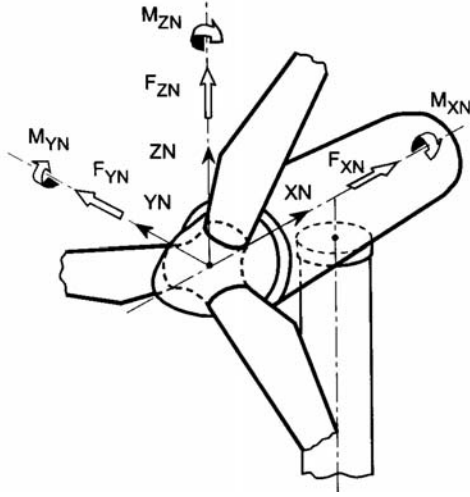
Şekil 4 - A.2 Kanat kesiti koordinat sistemi

3. Göbek Koordinat Sistemi

Göbek koordinat sisteminin orijin noktası, pervane merkezindedir. (veya pervane eksenini üzerindeki diğer bir nokta, örneğin; göbek flenci veya ana yatak) ve pervane ile birlikte dönmez.

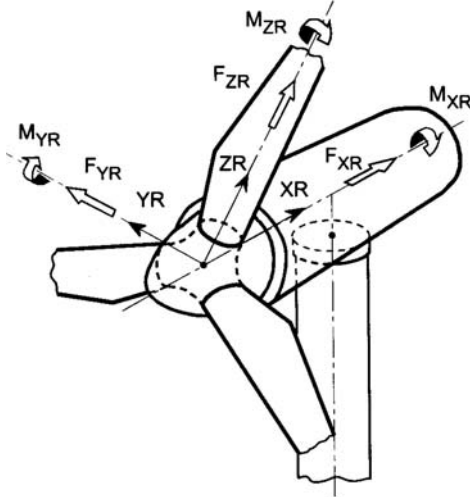
4. Pervane Koordinat Sistemi

Pervane koordinat sisteminin orijini pervane merkezindedir (veya pervane eksenini üzerindeki diğer bir nokta, örneğin; göbek flenci veya ana yatak) ve pervane ile birlikte döner.



- XN Pervane eksenine doğrultusunda
 ZN XN'ye dik yukarı doğru
 YN XN, YN, ZN saat yönünde dönecek şekilde, yatay, yana doğru

Şekil 4 - A.3 Göbek koordinat sistemi

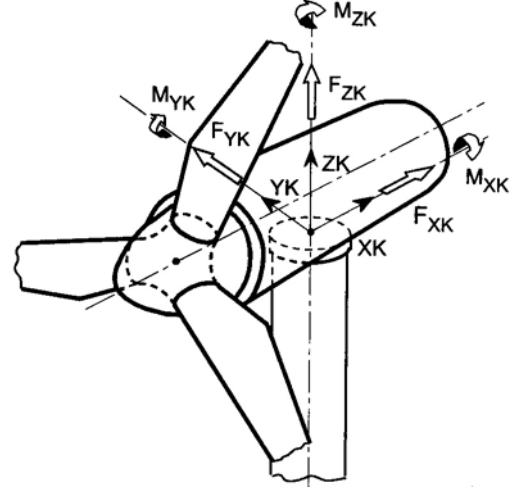


- XR Pervane eksenine doğrultusunda
 ZR Radyal, pervane kanatı 1'e yönelmiş ve XR'ye dik
 YR XR, YR, ZR saat yönünde dönecek şekilde, XR'ye dik

Şekil 4 - A.4 Pervane koordinat sistemi

5. Kule Üstü Koordinat Sistemi

Kule üstü koordinat sisteminin orijin noktası, kule eksenine ile kule üstünün üst kenarının kesişme noktasındadır ve kaporta ile birlikte dönmeyiz

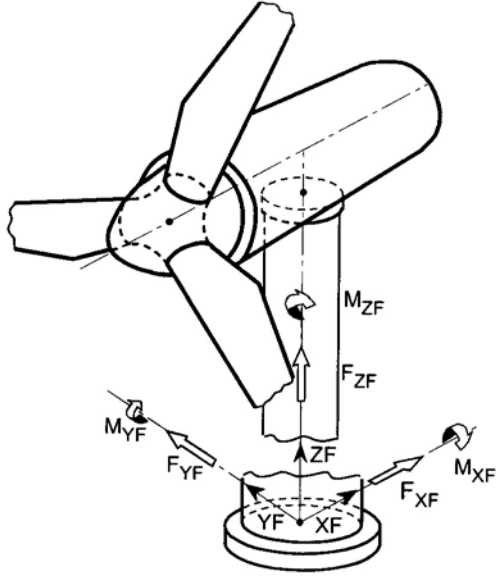


- XK Pervane eksenine doğrultusunda yatay kuleye sabitlenmiş
 ZK Yukarı doğru düşey
 YK XK, YK, ZK saat yönünde dönecek şekilde yana doğru yatay

Şekil 4 - A.5 Kule üstü koordinat sistemi

6. Taşıyıcı Yapı (Kule) Koordinat Sistemi

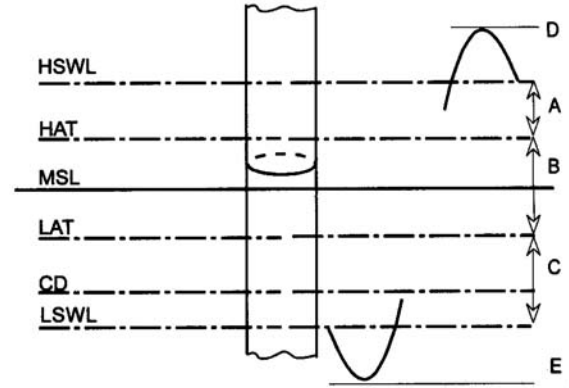
Taşıyıcı yapı koordinat sisteminin orijin noktası, taşıyıcı yapı eksenine ile zeminin kesişme noktası olup, kaporta ile birlikte dönmeyiz. Yönlendirme kule üstü koordinat sistemine karşılık gelir. Ayrıca, kule eksenine üzerindeki diğer yerler de mümkündür.



- XF Yatay
 ZF Kule eksenine doğrultusunda yukarı doğru düşey
 YF XF, YF, ZF saat yönünde dönecek şekilde yana doğru yatay

Şekil 4 - A.6 Taşıyıcı yapı koordinat sistemi

7. Su Düzeyleri



- HSWL En yüksek sakin su düzeyi
 HAT En yüksek astronomik gel-git
 MSL Ortalama deniz düzeyi
 LAT En düşük astronomik gel-git
 CD Harita referans çizgisi (genelde LAT'a eşit)
 LSWL En düşük sakin su düzeyi
 A Pozitif fırtına kabarması
 B Gel-git aralığı
 C Negatif fırtına kabarması
 D Maksimum tepe yüksekliği
 E Minimum çukur derinliği

Şekil 4 - A.7 Su düzeyleri

EK 4 - B**YÜKLERİN DEğERLENDİRİLMESİ****1. Yük Durumu Tanımlarının Sunulması**

1.1 Hesaplanan tüm yük durumu listelenecektir. Her yük durumu için, ana simülasyon parametreleri (rüzgar kesmesi, rüzgar modeli, olası buz yükleri, yukarı akım, simülasyon süresi, vb.) ile söz konusu yük durumları için gerekli olan kontrol ve emniyet sistemi parametrelerinin (frenleme prosedürleri, durdurma prosedürleri, yönlendirme manevraları, gecikme süreleri, vb.) tanımı verilecektir.

1.2 Yük durumu tanımının temel verileri ile ilgili olarak yük durumu değişimleri, ilgili parametreleri ile birlikte (rneğin; rüzgar hızı, fırtına özellikleri, eğik akım, kontrol veya emniyet işlevinin harekete geçirilme kriterleri, vb.) zaman serisi dosyası ile listelenecektir.

2. Sonuçlarının Sunulması**2.1 Genel**

2.1.1 Genel olarak, sonuçların sunulmasında, aşırı yükler ile yorulma yükleri birbirinden ayrılır. Prensi olarak, bileşenlerin boyutlandırma analizlerinde kullanılan tüm yükler belirtilecektir.

Yükler, dizayn prosesinde uygulanan şekilde sunulacaktır. Ayrıca, yk değerlendirmeleri, Ek 4-B.2.2 ve 2.3'de tanımlanan şekilde belirtilecektir.

2.1.2 Hesaplanan aşırı ve yorulma yk durumlarının tüm zaman serileri, bilgisayar ortamında (rneğin; DVD, CD-ROM) verilecektir.

2.2 Aşırı yükler

2.2.1 Kısmi emniyet faktörleri dahil, aşırı yük değerlendirme sonuçları, incelenen kısımlar için (rneğin; kanat kesitleri, kanat kökü, döner pervane

şafıtı, dönmez pervane şafıtı, vb.) bir izelge halinde verilecektir. Bu izelgede, yük durumunun kısa bir tanımı, kullanılan kısmi emniyet faktörlerinin ve aşırı yük durumunda oluşan kanat açısının beyanı da yer alacaktır. Aşğıdaki sunum formatı önerilir. İlgili yk bileşenlerinin aşırı değerleri (maksimum ve minimum) diyagonal olarak yer alacaktır. Diğer yük bileşenlerinin aynı anda etkiyen yükleri sıralarda gösterilmiştir (Tablo 4-B.1).

2.2.2 Taşıyıcı yapıdaki aşırı yükler için, aşırı yük durumuna alt rüzgar hızı ve rüzgar doğrultusu için tabloya bir sütün ilave edilecektir (rüzgar yönü işareti bir skete belirtilecek veya Ek-4.A'da belirtilen koordinat sistemine göre gösterilecektir). Her durumda, kısmi emniyet faktörleri dahil yk tablosu ile bu faktörlerin yer almadığı yk tablosu verilecektir.

Not :

Kısmi emniyet faktörlü veya kısmi emniyet faktörsüz aşırı yüklerin değerlendirilmesinde, farklı yük durumları söz konusu olabilir. Kanat kökü ile ilgili olarak, tüm kanat bağlantılarındaki tüm ilgili yükleri içeren bir tablo düzenlenecektir.

2.3 Yorulma yükleri

2.3.1 Ek B.2.1'de istenilen zaman serilerine ilave olarak, değerlendirmenin tüm sonuçları, bilgisayarla işlem görecektir şekilde verilecektir.

2.3.2 Yorulma yüklerinin değerlendirilmesi için, yorulma mukavemetinin tüm dizayn yk durumlarının dahil edilmesi gerekir (DYD 1.2, DYD 1.10, DYD 1.13, DYD 1.14, DYD 2.3, DYD 3.1, DYD 4.1, DYD 6.4, DYD 7.2, DYD 8.3, DYD 8.4).

2.3.3 Yorulma yüklerinin hesaplanmasında yapılan kabuller belirtilecektir. Bunlar; rneğin; yıllık ortalama rüzgar hızı, rüzgar hızı dağılımı parametreleri, çalışma ömrü, vb.ni içerir.

2.3.4 Tüm yük bileşenleri için, simüle edilen çalışma ömrü içindeki birikmiş yorulma spektrumu, izelge halinde ve gerekirse grafik olarak verilecektir. Ayrıca, sabit aralıktaki eşdeğer spektrum, birikmiş yorulma spektrumundan hesaplanacak ve belirtilecektir. Burada n_{ref} , referans yk çevrimi sayısı belirtilecektir. Tablo 4-B.2'ye göre S/N eğrisinin malzeme ile ilgili eğim parametreleri için, eşdeğer yorulma yükleri tablo halinde verilebilir.

2.3.5 Pervane kanadı gibi elyaf takviyeli plastikten yapılan (ETP / KTP) dinamik olarak yüklü bileşenler için, incelenen kesitlerde ilave olarak Markov matrisi verilecektir.

2.3.6 Özellikle, kanat kökündeki yorulma yüklerinin analizi için, aşağıdaki prosedür dikkate alınacaktır:

2.3.7 Kanatçık ve kenar doğrultularındaki (M_x ve M_y eğilme momentlerinin değerlendirilmesi dışında, bu eğilme momentleri ile 90°'ye kadar olan takip eden sektör arasındaki açısal sektör, 180°'lik toplam sektör elde edilecek şekilde incelenecektir. Bu eğilme momentleri en az 15°'lik açısal aralıklarla hesaplanacaktır.

2.3.8 Kanatçık ve kenar doğrultularındaki yorulma yükleri 1,2 faktörü ile çarpılırsa, daha ayrıntılı inceleme yapılmaksızın bu incelemeden vazgeçilebilir.

2.3.9 Kanat piç sistemi, tahrik sistemi (ana yatak, dişliler, kaplinler, vb.) ve yönlendirme sisteminde, ilgili yk bileşenleri için, yorulma yüklerinden gelen ortalama değerler ve yk süresi dağılımı (YSD) belirtilecektir (Bölüm 7'ye de bakınız).

2.3.10 Taşıyıcı yapı için incelenen yk bileşenleri, ortalama değerin ve şiddetlerin beyanı ile doğrulanacaktır (rneğin; Markov matrislerinin verilmesi suretiyle).

3. Diğer Değerlendirmeler

- Maksimum kanat deflekşını : Yatay eksenli açık deniz rüzgar trbınlerinde, kule doğrultusundaki maksimum kanat deflekşını (tüm yük durumları için hesaplanan) deformasyon analizleri için belirtilecektir. Burada tüm kanatların deformasyonları dikkate alınacaktır. Belirleyici yük durumu belirtilecektir.
- Maksimum dönme hızı : Tüm yük durumu simülasyonu için oluşan ve ilgili yk durumunu ifade eden n_{maks} pervane ve jeneratörün maksimum dönme hızının beyanı.
- Kopma yükü durumu : Maksimum döndürme momentinin oluştuğu, mekanik frenin veya türbini durma konumuna getiren frenleme sisteminin uygulandığı kopma yükü durumunun zaman serisinin grafik gösterimi (simülasyon zamanına göre pervane döndürme momenti). Mekanik frenin uygulandığında gerekli olan maksimum pervane frenleme süresinin beyanı.
- Taşıyıcı yapı rezonans aralığı içinde alışma: Eğer açık deniz rüzgar türbini taşıyıcı yapının rezonans aralığı içinde çalışıyorsa (Bölüm 6, F.5.1'e bakınız), sınırlayıcı değerlerin değerlendirmesi ve tanımları verilecek ve açıklanacaktır.
- Kilitleme düzenleri için dizayn yükleri : Kanat piçi, pervane ve yönlendirme sistemlerinin kilitleme düzenlerinin boyutlandırılması için, kısmi emniyet faktörleri dikkate alınarak, ilgili yükler belirtilecektir. Bu, DYD 8.1 ve DYD 8.2 yük durumları ile ilgilidir.

Tablo 4- B.1 Aşırı yüklerin hesaplama sonuçlarının önerilen sunumu (F_{res} – bileşke enine kuvvet, M_{res} - bileşke eğilme momenti)

Aşırı yük değerlendirmesinin sonuçları											
		Yük durumu	γ_F	F_x	F_y	F_z	F_{res}	M_x	M_y	M_z	M_{res}
F_x	Maks.										
	Min.										
F_y	Maks.										
	Min.										
F_z	Maks.										
	Min.										
F_{res}	Maks.										
	Min.										
M_x	Maks.										
	Min.										
M_y	Maks.										
	Min.										
M_z	Maks.										
	Min.										
M_{res}	Maks.										
	Min.										

Tablo 4- B.2 S/N eğrisinin çeşitli eğim parametreleri için eşdeğer yorulma yüklerinin hesaplama sonuçlarının önerilen sunumu

Yorulma yükü değerlendirmesinin sonuçları							
n_{ref}		F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
S/N eğrisinin eğim parametresi m	m_a						
	m_b						
	m_c						
	m_d						
	m_e						
	m_f						
	m_g						
	m_h						
	m_i						
	m_j						

EK 4 - C

GÜÇ SİSTEMİ ARIZASI

1. Özellikle, çok yüksek geçici yüklere neden olabileceğinden, jeneratördeki kısa devre durumu incelenecektir. Genelde, iki-fazlı kısa devre, üç-fazlı kısa devreden daha fazla maksimum torklara neden olur, bu nedenle iki-fazlı durum kritiktir. Kanıtlanmış hassas değerler yoksa, aşağıdaki eşitlikler uygulanacaktır.

2. Senkron jeneratörde iki-fazlı kısa devre durumunda, aşağıdaki elektromanyetik tork (M) analiz edilecektir:

$$M = \frac{1,3 \cdot M_n}{X_d}$$

Burada ;

M_n = Nominal tork,

X_d = Jeneratör üreticisi tarafından belirtilen senkron jeneratörün kısa süreli reaktansı.

Eğer X_d bilinmiyorsa, nominal torkun 10,5 katı oluşma dikkate alınacaktır.

3. Bir endüksiyon jeneratöründeki iki-fazlı kısa devre durumunda, aşağıdaki elektromanyetik tork (M) analiz edilecektir:

$$M = - [M_K / (1-\sigma)] \cdot \cos \alpha + [M_K / (1-\sigma)] \cdot \cos (2\omega_g t - \alpha) - 2 [M_K / (1-\sigma)] \cdot \sin (\omega_g \cdot t) \cdot \exp (-t/T_1)$$

Burada ;

M_K = Endüksiyon jeneratörünün yatırma momenti,

σ = Sızıntı katsayı,

α = İki – fazlı kısa devre açısı, $\alpha = \arctg (\omega_g \cdot T_1)$,

ω_g = Şebeke açısal frekansı,

t = Zaman,

T_1 = Statorun zaman sabiti.

M_K , σ ve T_1 değerleri, jeneratör üretici tarafından verilen bilgilere göre uygulanacaktır. Eğer gerekli değerler bilinmiyorsa, nominal torkun 8 katı dikkate alınacaktır.

4. Endüksiyon jeneratörlerinde, üç fazlı kısa devreler de incelenecektir. Aşağıdaki elektromanyetik tork (M) analiz edilecektir:

$$M = 2 M_K \cdot \sin (\omega_g \cdot t) \cdot \exp (-2 s_K \cdot \omega_g \cdot t)$$

Burada ;

ω_g = Şebeke açısal frekansı,

M_K = Yatırma momenti,

s_K = Jeneratör üreticisi tarafından belirtilen endüksiyon jeneratörünün eğimlenme kayması.

Aşağıdaki eşitlik uygulandığında maksimum tork elde edilir.

$$\omega_g t = \arctg \left(\frac{1}{2 s_K} \right)$$

EK 4 - D

AÇIK DENİZ RÜZGAR TÜRBİNİ TANIMI İLE İLGİLİ
DİZAYN PARAMETRELERİ

Açık deniz rüzgar türbinleri için, dizayn dokümanlarında en az aşağıdaki dizayn parametreleri verilecektir:

1. Türbin Parametreleri

Nominal güç [kW]

Göbek yüksekliğinde çalışma rüzgar hızı aralığı
 V_{in} 'den V_{out} 'a [m/sn]

Dönme hızı aralığı [rpm]

MSL'den göbek yüksekliği [m]

Pervane çapı [D]

Dizayn ömrü [a]

Tesis ağırlığı [kg]

Temel tanımı

Ana bileşenlerin doğal frekansları [Hz]

2. Rüzgar Çiftliği Parametreleri

Türbin sayısı

Her türbin konumu için koordinatlar

Her türbin konumu için su derinliği [m]

Her taşıyıcı yapı için doğal frekanslar [Hz]

3. Rüzgar Koşulları

Atmosferik yoğunluk [kg/m³]

Ortalama rüzgar hızının bir fonksiyonu olarak karakteristik türbülans şiddeti

Göbek yüksekliğindeki yıllık ortalama rüzgar hızı [m/sn]

Rüzgar yönü dağılımı (rüzgar gülü)

Rüzgar hızı için dağılım fonksiyonu (Weibull, Rayleigh, ölçülen, diğerleri)

Rüzgar profili modeli ve parametreleri

Türbülans modeli ve parametreleri

Göbek yüksekliğinde aşırı rüzgar hızı
 V_{e50} (10 dk.ort). [m/sn]

Göbek yüksekliğinde aşırı rüzgar hızı
 V_{e1} (10 dk.ort). [m/sn]

1 ve 50 yıllık tekrarlanma aralıkları için aşırı fırtına Modeli ve parametreleri

Bakım için maksimum rüzgar hızı [m/sn]

4. Deniz Koşulları

Ortalama deniz düzeyi (MSL) [m]

Gelgit aralıkları (LAT ve HAT) [m]

Fırtına kabarması (50 yıllık tekrarlanma periyotlu) [m]

Maksimum sakin su düzeyi (HSWL) [m]

Minimum sakin su düzeyi (LSWL) [m]

Maksimum su yüksekliği [m]

Su yoğunluğu [kg/m³]

Tuzluluk	[%]	6. Diğer Ortam Koşulları (Gerekirse)	
Etkin dalga yüksekliği (50 yıl ve 1 yıllık tekrarlanma periyotlu)	[m]	Normal ve aşırı atmosferik sıcaklık aralıkları	[°C]
Dizayn dalga yüksekliği (50 yıllık tekrarlanma periyotlu)	[m]	Nem	[%]
Dizayn dalga periyodu (50 yıllık tekrarlanma periyotlu)	[sn]	Güneş radyasyonu şiddeti	[W/m ²]
Akıntı hızı (50 yıl ve 1 yıllık tekrarlanma periyotlu)	[m/sn]	Yağmur, dolu, kar ve buz	
Rüzgar ve dalga ortak dağılımı (H _s , T _p , V)		Normal ve aşırı deniz sıcaklığı aralıklar	[°C]
Rüzgar ve dalga ortak doğrultu dağılımı (varsa)		Aşınma toleransı	[m]
Dalga spektrumu ve parametreleri		Aşınmayı önleme (tanım)	
Deterministik dalga modeli ve parametreleri		Deniz yatağı değişimleri	
Kırılan dalga tipi modeli ve parametreleri (yükseklik, periyot)		Zemin koşullarının tanımı	
Deniz buzu koşulları		Yıldırımdan koruma sisteminin tanımı	
Deniz canlıları kalınlığı	[mm]	Deprem modeli ve parametreleri	
5. Elektrik Güç Şebekesinin Koşulları		Korozyon toleransı	
Normal besleme gerilimi ve dalgalanması	[V]	Korozyondan korunma (tanım)	
Normal besleme frekansı ve dalgalanması	[Hz]	İkmal gemisinin boyutları	
Gerilim dengesizliği	[V]	7. Taşıma ve Montaj için Sınırlayıcı Koşullar	
Şebeke kesilmesinin azami süresi	[d]	Maksimum rüzgar hızı	[m/sn]
Şebeke kesilmesi adedi	[1/a]	Maksimum etkin dalga yüksekliği	[m]
Otomatik yeniden kapanma çevrimi (tanım)		Maksimum su düzeyi değişimi	[m]
Simetrik ve asimetrik dış arıza sırasındaki davranış (tanım)		İzin verilen atmosferik sıcaklık	[°C]
Elektrik koşullarının uygulanabileceği yerler		8. Kılavuz Parametreler ve Modellerden Sapmalar	
		Kılavuz parametreler ve modellerden her türlü sapmalar belirtilecektir.	

EK 4 - E

RÜZGARDAN OLUŞAN VE SU DERİNLİĞİ İLE
SINIRLI DALGA SPEKTRUMU

1. Ölçülen veya modelden test edilen verilerin olmadığı hallerde ya da açık deniz rüzgar türbininin Bölüm 4, B.2.1’de belirtilen türbin sınıfına göre dizayn edilmesi halinde, dalga parametreleri, rüzgar kaynaklı bir deniz durumu kabulü ile elde edilebilir. Tam gelişmemiş deniz durumları için JONSWAP spektrumu kullanılır. Rüzgar oluşma mesafesi ve süresinin etkisi aşağıdaki şekilde dikkate alınabilir :

Rüzgarın boyutsuz süresi :

$$\theta = g/u \cdot \text{zaman}$$

Boyutsuz oluşma mesafesi :

$$\zeta = g/u^2 \cdot x$$

g = Yerçekimi ivmesi,

u = Deniz yüzeyinden 10 m. yukarıdaki, saatlik ortalama rüzgar hızı,

x = Rüzgar oluşma mesafesi,

zaman = Fırtınanın denizde estiği süre.

Boyutsuz pik frekans ν , aşağıdaki gibi analiz edilebilir:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} \cdot \frac{u}{g}$$

$$= \text{maks. } (0,16; 2,84 \cdot \zeta^{-0,3}; 16,8 \cdot \theta^{3/7})$$

Buradan pik periyodu :

$$T_p = \frac{u}{g} \cdot \frac{1}{\nu}$$

ve etkin dalga yüksekliği

$$H_{s, \text{Jonswap, rüzgar}} = 0,0094 \cdot \nu^{5/3} \cdot \frac{u^2}{g}$$

elde edilir.

2. Jonswap spektrumunun uzantısı, su derinliğine bağlı TMA spektrumudur. Rüzgar kaynaklı denizler ve sınırlı su derinliği için, Bölüm 4, C.3.1.2.12’de gösterilen formüllerle birlikte kendinden benzer spektral şekil (TMA – spektrumu) kullanılabilir.

$$S_{\zeta, \text{TMA}}(\omega) = S_{\zeta, \text{Jonswap}} \cdot \Phi_k(\omega_d)$$

ve

$$\omega_d = \omega \sqrt{\frac{d}{g}}$$

Burada ;

Φ_k = Dönüştürme faktörü,

ω_d = Derinliğe bağlı frekans,

d = Su derinliği.

Dönüştürme faktörü için aşağıdaki şekilde yaklaşım yapılabilir:

$$\Phi_k(\omega_d) = 0,5 \cdot \omega_d^2 \quad \omega_d \leq 1 \text{ için}$$

$$\Phi_k(\omega_d) = 1 - 0,5 \cdot (2 - \omega_d)^2 \quad 2 > \omega_d > 1 \text{ için}$$

$$\Phi_k(\omega_d) = 1 \quad \omega_d \geq 2 \text{ için}$$

EK 4 - F

DENİZ KOŞULUNDA DALGALARIN DOĞRULTUSAL DAĞILIMI

1. Doğrultusal dalga spektrumunun; frekanstan bağımsız olarak, dalga doğrultusal yayılma fonksiyonu ile doğrultudan bağımsız dalga frekansı spektrumunun çarpımı olarak ifade edilebileceği şekilde, değişkenlerin ayrımını sağlayarak, doğrultusal özelliklerinin genelde frekanstan bağımsız olacağı kabul edilir. Verilen bir deniz durumunda, dalgaların doğrultusal dağılımı, aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$S_{\zeta}(\omega, \mu_e) = S_{\zeta}(\omega) \cdot G(\mu_e)$$

Burada ;

$G(\mu_e)$ = Doğrultusal dağılım fonksiyonu,

μ_e = Ortalamaya göre dalga doğrultusu,

ve

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} G(\mu_e) d\mu_e = 1$$

2. Dalga doğrultusal yayılma fonksiyonu ile ilgili parametrik formlar literatürde verilmiştir. Genelde fonksiyon aşağıda verilen şekildedir :

$$G_1(\mu_e) = k_n \cdot \cos^n(\mu_e) \quad -\frac{\pi}{2} \leq \mu_e \leq \frac{\pi}{2}$$

$$G_1(\mu_e) = 0 \quad \text{diğer hallerde.}$$

k_n faktörü, sınır koşullarına uygun değerler alır, yani $k_2 = 2/\pi$ veya $k_4 = 8/3\pi$.

$$k_n = \frac{\Gamma(n/2 + 1)}{\sqrt{\pi} \Gamma(n/2 + 1/2)}$$

Rüzgarlı denizler için kullanılacak n değeri 2 veya 4 olarak, kabaran denizler için kullanılacak n değeri 6 olarak alınmalıdır.

3. TL ile anlaşmaya varılarak, alternatif yöntemler kullanılabilir.

EK 4 - G

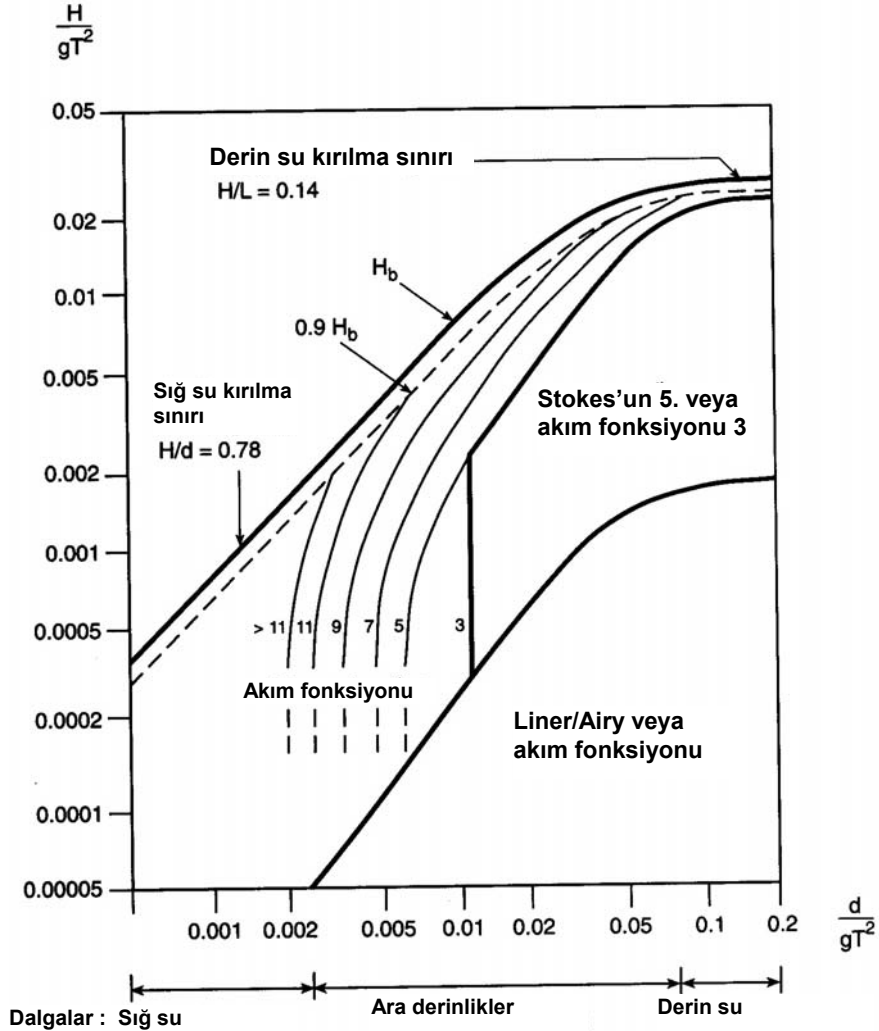
DALGA KİNEMATİĞİNİN HESABI

1. Genel

1.1 Dalga zerrecik hızları ve ivmeleri gibi (dalga zerrecik kinematiği) türel dalga parametrelerinin belirlenmesi, çeşitli teoriler uygulanarak yapılabilir. Bu teorilerin tümünde, dalga tepesi etrafında simetrik olan, sabit hızla ilerleyen ve şekli zamanla değişmeyen bir dalga için iki boyutlu dalga kinematiği dikkate alınır. Teorilerin farklılığı, lineer-olmayan kinematiği ve dalga

yüzeyindeki dinamik sınır koşullarını sağlayan fonksiyonel formüller ve derecelerdir.

1.2 Eğer Şekil 4-G.1'de gösterilen $H/(gT^2)$ ve $d/(gT^2)$ sınırlamaları dikkate alınırsa, derin su ve geçici su dalgaları için bu parametrelerin tanımı için Lineer (Airy) dalga teorisi uygulanır. Yüksek dalgalar veya sığ sulardaki dalgalar ve kırılan dalgalar için, dalga zerrecik hızları ve ivmelerinin eldesi için daha yüksek dereceli dalga teorileri uygulanmalıdır.



Sınırlar yaklaşık olup yapılmakta olan analizin amacına bağlıdır. Sapma ve dağılma analizlerinde lineer teorisinin genelde esas alınacağı kabul edilir.

Şekil 4-G.1 Dalga seçim diyagramı

1.3 Lineer (Airy) teori sadece işaretli aralıkta kullanılmalıdır.

1.4 Lineer olmayan yöntemlerin bulunmaması halinde, yani hidrodinamik olarak kompakt yapılar için, gelen dalga potansiyelinin hesabında, Şekil 4-G.1'de gösterilen uygulama alanı dışında lineer (Airy) dalga teorisi esas alınabilir.

1.5 Doğal deniz durumu genelde, faz açıları 0 ile 2π arasında olan elemanter dalgaların süperpozisyonu ile modellenir. Dalga kinematiği, tekil dalgaların kinematiklerinin toplanması suretiyle, lineer dalga teorisi kullanılarak hesaplanır. Lineer teori sadece sakin su hattına kadar tanımlanmış olduğundan, dalga kinematiği, filli deniz yüzeyinin etkisinin dikkate alınması için genişletilmelidir.

1.6 Kırılan dalga sınırına ulaşan dalgalar için, Akım fonksiyonu teorisi önerilir. Genel sonuca yaklaşımın sağlanması için bir yaklaşım kontrolü yapılmalıdır. Bazı hallerde, çoklu zirvelerin oluşması nedeniyle dalganın şekli kontrol edilmelidir.

2. Lineer Dalga Teorisi

2.1 Derin su dalgaları için kompleks referans su zerreciği hızı, bir t anı için aşağıdaki şekilde tanımlanır :

$$u_R = 0,5 \cdot H_D \cdot \omega_D \cdot \exp [(i \cdot (\omega_D t - \kappa_D \xi))]$$

Burada;

$$\omega_D = 2 \pi / T_D$$

$$\kappa_D = \omega_D^2 / g$$

$$\xi = x \cdot \cos \mu + y \cdot \sin \mu$$

(x-y eksenini bozulmamış deniz yüzeyi ve z-ekseni düşey olarak yukarıya doğru olmak üzere x-y-z sağ-el koordinat sistemi kullanılarak).

μ , x ve ξ doğrultuları arasındaki açı olmak üzere, dalga yatay ξ eksenini boyunca ilerler.

2.2 Derin sular için, deniz yüzeyi altındaki herhangi

bir x, y, z noktasındaki kompleks dizayn hızı vektörü $\underline{u}_D$ gerçek veya fiktif kısım için aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} \underline{u}_D &= (u_{Dx}, u_{Dy}, u_{Dz}) \\ &= (i \cos \mu, i \sin \mu, -1) \cdot u_R \cdot \exp\{\kappa_D \cdot z\} \end{aligned}$$

Bu şekilde $u_{Dx/y/z}$ bileşenleri faz düzeltmeli tarzda hesaplanır, yani gerçek (Re) ve fiktif (Im) kısımlar, $T_D/4$ zaman gecikmesi (faz kaçıklığı) ile oluşur, gerçek kısım, dalga tepesinin $t = T/4$ ile önünde yer alır. Bir dalga çevrimi sırasındaki maksimum hızlar (genlikler) aşağıdaki formülden elde edilebilir :

$$u_{Dmaks} = \sqrt{[\text{Re}(u_D)]^2 + [\text{Im}(u_D)]^2}$$

Burada u_D bileşeni; x, y veya z doğrultularında oluşur.

2.3 u_R referans hızı, geçiş suyu (ara derinlik) dalga referans hızı u_{RS} 'nin tanımlanması için kullanılabilir :

$$u_{RS} = u_R (\kappa_{DS}) / \sinh \{\kappa_{DS} \cdot d\}$$

su derinliği d ve dağılım eşitliğinin çözümü κ_{DS} olmak üzere

$$\kappa_{DS} \cdot \left| \tanh \cdot \{\kappa_{DS} \cdot d\} \right| = \omega^2 / g$$

κ_{DS} dalga sayısının iteratif çözümünde, yaklaşım için birkaç iterasyon gerekebilir. İlk yaklaşım aşağıdaki şekilde elde edilebilir :

$$\left(\kappa_{DS} \cdot d \right)^2 = x_k^4 + \frac{x_k^2}{1 + \sum_{i=1}^6 f_i \cdot x_k^{2i}}$$

$$x_k = \omega \cdot d / \sqrt{g \cdot d}$$

Burada;

$$f_1 = 0,6$$

$$f_2 = 0,35$$

$$f_3 = 0,1608$$

$$f_4 = 0,0632098765$$

$$f_5 = 0,0217540484$$

$$f_6 = 0,0065407983$$

2.4 Deniz yüzeyi altındaki herhangi bir noktada (x, y, z) dizayn geçiş hızı vektörü u_{Ds} aşağıdaki şekilde elde edilebilir :

$$\begin{aligned}\underline{u}_{Ds} &= (u_{Dsx}, u_{Dsy}, u_{Dsz}) \\ &= (i \cos \xi \cdot \cos \mu, i \cos \xi \cdot i \sin \mu, -\sin \xi) \cdot u_{Rs}\end{aligned}$$

Burada ;

$$\xi = \kappa_{Ds} \cdot (z+d)$$

$u_{Dsx/y/z}$ 'in maksimum değerleri, u_{Dmaks} 'a benzer şekilde elde edilebilir.

2.5 Dalga zerreciğı ivmesi:

Derin veya geçiş sularındaki su zerrecik ivmesinin vektöründe verilen tanımlar ile $\underline{a}_D$ veya $\underline{a}_{Ds}$ aşağıdaki şekilde elde edilebilir :

$$\underline{a}_D = i \omega_D \cdot \underline{u}_D, \quad \underline{a}_{Ds} = i \omega_D \cdot \underline{u}_{Ds}$$

$u_{Dx/y/zmaks}$ veya $u_{Dsx/y/zmaks}$ bileşenleri $u_{Dx/y/zmaks}$ 'a benzer şekilde hesaplanır.

EK 4 - H

RİJİD KONUMLANDIRILMIŞ YAPILAR İÇİN
DİZAYN DALGA YÜKLERİNİN BELİRLENMESİ

1. Hidrodinamik Olarak Açık Yapılar

1.1 Bu yöntem, dalga yüküne maruz tüm yapısal elemanlardaki lokal dalga yüklerinin ayrı ayrı hesabını gerektirir. Faz düzeltmeli olarak lokal dalga yüklerinin vektörel süperpozisyonu, yapıdaki global dalga yüklerini verir. Global dalga yükleri, $F_D = (F_{D1}, F_{D2}, \dots, F_{D6})$ olarak tanımlanır. $i = 1, 2$ ve 3 indeksleri, Ek 4-A'da belirtilen x, y, z koordinat sistemi doğrultusundaki yük bileşenleri için ve $i = 4, 5$ ve 6 indeksleri ise ilgili momentler için kullanılır (normalde deniz yatağına göre alınır).

1.2 İncelenen i 'inci dalga zerreciği hız bileşenine dik A_{ki} alanlı, V_k hacimli ve C_D hidrodinamik sürüklenme katsayılı ve C_M atalet katsayılı "k" yapısal elemanın dizayn dalga yükünün F_{Dk} lokal bileşeni, Morison eşitliğinden hesaplanabilir :

$$F_{Dki} = C_D \cdot \rho_w / 2 \cdot |u_D| \cdot u_D \cdot A_{ki} + C_M \cdot \rho_w \cdot a_D \cdot V_{ki}$$

Burada formülün sağ tarafındaki parametrelerdeki i ve k indeksleri sadeleştirme için ihmal edilmiştir. F_{Dki} 'nin 6

bileşeninin kompleks sayılar olduğu belirtilmelidir. Böylelikle, F_D 'nin eldesi için faz düzeltmeli olarak tüm lokal dalga yüklerinin vektörel süperpozisyonu, F_{Dki} bileşenlerinin gerçek (Re) veya fiktif (Im) kısımları kullanılarak doğrulanabilir.

1.3 F_{Dki} formülünün sağ tarafındaki birinci terim, sürüklenme terimi olarak adlandırılır.

Burada ;

ρ_w = Suyun yoğunluğu,

u_D = A'ya dik doğrultudaki dizayn su zerrecik hızı,

A = Yapısal elemanın projeksiyon alanı.

u_D , "k" elemanın (x, y, z) koordinatlarında $u_{Dx/y/z}$ bileşenleri ile tanımlanır ve lineerize edilebilen dizayn dalga yükünün kompleks sürüklenme terimini oluşturur. Hareketli yapılarda, A'ya dik x_k eleman hızına sahip $u_r = u_D - x_k$ bağlı hız kullanılabilir.

Tablo 4-H.1 Silindirik elemanlar için hidrodinamik katsayılar

Reynolds sayısı	Düzgün silindir		Pürüzlü silindir	
	C_D	C_M	C_D	C_M
$\leq 2 \cdot 10^5$	1,2	2,0	1,2	2,0
$> 2 \cdot 10^5$	0,7	1,6	1,1	2,0

1.4 E_{Dki} formülünün sağ tarafındaki ikinci terim, atalet terimi olarak adlandırılır.

Burada ;

a_D = “k” elemanının (x, y, z) koordinatlarında, dizayn dalga yükünün kompleks atalet terimini oluşturan su zerreciği ivmesi,

V = Elemanın hacmi.

Hareketli yapılarda, incelenen elemanla birlikte hareket eden eklenmiş kütlelerin kuvveti ile Morison eşitliği uyarlanmalıdır:

$$E_{Dki} = C_D \cdot \rho_w / 2 \cdot \left| \underline{u}_r \right| \cdot \underline{u}_r \cdot A_{ki} + C_M \cdot \rho_w \cdot a_D \cdot V_{ki} - (C_M - 1) \cdot \rho_w \cdot x_k \cdot V_{ki}$$

1.5 Dairesel kesitli silindirik bir elemanın birim boyu başına dizayn dalga yükü, aşağıdaki tanımlarla E_{Dki} ’den hesaplanabilir:

$$A = D$$

$$V = \pi D^2 / 4$$

Burada ; D, bir “k” konumundaki eleman çapıdır.

1.6 Rastgele kesitli silindirik elemanlar için yukarıdaki formül, silindirik elemanın bir “k” konumundaki $\underline{u}_D$ veya a_D ’ye dik projeksiyon genişliği D ile kullanılabilir.

1.7 C_D ve C_M hidrodinamik katsayıları değerleri; yapı etrafındaki akım koşullarına, yapının şekline ve yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır. Kullanılacak değerler, literatürden ve / veya model testlerinden alınabilir ve **TL** tarafından onaylanmalıdır. Katsayılarla ilgili ana parametreler (silindirik elemanlar) şunlardır :

$$\text{Reynolds sayısı} \quad R_e = u_{Dmaks} \cdot \frac{D}{\nu}$$

$$\text{Bağıl yüzey pürüzlülüğü} \quad e = \frac{k}{D}$$

$$\text{Keulegan-Carpenter sayısı} \quad K = u_{Dmaks} \cdot \frac{T}{D}$$

Burada ;

u_{Dmaks} = Elemana dik akıntı dahil maksimum hız

D = Silindir çapı,

ν = Deniz suyunun sıcaklığı ve tuzluluğuna bağlı olan suyun kinematik viskozitesi
 $\cong 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

T = Dalga periyodu.

1.8 Boyu çapından önemli oranda büyük olan silindirik elemanlar için bazı bilgi değerleri Tablo 4-H.1’de verilmiştir.

1.9 Deniz canlıları ve akıntı etkileri nedeniyle düzeltmeler yapılmalıdır. Özellikle 8 ile 30 arasındaki Keulegan – Carpenter sayıları için C_D değeri, pürüzlü silindirlerde 1,5’a kadar bir faktör ile çarpılmalıdır. Atalet katsayısı C_M genelde, pürüzlülük ve Keulegan-Carpenter sayısının bir fonksiyonudur. İlave olarak, takılı eklentiler modellenmemişse, bunların etkileri hidrodinamik katsayıların belirlenmesinde hesaba katılmalı ve uygunsa iz koruma faktörü uygulanmalıdır. Konu ile ilgili bilgiler ISO 19902 (taslak) ve API RP 2A-WSD, 2000’de verilmektedir.

1.10 Daha karmaşık yapısal elemanlar için C_D ve C_M değerleri, yetkili kuruluşlardan sağlanacaktır. Bu değerler için **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

2. Hidrodinamik olarak kompakt yapılar

2.1 Bu yöntem; gelen ve dağılan dalga potansiyelleri Φ_0 ve Φ_7 ’nin süperpozisyonundan elde edilebilen, yapının su altı yüzeyindeki dalga basınçlarının hesabını gerektirir :

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_7$$

$$p_{D \text{ inst}} = -\rho_w \frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

Burada;

ρ_w = Suyun yoğunluğu,

Φ_0 = Gelen dalga potansiyeli

Burada;

Φ_7 = Dağılan dalga potansiyeli

$$\omega_D = 2\pi/T_D$$

2.2 Yapının önemli derecede hareketinin dahil edildiği hallerde, gövdenin hareketi nedeniyle akım potansiyeli ilave edilecektir.

$$\xi = x \cos \mu + y \sin \mu$$

$$i = \sqrt{-1}$$

2.3 Basınçların, tüm yapının su altı yüzeyinde entegrasyonu global dalga yüklerini verir. $\underline{E}_D = (F_{D1}, F_{D2}, \dots, F_{D6})$, $i = 1, 2$ ve 3 indeksleri, Ek 4-A'da belirtilen x, y, z koordinat sistemi doğrultusundaki yük bileşenleri için ve $i = 4, 5$ ve 6 indeksleri ise ilgili momentler için kullanılır (normalde deniz yatağına göre alınır).

d = Su derinliği,

ve

$$x_{Ds} \cdot \left| \tanh \{ \kappa_{Ds} \cdot d \} \right| = \omega^2/g$$

2.4 Yapının “k” elemanlarının su altı yüzeyindeki entegrasyonu $\underline{E}_{Dk}$ lokal dalga yüklerini meydana getirir. Burada $\underline{E}_D$ 'nin F_{Di} veya $\underline{E}_{Dk}$ 'nin $\underline{E}_{Dki}$ 6 bileşeni kompleks sayılardır.

2.7 Dizayn dağılma dalga potansiyeli Φ_7 , sınır koşulları karşılanarak hesaplanabilir.

$$\frac{\partial \Phi_0}{\partial n} = - \frac{\partial \Phi_0}{\partial n}$$

2.5 Φ_{0D} gelen dalga potansiyelinin belirlenmesinde, sadece yapının sakin su hattı altındaki yüzeyinin dikkate alınacağı lineer (Airy) dalga teorisi esas alınabilir.

N akışkan içindeki ve ilgili noktadaki yapı yüzeyine dik bir doğrultuyu göstermek üzere, yapının su altındaki yüzeyindeki yeterli derecede fazla sayıdaki noktada Ayrıntılar ilgili literatürden alınabilir.

2.6 x - y eksenleri bozulmamış deniz yüzeyi ve z -ekseni düşey olarak yukarıya doğru olmak üzere x - y - z sağ el koordinat sistemi kullanılarak, μ , x ve ζ doğrultuları arasındaki açıl olmak üzere, dalga yatay ζ eksen boyunca ilerler. Geçiş suları için dizayn gelen dalga potansiyeli aşağıdaki gibi hesaplanabilir :

2.8 i doğrultusunda yapıya etki eden kuvvet:

$$\Phi_0 = -\frac{1}{2} \cdot H_D \cdot \frac{\omega_D}{\kappa_D} \cdot \frac{\cosh \{ \kappa_{Ds} (z + d) \}}{\sinh (\kappa_{Ds} d)} \cdot \exp \{ -\kappa_D \cdot z \} \cdot \exp \{ i(\omega_D t - \kappa_D \xi) \}$$

$$F_{Di} = - \iint_{S_0} P_{inst} \cdot n_i \cdot ds$$

$$= -i\omega_D \cdot \rho_w \cdot \exp \{ -i\omega_D \cdot t \} \cdot \iint_{S_0} (\Phi_0 + \Phi_7) n_i dS$$

EK 4 - I

KAZIKLARDA KIRILAN DALGA YÜKÜ

1. Kırılan dalgalar, narin yapılar üzerinde çok yüksek darbe kuvvetleri oluşturur. Bu darbe kuvvetlerinin süresi son derecede kısa olduğundan, kırılan dalga kuvvetlerinin ayrıntılı analizi zordur.

2. Kısa süre nedeniyle, F_1 darbe kuvveti, ilave bir kısım olarak Morison eşitliğine dahil edilmelidir :

$$F_{\text{kır.dalga}} = F_D + F_M + F_1$$

Burada ;

F_D = Dalga kuvvetinin sürüklenme terimi, Ek 4-H'ye bakınız,

F_M = Dalga kuvvetinin atalet terimi, Ek 4-H'ye bakınız,

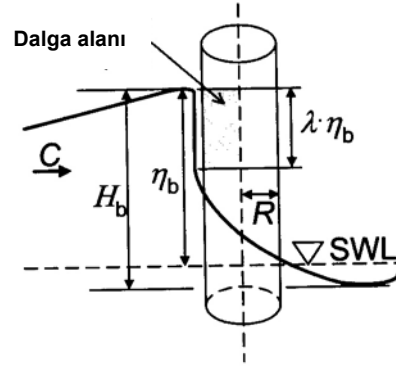
F_1 = Kırılan dalga kuvvetinin darbe terimi.

3. Sürüklenme ve atalet kuvvetleri, su yüzeyi yüksekliği ile birlikte dalga çevrimine bağlı olarak zamanla değişir ve yüksek dereceli dalga teorisi kullanılarak analiz edilebilir.

4. Darbe tanımında, aşağıdaki belirleyici özellikler esas alınır:

- Suyun çarpan kütlelerinin hızı, dalga hızına eşittir.
- Darbe, silindir ile suyun çarpan kütlelerinin ilk teması ile başlar ve silindirin ön tarafı suya dalınca ve suya dalan genişliği silindir yarıçapına eşit olunca tamamlanır.

- Narin bir silindirin suya dalma prosesi sırasında serbest su yüzeyinin deformasyonu darbe süresini azaltır. Suyun kütlelerinin silindir yüzeyi etrafında dönmesi nedeniyle, suya dalma prosesi ivmelenir ve maksimum çizgisel kuvvet artar.
- Serbest su yüzeyinin deformasyonu nedeniyle darbe, silindirin çeşitli düzeylerinde ani olarak oluşur,
- Maksimum darbe kuvveti, silindirin hemen önünde dalga kırılmasını takip eder,
- Darbenin başlangıcında, silindirin ön tarafında, sadece çok kısa bir an için çok büyük basınçlar oluşur.



Şekil 4-I.1 Kırılan dalga ve silindir ana parametreleri

6. Kırılan bir dalga ortamında bir silindir dikkate alınarak, darbe alanı Şekil 4-I.1'deki gibi tanımlanabilir.

Burada ;

C = Dalga hızı,

H_b = Kırılan yerdeki dalga yüksekliği (Bölüm 4, B.3.1.5'e bakınız),η_b = Serbest su yüzeyinin maksimum yüksekliği (Bölüm 4, B.3.3'e bakınız).

R = Silindirin yarıçapı,

λ = Bükülme faktörü, daldırma dalga kırıcılar için maksimum değer 0,5'dir.

Darbe kuvveti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$F_1 = \lambda \cdot \eta_b \cdot \rho_w \cdot R \cdot C^2 \cdot \cos^2 \gamma \cdot \left(2\pi - 2 \cdot \sqrt{\frac{C \cdot \cos \gamma}{R}} \cdot t \right) \cdot \text{Artanh} \sqrt{1 - \frac{1}{4} \cdot \frac{C \cdot \cos \gamma}{R}} \cdot t$$

$$0 \leq t \leq \frac{1}{8} \cdot \frac{R}{C \cdot \cos \gamma} \text{ için ve}$$

$$F_1 = \lambda \cdot \eta_b \cdot \rho_w \cdot R \cdot C^2 \cdot \cos^2 \gamma \cdot \left(\pi \cdot \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{\frac{C \cdot \cos \gamma}{R}} \cdot t'} - 4 \sqrt{\frac{8}{3} \cdot \frac{C \cdot \cos \gamma}{R}} \cdot t' \right) \cdot \text{Artanh} \sqrt{1 - \frac{C \cdot \cos \gamma}{R}} \cdot t' \cdot \sqrt{6 \cdot \frac{C \cdot \cos \gamma}{R}} \cdot t'$$

$$\frac{3}{32} \cdot \frac{R}{C \cdot \cos \gamma} \leq t' \leq \frac{12}{32} \cdot \frac{R}{C \cdot \cos \gamma} \text{ için}$$

$$t' = t - \frac{1}{32} \cdot \frac{R}{C \cdot \cos \gamma}$$

Darbenin toplam süresi, T, aşağıdaki şekilde verilir :

$$T = \frac{13}{32} \cdot \frac{R}{C \cdot \cos \gamma}$$

Burada ;

γ = Su kütlelerinin hareket doğrultusu ile silindir eksenine dik doğrultu arasındaki açı,

cos γ = 1 Düşey silindirde kırılan dalga için,

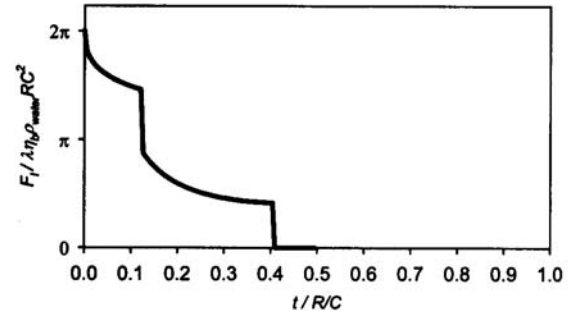
cos γ < 1 Düşey silindire çarpan bükülen dalga dili veya meyilli bir silindirde kırılan dalga için.

Not :

λ bükülme faktörü, dalga yönüne göre silindirin meyili ile artar.

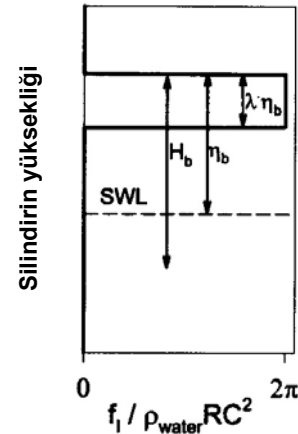
Maksimum darbe kuvveti, dalga yönüne göre yaklaşık 25 'lik bir yönlendirme açısında oluşur.

7. Darbe kuvvetinin yukarıda belirtilen zaman diyagramı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir :



Şekil 4-I.2 Düşey silindirde, darbe kuvvetinin zaman diyagramı

8. Darbenin başlangıcındaki maksimum çizgisel kuvvet, aşağıdaki şekilde görüleceği gibi silindirin yüksekliği boyunca dağılır.



Şekil 4-I.3 Maksimum çizgisel darbe kuvvetinin yükseklik boyunca dağılımı

EK 4 - J**RÜZGAR VE DALGA DAĞILIMI KOMBİNASYONU**

1. Aşağıda; u_{10} , T_p ve H_s 'nin türetilmiş kombinasyonu çiftleri ile rüzgar ve dalgaların uzun süreli dağılımlarının yaklaşımını sağlayan bir yöntem verilmiştir.

2. Deniz durumu parametreleri ile rüzgar hızı arasındaki bağıntı, pik periyodu için Ek 4-E'de verilen eşitliklere göre tam gelişmiş JONSWAP spektrumu eşitliği ile verilebilir:

$$T_p = \frac{u_{10}}{g} \cdot \frac{1}{0,16}$$

ve etkin dalga yüksekliği

$$H_s = 0,0094 \cdot 0,16^{5/3} \cdot \frac{u_{10}^2}{g}$$

u_{10} , deniz yüzeyinden 10 m. yukarıda saatlik ortalama rüzgar hızıdır.

3. Etkin dalga yüksekliği eşitliği, sıfır geçiş periyodu eşitliğinin verdiği u_{Tp} rüzgar hızından farklı bir u_{Hs} rüzgar hızını vereceğinden, Jonswap-Spektrumuna göre, dalga dağılımı diyagramı verilerinde, rüzgarlardan

kaynaklanan denizler için standart eşitlikler kullanılıyorsa, matrisin birçok noktası için u_{Hs} ve u_{Tp} farklı rüzgar hızları elde edilebilir.

4. Rüzgar hızı dağılımı ile dalga dağılımı arasındaki bağıntı aşağıda tanımlanan u_a yapay rüzgar hızı kullanılarak elde edilebilir:

$$u_a = \alpha \cdot u_{Hs} + (1 - \alpha) \cdot u_{Tp}$$

olasılık yoğunluk fonksiyonu için benzer kabullerle;

$$p_a(u_a) = \alpha \cdot p_{Hs}(u_{Hs}) + (1 - \alpha) p_{Tp}(u_{Tp})$$

5. Açık deniz sahasındaki verilen rüzgar dağılımı için bu dağılımın hatasını en aza indirerek ;

$$\int_0^{\infty} (p_a(u) - p(u))^2 du \rightarrow \text{Min.}$$

α parametresi için bir çözüm verir ve bu nedenle verilen deniz durumu parametreleri grubu için uygulanacak ortalama rüzgar hızı ile bilgiler elde edilir.

BÖLÜM 5

MUKAVEMET ANALİZLERİ

Sayfa

A. Genel	5- 1
B. Gerilmelerin Hesaplanması.....	5- 1
C. Metal Malzemeler	5- 4
D. Beton	5-13
E. Elyaf Takviyeli Plastik (ETP) ve Yapıştırılmalı Birleştirmeler	5-19
F. Ahşap	5-27
Ek 5-A. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet Analizi	5-28

A. Genel

1. Açık deniz rüzgar türbinlerinin bileşenlerinin Azami Sınır Durumu (ASD) ve Çalışılabilirlik Sınır Durumu (ÇSD) doğrulaması yapılacaktır (Bölüm 1, C.2.2'ye göre). Bu amaçla, Bölüm 4'e göre belirlenen yük durumları için, dizayn yükleri (Bölüm 1, C.2.3'e bakınız) uygulanacaktır.

2. Mukavemet olarak, bileşenlerin yüklere dayanımı anlaşılır. Mukavemet, bu bölüme göre doğrulanmalıdır (Bölüm 6'daki ilgili maddelere bakınız). Mukavemet; malzemeye, yük taşıyan yapının şekline ve yük tipine (çekme, basma, kesme, eğilme, burulma) bağlıdır.

3. Kural olarak, analizler hesaplama yoluyla yapılacaktır. Ancak, yorulma analizleri için, simüle edilen çalışma koşullarında, bileşen testlerine izin verilir.

4. İhmal edilemeyecek derecede açık deniz rüzgar türbininin gerilme ve zorlanma düzeyini etkileyen, rezonans etkileri veya darbe kuvvetleri gibi dinamik yükler, uygun bir şekilde dikkate alınacaktır (Bölüm 6, F veya 7, A'ya bakınız).

5. Lokal plastik deformasyonlar, bir bileşenin işlevine olumsuz olarak etki edebilir. Gerek bileşenin işlevi ve gerekse bağlı olduğu bileşenlerin işlevi doğrulanacaktır. (örneğin; yataklar, dişli kutusu gövdesi). Deformasyonun sınırlaması ile ilgili olarak yapılacak

analizler, ilgili bölümlerde ayrıntılı olarak verilmiştir (örneğin; Bölüm 5, C.3 veya 7, A)

6. Aşağıda verilen esaslara ilave olarak, yapıların (pervane kanatları, dövme, döküm, kaynaklı yapılar, gövdeler, kule ve temeller ve cıvatalı bağlantılar) ve özel makina bileşenlerinin (örneğin; dişli kutuları, yönlendirme sistemleri, frenler, yataklar, kaplinler ve hidrolik sistemler) analizi ile ilgili diğer istekler (Bölüm 6 ve 7 'de verilen) dikkate alınacaktır.

B. Gerilmelerin Hesaplanması**1. Yapıların Yüğü ile İlgili Genel Notlar**

1.1 Mukavemet analizi için, analiz edilen yapısal alanlar için geçerli olan yükleme koşulları dikkate alınır. Yorulma mukavemetinin değerlendirilmesinde, kritik bölgelerde dinamik tekrarlı gerilmeler oluşturan yükleme durumları dikkate alınacaktır. Dizayn koşulları (yani işletme koşulları) ve dizayn yük durumları Bölüm 4, C.3'de verilmiştir.

1.2 Yükler ve yükleme durumları genelde Bölüm 4'e göre incelenecektir. Daha özgün olan veya özellikle uyarlanan yük kriterleri / değerleri dokümanite edilecek ve anlaşmaya varılacaktır. Dizayn hesaplarında dikkate alınacak yük durumları ve kombinasyonları, oluşma olasılığı olan en olumsuz koşulları içerecektir.

1.3 Varsa, yük taşıyan bileşenlerdeki düzgünlükler dikkate alınacaktır. Bu amaçla, burada lineer superpozisyon prensibinin uygulanmayacağına dikkat edilecektir. Bazı durumlarda, sadece belirli deformasyonlar için oluşan (örneğin; yapısal alanların teması suretiyle) kuvvetler ilave yük durumları şeklinde analiz edilebilir ve lineer olmayan yapısal davranış değerlendirmesi ile birleştirilebilir (örneğin; yataklardaki radyal bası yükleri).

1.4 Seçilen yük durumları ile genel mukavemet analizi kullanılan yaklaşıma alternatif olarak, yer değişimleri ve yüklerin değerlendirilmesine uygun özel yöntemler (zaman-serisi hesapları da denilir) kullanılabilir.

1.5 Zaman serisi hesaplarında, yüklemeler veya gerilme prosesi, dizayn yük durumlarının karakteristik verilerinden elde edilecektir (Bölüm 4, C.3'e bakınız). Yapısal analizlerin zaman serileri ve istatistiksel frekansları Bölüm 4'e göre seçilecektir. Hesaplamanın amacı için seçilen sadeleştirmelerin geçerliliği uygun bir tarzda doküman edilecektir.

1.6 Yapım, taşıma veya denizde montaj sırasında oluşan yük durumları dizaynda dikkate alınacaktır. Bölüm 6, A.5 ve Bölüm 10, A ve 10, B'ye bakınız.

2. Analiz Yöntemi

2.1 Genel

2.1.1 Mukavemet / gerilme analizi tanınmış yöntemlere ve standartlara göre yapılabilir (Bölüm 5, B.2.2'ye bakınız). Ancak, Bölüm 1, C'deki değerlendirmelere göre, her durumda, kullanılan dizayn esasları ve standartlarının yapı veya tesise uygun ve uyumlu olduğu incelenmelidir.

2.1.2 Genel olarak gerilme hesapları, konvansiyonel statik teori kullanılarak yapılabilir. Bu yöntemlerin kullanımıyla, gerilmelerin yeterli hassasiyetle belirlenemediği hallerde, nümerik prosedürler kullanılarak (örneğin; sonlu elemanlar yöntemi) hesaplama yapılacaktır.

2.1.3 Hesaplama prosedürleri denge durumunu sağlamalıdır.

2.1.4 Denge durumu genelde, deforme olmamış yapı esas alınarak analiz edilebilir (birinci derece, lineer teori).

2.1.5 Eğer yapının genel kararlılığına veya kopma sınır durumuna olumsuz etki ediyorsa, geometrinin (örneğin; ikinci basamak teorisi) ve malzemenin (örneğin; durum II, yani betonarme yapılarda çatlamış çekme alanı) lineer olmaması dikkate alınacaktır. Bu nedenle, tüm sistemin eğimi ve deformasyonu (kule, temel, zemin), kesit kuvvetlerinin hesaplanmasında, genel olarak dikkate alınacaktır.

2.1.6 Mukavemet analizi için, bileşenlere etki eden yüklerden kaynaklanan etkiler genelde gerilmeler olarak hesaplanır. Kritik bölgelerde, ilgili standartlarda ve kodlarda belirtildiği üzere, nominal gerilme veya yapısal gerilme, geçerli teknolojik kurallara göre hesaplanacaktır. Seçilen kritik bölgeler doküman edilecektir.

2.1.7 Yapısal fazlalık ilk aşamada dikkate alınacaktır. Bir hata durumu sonucunun özel olarak değerlendirileceği, yapısal elemanların kategorilere (özel, birincil, ikincil) ayrılması hariç, kullanılan dizayn yönteminde fazlalık, açık olarak hesaba katılmaz.

2.1.8 Yapıların dalga darbelerine karşı koyacak şekilde dizayn edilmediği veya edilemediği hallerde, dalga darbelerinden kaçınılacaktır.

2.1.9 Aşağıda belirtilen analiz prosedürlerinde değişimler yapılması konusunda TL ile anlaşmaya varılacaktır. Burada uygun bir analiz kavramının uygulanması sağlanacaktır.

2.1.10 Amacın tanımı, mukavemet analizinin tipi ve kapsamı ile ilgili diğer tavsiyeler, hesaplamalar, değerlendirme ayrıntıları ve dokümanlar Ek 5-A'da "Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet Analizi"nde verilmiştir.

2.2 Dizayn yöntemleri ve kriterleri

2.2.1 Dizayn kavramı / yöntemlerinin seçimi

2.2.1.1 Yapısal mukavemet hesaplarında genelde lineer elastik teori esas alınır. Ancak, önemli bulunduğu hallerde, yükler ile yük etkileri arasındaki lineer olmayan

bağlantılar dikkate alınacaktır. Plastik dizayn uygulandığında, Bölüm 5, B. 2.2.5'deki sınırlamalar göz önüne alınacaktır.

2.2.1.2 Mukavemet analizinde; yük tipinin, geometrinin veya malzemenin esas alındığı etkiler dikkate alınacaktır. Bu durum, aşağıda belirtilenlerin lineer olmayan etkilerine de uygulanır :

- Yükleme (örneğin; rulmanlı veya kaymalı yataklar için sadece basma yükü) veya,
- Geometri (büyük deformasyonların dikkate alındığı ikinci dereceden lineer teori) veya,
- Malzeme (plastisite teorisi ve akma noktası teorisi).

2.2.2 Dizayn kriterleri, sınır durumlar

2.2.2.1 Bir yapı, farklı kriterlere göre, hasarlar veya diğer durum değişimleri nedeniyle emniyetsiz veya kullanım için uygun olmayan duruma gelebilir. Bunlar, yapının veya yapısal bileşenin planlanan işlevini veya fonksiyonunu kaybettiği "sınır durumlar" ile tanımlanabilir.

2.2.2.2 Korozyon; kopma veya çalışılabilirlik sınır durumunun aşılmasına neden olabilir. Gerekli korozyon payları dikkate alınmalıdır.

2.2.3 Nominal gerilme yaklaşımı

2.2.3.1 Nominal gerilme; lineer elastik mekanizminin elementer teorisi vasıtasıyla hesaplanan gerilmedir. Çentik etkisinden kaynaklanan gerilme bileşenleri dahil değildir. Bunlar; nominal gerilmelerde belirtilen konsantrasyon faktörleri ve yorulma çentik faktörleri vasıtasıyla dikkate alınacaktır.

2.2.3.2 Nominal gerilme kavramı ince çubuk ve kirişlerle ve şerit çubuk veya kiriş şeklindeki bileşen olarak yaklaşım yapılabilen yapılarla sınırlıdır.

2.2.3.3 Kaynaksız yapıların yorulma analizi durumunda, dikkate alınacak ayrıntı kategorilerini veya geometrik devamsızlıkları içeren S/N eğrileri kullanılacaktır. Eğer kaynaklı bileşenlerde, dizayn ayrıntılarına ait seçilen ayrıntı kategorisinin kapsamadığı geometrik devamsızlık

varsa, nominal gerilme değiştirilecektir (örneğin; Eurocode 3, Design of Steel Structures, Part 1.9: Fatigue Strength of Steel Structures, pr EN 1993-1-9:2002, A-Hobbacher; Fatigue Design of Welded Joints and Components, International Institute of Welding (IIW/IIS), Doc. XIII-1539-96/XV-845-96, 1996'ya bakınız.)

2.2.3.4 Kombine gerilmeler durumunda, Bölüm 5, C.4.2.4 ve 5, C.4.3 dikkate alınacaktır.

2.2.4 Yapısal gerilme yaklaşımı

2.2.4.1 Yapısal gerilme, bir gerilme durumunu bütünüyle tanımlayan gerilme olarak kabul edilir. Bu gerilme, karmaşık bileşen şekillerinin (uzamsal eğrisel yapılar), dizaynla ilgili çentiklerin (örneğin; pahlar, kademeler, delikler) ve yükün uygulandığı yerlerdeki lokal koşulların etkilerini içerir. Kaynaklı yapılarda, yapısal gerilme "hot-spot gerilmesi" olarak bilinir (Ek 5-A'ya bakınız). Bu ifade, bu yapısal geometrik gerilmenin, nominal gerilmeyi ve lokal etkileri içerdiğini, ancak kaynak dikişinin çentik etkisini içermediğini gösterir. Yapısal gerilmelerin belirlenmesi genelde, nümerik yöntemlerle hesaplamayı gerektirir.

2.2.4.2 Yorulma analizi durumunda, eğer yapısal gerilme, çentik etkisinin tüm lokal etkilerini içeriyorsa, kaynaklı yapılarda malzemeye bağlı S/N eğrileri kullanılacaktır.

2.2.4.3 Ayırma derecesine bağlı olarak, nümerik hesaplarda, yapısal gerilmeye dahil edilmeyen çentik etkisinin S/N eğrileri ile azaltılmış bir kısmının dikkate alınması gerekir.

2.2.4.4 Kaynaklı birleştirmelerde, yorulma analizinde "hot-spot gerilmeler" (geometrik gerilmeler) belirleyicidir.

2.2.4.5 Kombine gerilmelerde, Bölüm 5, C.4.2.4 ve 5, C.4.3 dikkate alınacaktır.

2.2.5 Plastik dizayn

2.2.5.1 İlave plastikleşme direncini kullanan dizaynlar, aşağıdaki koşulların sağlanması şartıyla kabul edilebilir:

- Net olarak tanımlanan “dayanak noktalı” hata mekanizmasının oluşturulması mümkün olacaktır. Plastik dayanak noktalarında, elemanların kesitlerinin, lokal burkulma olmaksızın gerekli plastik dayanak noktasının oluşması sağlanacak şekilde yeterli dönme kapasitesine sahip olacaktır.
- Olası plastik deformasyon noktalarında kullanılan malzemeler yeterince sünek olacaktır.
- Ayrıntı dizaynı ve / veya yüklerin yapısı, yorulma önlenecik tarzda olacaktır.

2.2.5.2 Plastik dizayn, örneğin; çatışma korumalı yapılar ve deprem dizaynı için uygun olabilir.

2.2.5.3 Sismik analiz sırasında plastikleşmenin dikkate alındığı durumlarda, büyük depremlerden sonra yapının görsel muayenesi yapılacaktır.

2.2.5.4 Beton yapıların plastik analizi, devamsızlık bölgelerinde ve 2.2.5.2’de belirtilen hallerde sınırlandırılmalıdır.

2.2.5.5 Plastik dizayn uygulamalarında γ_M emniyet faktörü 1,15 katsayısı kadar arttırılmalıdır.

2.2.6 Yapının modellenmesi

2.2.6.1 Kullanılan analiz modelinde, tüm ana yük taşıyıcı ve takviye edici bileşenler ve ilgili taşıyıcı ve bağlayıcı etkiler dikkate alınmalıdır. Bölmeleme derecesinde, yapının geometrisi, bunun yük dağılımına ve uygulamasına etkisi, dış yüklerin dağılımı ve öngörülen gerilme şekli dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte, yapının gerilme dağılımı veya dinamik özellikleri üzerinde etkiye sahip “ikincil” önemde olan elemanlar veya bileşenler de dikkate alınmalıdır.

2.2.6.2 Modelleme giriş elemanlarla yapılırsa, gerçek rijidlikler, özellikle bağlantılarda olmak üzere, mümkün olduğu kadar hassas dikkate alınacaktır. İlgili kaplamanın etkin genişliği, kabul edilen standartlara göre seçilmelidir (Bölüm 6, B.2’ye de bakınız).

2.2.7 Yük etki bileşenlerinin süperpozisyonu

Global ve lokal etkilerden kaynaklanan gerilmeler veya diğer yük etkileri, bir arada etkiye derecelerine bağlı olarak ilave edilmelidir (Bölüm 4, C.3’e de bakınız). Çeşitli tip ve doğrultudaki gerilmeler (örneğin; çekme, kesme) tanınmış kriterlere göre (örneğin; eşdeğer gerilme, Von Mises) kombine edilecektir.

C. Metal Malzemeler

1. Uygulama

1.1 Aşağıdaki hususlar genelde metal malzemelerle ilgilidir. Daha ayrıntılı istekler Bölüm 6 ve 7’de verilmiştir (örneğin; Bölüm 6, F ve 6, G’deki taşıyıcı yapı ve temelin azami ve çalışabilirlik sınır durumlarının doğrulanması ile ilgili istekler).

1.2 Taşıyıcı çelik yapıların yorulma analizi Bölüm 6, F.6’daki, makine kısımlarının (üst yapılar) yorulma analizi Bölüm 5, C.4’deki isteklere uygun olacaktır.

2. Malzeme Özellikleri

2.1 Makina bileşenlerinin malzemeleri ile ilgili istekler, analizler ve sertifikalar Bölüm 3’de verilmiştir. Aşağıda ilave bilgiler verilmektedir.

2.2 Çelik yapıların hesaplama analizleri için gerekli olan malzeme parametreleri, örneğin; Eurocode 3, Part 1.9 veya DIN 18800, Part 1’de bulunabilir.

3. Genel Mukavemet Analizi

3.1 Genel

3.1.1 Genel mukavemet analizi uluslararası kodlara uygun olarak yapılacaktır.

3.1.2 Boyutlandırması kodlarda yer almayan makina bileşenleri, kabul göreceği teknoloji kurallarına göre dizayn ve analiz edilecektir. Cıvatalı bağlantıların boyutlandırılması için Bölüm 6, E’de belirtilen istekler dikkate alınacaktır.

3.1.3 Bileşenler, ilgili dizayn mukavemeti yönünden (Bölüm 1, C.2.4'e bakınız), dizayn yüklerine göre boyutlandırılacaktır (Bölüm 1, C.2.3'e bakınız).

3.1.4 Tüm yük durumu gruplarının metalik bileşenleri için esas alınacak γ_M kısmi malzeme emniyet faktörü :

$$\gamma_M = 1,1 \text{ dir.}$$

3.1.5 Taşıyıcı yapı ve temel, dizayn yüklerine ait kısmi emniyet faktörlerinin üniform kavramına göre işlem görecektir (Bölüm 6, F.1 ve 6, G'ye bakınız).

3.2 Analiz yöntemi

3.2.1 Analizlerin yapılmasında, Bölüm 5, B.2'deki genel hususlar dikkate alınacaktır.

3.2.2 Yapının veya bileşenin boyutlandırılması, temelde olası arıza tipine bağlıdır. İki iki veya daha fazla yükleme tipi aynı anda oluşursa, kombine gerilmeler meydana gelir. Kural olarak, azami sınır durumu doğrulamaları, aşağıda belirtilen eşdeğer gerilme hipotezi kullanılarak, malzeme ve yükler yönünden yapılacaktır (Bölüm 5, C.4.3'e bakınız).

3.2.3 Gevrek malzemeler için, malzeme davranışı, maksimum ana gerilme hipotezi ile tanımlanır. Yarı sünek malzemelerde, maksimum ana gerilme hipotezi veya Von Mises hipotezi (maksimum kesme zorlanması enerji kriteri, sekiz yüzeyle kesme gerilmesi hipotezi) uygulanabilir.

3.2.4 Sünek malzemeler için, Von Mises veya maksimum kesme gerilmesi hipotezi, arıza mekanizmasını tanımlar. Eğer yararlılığı, inandırıcı bileşen testleri vasıtasıyla kanıtlanırsa, alternatif olarak, sünek malzemeler için kesme gerilmesi şiddeti hipotezi gibi, hipotezler kullanılabilir.

3.2.5 Sünek ve yarı-sünek malzemelerden yapılan bileşenler için, genelde küçük plastikleşmelere izin verilir. Eğer, bu malzemelerden yapılan yapılarda, lokal gerilme değerleri, elastik sınırın (akma başlangıcı) üzerinde yer alıyorsa, statik bileşen mukavemetinin değerlendirilmesi için, lokal gerilme dağılımı ve bu nedenle lokal

zorlanmaların dikkate alınması gerekliliğine dikkat edilecektir. Burada, lokal gerilmeler ve zorlanma dağılımının, bileşen formuna (örneğin; çentik) ve yük tipine (çekme, basma, eğilme, burkulma) bağlı olduğu unutulmamalıdır. İzin verilen zorlanma malzemeye bağlıdır. Ayrıca, izin verilen zorlanma; kalıcı uzama durumunda, bileşen ve bitişik bileşenler için işlevselliğin kanıtı verilecek şekilde, yapının işlevine bağlıdır. Prosedür, TL ile anlaşarak belirlenecektir.

4. Yorulma Analizi

4.1 Genel

4.1.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin, temel olarak dinamik yüklü metal bileşenleri için, bir yorulma analizi yapılacaktır.

Kural olarak; bu husus, kanat bağlantısından jeneratöre tahrik sistemi bileşenlerine, kuleye bağlantısı dahil ana freyme, taşıyıcı yapıya bağlantı elemanlarına ve diğer türbine özgü bileşenlere (örneğin; kanat pıç mekanizması) uygulanır.

4.1.2 Yorulma analizi, bileşenin testi ile veya hesap analizi yoluyla yapılabilir. Bileşen testleri, çalışma ile ilgili yüklerle ve Bölüm 4 esas alınarak yapılacaktır. Test sonuçlarının değerlendirilmesi, doğrudan dikkate alınamayan etkenler (yük çevriminin çoğu $>10^9$, test sonuçlarının dağılımı vb.) güvenilir şekilde kapsanacak şekilde olacaktır.

4.1.3 Yeterli yorulma mukavemetinin analizi, yani dinamik çalışma yükleri altında çatlak başlangıcına karşı direnç, yapısal dizayn kapsamı içinde bileşenlerde, çatlak başlangıcı olasılığının değerlendirilmesi ve azaltılmasına hizmet eder. Yükleme prosesindeki hesaplama zorlukları, malzeme ve üretimle ilgili farklılıklar ve yaşlanma etkileri nedeniyle, ileriki aşamalardaki çatlak başlangıcı tamamen hariç bırakılamaz ve periyodik muayeneler gibi önlemleri gerektirir.

4.1.4 Çatlağın başlangıcı, genel bir hata kriteri olarak alınacaktır (yani normal tahribatsız muayene yöntemleri ile sahada algılanabilen bir çatlak).

4.1.5 Özel durumlarda, yavaşça ilerleyen, başlamış çatlağın kalan ömrü, **TL** ile anlaşmaya varılarak, açık deniz rüzgar türbininin çalışmasını sınırlı şekilde sürdürmesi için kullanılabilir.

Bunun için, kalan ömür uygun ve tanınmış bir analiz yöntemi ile doğrulanacaktır. Ayrıca, **TL** ile anlaşarak, periyodik muayene aralıkları belirlenecektir.

4.2 Yorulma analizi yöntemleri

4.2.1 Genel

4.2.1.1 Gerekli hesaplama hassasiyetine bağlı olarak, yorulma analizi, aşağıda belirtilen 3 prosedürden birinin yardımıyla yapılabilir :

- Dış yükler ile yapısal tepkiler arasındaki karmaşık etkileşimi mümkün olduğunca hassas olarak kaydetmek için gerilme – zaman serilerini ve hasar birikimini kullanarak, veya
- Fiziksel olarak anlamlı şekilde, çeşitli yük etkilerinin olumsuz sonuca süperpoze edilmek suretiyle, gerilme spektrumu ve hasar birikimini kullanarak, veya
- Yorulma analizinin sadeleştirilmiş formu olarak, eşdeğer sabit – aralıklı spektrum ile. Burada, eşdeğer sabit aralıklı spektrum, 4.2.2'ye göre kullanılacak ve dokümanite edilecektir.

4.2.1.2 İkinci ve üçüncü yöntemler için, ortalama gerilmeye hassas olan malzemeler için, ortalama gerilmenin etkisi dikkate alınacaktır.

4.2.2 Sadeleştirilmiş yorulma analizi

4.2.2.1 Emniyet sınırlarının değerlendirilmesinde genelde uygulanan sadeleştirilmiş yorulma analizi için (örneğin; tesis değişkenlerinin farklı pervane çapları ile karşılaştırılması), eşdeğer sabit – aralıklı spektrum

kullanılabilir. Burada, eşdeğer sabit – aralıklı spektrum'un Palmgren / Miner yöntemi esas alınarak detaylandırılmasının bilindiği kabul edilmektedir.

4.2.2.2 Eşdeğer sabit – aralıklı spektrum oluştururken, yapıya karşılık gelen S/N eğrisinin eğim parametresi kullanılacaktır. S/N dizayn eğrisinin eğim parametresinin kritik değerleri Bölüm 5, C.4.4'de verilmiştir.

4.2.2.3 Bu ve diğer analiz yaklaşımlarında, Tablo 5.1'de verilen kriterlere bağlı olarak, γ_M kısmi emniyet faktörü uygulanacaktır.

4.2.2.4 Çok eksenli gerilme durumunda, gerilme süperpozisyonu için, Bölüm 5, C.4.2.4'e bakınız.

4.2.2.5 Emniyet sınırlarının değerlendirilmesinde, sadeleştirilmiş yorulma analizi kullanıldığında, kabul edilen referans yük çevrimi adedinin, hakiki adede karşılık gelmediğine dikkat edilecektir.

4.2.2.6 Yorulma direncini azaltıcı etkiler (P_0 beka olasılığı, yüzey etkisi, vb. gibi), Bölüm 5, C.4.4'e göre, S/N eğrilerinin değerlendirilmesine benzer şekilde dikkate alınacaktır.

Not :

Örnek olarak, değerlendirilecek bir açık deniz rüzgar türbininin kuvvet ve moment ileten bileşenleri için Tablo 5.1'de listelenen kriterlere göre uygulanan yorulma analizleri için, kısmi emniyet faktörü γ_M 'nin uygulama örneği Tablo 5.2'de verilmiştir.

4.2.3 Hasar hesapları

4.2.3.1 Hasar birikimi yoluyla yorulma doğrulamalarının yapılmasının bilindiği kabul edilecektir. Bu yöntemin açıklamaları, örneğin; "Eurocode 3, Design of Steel Structures, Part 1.9: Fatigue Strength of Steel Structures, pr EN 1993-1 : 2002"den alınabilir.

Tablo 5.1 Yorulma doğrulaması için γ_M kısmi emniyet faktörü

Muayene ve ulaşılabilirlik	Bileşen arızasının açık deniz rüzgar türbininin tahrip olmasına veya insanları tehlikeye düşürmesine neden olması	Bileşen arızasının açık deniz rüzgar türbini arızasına veya bunun sonucunda hasarına neden olması
Periyodik izleme ve bakım: iyi ulaşılabilirlik	1,15	1,0
Periyodik izleme ve bakım: kötü ulaşılabilirlik	1,25	1,15

Tablo 5.2 Kısmi emniyet faktörü γ_M için örnek

Temel kısmında donatı çeliğinin yerleşimi	Muayene edilemez	$\gamma_M = 1,25$
Pervane şaftının yatak boğazı	Şaftı sökmeden muayene edilemez	$\gamma_M = 1,25$
Kilitleme cıvatası	Muayene edilebilir	$\gamma_M = 1,15$
Göbek / pervane şaftının cıvatalı bağlantısı	Muayene edilebilir	$\gamma_M = 1,15$

4.2.3.2 Hasar birikiminin hesabında; prensip olarak, Bölüm 4'e göre işletme yüklerinden kaynaklanan tüm gerilme aralıkları $\Delta\sigma_i$ ilgili gerilme çevrimi adedi n_i ile birlikte kullanılacaktır. Yorulma mukavemeti hesaplarından elde edilen hasar toplama D, 1 değerini aşmamalıdır:

$$D \leq 1 \quad (C.1)$$

Örneğin; Palmgren / Miner lineer hasar birikimi hipotezi kullanıldığında :

$$D = \sum_i n_i / N_i \leq 1 \quad (C.2)$$

Burada;

n_i = Gerilme aralığının bir bölümündeki gerilme çevrimi adedi,

N_i = Gerilme aralığının bir bölümündeki izin verilen gerilme çevrimi adedi,

4.2.3.3 Burada, izin verilen gerilme çevrimi adedi N_i , $\Delta\sigma_i \cdot \gamma_M$ gerilme aralığına ait ilgili S/N eğrisinin izin verilen gerilme çevrimi adedir.

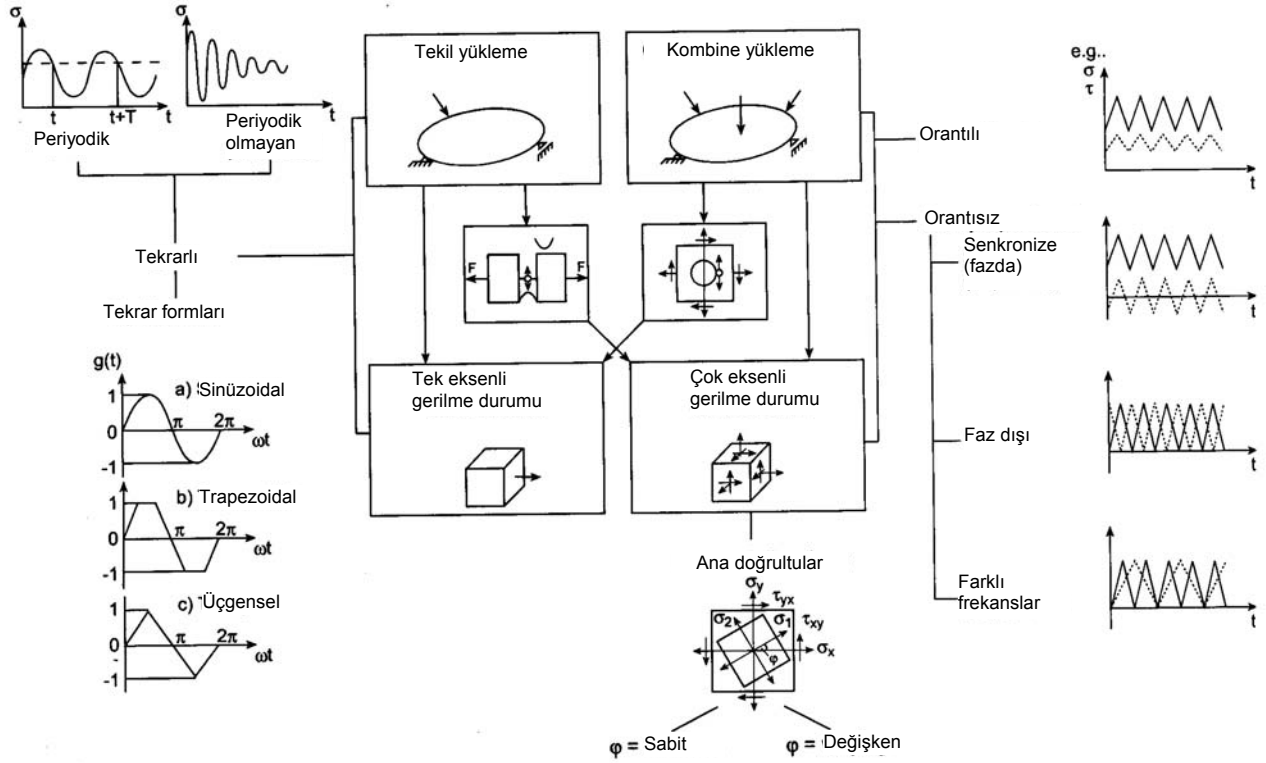
4.2.3.4 Kısmi emniyet faktörü, γ_M Tablo 5.1'de verilmiştir.

4.2.3.5 Hasar birikimi için, aşağıdaki kısımlarda verilen S/N dizayn eğrileri (4.4'e bakınız) ve 4.3'de belirtilen eşdeğer gerilmeler kullanılacaktır.

4.2.3.6 Çok-eksenli gerilme koşullarındaki gerilme süperpozisyonu için, 4.2.4'e bakınız.

4.2.4 Çok-eksenli gerilme koşullarındaki süperpozisyonla ilgili notlar

4.2.4.1 Çok-eksenli gerilmeli bileşenler için (Şekil 5.1'e bakınız), gerçekçi bir tarzda kompleks gerilme durumunu dikkate almak ve fiziksel olarak anlamlı şekilde hasar birikimi hesaplarını hazırlamak gereklidir. Bunun için, Bölüm 4'e göre yorulma yüklerinin ilgili zaman serileri uygulanır.



Şekil 5.1 Liu / Zenner'e göre, çok-eksenli sahalarda çeşitli terimlerin ilişkileri

4.2.4.2 Çok-eksenli gerilmelerin analizinde önde gelen (hasarla ilgili) gerilme dağılımı veya gerilme kombinasyonlarının, ana gerilmeler ve ana gerilme doğrultuları dikkate alınarak, kritik bölgeler için belirlenmesi önerilir. Bazen, önde gelen yük bileşeninin veya yük bileşenleri kombinasyonlarının bulunması, kuazi-tek eksenli gerilme durumu oluşumuna yol açabilir. Bu gibi durumlarda, probleme uygun olası sadeleştirmeler yapılabilir.

4.2.4.3 Eğer, kaynaklı birleştirmelerde, normal ve kesme gerilmeleri aynı anda oluşursa, "Eurocode, 3, Design of Steel Structures, Part 1.9 : Fatigue Strength of Steel Structures, pr EN 1993-1-9 : 2002" veya "A-Hobbacher; Fatigue Design of Welded Joints and Components, International Institute of Welding (IIW / IIS), Doc. XIII-1539-96 / XV-845-96, 1996" ya göre kombine etkiler dikkate alınacaktır.

4.2.4.4 Kullanılan prosedür TL ile anlaşarak tanımlanacaktır.

4.3 Eşdeğer gerilme hipotezi

4.3.1 Çok - eksenli gerilme durumunda, yorulma ile ilgili gerilme bileşenleri (aynı zamanda zaman serileri olarak), eşdeğer gerilme hipotezi vasıtasıyla, tek-eksenli gerilme durumuna çevrilecektir. Maksimum kesme zorlanması enerji kriteri hipotezinin uygulanmasında ("von Mises" hipotezi), ortalama gerilmeye bağlı olan, hasar etkisi, malzemenin hakiki hasar birikimi davranışından oldukça az olacak şekilde, eşdeğer gerilme eğrisi ortaya çıkar. Ortalama gerilme düzeyinden bağımsız olarak, normal gerilme hipotezi, hasar birikimi ile ilişkisini kaybetmeksizin, kritik düzlem yöntemi olarak uygulanabilir. Bu, gevrek ve yarı-sünek malzemeler için geçerlidir (örneğin; yarı-sünek malzemelere ait EN-GJS-400-18U-LT). Yararlılığına ait yeterli kanıt varsa, diğer hipotezler de kullanılabilir.

4.3.2 Kaynaklı birleştirmeler için, kritik gerilmeler; kaynak dikişine enine veya paralel doğrultuda olanlardır. Eğer, kaynaklı birleştirmelerde, normal ve kesme gerilmeleri aynı anda oluşursa, 4.2.4.3'de belirtilen referanslara göre, bunların kombine etkileri dikkate alınacaktır.

4.4 Boyutlandırma için S/N eğrileri

4.4.1 Kaynaklı çelik yapılar ve cıvatalı birleştirmeler için S/N eğrileri

4.4.1.1 S/N eğrilerinin seçiminde, Bölüm 6, F.6.7 kullanılır. Ayrıntı sınıfı; levha kenarları ve kaynaklı çelik yapılar için Ek 6-A'ya ve buradaki kurallarda belirtilmeyen cıvatalı birleştirmeler için ENV 1993-1-1 (EuroCode 3)'e göre olacaktır. **TL** ile anlaşarak, eşdeğer kodların kullanımına izin verilir.

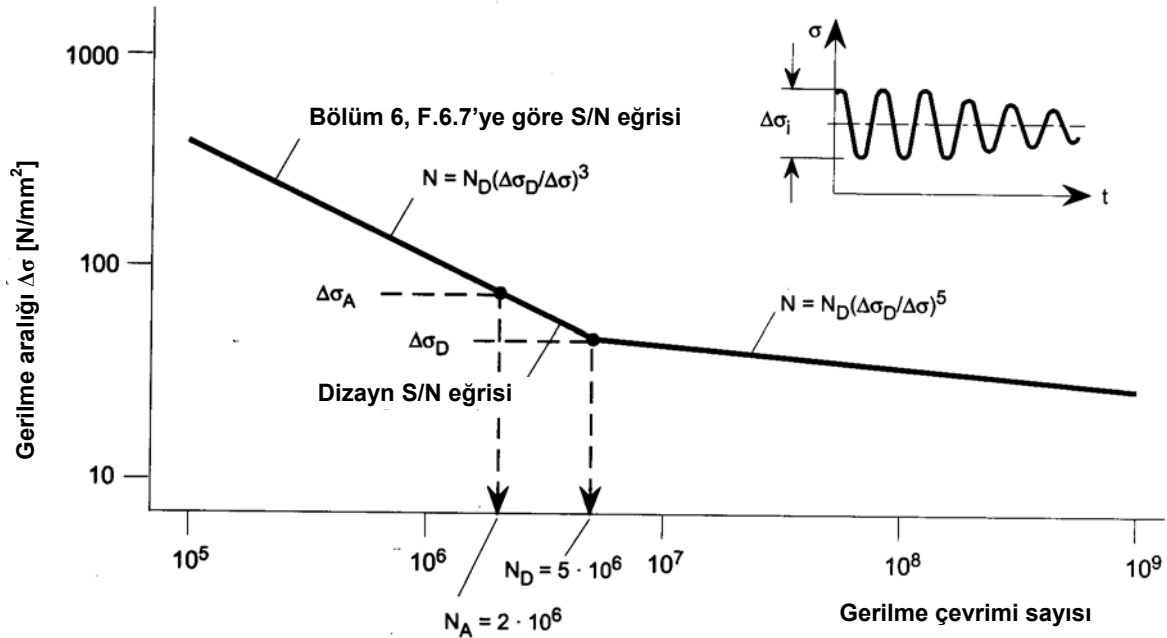
4.4.1.2 Örneğin; malzeme kalınlığı veya kaynatılacak iki elemanın birbirine uyumsuzluğu nedeniyle, Bölüm 6, F.6.7.2 ve 10'a göre azaltıcı etkiler dikkate alınacaktır.

4.4.1.3 Genelde $\Delta\sigma_i$ değişken gerilme aralığındaki gerilmelere maruz bileşenlerde yorulma analizi, Bölüm 4'de belirtilen gerilme aralığında, hasar birikimi kullanılarak yapılır.

4.4.1.4 Normal gerilmelerle yüklenme durumunda, Şekil 5.2'ye göre aşağıdaki ilave hususlar, S/N eğrisine uygulanır:

- Bölge I :
S/N eğrisinin eğim parametresi m_0 ,
Gerilme çevrimi sayısı $N_i \leq 5 \cdot 10^6$
- Bölge II :
S/N eğrisinin eğim parametresi m ,
Gerilme çevrimi sayısı $N_i \geq 5 \cdot 10^6$

4.4.1.5 EC 3'de farklı olarak, yorulma mukavemetinin bir eşik değerine izin verilmez. Şekil 5.2'de esas alınacak S/N eğrisinin genel şekli verilmiştir.



Şekil 5.2 Yapı çelikleri için S/N eğrisi, genel şekil

4.4.1.6 Ağırlıklı olarak kesme gerilmelerine maruz bileşenler için, sabit eğim parametresi $m = 5$ alınarak, EC 3'deki S/N eğrileri kullanılacaktır :

- Bölge I + II :
S/N eğrisinin eğim parametresi $m = 5$,

4.4.1.7 İzin verilebilen gerilme çevrimi sayısı N_i 'nin belirlenmesinde (Bölüm 5, C.4.2.3'e bakınız), Tablo 5.1'e göre kısmi emniyet faktörü γ_M dikkate alınacaktır.

4.4.1.8 Cıvatalı birleştirmelerin yorulma mukavemetinin analizinde (gerilme seviyelerinin cıvataadaki çekme ve eğitmenin dikkate alınması ile belirlendiği), M30 boyutuna kadar, aşağıdaki ayrıntı sınıflarına izin verilir :

- Isıl işlemden önce çekilmiş sıcak daldırma ile galvanizlenmiş cıvatalar :

Ayrıntı sınıfı 50

- Isıl işlemden önce çekilmiş cıvatalar :

Ayrıntı sınıfı 71

- Isıl işlemden sonra çekilmiş cıvatalar :

$$\text{Ayrıntı sınıfı} = 71 \cdot \left(2 - \frac{F_{\text{smaks}}}{F_{0,2\text{min}}} \right) \leq 0,85 \quad (\text{C.3})$$

Burada;

F_{smaks} = Aşırı yük altında maksimum cıvata kuvveti,

$F_{0,2\text{min}}$ = %0,2 elastik zorlanma sınırındaki cıvata kuvveti.

4.4.1.9 Burada, boyutlandırma ile ilgili A kesiti, dışteki A5 gerilme kesitidir. Sıcak daldırma galvanizli kısımlar için kesitteki azalma etkisi ihmal edilebilir.

4.4.1.10 M30'dan büyük cıvatalar için, S/N eğrisinin azalması

$$k_s = (30 \text{ mm}/d)^{0,25} \quad (\text{C.4})$$

dikkate alınacaktır. Burada d , nominal çaptır. Cıvata boyutlandırması ile ilgili diğer istekler Bölüm 6, E'de verilmiştir.

4.4.2 Kaynaksız dövme ve çekme parçaların dizaynı için S/N eğrileri

4.4.2.1 Seçim

Prensip olarak, ham malzeme için istatistiksel olarak güvenilir S/N eğrisi kullanılmalıdır. Kullanılacak çelikler için bu tür S/N eğrileri mevcut değilse, ayrıntılı yorulma analizi için yapay S/N eğrileri kullanılabilir (Bölüm 5, C.4.2.3'e göre hasar birikim hesabı).

4.4.2.2 Azaltım etkileri

Yorulma mukavemeti üzerindeki aşağıda belirtilen azaltım etkileri dikkate alınacaktır. (Örneğin; Dubbel: Taschenbau für den Maschinenbau [Handbook for Mechanical Engineering], 20th edition, 2001):

- Yük tipi,
- Gerilme oranı,
- Gerilme yığılma faktörü,
- Çentik etki faktörü,
- Bileşen boyutu,
- Yüzey etkisi,
- Teknolojik parametrelerin etkisi,
- Beka olasılığı,
- Ortam koşulları (korozyon, vb.).

4.4.2.3 Beka olasılığı

Genellikle, S/N eğrileri $P_0 = \%50$ beka olasılığına ayrılır. Yorulma analizi $P_0 > \%97,7$ beka olasılığı ile yapılacaktır. Aksi belirlenmedikçe, S/N eğrisi frekans değeri $\Delta\sigma_A$

$$\Delta\sigma_A^* = \Delta\sigma_A \cdot S_{P_0} \quad (\text{C.5})$$

değerine azaltılacaktır. Burada; $S_{Pu} = 2/3$ 'dür. Bu $P_0 > \%97,7$ 'lik bir beka olasılığına karşılık gelir (ortalama değer -2. standart sapma). Eğer $P_0 > \%50$ 'lik beka olasılığı S/N eğrileri kullanılırsa, TL ile anlaşarak $S_{Pu} > 2/3$ 'lük bir azaltma faktörü kabul edilebilir.

4.4.2.4 Gerilme çevrimi sayıları

$N_i > N_D$ gerilme çevrimi sayıları için, S/N eğrileri, $2m-1$ eğim parametresi ile $\Delta\sigma_A^*$ 'dan uzatılacaktır, burada; m, yorulma mukavemeti hattının eğim parametresidir (Şekil 5.3'e bakınız). Burada sınırlayıcı gerilme çevrimi sayısı N_D optimum test koşulları altındaki (korozyon, vb. etkisi olmaksızın), dayanım sınırındaki sayıdır. Yapay S/N eğrileri kullanıldığında, N_D hesaplamadan elde edilir.

4.4.3 Çelik döküm ve küresel grafitli dökme demir parçaların dizaynı için S/N eğrileri

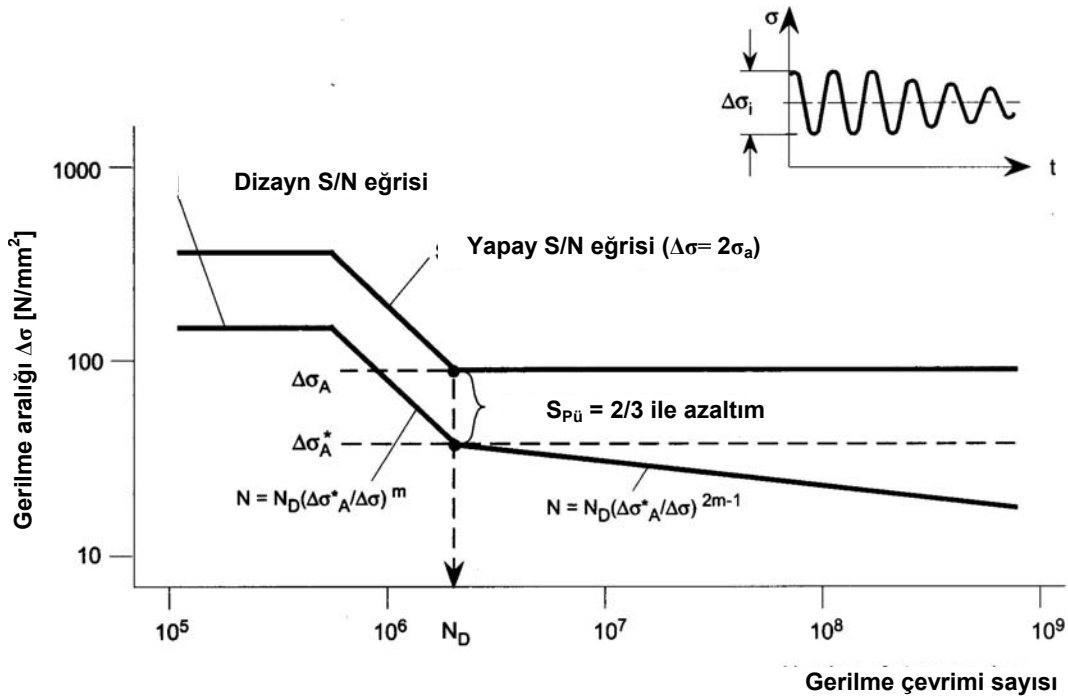
4.4.3.1 Seçim

Prensip olarak, istatistiksel olarak güvenilir malzeme S/N eğrileri kullanılacaktır. Kullanılacak döküm malzeme için bu tür S/N eğrileri mevcut değilse, ayrıntılı yorulma analizi için yapay S/N eğrileri kullanılabilir (Bölüm 5, C.4.2.3'e göre hasar birikim hesabı).

4.4.3.2 Etkiler

Yorulma mukavemeti üzerindeki aşağıda belirtilen etkiler dikkate alınacaktır.

- Yük tipi,
- Önemli artık gerilmeler,
- Gerilme oranı,
- Gerilme yığılma faktörü,
- Çentik etki faktörü
- Bileşen boyutu,
- Yüzey etkisi,
- Teknolojik parametrelerin etkisi,
- Beka olasılığı,
- Ortam koşulları (korozyon, vb.).



Şekil 5.3 Kaynaksız dövme ve çekme parçalar için S/N eğrisi, örnek “yapay S/N eğrisi”, genel form

4.4.3.3 Beka olasılığı

Genellikle, S/N eğrileri $P_U = \%50$ beka olasılığına ayrılır. Yorulma analizi için, S/N eğrisi referans değeri $\Delta\sigma_A$

$$\Delta\sigma^*_A = \Delta\sigma_A \cdot S_{P_U} \quad (C.6)$$

değerine azaltılacaktır. Burada; $S_{P_U} = 2/3$ 'dür. Bu $P_U > \%97,7$ 'lık bir beka olasılığına karşılık gelir (ortalama değer - 2. standart sapma). Eğer $P_U > \%50$ 'lık beka olasılığı S/N eğrileri kullanılırsa, **TL** ile anlaşarak $S_{P_U} > 2/3$ 'lük bir azaltma faktörü kabul edilebilir.

4.4.3.4 Azaltım faktörleri

Büyük et kalınlıkları ve yüzey pürüzlülüğünün etkisi dikkate alınacaktır. Homojen kalınlıklı bileşen bölgelerinden alınan örneklerden hesaplanan S/N eğrileri durumunda, bu etkiler S/N eğrilerine dahil edilir. Yapay S/N eğrilerinin belirlenmesinde, kalınlığa bağlı mekanik özellik değerleri (garanti edilen minimum çekme mukavemeti ve akma noktası) ile mevcut yüzey pürüzlülüğü nedeniyle azaltım dikkate alınacaktır.

4.4.3.5 Yapay S/N eğrilerinin kullanımında, hataların etkileri (örneğin; gaz kabarcıkları, metalik olmayan katkı maddeleri, çekme delikleri, mekanik işleme işlenen çekme delikleri ve cürufalara, üretim sonrası işlem olmaksızın izin verilmez, 3.3.2'ye bakınız);

$$S_d = 0,85^{(j-j_0)} \quad (C.7)$$

faktörü ile dikkate alınacaktır.

Burada ;

- j = Yeterli yorulma mukavemeti ile dizayn edilecek bileşen veya bileşen kısımlarının kalite sınıfı (1...3, Bölüm 3, C.2.5 ve 2.8'e bakınız).
- j_0 = Aşağıda verilen değerlerle, malzemeye ve test yöntemine bağlı sabit

Test yöntemi	Çelik döküm	Dökme demir
Ultrasonik veya radyografik muayene	$j_0 = 1$	$j_0 = 0$
Girici sıvı veya manyetik parçacık testi	$j_0 = 1$	$j_0 = 1$

Döküm kalitesinin ve uygulanacak test tekniklerinin değerlendirilmesinde, Bölüm 3, C.2.5 ve 2.8'de belirtilen hükümler dikkate alınacaktır.

4.4.3.6 Kalite seviyeleri sınıflandırılması; resimlerde, hesaplarda ve spesifikasyonlarda uygun şekilde dokümanite edilecek ve üretim ve montajda dizayn isteklerinin uygulanması veya üretim sırasındaki sorveyler kapsamındaki değerlendirmeler için **TL**'na sunulacaktır (Bölüm 1, B.5.3 ve 1, B.6.2'ye bakınız). Bölüm 3, C.2.5 (Çelik döküm) ve Bölüm 3, C.2.8 (Dökme demir) dikkate alınacaktır.

4.4.3.7 Dizayn S/N eğrisi

S/N eğrisi için esas olarak kullanılacak referans gerilme aralığı, N_D gerilme çevrimi sayısındaki ideal yorulma sınırı olarak (Şekil 5.4'e bakınız) :

$$\Delta\sigma^*_A = S_{P_U} \cdot S_d \cdot \Delta\sigma_A \text{ 'dır.}$$

$N_i > N_D$ gerilme çevrimi sayıları için S/N eğrileri $2m-1$ eğim parametresi ile $\Delta\sigma^*_A$ 'dan uzatılacaktır (eğer korozyon dikkate alınmazsa). Burada m ; yorulma mukavemeti hattının eğim parametresidir (Şekil 5.4'e bakınız).

4.4.4 Alüminyum parçaların dizaynı için S/N eğrileri

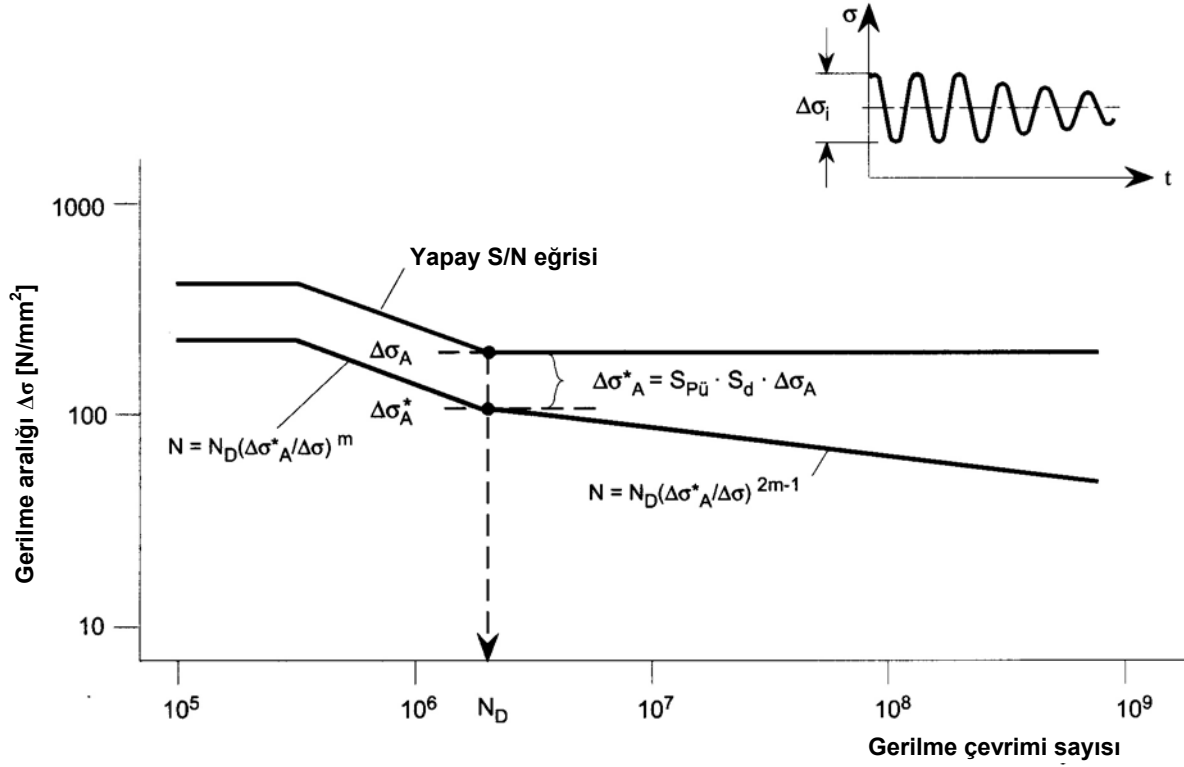
4.4.4.1 Prensip olarak, istatistiksel olarak güvenilir S/N eğrileri kullanılacaktır.

4.4.4.2 Ayrıntı sınıfları seçimi; "A. Hobbacher : Fatigue Design of Welded Joints and Components, International Institute of Welding, (IIW/IIS), IIW Doc. XIII.1965-03/XV-1127-03, 2004"e göre yapılacaktır. Tereddüt halinde, prosedür hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

5. Çalışılabilirlik Analizi

5.1 Kısmi emniyet faktörleri

Çalışılabilirlik sınır durumlarının doğrulanmasında, kısmi emniyet faktörü $\gamma_M = 1,0$ alınacaktır.



Şekil 5.4 Çelik döküm ve küresel grafitli dökme demir için S/N eğrisi, örnek “Yapay S/N eğrisi” genel form

5.2 Deformasyon analizi

Tesisin çalışmasından herhangi bir özel istek oluşmazsa, deformasyonların sınırlandırılmasına gerek yoktur (5, C.3.2.5'e de bakınız).

D. Beton ve Harç Malzemeleri

1. Genel

1.1 Kapsam

Bu altbölümde, normal veya ağır betondan yapılan açık deniz rüzgar türbinlerinin yük taşıyan ve takviye elemanları incelenmektedir. Buradaki kurallar donatısız, donatılı ve öngerilmeli, normal ve yüksek mukavemetli betonlara uygulanır. Bu kurallar, hazır ve yerinde dökülen betonlar için geçerlidir.

1.2 Standartlar ve emniyet kavramları

1.2.1 Aşağıdaki kurallarda, kısmi emniyet faktörleri kullanılan emniyet kavramı esas alınmıştır. Bu kurallarda DIN 1045-1 esas alınmış olup deniz yapıları için özel istekler dikkate alınmıştır. Ayrıca, Eurocode 2, Part 1'de kullanılabilir. Farklı standartların bir arada uygulanmasından kaçınılmalıdır.

1.2.2 TL ile anlaşmaya varılarak, yukarıda belirtilenlerden farklı emniyet kavramları kullanılarak (probabilistik veya global kavramlar), dizayn, analiz ve yapımda, beton yapılarla ilgili tanınmış uluslararası veya ulusal standartlar esas alınabilir. Ancak, sadece tek bir üniform emniyet kavramı kullanılacaktır.

1.3 Değerlendirme dokümanları

1.3.1 İncelenecek dokümanlara; yapım spesifikasyonları, resimler ve yapısal dizayn hesapları (statik ve dinamik analizler) dahildir.

1.3.2 Yapım şartnamesi; resimlerin ve hesapların anlaşılması için gerekli bilgiler ile yapım, taşıma, montaj (özellikle önceden dökülmüş beton yapıların kullanımında) ve yapımın gözetimi ile ilgili bilgileri içerecektir. Spesifikasyonlarda, dizayn parametreleri ve malzemeler belirtilmelidir. Yapım, taşıma ve montaj prosedürleri de belirtilmelidir.

1.3.3 Resimlerde bileşenlerin ve bunlara ait donatıların ölçüleri açık olarak belirtilecektir. Betonun mukavemet sınıfı verilecektir. Donatı resimlerinde; beton örtü, donatı çeliği tipi, donatı demirlerinin adedi, çapı, şekli ve yerleri ile ilgili veriler yer alacaktır.

1.3.4 Yapının ve bileşenlerinin kararlılığı ve boyutlarının uygunluğu kolaylıkla kontrol edilebilecek formatta analiz edilecek ve sunulacaktır. Genelde kullanılmayan hesaplama yöntemleri ve eşitliklerin kaynağı belirtilecektir.

1.4 Malzeme özellikleri

1.4.1 Karakteristik değerler

Beton, donatı çelikleri ve öngerilmeli çeliklerin hesaplama analizleri için gerekli olan malzeme parametreleri, örneğin; Eurocode 2, Bölüm 3 veya DIN 1045-1, Bölüm 9'dan elde edilebilir.

1.4.2 Kısmi emniyet faktörü γ_M

1.4.2.1 Dizayn direnci, Tablo 5.3'deki kısmi emniyet faktörü γ_M dikkate alınarak hesaplanacaktır. Donatılı betondan ve ön gerilmeli betondan yapılan kulelerin, ikinci derece teorisine göre yapılan hesaplarında, beton için $\gamma_M = 1,2$ kabul edilebilir.

1.4.2.2 Harç malzemeleri gibi standart olmayan ürünlerin malzeme özellikleri testlerle belirlenecektir, Bölüm 3, C'ye de bakınız.

2. Analiz Esasları

2.1 Gerekli doğrulamalar

2.1.1 Montaj ve kullanım sırasında oluşan tüm yük durumları için, yük taşıyan yapıların kararlılığı, yük taşıma kapasitesi ve mukavemeti incelenecektir. Azami sınır durumları için (ULS) aşağıdaki analizler gereklidir :

- 2.2.1'e göre yük taşıyan sistemin mukavemeti,
- 2.2.2'ye göre yük taşıyan sistemin kararlılığı,
- 2.2.3'ye göre kesitlerin çatlamaya karşı emniyeti,
- 2.2.4'e göre malzemelerin yorulma kusurlarına karşı emniyeti.

Tablo 5.3 Malzeme için kısmi emniyet faktörleri γ_M

Malzeme	Azami sınır durumu		Çalışılabilirlik sınır durumu
	Çatlak ve denge arızası	Yorulma	
Beton	1,5 (1) (1,2) (2)	1,5	1,0
Santrifüjlü beton	1,4 (1) (1,2) (2)	1,4	1,0
Donatı ve öngerilme çeliği	1,15 (1)	1,15	1,0
(1) Olağandışı dizayn durumlarında (örneğin; deprem hesaplarında), beton ve santrifüjlü beton için $\gamma_M = 1,3$, donatı çeliği ve öngerilme çeliği için $\gamma_M = 1,0$ alınabilir. (2) Geometrinin ve / veya malzemelerin düzgünlüğü dikkate alındığında, deformasyon hesabı için $\gamma_M = 1,2$ alınabilir (parantez içindeki değer).			

Çalışabilirlik sınır durumları için (SLS) aşağıdakiler gereklidir.

- 2.3.2'ye göre çatlak genişliği kontrolü,
- 2.3.3'e göre deflekşin kontrolü,
- 2.3.4'e göre gerilmelerin sınırlandırılması.

2.1.2 Konsantre yüklerin uygulama bölgeleri ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.1.3 Öngerilmeli beton için 3'e göre kontroller yapılacaktır.

2.2 Azami sınır durumları

Analizler; Bölüm 4, C.3, Tablo 4.4'e göre N, E, A ve T gruplarının hareketlerinin en olumsuz kombinasyonları ile yapılacaktır.

2.2.1 Yük taşıyan sistemin mukavemeti

2.2.1.1 Yük taşıyan sistemin ve bileşenlerinin mukavemeti tanınmış bir yöntem ile doğrulacaktır. Kesit değerleri, betonda çatlak oluşumu ve donatıların etkisi ihmal edilerek, elastisite teorisine göre belirlenebilir. Dengenin sağlanması koşuluyla, elastisite teorisine göre dağılım kesitindeki kuvvet ve moment gruplarının sadeleştirilmesi suretiyle limit yük analizi uygulanabilir.

2.2.1.2 Deneyimli tanınmış kuruluşlar tarafından yapılan model testleri, kesit değerlerinin dağılımı ve mukavemetini doğrulamada kullanılabilir.

2.2.1.3 Bir bileşenin arızası veya hatasının diğer bileşenlerin de arızasına yol açan yapılarda mümkün mertebe kaçınılacaktır.

2.2.2 Yük taşıyan sistemin kararlılığı

2.2.2.1 Yük taşıyan sistemin ve bileşenlerinin, kararsız olma durumuna karşı emniyeti dikkatli bir şekilde incelenecektir. Yeterli katılık ve kararlılık belirgin değilse,

yapısal elemanların takviyesi ile birlikte analitik bir doğrulama gereklidir. Sistemdeki geometrik bozulmalar ve yüklerin arzu edilmeyen kaçıklıkları dikkate alınacaktır.

2.2.2.2 Yük taşıyıcı veya takviye bileşenlerinin oldukça esnek olduğu hallerde, kesit alanı değerlerinin hesaplanmasında şekil değişimlerine de dikkat edilecektir.

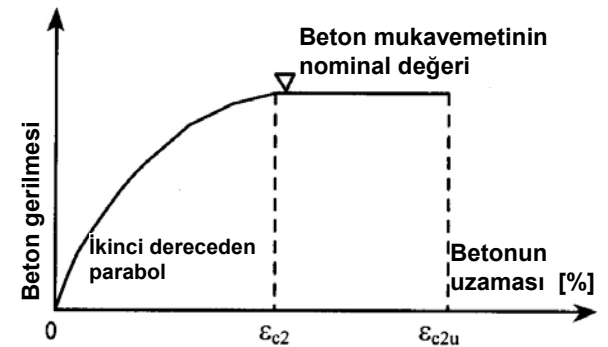
2.2.2.3 Basma etkisindeki narin elemanlar için, standartlara göre ikinci derece etkiler ve düzgünsüzlükler dikkate alınacaktır.

2.2.3 Kesitin çatlama karşı emniyeti

2.2.3.1 Aşağıdaki boyutlandırma kuralları, tekil liflerinin zorlanmalarının tarafsız eksene mesafeleri ile orantılı olan kesitlere uygulanır.

Eğer eğilme momentlerinin sıfır olduğu noktalar arasındaki mesafe asgari olarak kiriş yüksekliğinin 2 katına veya konsol boyu asgari olarak kiriş yüksekliğine eşitse, bu ön koşul sağlanmış kabul edilir.

2.2.3.2 ϵ_{c2} ve ϵ_{c2u} standartlara göre olmak üzere, beton için gerilme ve uzama arasındaki bağıntının, Şekil 5.5'deki gibi olacağı kabul edilebilir. C 50/60'a kadar normal mukavemetteki beton için $\epsilon_{c2} = -0,2\%$ ve $\epsilon_{c2u} = -3,5\%$ kabul edilebilir. Yüksek mukavemetli beton için, Şekil 5.5'deki uzama sınırları standartlara göre uyarlanacaktır.



Şekil 5.5 Betonun gerilme ve uzaması için dizayn değerleri

2.2.3.3 Donatı çeliği için elastisite modülü, akma noktasına kadar üniform olarak 200 kN/mm² alınabilir. Bu noktadan sonra, gerilme sabit kalır. Gerilme - uzama arasındaki malzeme davranışına ait diğer yaklaşımlar da kabul edilebilir, ancak TL ile anlaşmaya varılacaktır.

2.2.3.4 Kesitteki donatı çeliğinin maksimum uzaması, örneğin; %2,5 olarak seçilebilecek olan sınır değeri aşmayacaktır.

2.2.3.5 Betonun çekme mukavemeti, hiçbir yük durumunda dikkate alınmaz.

2.2.3.6 Şekil 5.5'e göre beton mukavemetinin nominal değeri ve emniyet faktörü, tanınmış standartlara göre seçilecektir. Standartlardaki ilgili yük durumları, buradaki kurallarda verilenlere uygun olacaktır.

2.2.3.7 Yorulma hariç, C55/67 sınıfı yüksek mukavemetli beton için ULS hesaplarında, $\gamma_M = 1,5$ malzeme emniyet faktörü γ_c faktörü kadar arttırılacaktır:

Bu değer aşağıdaki gibi hesaplanabilir :

$$\gamma_c' = \frac{1}{1,1 - \frac{f_{ck}}{500}} \geq 1 \quad (D.1)$$

Burada;

f_{ck} = Bölüm 3, C.5.4.1'e göre karakteristik basma mukavemeti,

γ_M = Malzeme emniyet faktörü, genelde beton için, $\gamma_M = 1,5$

γ_c' = Yüksek mukavemetli beton için γ_M 'i arttırma faktörü

2.2.3.8 Aşağıda belirtilenlerle ilgili ayrıntılı incelemeler yapılmalıdır :

- Kesme kuvvetleri,
- Burulma,
- Darbe / yoğun yükler (öngerilme gergilerin ankrajı)

2.2.3.9 Madde 2.2.3.1'de verilen ön koşulların sağlanmadığı yapı kısımlarında, değerlendirme uygun modelleme kullanılarak yapılacaktır.

2.2.4 Yorulma analizi

2.2.4.1 Donatılı beton veya öngerilmeli beton bileşenler durumunda, beton, donatı çeliği ve öngerilmeli çelik için Bölüm 4, C.3.4 (Tablo 4.4'deki grup F)'deki yorulma yükleri kullanılarak yorulma analizi yapılacaktır. Bu analiz, tam bir yorulma analizi olarak veya CEB-FIP Model Code 1990 (Dafstb booklet 439, Section 4.5 ve 4.4)'e göre sadeleştirilmiş analiz prosedürü olarak yapılabilir. Nominal işletme yük çevrimi sayısı $N_{nom} = r \cdot n_R \cdot T \leq 2 \cdot 10^9$ olan rüzgar türbinlerinde, eğer (D.2) eşitliğinde ifade edilen koşul sağlanıyorsa, basma yükü altındaki beton için ayrıntılı bir analize gerek yoktur:

$$S_{cd,maks} \leq 0,40 + 0,46 \cdot S_{cd,min} \quad (D.2)$$

Burada;

$$S_{cd,min} = \gamma_{sd} \cdot \sigma_{c,min} \cdot \eta_c / f_{cd,fat}$$

$$S_{cd,maks} = \gamma_{sd} \cdot \sigma_{c,maks} \cdot \eta_c / f_{cd,fat} \quad \text{'dır.}$$

$$\gamma_{sd} = 1,1 - \text{Gerilme hesabı modelinin hatasını dikkate alan kısmi emniyet faktörü,}$$

$$\sigma_{c,maks} = \text{Bölüm 4, C.3.4, Tablo 4.4'e göre F grubu etkilerin kombinasyonu ile birlikte, maksimum beton basma gerilmesi şiddeti,}$$

$$\sigma_{c,min} = \text{Hareket etkisinin düşük değeri ile hesaplanan, } \sigma_{c,maks} \text{'ın olduğu konumdaki basınç bölgesinde minimum beton basma gerilmesi şiddeti (çekme gerilmeleri için } \sigma_{c,min} = 0 \text{ alınacaktır),}$$

$$\eta_c = \text{Dafstb 439, eşitlik (8)'e göre, betonun basma gerilmesinin üniform olmayan dağılımını dikkate alan faktör. (sadeleştirme için } \eta_c = 1,0 \text{ alınabilir),}$$

$$f_{cd,fat} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t) \cdot f_{ck} \cdot (1 - f_{ck}/250) / \gamma_c, \text{ basma yükü altındaki betonun yorulma mukavemetinin dizayn değerleri,}$$

- f_{ck} = Karakteristik silindir basma mukavemeti, [N/mm²]
- γ_c = Beton için kısmi emniyet faktörü (Tablo 5.3'e bakınız).
- $\beta_{cc}(t)$ = Betonda zamana bağlı mukavemet artışını dikkate alan katsayı. Burada $\beta_{cc}(t)$; beton yaşlanması ≥ 28 gün için çevrimsel başlangıç yüküne karşılık gelen 1,0'den büyük olmayacaktır. Betonun daha erken yaşlanmasındaki çevrimsel başlangıç yük durumunda, $\beta_{cc}(t) < 1,0$ belirlenecek ve analizlerde dikkate alınacaktır.

2.2.4.2 Prensip olarak, sadeleştirilmiş analiz prosedürü için, aşağıda belirtilenler incelenecektir:

- Maksimum yük aralığı,
- Betonun en büyük basma gerilmesi $\sigma_{c,maks}$ 'daki yük aralığı,
- Betonun en küçük basma gerilmesi $\sigma_{c,min}$ 'deki yük aralığı,
- Beton basma gerilmesi için en büyük ortalama değerli yük aralığı.

2.2.4.3 Makina olmaksızın, montaj koşullarından kaynaklanan yük etkilerinin hasar bileşeni, Bölüm 6, F.6.9'a göre dikkate alınacaktır.

Not :

Model Code 1990, deniz ortamındaki donatı çeliği için ayrı bir S/N eğrisi verir. Bu S/N eğrisi, sadece sıçrama bölgesine uygulanır.

2.2.4.4 Yorulma hesabı için Model Code 1990'da verilen emniyet faktörleri, örneğin; üretici malzeme özelliklerinde daha düşük bir değişimi kanıtlarsa, TL ile anlaşmaya varılarak düşürülebilir.

2.3 Çalışılabilirlik sınır durumu

2.3.1 Kısmi emniyet faktörleri

Çalışılabilirlik sınır durumundaki doğrulamalar için, kısmi emniyet faktörü $\gamma_M = 1,0$ olacaktır.

2.3.2 Çatlak genişliği sınırlanması

2.3.2.1 Çalışma yükleri altındaki beton yapılarda çatlak genişliği çalışılabilirlik ve sağlamlık etkilenmeyecek şekilde; donatı yüzdesinin, çelikteki gerilmenin ve donatı çapının uygun olarak seçilmesi suretiyle kontrol edilecektir.

2.3.2.2 Tanklar gibi su ve yağ geçirmez yapılar ile ilgili ilave istekler belirlenecektir.

2.3.2.3 0,2mm.'lik teorik çatlak genişliği için çatlak genişliği doğrulaması sağlanacaktır. Donatılı beton ve yapışmasız öngerilmeli beton bileşenleri için, hareketlerin "kuazi-permanent" kombinasyonu ve yapışmalı öngerilmeli beton bileşenleri için DYD 1.2 hareketlerinin sık kombinasyonu kullanılacaktır. Bunun için Bölüm 4, B.4.1'deki sıcaklık etkileri uygulanacaktır.

2.3.2.4 Açık deniz rüzgar türbini taşıyıcı yapıları için, hareketlerin "kuazi-permanent" kombinasyonu, Tablo 4.4'deki DYD 1.1 ve DYD 6.3a yük durumlarının 1-saatlik ortalama değerinden seçilecektir.

2.3.2.5 Devamlı olarak su altında veya toprakta yer alan yapı kısımları, 0,3 mm.lik çatlak genişliğine göre doğrulanabilir.

2.3.3 Defleksinların sınırlanması

2.3.3.1 Çalışma yükü altındaki bileşenlerin şekil değişimlerinin kapsamı (örneğin; defleksinlar veya yer değişimleri nedeniyle) hasarlar önlenerek ve çalışılabilirlik etkilenmeyecek şekilde sınırlandırılacaktır.

2.3.3.2 Analizlerde, betonun basma ve çekme durumundaki sabit elastisite modülü esas alınabilir.

2.3.3.3 Önemli etkileri varsa, şekil değişimlerinin belirlenmesinde, betonun sürünme ve çekme etkileri ve sıcaklık değişimleri dikkate alınacaktır.

2.3.4 Gerilmelerin sınırlandırılması

Donatılı betondan ve öngerilmeli betondan yapılan kuleler için, betonun basma gerilmeleri, **TL** ile anlaşmaya varılarak sınırlandırılacaktır.

3. Öngerilmeli beton

3.1 Doğrulamalar

3.1.1 Donatılı beton için gerekli doğrulamalar (2.1'e bakınız), çeliğin ön gerilmesi dikkate alınarak öngerilmeli beton için yapılacaktır.

3.1.2 Öngerilmeli beton kuleler için, sabit yükler altındaki beton basma gerilmelerinde hareketlerin "kuazi-permanent" kombinasyonları, **TL** ile anlaşmaya varılacak maksimum bir değere sınırlandırılacaktır.

Yapışmalı öngerilmeli beton kuleler için, dekompresyonun doğrulaması, hareketlerin "kuazi-permanent" kombinasyonu için yapılacaktır. Bu doğrulama, gerilme ve uzama arasındaki bağıntının lineer olduğu kabulüne göre yapılabilir.

3.1.3 Açık deniz rüzgar türbini taşıyıcı yapıları için, hareketlerin "kuazi – permanent" kombinasyonu, DYD 1.1 ve DYD 6.3 yük durumlarının 1-saatlik ortalama değerinden seçilecektir.

3.1.4 Hareketlerin sık kombinasyonu DYD 1.2 yük durumundan alınacaktır.

3.1.5 Gerilmesiz veya öngerilmeli donatılarındaki çelik gerilmelerinin sınırlandırılması, tanınmış standartlarda belirtilen şekilde doğrulanacaktır.

3.1.6 Öngerilmenin, sabit yüklerin, hareketli yüklerin, sıcaklığın, sürünmenin, çekmenin ve zemin oturması nedeniyle sıkışmaların etkileri mümkün olduğunca ayrı ayrı incelenecek ve en olumsuz yüklemenin belirlenmesi için kullanılacaktır.

3.1.7 Öngerilme uygulamasının hemen sonrasındaki durum, en olumsuz hareketli yükte ve kısmi sürünme ve çekmeli durum, sürünme ve çekme sona erdikten sonraki en olumsuz hareketli yük durumu, genelde ayrı ayrı doğrulacaktır.

3.1.8 Çalışma yükünde betonda oluşan çekme kuvvetleri gerilmesiz veya öngerilmeli donatılar tarafından emilecek, bunun için tanınmış standartlarda öngörülen gerilmeler dikkate alınacaktır. Bir yaklaşım olarak, analizlerde, çatlak durum yerine kesitin çatlamamış durumu esas alınabilir.

3.1.9 Öngerilmeli çeliğin gerilme-uzama eğrisi, üreticinin resmi onayı veya sertifikasından elde edilecektir. Ancak, gerilmenin, akma sınırı veya %0,2 uzama sınırının üzerine çıkmayacağı kabul edilir. Uzama sınırlamaları, standartlara veya resmi onaya göre dikkate alınmalıdır.

3.2 İzin verilen gerilmeler

İzin verilen gerilmeler, tanınmış standartlardan elde edilecek ve kullanımdan önce **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

4. Çimento Şerbetli Birleştirmeler

4.1 Genel

4.1.1 Çimento şerbetli birleştirmeler prizmatik çelik elemanların birleştirilmesinde veya kazıkların kaya tabakasına sabitletmesinde kullanılabilir.

4.1.2 Yük aktarım mekanizmalarının birbirlerinden farklı olması nedeniyle, genelde eksenel kuvvetlere maruz çimento şerbetli birleştirmeler ile genelde eğilmeye maruz çimento şerbetli birleştirmeler arasındaki fark dikkate alınmalıdır.

4.1.3 Çimento şerbetli birleştirmelerdeki harç malzemesi genelde, yüksek basma mukavemeti ve yüksek mukavemetli betona eşdeğer davranışı ile karakterize edilir.

4.2 Azami sınır durumu analizi

4.2.1 Genelde eksenel kuvvetlere veya burulma ile birlikte eksenel kuvvetlere maruz çimento şerbetli birleştirmeler, tanınmış açık deniz standartlarına göre değerlendirilir (örneğin; taslak ISO 19902, Kısım 5'de verilen prosedüre göre). Parametrik formüllerin geçerlilik aralığı dikkate alınmalıdır.

4.2.2 Genelde eğilmeye maruz çimento şerbetli birleştirmeler, ilgili kodlarda geçerli parametrik formüller bulunmaması nedeniyle, sonlu elemanlar analizleri veya testlerle doğrulanacaktır.

$$L/D \cong 1,5 \quad (D.3)$$

oranı tavsiye edilir.

Burada;

L = Bağlantı boyu,

D = Bağlantı çapı'dır.

4.2.3 Bu tür birleştirmelerdeki normal kuvvetler, düşük eğilme gerilmeli alanlarda (yani genelde birleştirmenin merkezinde) düzenlenmesi gereken kesme anahtarları ile alınmalıdır.

4.2.4 Eğer sonlu elemanlar analizi yapılırsa, lineer olmayan malzeme davranışı ve çelik yüzey ile çimento şerbeti arasındaki temas tanımı özel olarak değerlendirilecektir. Sonlu elemanlar modellemesi ve analizi ile ilgili ayrıntılı bilgiler, Ek 5-A "Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet Analizi"nde verilmiştir.

4.2.5 Çelik boruların lokal burkulması olasılığı incelenecektir.

4.2.6 Çimento şerbeti malzemesi; testlerle doğrulanmadığı hallerde, sonlu elemanlar hesaplarındaki maksimum basma gerilmeleri kullanılarak, aşırı yüklerle göre doğrulanmalıdır.

4.2.7 Direnç malzeme mukavemetine bağlı olarak 2.2.3'e göre $\gamma_M = 1,5$ ve γ_c faktörleri ile azaltılmış çimento şerbeti malzemesinin karakteristik basma mukavemeti ile hesaplanacaktır.

4.2.8 Çimento şerbeti malzemesinin yorulma analizi, sonlu elemanlar hesapları veya testlerden elde edilen maksimum gerilmeler kullanılarak, yüksek mukavemetli beton ile benzer şekilde, osilasyonun ortalama değeri dikkate alınarak, CEB-FIP Model Code 1990'a göre yapılacaktır.

E. Elyaf Takviyeli Plastik (ETP) ve Yapıştırırmalı Birleştirmeler

1. Genel

1.1 Analizler; 2.3'de tanımlanan test sonuçlarından elde edilen karakteristik değerlerle yapılacaktır. Doğrulama; S_d 'nin dizayn değerinin, bileşen direnci R_d 'nin dizayn değerinden küçük olacağı şekilde sağlanacaktır (R_k karakteristik değerinin, malzemenin kısmi emniyet faktörü γ_{Mx} 'e bölümü):

$$S_d \leq R_k / \gamma_{Mx} = R_d \quad (E.1)$$

1.2 Eğer analiz için test sonuçları veya diğer doğrulanmış veriler yoksa, Bölüm 5, E.4 ÷ 6'da verilen minimum karakteristik değerler kullanılabilir. En geç üretimin başlangıcında, malzemenin, analiz için kabul edilen asgari karakteristik değerine ulaşmış olduğu doğrulanacaktır.

2. Malzemeler

2.1 Üreticilerden istenilenler

2.1.1 TL tarafından denetlenecek ETP bileşenlerinin üretimi tercihen, TL onaylı üreticilerde yapılacaktır.

2.1.2 Pervane kanatlarının üretimi ile ilgili istekler, Bölüm 3, A'da verilmiştir. Üretim yerlerinin onay tipi ve kapsamı da aynı bölümde yer almaktadır.

2.1.3 Firmanın kalite yönetim sisteminin onayı ile ilgili istekler, onayı alınması ve sürdürülmesi prosedürü Bölüm 3, B'de verilmiştir.

2.1.4 Üretim ile ilgili özel istekler, Bölüm 3, D.4 ÷ 6'da verilmiştir.

2.2 Malzemelerle ilgili istekler

2.2.1 Sadece özellikleri doğrulanmış malzemeler kullanılabilir. Bazı durumlarda, ilave olarak TL onayı gerekir, Bölüm 3, D.4.4.1 ve Bölüm 5, E.6.5'e bakınız.

2.2.2 Normal yapı malzemeleri ile ilgili istekler ve kalite doğrulaması (sertifikalar, test raporları, onaylar), Bölüm 3, C.3.8 ve 3, D.6.2.1'de belirtilmiştir.

2.2.3 Kullanılan malzemelerin mukavemeti ve dayanımı (yani; elastisite modülü, Poission numarası, kullanılan tipik laminat tabakalarının hata zorlanması ve hata gerilmesi, liflere paralel ve dik doğrultudaki çekme ve basma yükü ve kesme yükü için).

2.2.4 Matrisin ve yapısal yapıştırıcı malzemelerin cam geçiş sıcaklığı (ISO 11357-2'ye göre T_{eig} , ekstrapolasyon başlangıç sıcaklığı), 65°'den büyük olacak ve ayrıca yapısal elemanda öngörülen sıcaklıktan da büyük olacaktır.

2.3 Karakteristik değerler

2.3.1 R_k karakteristik değerleri genelde aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$$R_k(\alpha, P, v, n) = \bar{x} \left[1 - v \left(U_\alpha + \frac{U_p}{\sqrt{n}} \right) \right] \quad (E.2)$$

Burada ;

U_i = Normal dağılımın %i'inci yüzdeliği,

n = Test adedi,

$\bar{x}$ = Test değerlerinin ortalaması,

v = n test değeri için değişim katsayısı.

2.3.2 Eşitlik için, gözlemlenen değerlerin standart sapmasının normal dağılımına karşılık geldiği kabul edilir. Bu nedenle oluşan kusurlar, azaltım faktörleriyle karşılanır.

2.3.3 Normal bir dağılım kabul edilerek $P=\%95$ 'lik olasılık için (güvenirlilik düzeyi) $\alpha = \%5$ kabul edilecektir (DIN 55303, Part 1). Bunun sonucunda;

$$R_k = (\%5, \%95, v, n) = \bar{x} \left[1 - v \left(1,645 + \frac{1,645}{\sqrt{n}} \right) \right] \quad (E.3)$$

elde edilir.

2.4 Malzeme için kısmi emniyet faktörleri

2.4.1 Malzeme için kısmi emniyet faktörü γ_{Mx} aşağıda belirtilenler için ayrı ayrı belirlenecektir.

- Kısa süreli doğrulama ($x=a$),
- Yorulma doğrulaması ($x=b$),
- Dengelilik analizi ($x=c$) ve
- Yapışma analizi ($x=d$ ve $x=e$).

Bu faktörler; kısmi emniyet faktörü γ_{M0} ile C_{ix} azaltım faktörünün çarpımından elde edilir:

$$\gamma_{Mx} = \gamma_{M0} \cdot \prod_i C_{ix} \quad (E.4)$$

Tüm analizler için, kısmi emniyet faktörü γ_{M0} :

$$\gamma_{M0} = 1,35 \text{ 'dir.} \quad (E.5)$$

Aşağıda verilen azaltım faktörleri C_{ix} , ayrıca doğrulama yapılmaksızın uygulanır. Alternatif olarak, tecrübelerle doğrulanan azaltım faktörleri kullanılabilir.

2.4.2 Kısa süreli mukavemet doğrulamasında, γ_{Ma} ; 2.4.1'deki γ_{M0} ile C_{ia} azaltım faktörünün çarpımından hesaplanacaktır. Malzeme özelliklerinin etkisini dikkate almak için, aşağıdaki azaltım faktörleri kullanılacaktır:

$C_{1a} = 1,35$ Yaşlanma etkisi,

$C_{2a} = 1,1$ Sıcaklık etkisi,

$C_{3a} = 1,1$ Prepreglerden üretilen laminat, sarma tekniği, pultrüzyon veya reçine karıştırma yöntemi,

$= 1,2$ Elle serilen ıslak laminat, presleme tekniği,

C_{4a}	= 1,0	Geç sertleşen laminat,
	= 1,1	Geç sertleşmeyen laminat.

2.4.3 Yorulma doğrulamasında, γ_{Mb} ; γ_{Mo} (2.4.1'e bakınız) ile aşağıdaki C_{1b} azaltım faktörünün çarpımından hesaplanacaktır.

C_{1b}	= $N^{1/m}$	N yük çevrimi sayısı ve m eğim parametresi için, yüksek çevrimli yorulma eğrisi. m değeri, TL ile anlaşmaya varılacak bir analizle (S/N eğrisi) belirlenecektir. m için sadeleştirme kabulleri ile ilgili olarak, 4.4, 5. ve 6.'ya bakınız.
----------	-------------	---

C_{2b}	= 1,1	Sıcaklık etkisi,
----------	-------	------------------

C_{3b}	= 1,0	Tek yönlü (UD) takviyeli ürünler için,
	= 1,1	Dokuma olmayan kumaş ve UD fitil dokumalar için,
	= 1,2	Dokuma kumaş ve keçeler için,

C_{4b}	= 1,0	Geç sertleşen laminat,
	= 1,1	Geç sertleşmeyen laminat,

C_{5b}	= 1,0÷1,2	Kanat takip kenarı için lokal kısmi emniyet faktörü. Kesin değer, doğrulamanın kalitesine bağlıdır (kenar doğrultusunda dinamik kanat testi için 1,0, Sonlu elemanlar hesabı için 1,1, Bernoulli teorisine göre hesap için 1,2).
----------	-----------	--

3. Analizler

3.1 Genel

3.1.1 Zorlanma veya gerilmelerin dizayn değerleri; tüm yük durumlarında, kısa-süreli mukavemet, yorulma mukavemeti ve dengelilik yönlerinden laminat hatasını ve dengelilik hatasını önleyecek isteklerden hesaplanır. Laminattaki devamsızlıklar, yük uygulama bölgeleri ve yüksek yük çevrimi sayıları dikkate alınacaktır.

3.1.2 Hakiki emniyet; literatürde doğrulanan (örneğin; VDI 2014 veya Puck'a göre) anizotropik malzemeler için hata hipotezi vasıtasıyla, kısa süreli mukavemet ve yorulma mukavemeti analizinde dokümanite edilecektir.

TL ile anlaşmaya varılarak, diğer hipotezlerin kullanımı mümkündür. Mukavemet analizi için, elyaf hatası ve elyaflar arası hataların ayrı bir doğrulaması daima sağlanacaktır.

3.1.3 Elyaf hatası ve elyaflar arası hatanın, kısa-süreli ve yorulma mukavemeti ile ilgili dengeliliğin doğrulanması, zorlanma veya gerilme analizleri şeklinde verilebilir.

3.2 Elyaf hatası analizi

3.2.1 Elyaf hatası analizi; S_d 'nin dizayn değerlerini kullanarak, basma, çekme ve / veya kesme yükleri altındaki alanlar için yapılacaktır.

3.2.2 Yorulma analizinde; söz konusu laminat için oluşturulan karakteristik S/N eğrisi ve bu eğri kullanılarak oluşturulan Goodman diyagramı esas alınır. Laminat için S/N eğrisi mevcut değilse, 2.4.3 (faktör C_{1b}), 4.4 ve 5.6'da verildiği şekilde kabul edilecektir.

3.2.3 Goodman diyagramı, R bileşen direnci ve S hareketinin (R ve S, ϵ zorlanmaları veya σ gerilmeleri olarak) ortalama ve aralık bileşenleri arasındaki ilişkiyi gösterir ve Şekil 5.6'daki gibi çizilebilir.

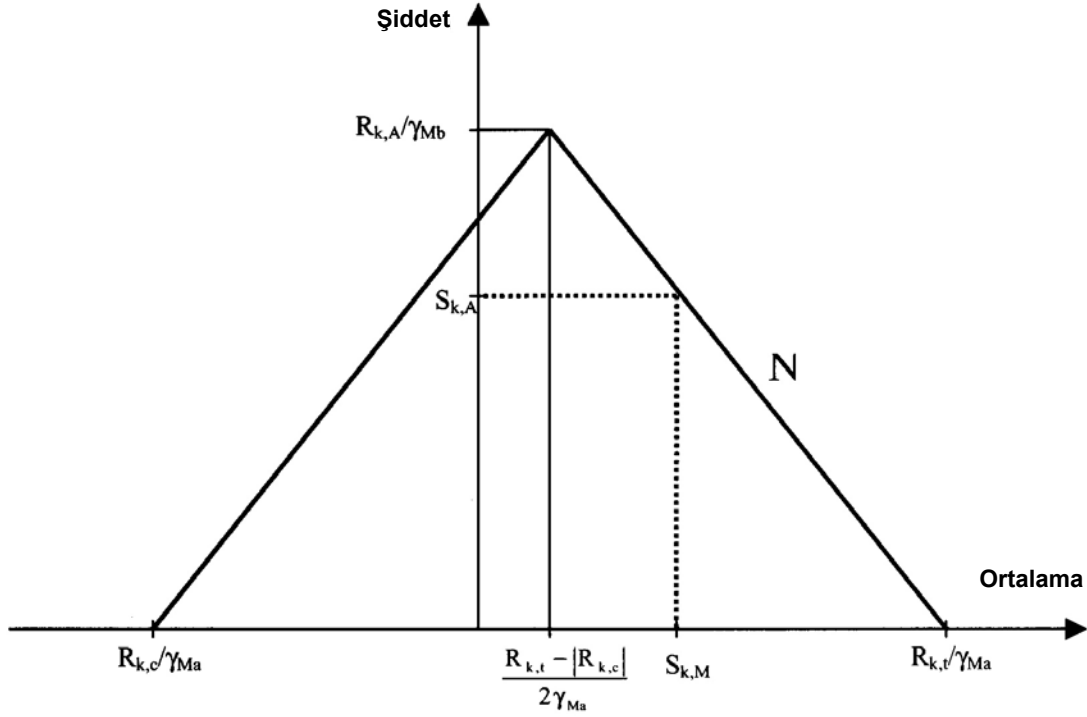
Bunun için, izin verilen yük çevrimi sayısı N, aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

Burada;

$$N = \left[\frac{R_{k,t} + |R_{k,c}| - 2 \cdot \gamma_{Ma} \cdot S_{k,M} - R_{k,t} + |R_{k,c}|}{2 \cdot (\gamma_{Mb}/C_{1b}) \cdot S_{k,A}} \right]^m \quad (E.6)$$

$S_{k,M}$ = Karakteristik etkilerin ortalama değeri,

$S_{k,A}$ = Karakteristik etkilerin genliği
($|S_{k,max} - S_{k,min}| / 2$)



Şekil 5.6 Goodman diyagramı

$R_{k,t}$ = Çekmede, karakteristik kısa-sürelî yapı elemanı dayanımı,

$R_{k,c}$ = Basmada, karakteristik kısa-sürelî yapı elemanı dayanımı,

m = S/N eğrisinin eğim parametresi

$R_{k,A}$ = Yük çevrimi sayısı $N=1$ için, karakteristik yapı elemanı dayanımı genliği

M ve $R_{k,A}$ yardımcı değişkenleri, **TL** ile anlaşmaya varılacak bir analiz (S/N eğrisi) ile belirlenir. Sadeleştirilmiş kabuller için, 4.'e ve 5.'e bakınız.

N = İzin verilen yük çevrimi sayısı,

γ_{Ma} = Malzeme için kısmi emniyet faktörü (2.4'e göre, kısa süreli mukavemet)

γ_{Mb} = Malzeme için kısmi emniyet faktörü (2.4'e göre, yorulma mukavemeti)

C_{1b} = $N^{1/m}$, 2.4.3'e bakınız [yani; C_{1b} olmaksızın γ_{Mb} 'ye karşılık gelen (γ_{Mb}/C_{1b})]

3.2.4 Verilen etkiler için Goodman diyagramı, hasar birikimi hesabının yapılması için kullanılabilecek olan, izin verilen yük çevrimi sayısı N 'nin belirlenmesinde kullanılabilir. D hasarı, mevcut yük çevrimi sayısı N_i 'nin izin verilen yük çevrimi sayısı N_i 'ye oranlarının toplamı olarak tanımlanır. $D.1$ 'den küçük olmalıdır.

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i} \leq 1 \quad (E.7)$$

Burada ;

D = Hasar,

n_i = i sınıfı etkinin mevcut yük çevrimi sayısı,

N_i = i sınıfı etkinin izin verilen yük çevrimi sayısı.

3.3 Elyaf arası hatanın analizi

3.3.1 Her tekil laminat katmanı için, 3.1.2'ye göre ilgili kritik konumlarda çatlaklar hesaplama ile incelenebilir. Bu inceleme için gerekli olan, elyafa paralel ve dik izin verilen hata gerilmeleri ve hata zorlanmalarının ve kesmenin belirlenmesi için karakteristik parametreler ($\gamma_{Ma} \cdot C_{1FF}$) azaltılmış faktörü ile azaltılacaktır. Ancak, ($\gamma_{Ma} \cdot C_{1FF}$)'den elde edilen faktör 1,35'den küçük olmayacaktır.

Not :

Enine zorlanmalar, hesaplama veya deneylerle belirlenebilir.

3.3.2 Eğer hesaplamalar, laminatın katmanlarının, gelen gerilmeleri çatlak olmaksızın aktaramadığını gösterirse, çatlak katmanlara etki eden ΔF kuvvet bileşeni, laminatın diğer katmanlarınca taşınacaktır. C_{1FF} , Tablo 5.4'e göre aktarılması gereken ΔF kuvvet bileşenin şiddetinden hesaplanır.

3.3.3 Kısmen çatlamış laminatın tekil katmanlarının aktarımından kaynaklanan gerilme değişimlerinin hassas olarak izlenmesi gereklidir.

3.4 Dengelilik analizi

3.4.1 Çekme, basma ve / veya kesme yükleri altındaki parçaların dengeliliği (burkulma ve katlanmaya karşı), S_d etkilerinin dizayn değerleri esas alınarak doğrulanacaktır.

3.4.2 Dengelilik analizi için; R_d bileşen dayanımının dizayn değerlerini belirlemek üzere, malzeme için kısmi emniyet faktörü γ_{Mc} , malzeme katılığının ortalama değerine uygulanacaktır. γ_{Mc} , kısmi emniyet faktörü γ_{MO} 'ın (2.4.1'e bakınız) aşağıda verilen C_{1c} azaltım faktörü ile çarpımından elde edilecektir.

$C_{1c} = 1,1$ Modülün dağılımını dikkate almak üzere masif laminat ve sandviç yapıların cidar katmanları için,

$= 1,3$ Modülün dağılımını dikkate almak üzere öz malzemeleri için,

$= 1,0$ Eğer doğrulanan minimum özellikler kullanılıyorsa, öz malzemeleri için,

$C_{2c} = 1,1$ Sıcaklık etkisi (4.7 ve 5.8'e bakınız).

3.4.3 Doğrulamanın hesaplama ile yapıldığı ve genelde olduğu gibi fiili yapının ayrıntılı olarak analiz edilemediği hallerde, yapılan kabuller ve yaklaşımlar ılımlı olmalıdır.

3.4.4 Dengelilik analizi, lineer olmayan (geometrik) bir sonlu elemanlar hesabı ile yapılabilir. Her yükleme için, yapıya gerilmesiz öndeformasyon 1. lineer burkulma özdeğer formu uygulanacaktır. 1. lineer özdeğer formunun global hesabı kritik burkulmanın maksimum yüksekliği, en büyük yatay boyutun (kesit boyu) 1/400'ü olacak şekilde yapılacaktır. Yüksekliğinin doğrulandığı hallerde, daha küçük öndeformasyona izin verilebilir. Bu koşullar altında, izin verilen gerilmeler, yüklerin dizayn değerlerini aşmayacaktır.

3.4.5 Lineer olmayan sonlu elemanlar hesabı kullanılan dengelilik analizinde, 1. bifurkasyon yükünü hesaplamak için lineer bir yöntemle göre ilave doğrulama sağlanacaktır. Bu, karakteristik yükten büyük olmalıdır. Ayrıca, öndeformasyondan sonraki burkulmanın sonucu olarak, bitişik yapı elemanlarında ve yapısal ayrıntılarda (örneğin; yapıştırmalı birleştirmelerde) hasar oluşmadığı gösterilecektir.

Tablo 5.4 Elyaf arası hatanın analizi için C_{1FF}

Elyaf doğrultusuna göre hata durumu	Elyaf arası hata durumunda değiştirilecek ΔF kuvvet bileşeni	
	%0 < ΔF > % 5 için C_{1FF}	ΔF > %5 için C_{1FF}
Enine çekme ile birlikte kesme	0,60	0,80
Temel olarak kesme, enine basma ile birlikte	0,60	0,80
Temel olarak enine basma, kesme ile birlikte	0,80	1

3.4.6 Eğer dengelilik analizi lineer bir sonlu elemanlar hesabı ile yapılırsa, 1,25'lik ilave bir emniyet faktörü uygulanacaktır.

3.4.7 Analitik yaklaşımla yapılan gerekli dengelilik analizine alternatif olarak, dengelilik testlerle doğrulanabilir. Bu durumda, yükler için dizayn değerleri ve azaltım faktörleri, 3.4.2'ye göre dikkate alınacaktır. $C_{1c}=1,0$ azaltım faktörü uygulanacaktır. Eğer testler, yapısal bileşenlerde veya örneklerde yapılacaksa, bu testlerin onay koşulları, **TL** ile anlaşarak önceden belirlenecektir.

4. Cam Elyaf Takviyeli Plastikler (CTP)

4.1 -30°C ile +50°C arasındaki izin verilen ortam sıcaklıklarında, yapı elemanlarında kullanılan malzemelerin mukavemeti ve katılığını belirlemek için, **TL** tarafından onaylı veya akredite bir laboratuvar tarafından asgari olarak aşağıda belirtilen testler yapılacaktır.

Not :

Elyafların özellikleri ve boyutlar, dokuma olmayan kumaşinkinden daha önemlidir.

Matris ve yapıştırma malzemesi :

- Yük altında çökme sıcaklığının (DIN EN ISO 75-2, yöntem A'ya göre, en az 3 örnek), 2.2.4'e göre cam geçiş sıcaklığı için minimum sıcaklığın belirlenmesi.

Kompozit :

- Çekme mukavemetinin belirlenmesi için en az 6 örnekte, elyaf doğrultusuna paralel çekme testi (DIN EN ISO 527-5, Tip A), hata zorlanması, E-modülü ve Poisson sayısı,
- Çekme mukavemetinin belirlenmesi için en az 6 örnekte, elyaf doğrultusuna dik çekme testi (DIN EN ISO 527-5, Tip B) hata zorlanması, E-modülü,
- Basma mukavemetinin belirlenmesi için en az 6 örnekte, B form test parçası ile, elyaf doğrultusuna paralel yönde basma testi (DIN EN ISO 14126), hata zorlanması, E-modülü,

- Kesme mukavemetinin belirlenmesi için en az 6 örnekte, $\pm 45^\circ$ laminatlar için çekme testi (DIN EN ISO 14129),

- Basma mukavemetinin ve hata zorlanmasının belirlenmesi için en az 6 örnekte, elyaf doğrultusuna dik basma testi (DIN 65375).

4.2 -30°C'den daha düşük izin verilen ortam sıcaklıkları için aşağıdaki asgari ilave testler gereklidir:

Matris ve yapıştırma malzemesi :

- İzin verilen en düşük ortam sıcaklığı 10°C altındaki başlangıç sıcaklığı ile matris ve yapıştırma malzemesinin dinamik mekanik özelliklerinin (DIN EN ISO 6721-2'ye göre) belirlenmesi, 3 örnek
- Her biri 6 örnekte olmak üzere, oda sıcaklığında ve izin verilen en düşük ortam sıcaklığında DIN EN 1465'in sınırları içindeki bindirme-kesme testi veya eşdeğer testler. Test prosedürü ve örneğin oluşumu için önceden **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

Kompozit :

- İzin verilen en düşük ortam sıcaklığında, çekme gerilmesi hata zorlanması ve E-modülünün belirlenmesi için, en az 6 örnekte elyaf doğrultusuna dik çekme testi (DIN EN ISO 527-5, Tip B),
- İzin verilen en düşük ortam sıcaklığında kesme mukavemetinin ve kesme modülünün belirlenmesi için en az 6 örnekte, $\pm 45^\circ$ laminatlar için çekme testi (DIN EN ISO 14129),

4.3 Gerekli olabilecek diğer değerler testlerden çıkarılabilir veya literatürden alınabilir. **TL** ile anlaşarak, diğer standartlar kullanılabilir. Kural olarak, test sonuçları, her 4 yılda bir doğrulanacaktır.

4.4 Madde 2.4.3'e göre yorulma mukavemeti doğrulamasındaki C_{1b} faktöründeki m eğim parametresi, Bölüm 3, C.3.4.4 göz önünde bulundurularak, aşağıdaki şekilde kabul edilebilir:

- m = 9 polyester reçine matrisli laminatlar için.
- m=10 epoksi reçine matrisli laminatlar için.

4.5 Bu m değerleri, elyaf miktarı, hacimce en az %30, en çok %55 olan laminatlar için, ilave doğrulamalar olmaksızın uygulanır. Diğer elyaf hacim oranları ve matris reçineleri için, uygun bir analiz (S/N eğrisi) yapılacaktır.

4.6 N = 1 yük çevrimi sayısı için, karakteristik yapısal eleman direncinin şiddeti, aşağıdaki şekilde kabul edilebilir:

$$R_{k,A} = (R_{k,t} + |R_{k,c}|) / 2 \quad (E.8)$$

4.7 Laminatların 50°C'deki kesme veya eğilme modüllerindeki azalma, 23°C'dekilere göre %20'den daha fazla değilse C_{2x} faktörü -30°C ile 50°C arasındaki ortam sıcaklıklarının etkisi için uygulanır.

4.8 Yük taşıyan laminatları, tek yönlü cam-elyafı takviyeli tabakalardan yapılan yapılar, kısa-sürelili ve yorulma mukavemeti bakımından, sadeleştirilmiş zorlanma doğrulanması ile sınıflandırılabilir. Etkilerin dizayn değerlerinde, elyaf doğrultusu boyunca zorlanma, aşağıdaki dizayn değerlerinin altında kalacaktır:

- Çekme zorlanması $\epsilon_{Rd,t} \leq \%0,35$ (E.9)
- Basma zorlanması $\epsilon_{Rd,c} \leq \%|-0,25|$ (E.10)

4.9 Yük etki bölgelerindeki ortalama dayanma gerilmesi, ayrıca doğrulamaya gerek olmaksızın, elyaf doğrultusunda 100 N/mm²'yi aşmayacaktır.

5. Karbon Elyaf Takviyeli Plastikler (KTP)

5.1 Bu maddede tanımlanan karakteristik değerler, yüksek gerilmeli takviye elyaflarına aittir. Diğer elyaf tiplerinin (HM, HS, IM, piç-esaslı elyaf, "ağır çekmeli", vb) doğrulanması ile ilgili analiz için TL ile anlaşmaya varılacaktır (Bölüm 3, C.3.4.5'e bakınız).

5.2 KTP ile metal bileşenler arasındaki doğrudan temas durumunda, temas korozyonundan kaynaklanan olası hasarlar, uygun önlemlerle önleneyecektir.

5.3 Elyaf doğrultusuna paralel basmadaki mekanik özellikler testlerle kanıtlanacaktır. Test örneğinin laminat kalitesi daha sonraki üretim hattındakine eşdeğer olacaktır. Laminatın kalitesi (elyafın doğrultusu ve dalgalanması, porozite, vb.) bileşenin üretim spesifikasyonunda belirtilecektir.

5.4 -30°C ile +50°C arasında izin verilen ortam sıcaklıkları için kullanılan malzemelerin mukavemetinin ve katılığının belirlenmesi hususunda 4.1'e bakınız. Bundan farklı olarak -30°C ile +50°C arasındaki izin verilen ortam sıcaklıkları için aşağıdaki standartlara göre iki test yapılacaktır.

- Çekme mukavemeti, hata zorlanması ve E-modülünün belirlenmesi için en az 6 adet örnekle, elyaf doğrultusuna dik çekme testi (DIN EN 2597)
- Basma mukavemeti ve hata zorlanmasının belirlenmesi için, en az 6 adet örnekle, A1 test parçasında (8 mm. ± 0,25 mm. serbest burkulma boya azalımına izin verilir) elyaf doğrultusuna paralel basma testi (DIN EN 2850, draft of April 1998'e göre).

5.5 -30°C'dan daha düşük izin verilen ortam sıcaklıkları için, 4.2 uygulanır. Bundan farklı olarak, -30°C'dan daha düşük ortam sıcaklıkları için, aşağıdaki standartlarda bir test yapılacaktır.

- Çekme mukavemeti, hata zorlanması ve E-modülünün belirlenmesi için en az 6 adet örnekle, elyaf doğrultusuna dik çekme testi (DIN EN 2597).

5.6 Madde 2.4.3'e göre yorulma mukavemetinin doğrulanmasındaki C_{1b} faktöründeki m eğim parametresi KTP için m = 14 olarak alınabilir. Bu m değeri, elyaf miktarı hacimce en az %50, en çok %60 olan laminatlar ve epoksi reçine matris için, ilave doğrulamalar olmaksızın uygulanır. Diğer elyaf hacim oranları ve matris reçineleri için, uygun bir analiz (S/N eğrisi) yapılacaktır.

5.7 N=1 yük çevrimi sayısı için, karakteristik yapısal eleman direncinin şiddeti, aşağıdaki şekilde kabul edilebilir:

$$R_{k,A} = (R_{k,t} + |R_{k,c}|) / 2 \quad (E.11)$$

5.8 Laminatların 50°C'daki kesme veya eğilme modüllerindeki azalma, 23°C'dakilere göre %20'den daha fazla değilse C_{2x} faktörü -30°C ile +50°C arasındaki ortam sıcaklıklarının etkisi için uygulanır.

5.9 Yüksek laminat kalitesinin doğrulanabilmesi koşuluyla, yük taşıyan laminatları, tek-yönlü cam elyafı takviyeli tabakalardan yapılan yapılar, kısa-sürelili ve yorulma mukavemeti bakımından, sadeleştirilmiş zorlanma doğrulaması ile sınıflandırılabilir. Etkilerin dizayn değerinde, elyaf doğrultusu boyunca zorlanma, aşağıdaki dizayn değerlerinin altında kalacaktır:

- Çekme zorlanması $\epsilon_{Rd,t} \leq \%0,24$ (E.12)

- Basma zorlanması $\epsilon_{Rd,c} \leq \%|-0,18|$ (E.13)

5.10 Yük etki bölgelerindeki ortalama dayanım gerilmesi, ayrıca doğrulamaya gerek olmaksızın, elyaf doğrultusunda 150 N/mm²'yi aşmayacaktır.

6. Yapıştırırmalı Bağlantılar

6.1 Yapıştırırmalar için mukavemet analizi, gerekli değişimlerle birlikte, 3.'e göre yapılacaktır. Yapışan yüzeyler ve hatalardaki gerilme yığılmaları dikkate alınacaktır (Bölüm 3, D.5.1.2'ye bakınız).

6.2 Üretici tarafından yapıştırıcı için verilen uygulama sınırlarına dikkat edilecektir. Yapıştırırmalı bağlantılar, sıyrılma momentleri veya kuvvetlerinden mümkün olduğunca kaçınılacak tarzda dizayn edilecektir.

6.3 Eğer analizlerde, testlerden elde edilen karakteristik değerler esas alınırsa, her durumda örnekteki gerilme yığılmaları ile ilgili bulguların hakiki yapı elemanlarına aktarılabilmesi kontrol edilecektir. Gerekirse, karakteristik değerler, çeşitli gerilme yığılmalarıyla orantılı olarak düzeltililecektir.

6.4 Kararlı gerilme eğrileri için izin verilen kesme gerilmesini belirlemek için, kullanılan yapıştırıcı için,

23°C'da ve 50°C'da bindirme-kesme testleri veya eşdeğer testler yapılacaktır. Test prosedürü ve örneğin hazırlanması için, TL ile anlaşmaya varılacaktır. Malzeme için kısmi emniyet faktörü γ_{Md} hesaplanan karakteristik değere uygulanacaktır. γ_{Md} ; γ_{M0} kısmi emniyet faktörünün (2.4.1'e bakınız) aşağıda verilen C_{id} azaltım faktörü ile çarpımından elde edilecektir :

$C_{1d} = 1,5$ yaşlanma etkisi

$C_{2d} = 1,0$ sıcaklık etkisi

$C_{3d} = 1,1$ yapıştırılan yüzeyin çoğaltımı

$C_{4d} = 1,0$ geç sertleşen yapışma

$= 1,1$ geç sertleşmeyen yapışma

6.5 TL tarafından onaylı iki bileşenli termoset yapıştırıcılar için, ilave doğrulama olmaksızın

$$\tau_{Rk} = 7 \text{ N/mm}^2 \text{lik} \quad (E.14)$$

karakteristik kesme gerilmesi kullanılabilir. Yapısal elemanda oluşan gerilme yığılması 3,0'e kadar olan bir faktör ile bu değerle karşılanır.

6.6 Yorulma doğrulaması için, karakteristik S/N eğrisi, 23°C'daki testlerden hesaplanacaktır. Test prosedürü ve örneğin hazırlanması için TL ile anlaşmaya varılacaktır. Malzeme için kısmi emniyet faktörü γ_{Me} , hesaplanan karakteristik değere uygulanacaktır. γ_{Me} ; γ_{M0} kısmi emniyet faktörünün (2.4.1'e bakınız) aşağıda verilen C_{ie} azaltım faktörü ile çarpımından elde edilecektir :

$C_{1e} = 1,0$ (sadece biçimsel kod)

$C_{2e} = 1,1$ sıcaklık etkisi

$C_{3e} = 1,1$ yapıştırılan yüzeyin çoğaltımı

$C_{4e} = 1,0$ geç sertleşen yapışma

$= 1,1$ geç sertleşmeyen yapışma

Yorulma doğrulamasında, ortalama gerilmenin etkisi, 3.2.3 ve 4'e benzer şekilde dikkate alınacaktır.

6.7 Eğer, 10^7 yük çevrimi için eşdeğer sabit-aralıklı spektrumdan elde edilen gerilme aralığı $\tau_{Rd} = 1,0$ N/mm²'den küçükse **TL** tarafından onaylı iki bileşenli termoset yapıştırıcılar için, kesintili olmayan kararlı kesme gerilmesi eğrisini sahip birleştirmelerin yorulma doğrulaması (örneğin; pervane kanatlarının göbeği ve gövdesi veya üst ve alt kabuğu arasındaki birleştirmeler) yapılacaktır.

Yapısal elemanda oluşan gerilme yığılması, 3,0'e kadar olan bir faktör ile bu değerle karşılanır.

6.8 Nokta yüklerin (örneğin; metal insertler) yorulma doğrulaması için, karakteristik S/N eğrisi, 23°C'deki testlerden hesaplanacaktır. Birleştirmedeki nem etkisi dikkate alınacaktır.

F. Ahşap

1. Aşırı ve çalışılabilirlik sınır durumlarının doğrulaması kural olarak, Eurocode 5'e göre yapılacaktır.

2. Ahşap pervane kanatları gibi, dinamik olarak yüklü yapısal elemanların analizi, **TL** ile anlaşarak tanımlanacaktır.

3. Çeşitli tip lamine ahşaplardan yapılan pervane kanatlarının yorulma davranışı hakkındaki doğrulanmış bilgiler sınırlıdır.

4. Özellikle, ortam koşullarının uzun süreli etkileri büyük çapta belirsizdir. Ahşaptan yapılan pervane kanatları gibi, dinamik yüklü yapısal elemanlar için yeterli yorulma mukavemetinin sağlanmasına yönelik boyutlandırma için, buradaki esaslardaki isteklere göre etkin nem geçirmezlik temel ön koşuldur.

5. Kanat ile göbek arasındaki birleştirme elemanları, Bölüm 5, C'ye göre, makina ve çelik yapı bileşenleri olarak doğrulanacaktır.

EK 5-A

SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MUKAVEMET ANALİZİ

1. Genel

Mukavemet analizinin amacı, tipi ve kapsamı, hesaplamalar ile değerlendirme ve dokümantasyon ayrıntılarının tanımına ait istekler ve öneriler aşağıda verilmiştir. Gerekli kapsam, her durumda özgün projeye bağlı olup burada verilen isteklerden farklılık gösterebilir.

1.1 Giriş

1.1.1 Bu ek'in amacı, buradaki esaslarda belirtilen istekler ışığında, rüzgar türbininin sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile mukavemet analizine ait bilgiler ve yönergeler sağlamaktır. Buradaki hedef; yöntemin seçiminde, modellemede, analizin yapılmasında ve sonuçların yorumunda olası hataları önlemek, kişilerden ve ilgili programdan bağımsız olan sonuçların değerlendirilmesini sağlamak ve yararlı yapısal sonuçlar oluşturmaktır. Bu ek, sonlu elemanlar analizinin kalite güvencesine katkıda bulunan genel esaslara ve önerilere, uygulamayla ilgili ek olarak hizmet eder. Bu bağlamda, NAFEMS (International Association for the Engineering Analysis Community) yayınlarını da içeren ayrıntılı literatüre başvurulmalıdır. Aşağıda verilenler temel olarak metal yapılarla ilgilidir. Elyaf takviyeli plastikten yapılan yapılar için, gerekli değişimlerle uygulama yapılır.

1.1.2 Genelde, gerilme analizi, ilerideki kısımlarda daha ayrıntılı olarak açıklanan, aşağıdaki kademelerden oluşur:

- Yapının ve sınır koşullarının modellenmesi,
- Ana yüklerin ve yük durumlarının belirlenmesi ve modellenmesi,
- Analizin yapılması,
- Modelin doğrulanması,

- Sonuçların değerlendirilmesi.

Sonuçta, çalışma kademeleri dokümente edilecektir (5.'e bakınız).

1.1.3 Yapının, sınır koşullarının ve yüklerin modellenmesinde, analizin amacına ve yapının tipine bağlı olarak, bazı sadeleştirmeler mümkündür veya gereklidir. Bu konuların mevcut yazılım ve donanım olanakları ile ve öngörülen analiz kapsamı ile belirlenmesi ve ayrıca teknik ilerlemelere bağlı olarak değişebilmesi nedeniyle, geniş bir yelpazede uygulanabilmesi bakımından, aşağıdaki açıklamalar, genelleştirilmiş bir formda ifade edilmiştir. Halen kullanılmakta olan prosedürlerin kısa sunumlarına ilave olarak, özellikle rüzgar türbinlerinin çeşitli yapıları ve bileşenleri için, modelleme, analiz ve değerlendirme sırasında dikkat edilecek hususlara ait notlar verilmiştir. Daha ayrıntılı yönergeler ve bilgiler konuyla ilgili özel literatürden ve yazılım açıklamalarından elde edilebilir.

1.1.4 Analizin tipi ve kapsamı, genelde, değerlendirilecek yapısal tepkinin cinsine bağlıdır. Kural olarak, mukavemet analizinde, aşağıdaki yapısal tepkiler önceliklidir:

- Belirlenen yük durumları için gerilmeler ve deformasyonlar,
- Hata davranışı ve hata sınırı yükünün bütünlüğü (örneğin; burkulma yükü)
- Kritik yapısal tepkinin belirlenmesine ait özdeğerler.

Yapısal tepki doğrudan veya daha sonraki hesaplamalardan değerlendirilir.

1.1.5 Yükleme olarak; Bölüm 4'e göre dış yükler ile taşınan ağırlıktan ve ivmeli kütlelerden kaynaklanan olası ilave kuvvetler dikkate alınacaktır. Zamanla değişen yükler durumunda, varsa, yapının dinamik davranışı, dinamik olarak artırılmış yükler ve / veya yapısal tepkiler (örneğin; kule veya tahrik sistemi) formunda dikkate alınacak, ya da bir seçenek olarak, dinamik analizler yapılacaktır (ancak, bu konu daha ayrıntılı olarak incelenmeyecektir).

1.1.6 Yapısal tepki, lineer veya lineer olmayan tarzda yükün büyüklüğüne bağlı olabileceği dikkate alınacaktır. Aşağıdaki durumlarda lineer olmayan etkiler önemli olabilir:

- Genelde, yapının hata davranışının analizi için,
- Geometrik düzgünlük: büyük deformasyonlu, bağıl olarak esnek yapılar için,
- Yapısal düzgünlük: temas sorunları veya değişken sınır koşulları için, örneğin; civatalı birleştirmelerin yüke bağlı açıklıkları,
- Malzeme düzgünlüğü : yapısal bölgelerin plastikleşmesi nedeniyle lineer olmayan malzeme davranışı.

1.1.7 Rüzgar türbinlerinin yapısal dizaynında, yapısal koşullara bağlı olarak, deformasyonlar ve gerilmeler aşağıdaki kategorilere ayrılabilir :

- Birincil yapısal bileşenlerin global deformasyonları ve gerilmeleri (göbek, ana gövde, kule, vb.),
- Birincil yapısal bileşenlerin ve bunların yapısal ayrıntılarının lokal deformasyonları ve gerilmeleri (örneğin; stifnerler),
- Yapısal ayrıntılardaki lokal olarak artırılmış gerilmeler.

Mukavemet analizinin ve modelleme, yükleme ve değerlendirme çeşidi hedefi 1.3 ÷ 1.5'de daha ayrıntılı olarak incelenecek olan, bu ayrıntılardan birine ait olabilir.

1.2 Mukavemet analizinin hedefinin, tipinin ve kapsamının belirlenmesi

1.2.1 Yapının modellenmesi ve yüklenmesi üzerinde karar verici etkisinin olması nedeniyle, mukavemet analizinin hedefi, tipi ve kapsamı açıkça belirlenmelidir.

1.2.2 Analiz sonuçlarının hedefi; analizde dikkate alınacak deformasyonların ve gerilmelerin kategorisinin belirlendiği 1.1.4'de tanımlanan seçeneklerden elde edilir, aynı zamanda 1.1.7 ve 1.3 ÷ 1.5'e de bakınız.

1.2.3 Analizin tipi; lineer veya geometrik, yapısal ve / veya malzeme ile ilgili lineer olmayan analizler içerir, 1.1.6'ya da bakınız.

1.2.4 Analizin kapsamı; modelin seçilen kapsamına ve gerekli ılgara hassasiyetine bağlıdır, 2.1 ÷ 2.3'e de bakınız.

1.3 Global deformasyonlar ve gerilmeler

1.3.1 Çekme, kesme, eğilme ve burulma yükleri altındaki yapının tepkisi, global (yani geniş-alanlı) deformasyonlar ve gerilmeleri içerir. Özellikle karmaşık geometriler (örneğin; ana gövde) veya yükler (örneğin; göbek) için, öngörülen yapısal tepkiler, kiriş veya levha teorisi kaideleriyle modellenemez.

1.3.2 Bileşke gerilmeler, nominal gerilmelerdir, yani kesit yüklerinin ve kesit değerlerinin birleşik miktarlarından oluşan gerilmelerdir. Global nominal gerilmeler, lokal gerilme artışlarını içermez, bunlar ilave olarak eklenmelidir (1.4 ve 1.5'e bakınız).

1.4 Lokal deformasyonlar ve gerilmeler

1.4.1 Stifnerler ve levhalar gibi bileşenlerin yapısal ayrıntılarında, lokal yükler nedeniyle ilave deformasyonlar ve gerilmeler oluşabilir.

1.4.2 Bileşenlerin yapısal ayrıntıları; stifnerleri, derin elemanları, flençli levhaları ve delikleri, köşeleri ve geçişleri içerir.

1.4.3 Bileşke lokal gerilmeler; global gerilmelerle birleştirilmiş nominal gerilmelerdir (1.3.2'ye bakınız). Bu birleştirmeler, lokal olarak ilave momentler veya kuvvetler oluşturan ekzantriklikler veya kuvvet doğrultusundaki diğer yön değişimlerinde oluşabilir. Ayrıca, yapısal ayrıntılarda, lokal olarak arttırılmış gerilmeler oluşabilir.

1.5 Lokal olarak arttırılmış gerilmeler

1.5.1 Yapısal ayrıntılarda ve devamsızlıklarda, özellikle yorulma mukavemeti ile ilgili olarak değerlendirilmesi gereken lokal olarak arttırılmış gerilmeler oluşabilir. Burada iki tür gerilmeden bahsedilebilir :

- Çentik bölümündeki maksimum gerilme, 1.5.2'ye bakınız.
- Özellikle kaynaklı birleştirmeler için tanımlanan yapısal veya sıcak-nokta gerilmesi, 1.5.3'e bakınız.

1.5.2 Çentikli bileşenlerdeki maksimum gerilmeler, malzemenin elastik sınırını geçebilir. Lineer olmayan çentik gerilmesi σ ve zorlanma ε yerine, lineer-elastik malzeme davranışı kabulü ile normal durumlar için σ_k çentik gerilmesi hesaplanabilir ve değerlendirilebilir. Çok keskin çentikler durumunda, malzemenin lokal destek etkisi (sünek) dikkate alınabilir.

1.5.3 Karmaşık kaynaklı yapılarda, değerlendirme sırasında (sadece) kaynak topuğunun neden olduğu gerilmeler dikkate alınırken, FE analizinde sadece yapısal geometrinin sonucu olarak gerilme artışı hesaplanır. Bu kaynaklarda σ_s yapısal veya sıcak-nokta gerilmesine yol açar ve bu, elastik metal davranışı kabulü ile hesaplanır.

1.5.4 Lokal olarak arttırılmış gerilmelerin doğrudan hesabının yanı sıra, listelenmiş gerilme yığılması faktörlerinin veya ayrıntı sınıflarının kullanımı mümkündür. Yığılma faktörleri ve ayrıntı sınıflarının kullanımında, ilgili nominal gerilmeler, tanımlarına göre yeterli hassasiyetle belirlenmelidir. Ayrıca, listelenmiş verilerin uygulama aralığı ve geçerliliği dikkate alınmalıdır.

1.5.5 Lokal olarak arttırılmış gerilmelerin tanımı ve belirlenmesi ile ilgili diğer hususlar, Bölüm 5'deki yorulma mukavemeti analizinde verilmiştir.

2. Yapının Modellenmesi

2.1 Modelin kapsamı

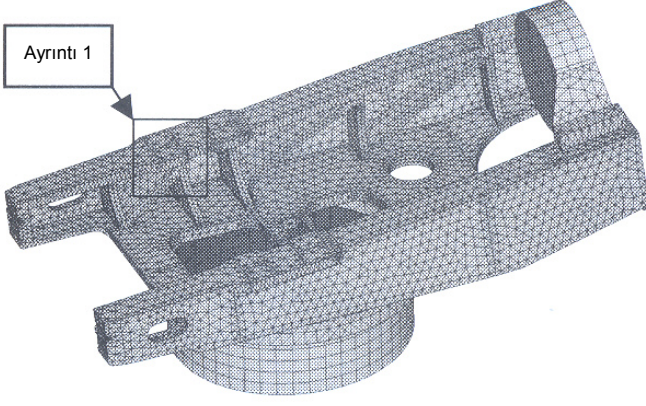
2.1.1 Rüzgar türbinlerinin FE modelleri, genelde, tekil bileşenler için oluşturulur. Bu modeller için, bitişik yapısal alanların etkileşimini uygun bir tarzda temsil etmek için, anlamlı sınır koşullarının girilmesi sağlanacaktır. Gerekirse, modelde bitişik bileşenler de dikkate alınabilir (Şekil 5.A.1'e bakınız). Lineer olmayan etkiler dikkate alınacak veya uygun sadeleştirmelerle lineer hale getirilecektir. Eğer, idealize edilmiş sınır koşulları ile sonuçların bozulması riski varsa, model sınırı ile incelenen yapısal alan arasında uygun bir arttırılmış mesafe sağlanmalıdır.

2.1.2 Rüzgar türbini bileşenlerinin parçalarının lokal mukavemet analizi için kısmi modeller veya alt modeller kullanılır (Şekil 5.A.2'ye bakınız). 3 boyutlu global modeller gibi, kısmi modeller veya alt modeller de, karmaşık, 3-boyutlu mukavemet davranışının analizinde kullanılır.

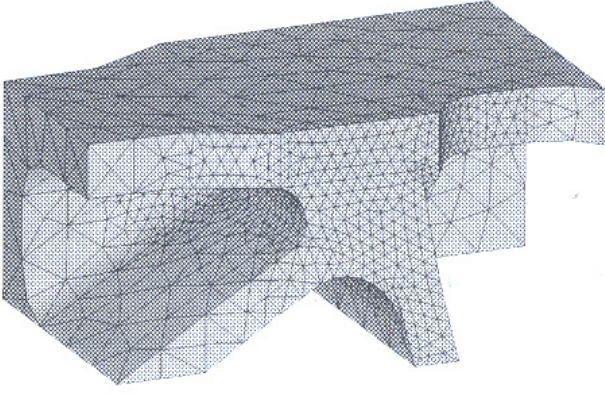
2.1.3 Lokal modeller, ikincil veya özel bileşenlerin ve yapısal ayrıntıların mukavemet analizinde kullanılır. İncelemelerin ana odağı genelde kaba modele dahil edilebilen (Şekil 5.A.3) ancak, mukavemet analizinin hedefi üzerinde hiçbir etkisi olmayan veya çok az olan (1.1.3'e bakınız), lokal yapısal davranışın ve / veya yapısal ayrıntılar ve devamsızlıklardaki lokal olarak arttırılmış gerilmelerin analizidir (Şekil 5.A.3 veya 5.A.4'deki ayrıntılar). Bu nedenle, taşıyıcı braketlerin kantitatif gerilme analizine uygun olmasa dahi, Şekil 5.A.3'deki yarım-modelin ızgara sistemi, mevcut göreve uygun olarak seçilmiştir.

Örnek :

Şekil 5.A.4'deki taşıyıcı braketin analizinin hedefi (tüm yapının yorulma davranışı bakımından, taşıyıcı braketlerin kaynak dikişinin etkilerinin analizi amacıyla alt model tekniğinin uygulanması) temelde, yarım-model kullanılan analizin hedefinden farklıdır (kulenin üst flencindeki kule kabuğu düzenlemesinin hassas incelemesi / Şekil 5.A.3'deki ayrıntı 1).



Şekil 5.A.1 Bitişik bileşenlerle birlikte ana gövde modeli



Şekil 5.A.2 Ana gövdenin alt modeli (Şekil 5.A.1'deki ayrıntı 1)

2.2 Elemanların seçimi

2.2.1 Kullanılan elemanların tiplerinin seçimi, genelde analizin amacına bağlıdır. Seçilen eleman tipinin özellikleri, yapının sağlamlığını ve analiz edilecek gerilmeleri yeterli hassasiyette yansıtabilmelidir. Mukavemet analizini yaparken, kullanılan elemanların karakteristikleri hakkında yeterli bilgi ön koşuldur, program dokümanları ve ilgili literatür izlenmelidir.

2.2.2 Genelde rüzgar türbini yapılarının mukavemet hesaplarında, aşağıdaki tip elemanlar kullanılır:

- Makas elemanları (aksiyal dayanımlı, eğilme dayanımsız 1 D elemanlar).

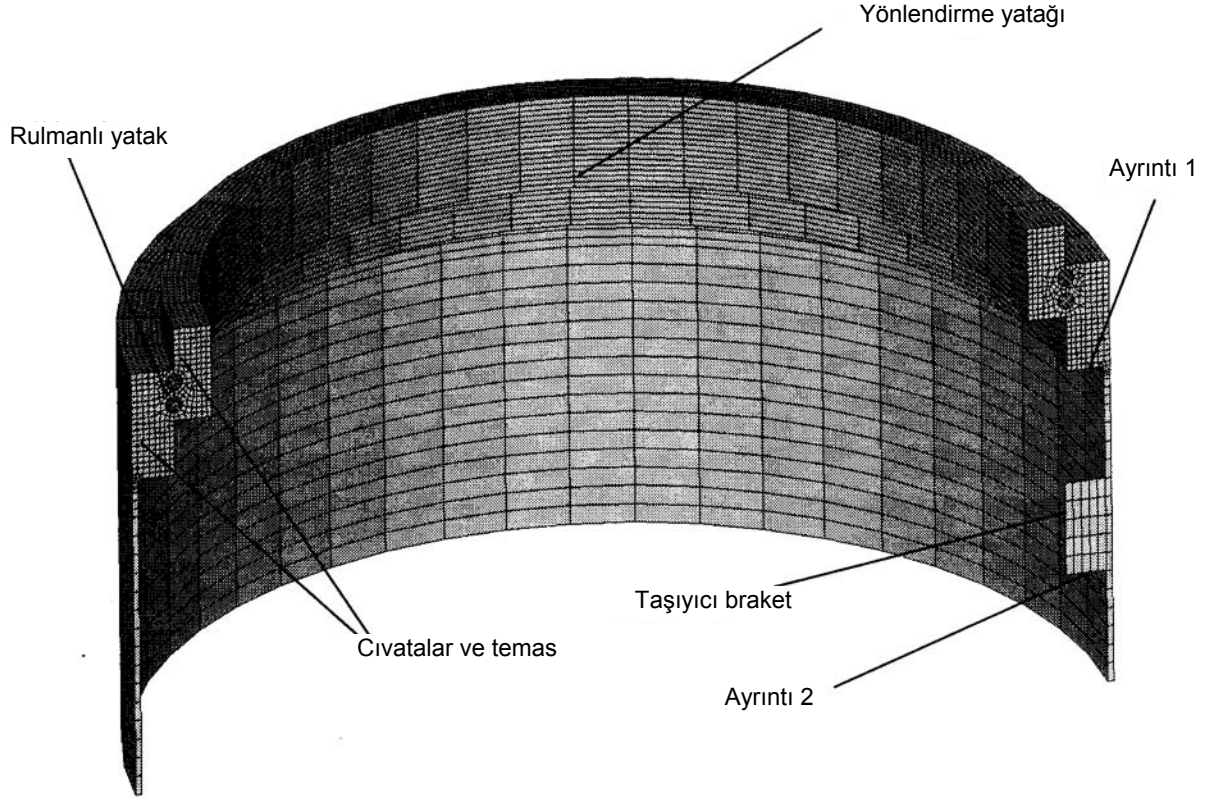
- Kiriş elemanlar (aksiyal, kesme, eğilme ve burkulma dayanımlı 1 D elemanlar),
- Levha ve kabuk elemanları (membran, eğilme ve burkulma dayanımlı 2 D elemanlar),
- Solid elemanlar (3 D elemanlar),
- Sınır ve yay elemanları,
- Temas elemanları (lineer olmayan yay karakteristikli yay elemanları).

Farklı eleman tipleri kullanılırken, yer değiştirme işlevlerinin uyumluluğuna, özellikle düğümlerdeki eğilme dayanımlı ve eğilme dayanımsız elemanların eşleşmesi için, sınır yükleri ve gerilmelerin aktarılabilirliğine dikkat edilmelidir.

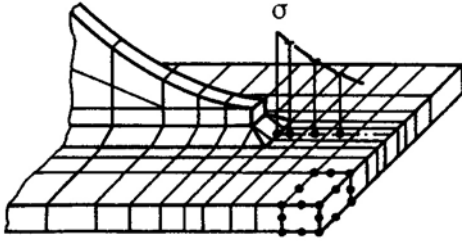
2.2.3 Seçilen eleman tipleri; yük durumları veya analiz edilecek özdeğerler için deformasyon ve gerilmeleri ya da hata sınırı yüklemesinin şiddetini belirlemedeki hata davranışını yansıtmalıdır. Bazı durumlarda, elemanların uygun şekilde seçilmesi vasıtasıyla ikinci derecedeki bazı etkiler hariç tutulabilir. Rüzgar türbini yapılarının modellenmesinde yaygın olarak kullanılan eleman tiplerine ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.2.4 Genel olarak, mukavemet analizinde, bileşenlerin eğilmesinin nasıl ve ne oranda dikkate alınacağı belirlenmelidir. Tam eğilme davranışı durumlarında, ilgili eleman tipleri ile birlikte, kiriş veya kabuk teorisi uygulanabilir. Solid eleman kullanımında, eğer ilgili eğilme davranışına izin verilecekse, daha yüksek derecede yer değiştirme işlevi (örneğin; ilave orta nokta düğümleri) veya daha sık bir ağ seçilmelidir.

2.2.5 Lokal modellerde, tüm rijit bileşenler-yapısal ayrıntılardakiler dahil-, levha, kabuk veya solid elemanlar uyumlu olacak şekilde, önemlidir. Lokal olarak artırılmış gerilmelerin hesabında, eleman seçimine ait bilgiler Kısım 5 "Mukavemet Analizleri"nde verilmiştir.



Şekil 5.A.3 Kulenin üstünde yönlendirme yatağı düzenlenmesinde hassas inceleme için yarım-model



Şekil 5.A.4 Lokal model (Şekil 5.A.3'deki ayrıntı 2)

2.2.6 Sonuçların değerlendirilmesinde, gerilme durumunun iki eksenli olması nedeniyle, model yüzeyinde kabuk elemanların düzenlenmesi, yüzey gerilmesinin gösterimi bakımından faydalı olabilir. Burada, kabuk elemanların, lokal rijitlik üzerinde herhangi bir etki oluşturmamasına izin verilmemesine dikkat edilmelidir.

2.3 Eleman bölmelenmesi

2.3.1 Ağın, sıklığı; yapının rijitlik durumu, analiz edilecek gerilme tipleri ve olasılıkla hata durumu, yeterli hassasiyetle modellenecek şekilde, eleman özellikleri dikkate alınarak seçilecektir. Eleman tipinin ve ağ sıklığının seçimi, lokal olarak artırılmış gerilmelerin ve hata sınırı yüklerinin hesabına büyük etkisi vardır. Yetersiz ağ sıklığı genelde, lokal gerilme piklerinin önemli derecede düşük hesaplanmasına ve hata sınırı yüklemesinin büyük hesaplanmasına neden olur. Rüzgar türbini yapılarının modellenmesinde genelde kullanılan ağ bölmelemesi ile ilgili bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.3.2 Ağın bölmelenmesinde, yapısal geometri ve yük uygulama veya mesnet konumları dikkate alınacaktır.

2.3.3 Eleman özelliklerini dikkate alırken, elemanların uyumluluğu; rijitlik, bileşke şekil değişimleri ve gerilmeler bozulmayacak şekilde seçilecektir. Basit yer değişimi fonksiyonları için, elemanın kenar uzunlukları oranı 3:1'den büyük olmamalıdır.

2.3.4 Lokal olarak artırılmış gerilmelerin hesabında, ağ sıklığı, gerilme değişimine göre artırılacaktır. Lokal olarak artırılmış gerilmelerin hesabındaki ağ sıklığına ait ayrıntılar ilgili literatürde (örneğin; NAFEMS) verilmiştir.

2.4 Sadeleştirmeler

2.4.1 Rüzgar türbini yapısının karmaşıklığı nedeniyle özellikle global mukavemet analizinde olmak üzere, modellemede genel olarak sadeleştirmeler gereklidir. Sonuçların ihmal edilebilir miktarda bozulması koşuluyla sadeleştirmelere izin verilir.

2.4.2 Modellemede, sadece global modelin rijitliğine az oranda etki eden küçük ikincil bileşenler veya ayrıntılar ihmal edilebilir. Bunlara örnekler; küçük açıklıklar, delikler ve köşelerdir, ancak bunların lokal gerilme artışı etkileri uygun tarzda dikkate alınacaktır (örneğin; gerilme yığılması faktörü uygulanarak).

2.4.3 Büyük açıklıklar global yapıyı etkiler ve daima lokal yapıda etki oluşturur, bu nedenle her durumda dikkate alınmalıdır.

2.4.4 Levha kalınlığındaki veya profil ölçülerindeki farklılıklar, mümkün olduğunca eleman sınırında yer almalıdır. Eleman sınırlarında yer almadığı durumda, bunlar, eşdeğer rijitliğin elde edilmesi bakımından, uygun şekilde uygulanan eleman verileri vasıtasıyla dikkate alınacaktır.

2.4.5 Levha elemanlar, genelde ilgili bileşenlerin orta-düzlemine yerleştirilecektir.

2.5 Sınır koşulları ve mesnetler

2.5.1 Modele, yer değişimlerini veya dönmeleri sınırlandırarak ve uygulayarak mesnet konulması çeşitli amaçlara hizmet eder:

- Model rijit gövde yer değişimini ve dönmelerini sınırlandırmak,
- Mevcut mesnet noktalarını fiziksel olarak modellemek,
- Model kenarlarındaki bitişik yapısal bölgelerin etkileşimini modellemek.

Mesnetlerin, gerçekçi olmayan yer değişimi veya dönme kısıtlamalarına neden olmaması sağlanacaktır.

2.5.2 Fiziksel olarak mevcut olan, kuvvetleri ve momentleri karşılayan mesnetler fiili mesnet boyu ve yay rijitliği ile gerçeğe mümkün olduğunca yakın olarak modellenmelidir.

2.5.3 Rüzgar türbinlerinin yapılarının ve bileşenlerinin parçalarının mukavemet analizi için, model kenarlarındaki bitişik yapısal bölgelerin etkileşimi, mümkün olduğu kadar gerçeğe yakın şekilde modellenmelidir. Bu, yük ve / veya yapı simetrik veya asimetrik olarak dağıtılırken, simetri düzleminde, simetrik veya asimetrik koşullarla yapılabilir. Bazı durumlarda, etkileşim, sınırda öngörülen gerilmeler veya kuvvetler ve momentler ile tanımlanabilir. Bu parametreler, örneğin; daha büyük bölgelerin yapısal analizinden (alt model tekniği) veya kiriş kuvvetleri ve momentlerinden (örneğin; kule kesiti) elde edilebilir. Lineer olmayan sınır koşulları dikkate alınacak ve gerekirse lineerize edilecektir (örneğin; flençli birleştirmedeki delikler, sadece basma yükleri ile rulmanlı ve kaymalı yataklar için yük aktarımı).

2.6 Giriş verilerinin kontrolü

2.6.1 Yapısal geometrinin modellenmesi ve malzeme özellikleri için kullanılan giriş verileri, hatalar yönünden ayrıntılı olarak kontrol edilecektir. Veri kontrolünün etkinliği, verilerin görselleştirilmesi ile önemli oranda artırılabilir.

2.6.2 Sonlu elemanlar ağının geometrisi genelde göz kontrolü ile yapılmalıdır. Burada tekil elemanların yanlışlıkla iki kez girilmesi veya bitişik elemanların birbirine bağlanmaması olasılığı dikkate alınmalıdır. Ayrıca, 2D elemanların kalınlığı veya 1D elemanların kesit özellikleri gibi kolayca görülemeyen geometrik veriler de kontrol edilmelidir.

2.6.3 Geometrik verilere ilave olarak, girilen malzeme verileri ile sınır koşulları ve mesnetler dikkatle kontrol edilmelidir. Bu parametrelerin, sonuçlar üzerinde önemli derecede etkili olduğu unutulmamalıdır.

2.6.4 Yapılan kontroller dokümanite edilmelidir.

2.6.5 Kapsam, istekler ve dokümantasyon ile ilgili diğer ayrıntılar 5.'de verilmiştir.

3. Yapının Yüklmesi

3.1 Genel

Rüzgar türbininin yapıları ve bileşenlerinin mukavemet analizi ile ilgili yükler, Bölüm 5, B.1'deki "yapının yükü ile ilgili genel notlar"a göre uygulanacaktır.

3.2 Yüklerin modellenmesi

3.2.1 Yükler gerçekçi bir şekilde modellenecektir. Gerekirse, yapının modellenmesi, yüklerin modellenmesine adapte edilmelidir, 2.3.2'ye bakınız.

3.2.2 Yayılı yükler (örneğin; doğrusal veya alan yükleri), elemanların yer değiştirme işlevi dikkate alınarak, eşdeğer düğüm kuvvetleri ve momentlerine uygulanabilirse dönüştürülecektir.

3.2.3 Eğer büyük yapısal alanların kaba modelinden elde edilen sınır deformasyonları lokal modele uygulanıyorsa, ara düğümler için enterpole edilmiş ilgili değerler tanımlanacaktır.

3.3 Yük girdilerinin kontrolü

3.3.1 Yüklerin giriş verileri hatalar yönünden kontrol edilecektir. Yapısal geometri nedeniyle, kontrolün etkinliği, uygun kontrol programları ve verilerin görselleştirilmesi ile önemli oranda artırılabilir.

3.3.2 Kuvvetlerin ve momentlerin toplamalarının kontrolü, özellikle önemlidir. Dengelenmiş yük durumları için, artık kuvvetler ve momentler ihmal edilebilir olması ve reaksiyon kuvvetleri ve momentlerinin uygulanan yükleri karşılık gelmesi sağlanacaktır.

3.3.3 Yapılan kontroller dokümanite edilecektir. Kapsam, istekler ve dokümantasyon ile ilgili diğer ayrıntılar 5.'de verilmiştir.

4. Hesaplar ve Sonuçların Değerlendirilmesi

4.1 Sonuçların makuliyeti

4.1.1 Değerlendirme sırasında sonuçlar makul olma bakımından kontrol edilecektir. Bu, özellikle büyüklüklerinin öngörülen aralık içinde yer alıp almadığının ve yükler ve sınır koşulları veya mesnetlere göre anlamlı olup olmadığının anlaşılması için deformasyonların görsel sunumu ve kontrolünü içerir.

4.1.2 Ayrıca, mesnetlerdeki kuvvetlerin ve momentlerin öngörülen büyüklükte ve ihmal edilebilecek kadar küçük olup olmadığı kontrol edilecektir.

4.1.3 Büyük yapısal bölgeci modellerden alınan, belirli sınır deformasyonlarına sahip lokal modeller için, sınırlar civarındaki gerilmelerin, iki modele uygunluğunun kontrolü gereklidir (alt model doğrulaması).

4.1.4 Gerilme pikleri; yükler ve sınır koşulları bakımından gerilmelerin yeri, dağılımı ve büyüklüğünün makul olması kontrol edilecektir. Nominal gerilmelerin tanımı mümkün olup, yığılma faktörleri gerilme dağılımından hesaplanabilir ve verilen yığılma faktörleri ile karşılaştırılabilir.

4.1.5 Lineer olmayan hesaplamalar için, çözümün lineer olmayan bölgede yeterli doğrulukta belirlenip belirlenmediğinin kontrolü gereklidir.

4.2 Deformasyonlar

Yapının deformasyonları, diğer şahısların sonuçlarının makul olmasını kontrol edebilmesi bakımından genelde çizimle gösterilecektir.

4.3 Gerilmeler

4.3.1 Belirlenen yük durumlarına ait mukavemet analizinde (örneğin; azami yükler), bileşenin tümünün gerilmeleri genelde grafik olarak sunulacaktır. Sadece maksimum değerin yer almasının mümkün olduğu, artırılmış lokal gerilme analizi bundan istisnadır.

4.3.2 Gerilmeler, Bölüm 5'de tanımlanan izin verilen değerlere göre kontrol edilecektir. İlgili gerilme sınıfına dikkat edilmelidir, 1.1.7'ye bakınız.

4.3.3 Gerilme değerlendirmesinde, eleman merkezi ile eleman kenarı veya köşesi arasındaki gerilme değişimleri dikkate alınmalıdır. Değerlendirmeye, hakiki yapıya göre modelde sadeleştirme dahil edilecektir. Eğer, açıklıklar, kaba ağıllı modellerde, sadeleştirilmiş şekilde dikkate alınırsa, gerilmeler açıklığın yanında kalan kesite ait olacaktır.

4.3.4 Nisbeten kaba ağıllı modellerde, mevcut yapısal ayrıntılarda ve devamsızlıklardaki lokal gerilme artışları, etkileri ayrıca dikkate alınmamışsa, değerlendirmeye dahil edilecektir.

4.3.5 Netliğin sağlanması bakımından, değerlendirmenin, izin verilen ve mevcut gerilmeler arasındaki ilişkiden elde edilen rezerv faktörleri yardımıyla yapılması önerilir. Büyük modellerde, sonuç tabloları oluşturulmalıdır.

4.3.6 Malzeme yönünden lineer olmayan analizler için, lokal elasto-plastik gerilmelere ilave olarak, lokal zorlanma da genel olarak hesaplanmalı ve değerlendirilmelidir.

4.3.7 Cıvatalı bağlantıların Bölüm 6, E.2.2'ye göre FEM ile yorulma doğrulaması için, çekme ve eğilme gerilmelerinden kaynaklanan kenar gerilmeleri dikkate alınacaktır.

4.4 Yorulma mukavemeti

4.4.1 Genelde, tekrarlı gerilmelerin bulunması nedeniyle, rüzgar türbini bileşenlerinin değerlendirilmesinde yorulma mukavemeti dikkate alınmalıdır.

4.4.2 Yorulma mukavemeti yönünden gerilmelerin değerlendirilmesinde, gerilme tipi dikkate alınacaktır (yani seçilen model ile nominal gerilmelerin mi ya da lokal olarak arttırılmış çentik veya yapısal gerilmelerin mi hesaplanacağı), 1.1.7'ye de bakınız.

4.4.3 Değerlendirmede, kullanım oranı veya rezerv faktörünün uygulanması önerilir.

4.4.4 Özellikle özel yorulma analizi ile ilgili olmak üzere, diğer ayrıntılar, Bölüm 5.'de verilmiştir.

4.5 Sonuçların sunulması

4.5.1 Elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar esas alınarak verilen kararlar bütünüyle ve açık olarak dokümanite edilecektir.

4.5.2 Dokümantasyon, grafikler ve listeler formunda olabilir. Özellikle, grafiklerin sonuçları yeterli doğrulukta verememesi durumunda listeler gereklidir. Kapsamlı listeler, örneğin; kullanım oranı veya rezerv faktörlerine göre gruplanmalıdır.

4.5.3 Kullanılan tüm semboller ve kısaltmalar, açıklanmalıdır.

4.5.4 Kapsam, istekler ve dokümantasyon ile ilgili diğer ayrıntılar 5.4'de verilmiştir.

5. Rüzgar Türbinlerinin Sertifikalandırılması ile ilgili FE Analizlerinin Dokümantasyonu

5.1 Genel

Rüzgar türbini yapılarının sertifikalandırılması ile ilgili hesaplama analizinin dokümantasyonuna ait biçimsel ve içerikle ilgili istekler aşağıda verilmiştir. Gerekli kapsam, aşağıda belirtilenlerden farklılık gösterebilir.

5.2 Dokümantasyonla ilgili genel istekler

5.2.1 Bu kısımda, dokümantasyonla ilgili istekler, analiz yaklaşımından (analitik veya FEM) bağımsız olarak geniş kapsamlı olarak sunulmaktadır.

5.2.2 Teknik ve hesaplama açısından, hesaplamalı analizin dokümantasyonu, diğer tüm dokümanlarla birlikte bir bütün olacaktır (resimler, spesifikasyonlar).

5.2.3 Dokümanlarda, referans ve revizyon numaraları açıkça belirtilecektir. Çalışma ve yayımlanma tarihi açık olarak belirtilecektir.

5.2.4 Dokümantasyonda; her durumdaki revizyonları gösteren bir içerik tablosu bulunacaktır.

5.2.5 Aşağıda belirtilenler gösterilecektir:

- Hedefin, tipin (kullanılan yöntem ve uygulanan teoriler) ve hesaplama kapsamının tanımı,
- Ana yük durumlarının beyanı ve bu sonuçlar esas alınarak gelecekteki sınır çalışmalarında kullanılabilecek olan kullanım oranı ve / veya rezerv faktörlerinin gösterimi (Bölüm 5, C.3.2.2'ye de bakınız).

5.2.6 Terimler, semboller ve birimler, dokümanlarda açık olarak tanımlanacak ve uygulanacaktır.**5.2.7** Seçilen düzenleme sistemi açık olarak sunulmalıdır. Eğer birden fazla düzenleme sistemi kullanılırsa, bu sistemler birbirinden açık şekilde ayrılacaktır. Düzenleme sistemleri şunları içerir:

- Koordinat sistemleri,
- İşaret kuralları (örneğin; kesit veya yer değiştirme miktarları veya gerilmeler ve zorlanmalar için),
- Gösterimler (örneğin; madde numaraları, bileşenler, düğüm-eleman numaraları),
- Yük durumları ve bunların kombinasyonları, genel sisteme ait alt sistemler.

Düzenleme sistemlerinde kullanılan verilerin gösterimi (örneğin; girdiler ve sonuçlar) açıkça tanımlanabilir olacaktır.

5.2.8 Teknik düzeyi yansıtan, uygulanan standart ve kılavuzlardan alıntılar ve referanslar (özel analiz yöntemleri veya modelleri dahil) sıralı olarak listelenecektir.**5.2.9** Doğrulan yüklere atıflar; başlık, referans numarası ve revizyon numarası ile birlikte yük dokümantasyonu beyanı yoluyla yapılacaktır. Yükler ile ilgili olarak kullanılan kısmi emniyet faktörleri dokümanite edilecektir. Yorulma analizlerinde zaman serileri kullanıldığında; geçerli ve onaylı yüklerin kullanıldığını göstermek üzere, yük spektrumu grafik formda dokümantasyona eklenecektir.**5.2.10** Eğer yüklerin ayrı ayrı yerleştirilmesi / adaptasyonu için mekanik modeller kullanılırsa, bunların kaynakları dokümanite edilecektir. Bunlar, tercihen, skeçler veya (düzeltilmiş) montaj resimleri yardımıyla grafik formunda yapılmalıdır. Sonuçlar, kısmi veya geçici sonuçlar olarak sunulacaktır (5.4.2'ye bakınız).**5.2.11** Hesaplama analizinde kullanılan boyutlar ve egzantriklikler ile hesaplarda esas alınan sınır koşulları ve sadeleştirmelerin kanıtı olarak, aşağıda belirtilenler, dokümantasyonu ilave edilecektir:

- Geometriyi açık bir şekilde gösteren montaj resimleri ve kesit resimleri,
- Üretim ve malzeme spesifikasyonları (dizayn sınırlarının ve analiz hipotezlerinin kontrolü için),
- Tekil parça resimleri, ve / veya bitişik bileşenlerin tip dokümanları, verileri analizlerde kullanılan elastomer burçların yay karakteristikleri.

Not :

Bitişik bileşenler veya yapıların sertifikalandırması kapsamında, dokümanlar ayrı olarak verilmişse, bunlarda ilgili dokümanın başlığı, referans numarası ve revizyon numarası bulunacaktır.

5.3 Dokümantasyon için özel istekler**5.3.1** Aşağıdaki istekler, özellikle FE analizlerinin dokümantasyonu için uygulanacaktır. Bu maddede giriş verileri ele alınmış olup, sonuçlar 5.4'de belirtilmektedir. Uygulanabilen durumlarda, dokümanlar aşağıdaki verileri içerecektir:

- Kullanılan yazılımın açıklaması (isim, değişim ve versiyon işareti, varsa ön işlem, son işlemler ve çözüm fazı ile ilgili çeşitli yazılım paketlerinin açıklaması),
- Mekanik yapı modelindeki tepkilerin girdilerinin açık sunumu 5.2.9'da belirtilen yüklerden başka, tepkiler, özellikle sıcaklıkları, öngerilmeleri ve varsa kusurları içerir,

- İsimlendirerek veya aşağıdakileri bildirerek modelin tanımı :

- Kullanılan elemanlar (1D, 2D, 3D elemanlar, eleman yaklaşımının isimlendirilmesi, temas ve kütle elemanları),
- İlave eleman opsiyonları (örneğin; düzlem gerilme yaklaşımı, aksiyal simetri),
- İlave eleman sabitleri (örneğin; atalet momenti, kesit alanı tanımı, eleman kalınlığı),
- Malzeme değerleri (örneğin; elastik, plastik, sürtünme katsayısı),
- Ayrıntı düzeyini göstermek, mesnet ve sınır koşullarını açıklamak üzere tüm ilgili yönlerden ağırlı FE modeli. Burada ayrıntılar, modelin büyütülmüş perspektivi ve / veya kesitleri ile tanımlanacaktır (örneğin; iç görünüş),
- Tüm geometrik sadeleştirmeler, ihmal edilen delikler, açıklıklar, yarıçaplar, vb. belirtilecek ve sonuçlara atıflarla doğrulanacaktır,
- Konum, boyut ve etki yönüne göre yük uygulaması (tekil, alan veya hacim yükleri),
- Kavrama koşulları, kaynaşma ve temas elemanları,
- Cıvata ve yay öngerilme uygulamalarında kullanılan elemanlar,
- Doğrulamaları ile birlikte, burada listelenmeyen, modelde kullanılan opsiyonlar.

5.3.2 Hesaplarda esas alınan girdiler, programların birinde hazırlanacak ve uygun sayıda genel ve kısmi sunum halinde dokümanite edilecektir. Bu girdiler, grafik formda gösterilecektir. Veri setinin genel durumu ve açıklığı, grafik bir sunumla yeterince düzeltilemiyorsa, bunlar tablo halinde basılabilir. Gerekli tüm ilavelerin ve açıklamaların (el ile yazılı olsa dahi) eklenmiş olması önemlidir.

5.4 Sonuçlar

5.4.1 Genel

5.4.1.1 Sonuçlar, genel olarak, kısmi ve nihai sonuçlar olmak üzere ikiye ayrılır.

5.4.1.2 Eğer numerik sonuçlar başka işlemlere tabi tutulacaksa, genel sonuçların hassasiyetinin, geniş çapta modelin kalitesine bağlı olabileceğine dikkat edilecektir.

5.4.2 Kısmi sonuçlar

5.4.2.1 Kısmi veya geçici sonuçlar, giriş verilerinin makul olmasının kontrolünün dokümantasyonunda kullanılacaktır.

5.4.2.2 Kullanım durumuna göre aşağıdaki kısmi sonuçlar dokümanite edilecektir:

- Ağ kalitesinin değerlendirilmesi (yüksek gerilmeli bölgelerde)
 - Yüksek distorsiyonlu, dönmeli ve eleman kenarlarının aşırı dar veya geniş açılı olduğu FE modelindeki elemanların gösterimi ile,
 - Elemanların hata tahminleri ile (örneğin; enerji hipotezleri ile),
 - Özellikle karmaşık sistemler için, tüm FE modelinin veya kısmi modelin değiştirilmiş ağırlı hassasiyet çalışması sonuçlarının belirtilmesi ile.
- Aşağıda belirtilen etkiler;
 - Yük uygulamasının (örneğin; yardımcı yapılar, cıvata öngerilmesi, ispitli tekerlek / St.Venant prensibi)
 - Kullanılan simetri koşulları ve kaplin koşullarının (St. Venant prensibi)
 - Sapmaların ve sadeleştirmelerin (köşe, delikler, ortalama rijitlik, vb.)

Uygulanan birim yüklere göre deformasyon kontrollerini

kullanarak, en yüksek gerilmeli bölgelerin sonuçlarına göre değerlendirilecektir. Bunun için, ana gerilme ve zorlanmaların ve bunların yönlerinin sunumu yararlıdır. Bu sonuçlar, seçilen sınır koşullarının ve sadeleştirmelerin tartışılmasında esas olarak kullanılacaktır.

- Doğrusal olmayan durum kullanımında, dış yük ile gerilme (yani yapısal tepki) arasındaki bağlantı, grafik ve çizelge formunda (örneğin; cıvata gerilmesinin bağlantıdaki kısmi açıklık yüküne göre lineer olmayan eğrisi) sunulacaktır. Yapılan doğrusallaştırma tanımlanacaktır.
- Bileşenler ve yapı için, inceleme bölgelerinin (örneğin; geometrik çentikler) seçiminin değerlendirmesi. Burada, global modeldeki konumu açık olarak göstermek için şekiller kullanılacaktır. Uygulandığı takdirde, bu inceleme bölgeleri için, asgari transfer faktörü (veya transfer fonksiyonu) olarak birim yüklerle birlikte, gerilmelerin (zorlanmaların) listesi verilecektir.
- İncelenecek alt modeldeki gerilme yığılmalarının alt model kenarındaki sonuçlara etki etmediği gösterilecektir (St. Venant prensibi),
- Reaksiyon kuvvetlerini kullanarak, bir analiz vasıtasıyla dengenin kontrolü,
- FE modelinin hesaplanan ağırlığının, resimler ile karşılaştırılması suretiyle kalite denetimi,
- FE modelinden elde edilen değerlendirme verilerinin beyanı (örneğin; ortalaması alınan veya alınmayan eleman / düğüm sonuçları).

5.4.2.3 Hesaplama sonuçları programların birinde hazırlanacak ve uygun sayıda genel ve kısmi sunum halinde dokümanite edilecektir. Bu sonuçlar grafik formda gösterilecektir. Veri setinin genel durumu ve açıklığı, grafik bir sunumla yeterince düzeltilemiyorsa, bunlar tablo

halinde basılabilir. Gerekli tüm ilavelerin ve açıklamaların (el yazılı olsa bile) eklenmiş olması önemlidir.

5.4.2.4 Sınır çalışmaları için, onaylı modellerin ve orada hesaplanan aktarım faktörlerinin kullanımına izin verilir.

5.4.2.5 Sık yapısal tekrarlamalar durumunda, referans örnekler kullanılabilir.

5.4.2.6 FE sonuçları ve modeller, genelde okunabilir formda, uygun veri ortamında, dokümantasyonla birlikte sunulacaktır (yani **TL** tarafından özellikle izin verilmedikçe / istenmedikçe, makina veya programı kodu olmaksızın).

5.4.3 Nihai sonuçlar

5.4.3.1 Nihai sonuçlar, 5.2.5'de tanımlanan hedeftir. Bunlar, 4.5'deki sonuçları içerir. Sonuçlar, azami yük ve yorulma mukavemeti bakış açısından ayrı olarak dokümanite edilecektir.

5.4.3.2 Azami mukavemet analizinin dokümantasyonu:

- Azami yüklerin sonuçları, tercihen birim yüklerin bir kombinasyonu olarak, yorumları ile birlikte verilecektir. Yükler ile bunların grafikler / listelerde sunumu arasında kusursuz uyumluluk olması sağlanacaktır.
- Hesaplanan (eşdeğer) gerilmeler ile dizayn değerleri arasındaki karşılaştırma, Bölüm 5.'deki spesifikasyona göre dokümanite edilecektir.

5.4.3.3 Yorulma mukavemeti analizinin dokümantasyonu:

- Sonuçlar, Bölüm 5 ve 7'de tanımlanan hükümlerin dikkate alınması ve global FE modeline veya daha önce seçilen bölgelere atıfta bulunarak (örneğin; kritik kesitler, sıcak noktalar) sunulacaktır.

BÖLÜM 6

YAPILAR

Sayfa

A. Genel	6- 1
B. Pervane Kanatları	6- 3
C. Makina Yapıları	6- 7
D. Türbin Kaportası Kapakları ve Pervane Başlıkları	6- 8
E. Birleştirmeler	6-11
F. Taşıyıcı Çelik Yapılar	6-19
G. Temeller ve Zemin	6-47
H. Beton Yapılar	6-56
I. Yüzer Yapılar	6-56
Ek 6-A.Yorulma Değerlendirmesi için Ayrıntı Sınıfları	6-57

A. Genel

1. Kapsam

1.1 “Bir rüzgar türbininin yapıları” terimi, bu kurallar kapsamında, yük taşıyan bileşenleri ifade eder. Bunlar; pervane kanatlarını, dökme, dövme ve kaynaklı yapıları, türbin kaportası kapakları ve pervane başlıklarını, kuleyi, temeli ve bu yapıların bağlanması için kullanılan cıvataları içerir. Makina bileşenleri ayrıca Bölüm 7’de incelenecektir.

1.2 Aşağıdaki kısımlarda, verilecek dokümanların ve yapılacak analizlerin kapsamı ve tipi açıklanmıştır. Ayrıca; üreticiler, malzemeler ve son muayenelerle ilgili istekler tanımlanmış ve gerektiği takdirde Bölüm 3’e atıfta bulunulmuştur.

1.3 Hesaplamalı mukavemet analizi için, Bölüm 5 dikkate alınacaktır. Bölüm 4’e göre belirlenen yük durumlarına ait dizayn yükleri (Bölüm 1, C.2.3.3’e bakınız) uygulanacaktır.

2. Genel Dizayn Değerlendirmeleri

2.1 Bir açık deniz rüzgar türbininin ömrü süresindeki yapısal bütünlüğü; dizayn incelemelerinin ayrıntılı

yapılmasına, malzeme ve üretimin kalitesine ve servisteki muayene ve bakıma bağlıdır. Bu bölümde gerekli dizayn incelemeleri ele alınmıştır.

2.2 Çalışılabilirlik ve işlevsel değerlendirmeler yapısal dizayna etki edebilir. Bunlar genelde tesisin sahibi / işleticisi tarafından belirtilecek ve TL tarafından yapılacak dizayn incelemelerinde dikkate alınacaktır (Bölüm 6, A.4’e de bakınız).

2.3 Deniz tabanında veya tabanın altında yer alan zeminin katılığı dizaynda dikkate alınacaktır (Bölüm 6, G’ye de bakınız).

2.4 Tüm yapının dinamik davranışının analizinde (global mukavemet), kütle dağılımı, eşdeğer veya kümeli kütleler kullanılarak, genelde sadeleştirilmiş formda simüle edilecektir. Ayrıntılar hakkında anlaşmaya varılacaktır (Bölüm 6, F.4’e de bakınız).

3. Yapıdaki Yükler

3.1 Genelde, taşıyıcı yapının kesit kuvvetlerinin (aynı anda etkiyen yükler ve yapının elastisitesi dikkate alınarak zaman alanlı hesaplamalarla) belirlenmesi, en ileri teknikle yapılır.

Bu şekilde belirlenen iç kuvvetler ve momentlerin, rastgele noktalar için enterpole edilmesi mümkündür.

3.2 Taşıyıcı yapıdaki yükler, Bölüm 4'e göre hesaplanacaktır.

3.3 Açık deniz rüzgar türbininin tüm sisteminin, kesit kuvvetlerinin dinamik hesaplarında, türbinin kontrol davranışı, taşıyıcı yapının katılığı ve dinamik tepkisi dikkate alınır. Boyutlandırmadan sonra, makina kütlelerinin (üst yapı) ve ataletin etkisi dahil, sistemin katılığı ve doğal frekansları, yük analizindeki ilgili kabulleri sağlayacaktır. Herhangi bir sapma varsa, analiz edilen yüklerin gözden geçirilmesi gereklidir.

3.4 Eğer sabit açık deniz rüzgar türbinlerinin kesit kuvvetleri, kuazi-statik analiz yardımı ile belirleniyorsa, dinamik arttırma faktörü dikkate alınmalıdır. Açık deniz rüzgar türbininin değişen rüzgar ve dalga yüklerindeki dinamik tepkisinin dikkate alınması için yükler, dinamik arttırma faktörü ile arttırılır. Türbin kanadı, taşıyıcı yapı üzerindeki rüzgar yükü için farklı dinamik arttırma faktörleri uygulanabilir. Dinamik arttırma faktörünün seçimi hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

3.5 Eğer kesit kuvvetleri, kuazi- statik analiz yardımı ile belirleniyorsa; açık deniz rüzgar türbininin makina kısmındaki yatay itme, aşırı rüzgar hızı modeli (EWM) ile hesaplanan yük durumlarında ve DYD 6.1, DYD 6.2, DYD 6.3, DYD 7.1 ve DYD 8.2 türbinin "servis dışı durumu"nda kuledeki rüzgar yükü, dinamik arttırma faktörü ile arttırılacaktır. Kesit kuvvetlerinin aeroelastik hesabı için, türbülansın uygun bir şekilde dikkate alınması koşuluyla (TL ile anlaşmaya varılarak), açık deniz rüzgar türbininin makina kısmındaki yatay itmedeki dinamik arttırma faktörü uygulamasından vazgeçilebilir. Rüzgar nedeniyle taşıyıcı yapıdaki yük, fırtına tepki faktörü kadar arttırılacaktır. Fırtına tepki faktörü ENV 1991 (Eurocode 1) veya DIN 1055-4'e göre hesaplanabilir.

3.6 Eğer dalga kaynaklı kuvvetler, kuazi-statik analizle belirleniyorsa, dalga yükündeki dinamik arttırma faktörü, tek dereceli serbestlikli sistemin modellenmesi yardımı ile belirlenebilir. Kabul edilen toplam sönümlenme

oranı, türbinin ve taşıyıcı yapının dizaynına bağlıdır. Kaba bir yaklaşım olarak, toplam sönümlenme oranının $\beta \approx 0,01$ olacağı kabul edilebilir. Pervane eksenini doğrultusundaki titreşimler için, türbin güç üretiminde iken, toplam sönümlenme oranı $\beta_x \approx 0,07$ kabul edilebilir.

Not :

Katılık ve dinamik tepki için, yük hesaplarındaki olası bant genişlikleri kabul ve dokümanite edilecektir.

3.7 Rüzgar kaynaklı enine titreşimler

Dairesel -veya dairesele yakın- kesitli, çelik kuleli eğik yapılar, rüzgar yönüne göre girdap kaynaklı enine titreşimlere hassas olabilir. Bu titreşimlerden gelen yükler, Bölüm 6, F.4.2.2 ve 6.H.4' veya Eurocode 1, Kısım 9 ve Ek C'ye göre hesaplanabilir.

3.8 Dalga ve/veya akıntı kaynaklı enine titreşimler Madde 3.7'de belirtilen yapılarda girdap kaynaklı titreşimler, dalgalar ve/veya deniz akıntıları nedeniyle de oluşabilir. Yapının bu uyarımlara hassasiyeti incelenecektir. Analizler, ISO 19902, A.9.12'ye göre yapılabilir.

3.9 Rüzgar ve/veya dalga hareketi nedeniyle oluşan, girdap kaynaklı global veya lokal titreşimler, gerekirse, yorulma analizine dahil edilecektir.

3.10 Yapının tekil elemanlarının lokal kuvvetlerinin, açık deniz rüzgar türbininin global davranışlarına etki etmese dahi, elemanların girdap kaynaklı titreşimlerinden etkilenebileceği dikkate alınacaktır.

4. Çalışılabilirlik Sınır Durumu

4.1 Çalışılabilirlik sınır durumundaki analizler için, hareketlerin dizayn değerleri, karakteristik değerler kullanılarak belirlenecektir (Bölüm 4, C.7.1'e bakınız).

4.2 Çelik yapılar için, Bölüm 5, C.5'de belirtilenler dikkate alınacaktır.

4.3 Donatılı beton ve öngerilmeli beton yapılar, Bölüm 5, D.2.3'e göre doğrulanacaktır.

4.4 Bölüm 1, C.2'ye ilave olarak, orada listelenen sınır durumlarının bazı örnekleri, aşağıda verilmektedir :

- Deformasyon sınır durumu, örneğin; emniyet aralığının sağlanması suretiyle tanımlanır (pervane kanadı /kule veya pervane kanadı / gergi teli arasındaki mesafe). Termal genişlemenin etkisi dikkate alınabilir.
- Titreşim sınır durumu, örneğin; titreşim genliğinin veya ivmelerin kabul edilebilir sınırlar içinde tutulması suretiyle tanımlanır. Bu sınır durumu, genelde kontrol sistemi tarafından oluşturulur (Bölüm 2, C.2'ye bakınız).
- Çatlak-oluşumu sınır durumu, beton yapılarda göz önüne alınacaktır. Çatlak genişlikleri, kabul edilebilir sınırlar içinde tutulacaktır.
- Gerilme veya uzama sınır durumu, örneğin; beton yapılardaki çekme ve / veya basma gerilmelerinin sınırlandırılması ile tanımlanır veya çelik yapıların, tipik hareketler altında plastikleşmeye uğramayacağının ön koşuludur.

5. Dayanıklılık

Açık deniz rüzgar türbini yapılarının periyodik muayeneleri arasında uzun aralıklar olması nedeniyle, dayanıklılığa özel önem verilecektir. Dayanıklı yapılarla ilgili temel prensipler, donatılı ve ön gerilmeli beton yapılar için örneğin; ENV 1992, Section 2.4 veya DIN 1045'de ve çelik yapılar için DIN 18800, Part 1, Sec. 7.7, DIN 4131, 4133 ve DIN EN ISO 12944'de belirtilmiştir.

6. Model Testleri

Tanınmış kuruluşların yapmış olması ve ayrıntılar için anlaşmaya varılmış olması koşuluyla, yapısal analizlere ek olarak model testleri kabul edilebilir. Özel hallerde model testleri gerekli olabilir.

B. Pervane Kanatları

1. Genel

1.1 Dizayn

1.1.1 Yatay eksenli açık deniz rüzgar türbinlerinin pervane kanatlarının mukavemeti ve çalışabilirliği, bu bölümdeki esaslara göre analiz edilebilir. Olağan dışı dizaynların analizi hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

1.1.2 Pervane kanatları ve birleştirme elemanları için tipik malzemeler, elyaf takviyeli plastikler (ETP) ve ahşaptır. Bu malzemelerden yapılan pervane kanatları ve kanat parçalarının mukavemet analizi, Bölüm 5'e göre yapılacaktır.

1.1.3 Pervane kanatları, Bölüm 8, I.3.9'a göre uygun bir yıldırımdan koruma sistemi ile teçhiz edilecektir. O bölümde belirtilen iletken kesitinin pervane yapısına bağlantısının kanıtları sağlanacaktır. Yıldırımdan korunma donanımı, kanat-göbek geçişi veya diğer bağlantılar, yıldırım akımını, pervane kanadından kuleye emniyetle iletebilecek şekilde olacaktır.

1.2 Üreticiler ile ilgili istekler

Bölüm 5, E.2.1'e bakınız.

1.3 Malzemeler ile ilgili istekler

Bölüm 5, E.2.2'ye bakınız.

2. Değerlendirme Dokümanları

- Bölüm 5, E.2.2'de belirtilen malzeme testleri ile ilgili dokümanlar testler, E.1.2'ye göre tanınmış bir test laboratuvarı tarafından yapılacaktır.
- Madde 4'de belirtilen doğrulamalar için değerlendirmeye tabi yazılı dokümanlar,
- Teslim durumundaki kanadın resimleri,
- Üretim aşamasını tanımlayan resim ve spesifikasyonlar,

- ACII veya MS Excel formatında, profil kesitlerinin koordinatları,
- Kanat test dokümanları (5.'e bakınız).

3. Teslim Kontrolleri

3.1 Nihai testler

3.1.1 Üretim sırasındaki kalite kontrolüne ilave olarak, üretici veya onun atadığı bir kuruluş, **TL** ile anlaşılacak kapsamda nihai testleri yapacaktır. Pervane kanadı tipine ait kalite dokümanları, seri üretim başlamadan önce, değerlendirme için **TL**'na verilecektir (Bölüm 1, B.5.3'e bakınız).

3.1.2 Nihai testler için asgari olarak aşağıdaki kontroller gereklidir:

- Üretim süresi boyunca pervane kanadı ile birlikte bulunacak olan; test dokümanları, kontrol dokümanları, iş-takip dokümanları ve kontrol listelerindeki ver i ve girdilerin güvenilirlik ve doğruluk kontrolleri,
- Profil verisinin hassasiyeti dahil geometri kontrolü (bir serideki en az bir kanat için, kenar ve kanat doğrultusundaki doğal frekansların belirlenmesi, kütle ve ağırlık merkezinde büyük sapmaların olması halinde, bu işlem birkaç kanat için yapılacaktır,
- Kütle ve ağırlık merkezinin belirlenmesi,
- Pervanenin dışının ve mümkünse içinin, gözle muayene edilmek suretiyle yapışma kontrolü,
- Rastgele örnekleme yoluyla malzeme özelliklerinin kabul kontrolleri (kapsam hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır),
- Her kanat takımı için balans kalitesinin kontrolü (Bölüm 4, C.2.1'e göre).

3.2 Dokümantasyon

3.2.1 Nihai testlerin tamamlanmasından sonra, her

pervane kanadı için, asgari olarak aşağıdaki verileri içeren bir teslim dokümanı düzenlenecektir:

- Pervane, kanat tipi,
- Seri numarası ve üretim yılı,
- Boyutlar,
- Kütle ve ağırlık merkezi,
- Varsa, aerodinamik fren tipi,

3.2.2 Her pervane kanadına ve seri numarası, kolayla ulaşılabilir bir yere markalanacaktır. Ayrıca, aşağıdaki bilgileri içeren bir bilgi etiketi konulacaktır:

- Üretici,
- Tip gösterimi,
- Seri numarası.

3.3 Hatalar

Üretim proseslerinden sapmalar, dokümante edilecektir. Eğer üretim gözetimi sırasında, emniyetli ilgili hatalar bulunursa, **TL** ile görüşerek düzeltici önlemler tanımlanacaktır.

4. Analizler

4.1 Analiz kavramı

4.1.1 Bileşen dirençleri R_d 'nin dizayn değerlerinin S_d tepkilerinin dizayn değerlerinden büyük olduğu gösterilecektir. Pervane kanatlarının mukavemeti, kural olarak azami mukavemet analiz ve yorulma analizi ile doğrulanacaktır. Basma ve / veya kesme yükü altındaki alanlar, azami yük durumundaki analizler vasıtasıyla, dengelilik hatasına karşı (burkulma, katlanma) incelenecektir.

4.1.2 Mukavemeti bilinen yöntemlerle doğrulanamayan bileşenler için, **TL** ile anlaşarak özel incelemeler gereklidir.

4.1.3 Nominal gücü 100 kW'a kadar olan rüzgar türbinleri için, **TL** ile anlaşarak, daraltılmış analiz yapılması mümkündür.

4.1.4 Pervane kanatları için, her durumdaki kritik yükler yönünden, en büyük yükleme / hasar ve en düşük emniyet (kritik noktalar) yerleri, gerek azami ve gerekse yorulma mukavemeti analizi için gösterilecektir. Eğer bu kritik noktalar ile bunların kritik yüklerinin tip ve şiddetleri yeterince açık değilse, bu bilginin sağlanması için hesaplar yapılacaktır. Geometrisi ve / veya malzemesi lineer olmayan noktalara özel dikkat gösterilecektir.

4.1.5 İstisnai hallerde (örneğin; yorulma analizi için), kritik noktalar yerine, ilgili yüklerle birlikte referans noktalarının (örneğin; ana eksenlerdeki noktalar veya kesit koordinat sistemi eksenindeki noktalar) sadeleştirme yoluyla doğrulanmasına izin verilir. Buradaki sonuçlar kritik noktaların emniyetinde kaynak olarak kullanılabilir. Referans noktaları ile kritik noktalar arasındaki minimum emniyet ilişkisi; temel incelemeler örnek raporlar, vb. vasıtasıyla uygun şekilde doğrulanacaktır. Kanat kökünün yorulma analizi için, eğer kanat ve kenar doğrultusu bakımından, artık emniyet 1,2 verilmişse, ayrıntılı bir muayene gerekli değildir.

4.1.6 Lokal yük uygulama bölgeleri civarındaki bağlantılar (örneğin; kanat kökünden metal insertler, uç şaftları), asgari olarak hasar-toleranslı olarak dizayn edilecektir.

Eğer bir hasar yapının ani arızasına yol açmıyorsa, o yapı hasar-toleranslı olarak kabul edilir.

4.1.7 Pervane kanatları ile tesisin diğer kısımları arasındaki asgari aralığın korunmasını sağlamak üzere, çalışılabilirlik sınır durumu içinde bir deformasyon analizi yapılacaktır. Eğer analiz statik yollarla yapılırsa, yüksüz durumdaki aralığa oranla pervane dönerken, tüm yük durumları için en az %50 ve pervane dururken, tüm yük durumları için %5'lik minimum aralık doğrulanacaktır.

4.1.8 Eğer deformasyon analizi dinamik ve aeroelastik yollarla yapılırsa, pervane dönerken, aralık en az %30'dan daha az olmayacaktır.

4.2 Tepkiler

4.2.1 Pervane kanatlarının mukavemet analizinde esas alınan yükler Bölüm 4'de verilmiştir. Dış kontrollerle çalışma koşullarının (dizayn durumları) (Bölüm 4, C'ye bakınız) süperpozisyonundan belirlenen yük durumları incelenecek ve boyutlandırma ile ilgili yük durumları doğrulanacaktır.

4.2.2 Kritik tepkiler olarak, aşırı iç kuvvetlerin ve momentlerin değişim fonksiyonunun belirlenmesi genelde yeterlidir.

4.3 Yapısal elemanların dirençleri

Yapısal elemanların dirençleri, Bölüm 5'e göre belirlenecektir.

5. Kanat Testleri

5.1 Genel

5.1.1 Hesaplamaların doğrulanması amacıyla, pervane kanatları, gerek doğal frekanslarda ve gerekse değerlendirme kapsamındaki statik yüklerde testlere tabi tutulacaktır. Bu testlerle ilgili istekler aşağıda tanımlanmıştır. Dizaynın özelliği nedeniyle, pervane kanatlarının, kanat kesitlerinin veya referans örneklerin ilave mukavemet testleri gerekli olabilir. Bununla ilgili istekler her durumda ayrı ayrı kararlaştırılacaktır.

5.1.2 Tüm testler ya tanınmış bir test laboratuvarı (yani, ilgili testler için akredite edilmiş veya **TL** tarafından tanınmış test laboratuvarı) tarafından veya **TL**'nin gözetiminde yapılacaktır. **TL**'nin gözetimi altında yapılan tüm testler için, onaylı bir test spesifikasyonu gereklidir. Bu spesifikasyon, testlere başlamadan yeterince önceden verilecektir.

5.2 Test istekleri

5.2.1 Test edilecek pervane kanatları, sunulan resimler ve spesifikasyonlara uygun olacaktır. Eğer testler nedeniyle lokal takviyeler gerekirse (örneğin; yük uygulama bölgelerinde), TL ile önceden anlaşmaya varılacaktır. Test raporunun bir parçası olarak, test edilen kanadın, resimler ve spesifikasyonlara uygunluğu belgelendirilecek veya uygun değilse, değişimler listelenecektir. Testin başlamasından önce, pervane kanadının kütlesi ve ağırlık merkezi belirlenecek ve dokümanite edilecektir.

5.2.2 Kural olarak, testler gerek pozitif gerekse negatif olarak, kanat ve kenar doğrultularında yapılacaktır. TL ile görüşerek, bazı hallerde testlerin kapsamı daraltılabilir. Ayrıca, asgari olarak, sabitlenmiş pervane kanadının 1. doğal frekansı, kanat ve kenar yönlerinde belirlenecektir. Boyu 30 m. den fazla olan pervane kanatları için, ikinci doğal frekansın kanat doğrultusunda ve burulma yönünden zayıf olan kanatlar için birinci burulma doğal frekansının ilaveten belirlenmesi gereklidir. Durma kontrollü türbinlerin pervane kanatlarında, kenar doğrultusundaki sönümlenme ölçülecektir.

5.2.3 S_{Test} test yükü aşağıdaki şekilde belirlenir:

$$S_{Test} = S_d \cdot \gamma_{1T} \cdot \gamma_{2T}$$

Burada ;

S_d = Yükün dizayn değeri,

γ_{1T} = 1,1 Seri üretimde pervane kanadı karakteristiklerinin dağılımı için,

γ_{2T} = 1,0 Testlerin; en az 20°C'lık hava ortamı sıcaklığında yapılması için,

= 1,1 Testlerin -30°C'lık hava ortamı sıcaklığında yapılması için

20°C'lık ile -30°C arasındaki değerler lineer enterpolasyonla elde edilir.

5.2.4 Testlerde görülen maksimum yükle ilgili olarak, kanat uzunluğunun en az %2,5 ile %70'i arasındaki her

nokta için, asgari olarak S_{Test} test yükü elde edilecektir. Ayrıca, en düşük kalan emniyetli kesitler için testler yapılacaktır. Burada, pervane kanadının deformasyonundan gelen yük etkileri dikkate alınacaktır.

5.2.5 Aşağıda belirtilen olası kritik alanlarda, düzgün yükleme gereklidir :

- Kesit özelliklerinin yavaşça ve sürekli olarak değiştiği, kanat kökünden profil kesitine kadar olan pervane kanadı kısmı,
- Esnemeye veya hataya karşı hesaplanmış en az artık emniyetli pervane kanadı kısımları,
- Lokal takviyelerin veya diğer özel dizayn özelliklerinin yer aldığı pervane kanadı kısımları.

Ayrıca analiz yapılmaksızın, yük uygulama bölgesinin her iki tarafında, lokal profil derinliğinin %80'i boyunca düzgün yükleme olmadığı kabul edilecektir.

5.2.6 Testler kapsamında, asgari olarak, aşağıdaki ölçümler yapılacaktır. Burada, sonuçlar S_{Test} maksimum test yükünün %40'ı ve %100'ü arasındaki en az 4 yükleme düzeyi için belirlenecektir:

- Uygulanan yükler, her yük uygulama noktasında ölçülecektir,
- Pervane kanadının eğilmesi, asgari olarak pervane yarıçapının yarısında ve kanat ucunda ölçülecektir,
- Üst ve alt cidardaki kirişin uzaması, 5.2.4'de belirtilen test alanına dağıtılmış en az 4 kesitte ölçülecektir,
- Önder ve takip kenarlarının uzaması, asgari olarak, maksimum kesit boyunda ve kanat uzunluğunun yarısında ölçülecektir,
- Tercihen en büyük yükün olduğu noktada olmak üzere, kanat kök alanında gövdenin kesme uzaması ölçülecektir,
- Testler sırasında dış sıcaklık kaydedilecektir.

5.2.7 Belirli koşullarda, diğer kritik noktalarda da uzama ölçümleri gerekli olabilir. Test sırasında ilgili yükleme düzeyi en az 10 saniye devam ettirilecektir. Test sırasında, lokal burkulma veya hataya izin verilmez.

5.2.8 Açık deniz rüzgar türbinlerinin pervane ve kanatlarının, bitişik yapıları ile birlikte test edilmesi ve cıvatalı bağlantıların gerilme koşulları da belirlenebilecek şekilde cihazla teçhizi tavsiye edilir.

5.3 Dokümantasyon

5.3.1 Yükler ve yükleme düzeneği, test spesifikasyonunda açık olarak tanımlanacaktır. Özellikle, yük uygulamasının yeri ve büyüklüğü ile kanat boyunca hakiki ve gerekli test yükü S_{Test} arasındaki sapma kaydedilecektir.

Tüm ölçümler ve ölçme düzenleri belirtilecek ve öngörülen sonuçlar listelenecektir. Testlerde izin verilen maksimum sapmalar, hesaplamaların ve ölçümlerin hassasiyetine bağlı olarak tanımlanacaktır. Eğilme çökmesi için maksimum $\pm\%7$, doğal frekanslar için $\pm\%5$ ve zorlanmalar için $\pm\%10$ sapmalara izin verilir. Test programı ve test kayıtları örneği eklenecektir.

5.3.2 Testler; testin konusunu ve test prosedürünü tanımlayan, test sonuçlarını listeleyen ve hesaplamalara göre değerlendiren bir raporla dokümanite edilecektir. Test raporu aşağıdaki hususları içermelidir:

- Testin tarihi ve süresi,
- Testten sorumlu kişi,
- Pervane kanadının tanımı ve özellikleri,
- Üretim dokümantasyonu (gerekirse ek olarak),
- Kütle, ağırlık merkezi ve doğal frekansların hesabı,
- S_{Test} test yükünün tanımı ve yük simülasyonundan türetimi,
- Test düzeneğinin ve yük uygulamasının tanımı,

- Ölçme düzenlerinin tanımı,
- Ölçme cihazlarının kalibrasyonu,
- Ölçümlerin hassasiyeti,
- Ölçüm parametreleri (kuvvetler, şekil değişimleri, zorlanmalar, sıcaklık, vb.).
- S_{Test} test yükünün fiili ve gerekli değerlerinin karşılaştırması,
- Hesaplanan ve ölçülen değerlerin karşılaştırması,
- Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi.

C. Makina Yapıları

1. Genel

Aşağıdaki kurallar; açık deniz rüzgar türbinlerinin kuvvet ve moment ileten makina yapılarına veya Bölüm 3, C.2'ye göre metal malzemelerden yapılan açık deniz rüzgar türbini bileşenlerine uygulanır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin makina yapılarının mukavemet ve çalışabilirlik değerlendirmesi için, aşağıdaki dokümanlar gereklidir:

2.2 Malzeme özellikleri ile birlikte bileşen verileri, seri üretilen parçalarda üreticiden alınan veriler, standart parçalar için standartlarla ilgili veriler, kullanılan spesifikasyonlara ait notlar, vb. Ayrıca, kaynaklı yapılarda parça listeleri gerekli olabilir.

2.3 Bitişik birincil elemanlar da dahil, tanımlamalar ile birlikte (parça gösterimleri, resim numarası, değişim indeksi) dizayn dokümanları (montaj resimleri, gerekirse işçilik resimleri ve spesifikasyonlar) verilecektir. Bu dokümanlar şunlar içerecektir:

- Döküm ve dövme malzemelerden yapılan yapılarda, yüzey durumu, ısıt işlem, korozyondan korunma, vb. gibi teslim koşullarıyla ilgili gerekli tüm veriler,
- Kaynaklı yapılarda, malzemelerle ilgili veriler, kaynak dikiş tipleri, ısıt işlem korozyondan korunma vb.

2.4 Seri üretilen parçalar arasında yer alan ve yeterli işlev görmesi suretiyle uygunlukları kanıtlanmış olan makina yapıları için genelde tip / veri dokümanları yeterlidir. Özellikle açık deniz rüzgar türbini için değiştirilmiş yapılar için ilave dokümanlar veya doğrulamalar gereklidir.

3. Analizler

3.1 Makina yapıları için mukavemet hesapları, azami mukavemeti ve çalışılabilirlik durumunu net olarak doğrulayacaktır. Bu hesaplar, aşağıda belirtilenlerle ilgili yeterli bilgiyi içerecektir:

- Dizayn yükleri,
- Statik sistemler (analog modeller) ve uygulanan genel sınır koşulları (bitişik bileşenlerin etkisi dahil),
- Malzemeler,
- İzin verilen gerilmeler,
- Kullanılan referanslar.

3.2 Malzemelerle ilgili istekler, doğrulamalar ve sertifikalar Bölüm 3'de verilmiştir. İlave kurallar, Bölüm 5, C'den ve uygulanabilen hallerde Bölüm 7'den elde edilebilir. Yüklerle ilgili olarak, Bölüm 4.'de verilen esaslar dikkate alınacaktır.

3.3 Teknik ve hesaplama noktalarından, hesaplama analizlerinin dokümanları, diğer tüm dokümanlarla (resimler, spesifikasyonlar) birlikte bir bütün oluşturacaktır. Hesaplama analizlerinde belirtilen bitişik bileşenler ve yapısal alanların referanslarının dokümanlara dahil edilmesine dikkat edilecektir.

3.4 Eğer farklı standartların ve kuralların analiz kavramları kullanılıyorsa, bunlar birbiriyle karıştırılmamalıdır.

D. Türbin Kaportası Kapakları ve Pervane Başlıkları

1. Genel

1.1 Dizayn

1.1.1 Yatay eksenli açık deniz rüzgar türbinlerinin kaporta kapakları ve pervane başlıklarının mukavemeti ve çalışılabilirliği, bu maddedeki kurallar çerçevesinde analiz edilebilir. Olağan dışı dizayn analizleri için TL ile anlaşmaya varılacaktır.

1.1.2 Kaporta kapaklarının yıldırımdan korunma sistemleri ile ilgili olarak Bölüm 8, I'ya bakınız.

1.2 Üreticilerle ilgili istekler

Herhangi bir istek yoktur.

1.3 Malzemelerle ilgili istekler

1.3.1 Genel istekler için Bölüm 3'e ve elyaf takviyeli plastikler için (ETP) Bölüm 5, E.2.2'ye bakınız.

1.3.2 Elyaf takviyeli plastikler (ETP) için, Bölüm 5, E.2.2'den farklı olarak, aşağıda belirtilenler uygulanacaktır. Kullanılan malzemelerin mukavemeti ve katılığı her durumda yeterince bilinecektir (yani liflere paralel ve enine doğrultuda çekme ve basma yükleri ve kesme için, elastisite modülü (E-modülü), Poisson sayısı, kullanılan tipik laminatların hata zorlanması ve hata gerilmesi). Malzeme testleri gerekli değildir, modüller, mukavemetler ve katılıklar, üreticinin malzeme spesifikasyonlarından veya literatürden alınabilir. Üretici, devam eden üretim için, analizlerde esas alınan karakteristik değerlerin sağlandığını doğrulayacaktır.

2. Değerlendirme Dokümanları

- Eurocode 1.

- 3.'de belirtilen doğrulamaların değerlendirmesine tabi yazılı dokümanlar,

3.2.1.2 Taşınan ağırlık için, Bölüm 4'deki γ_F kısmi emniyet faktörü seçilecektir.

- Dizaynı açıklayan resim ve dokümanlar.

3.2.2 Hareketli yükler

3. Analizler

3.2.2.1 Platformlar, panyollar, yürünebilir kapalı kısımların içi, vb. :

3.1 Analiz kavramı

$$P_{Sk} = 3 \text{ kN/m}^2$$

3.1.1 Hesaplamalar veya testlerle, R_d dirençlerinin dizayn değerlerinin, S_d tepkilerinin dizayn değerlerinden büyük olduğu gösterilecektir. Global kuvvetler ve bağlantılardan gelen yük uygulamaları dikkate alınacak ve birincil yapı elemanlarında izlenecektir (örneğin; ana kas, göbek). Elyaf takviyeli plastikler (ETP) için şunlar uygulanır:

$$F_{Sk} = 1,5 \text{ kN } 20 \text{ cm. x } 20 \text{ cm. de}$$

- Testlerle doğrulama durumunda, S_d tepkisi, Bölüm 6, B.5.2.3'e benzer şekilde test faktörleri ile arttırılacaktır.

3.2.2.2 Çatı yükleri, yürünebilir kapalı kısımların dışı :

$$P_{Sk} = 3 \text{ kN/m}^2$$

Çatıdaki toplam yük, sahadaki uygun işaretleme ile düşürülebilir (örneğin; çıkış kaportasındaki etiket)

- Elyaf arası hataların analizi yapılmayabilir.

$$F_{Sk} = 1,5 \text{ kN } 20 \text{ cm. x } 20 \text{ cm. de}$$

3.1.2 Tepkiler olarak, sadece aşırı yükler uygulanacaktır.

3.2.2.3 Yatay direnç göstermesi öngörülen tüm yapısal elemanlardaki yatak yükler (zeminden ve duruş düzeyinden itibaren yük uygulamasının yüksekliği $H = 1,1$ m. yük dağılımı genişliği 20 cm. veya geniş alanlı kaporta kapakları için 20 cm x 20 cm basınç alanı):

3.1.3 Çalışılabilirlik sınır durumu analizinde, hassas analiz yapılmayabilir. Karakteristik yükler altındaki bir yapı elemanının maksimum eğilme çökmesi, maksimum serbest (desteklenmeyen) aralığın 1/200'ünden (çerçeve ve konsollar için 1/150'sinden) büyük olamaz.

$$P_{Sk} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{Sk} = 1,5 \text{ kN her doğrultuda.}$$

3.2 Tepkiler

3.2.2.4 Her durumda, en olumsuz yük, kritik yüküdür.

3.2.1 Taşınan ağırlık

3.2.2.5 Düşmeye karşı koruma olarak, tutma kolları (kişisel emniyet için, belirgin renkle işaretlenecek):

3.2.1.1 Genel olarak, Eurocode 1'deki değerler kullanılacaktır. Eğer kullanılan malzeme listelenmişse, karakteristik değerlerin özellikle belirtilmediği durumlarda, üretici değerlerinin ortalamasının 1,05 katı (karakteristik değerlerin tahmini olarak) kullanılacaktır. Tekil değerlerdeki çelişkiler ve bu değerlerin bulunmaması durumunda, aşağıdaki öncelik kullanılacaktır :

$$F_{Sk} = 20 \text{ kN her doğrultuda.}$$

- Üreticiden elde edilen ortalama değerlerin 1,05 katı,

3.2.2.6 Yukarıda verilen değerler, minimum değerlerdir. Eğer açık deniz rüzgar türbininin monte edildiği yerde uygulanan esaslar veya kurallar (örneğin; ulusal iş emniyeti kuralları) daha yüksek değerleri gerektirirse, bunlar kullanılacaktır.

3.2.2.7 Hareketli yükler için kısmi emniyet faktörü $\gamma_F=1,5$ 'dir.

3.2.2.8 Tutma kollarlı yükü için kısmi emniyet faktörü $\gamma_F=1,0$ 'dir (hata yükü ile doğrulanabilir).

3.2.3 Rüzgar yükleri

$$W_{Sk} = \rho/2 \cdot v_{wind}^2 \cdot A \cdot c_w \quad (\text{rüzgar, harici bir olaydır, fırtına etki faktörleri ihmal edilebilir})$$

Burada;

ρ = Bölüm 4'e göre havanın yoğunluğu,

v_{wind} = Bölüm 4'e göre,

DYD 6.1 ($\gamma_F=1,35$ alınarak, cepheden $\pm 15^\circ$ 'lik bir sektör içindeki hava akımlı 50 yıllık fırtına),

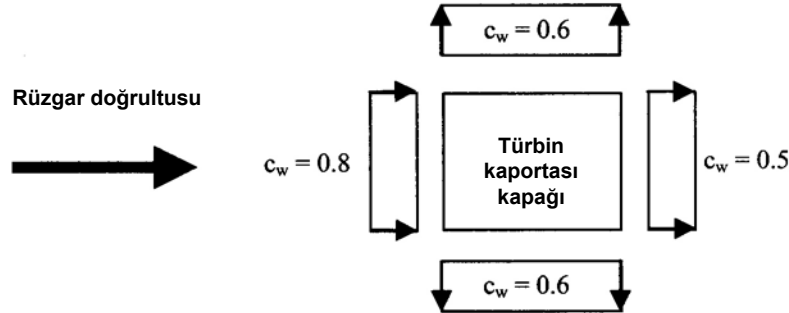
DYD 6.2 ($\gamma_F=1,1$ alınarak, yönlendirme tahriki için enerji desteği olmaksızın şebeke arızası için, tüm yönlerden 50 yıllık fırtına) veya,

DYD 7.1 ($\gamma_F=1,1$ alınarak, yönlendirme tahriki için enerji destekli, şebeke arızası için, tüm yönlerden yıllık fırtına),

A = w ve c_w için referans yüzey,

c_w = Eurocode 1'in hükümleri uygulanabilir. Sadeleştirme için Şekil 6.1 ve Tablo 6.1'de verilen kabullere izin verilir.

3.2.3.1 c_w değerleri, her yüzey için düşey akım, kritik durum oluşturacak şekilde seçilecektir.



Şekil 6.1 Kaporta için kabul edilen sadeleştirilmiş c_w değerleri

Tablo 6.1 Kaporta için kabul edilen sadeleştirilmiş c_w değerleri

A yüzeyinin rüzgara göre durumu	Rüzgar doğrultusuna bakış	Rüzgar doğrultusunun tersi	Rüzgar doğrultusuna paralel
c_w	+0,8 (basınç)	-0,5 (emme)	-0,6 (emme)

3.2.3.2 c_w için kabul edilen değerler, keskin kenarlı kaportalara uygulanır. Yuvarlatılmış şekiller için, tüm c_w değerleri %20 azaltılabilir. Yuvarlatılmış şekiller, köşe ağırlık yarıçapı, rüzgara açık olan ilgili yüzeyin %10'unu oluşturan şekillerdir (ara değerler lineer enterpolasyonla elde edilebilir).

3.2.3.3 Rüzgar yükleri kısmi emniyet faktörü: Bölüm 4'deki DYD 6.1, 6.2 ve 7.1'e göre γ_F değerleridir.

3.2.4 Kar ve buz yükleri

Kar ve buz yükleri, kaporta çatısındaki hareketli yüklerle dahil edilir. Yükler, 3.2.2'ye göre hesaplananlardır. Eğer açık deniz rüzgar türbininin monte edildiği yerde uygulanan esaslar veya kurallar (örneğin; ulusal iş emniyeti kuralları) daha yüksek değerleri gerektirirse, bunlar kullanılacaktır.

3.2.5 Yük kombinasyonları

Aşağıdaki yük kombinasyonları incelenecektir:

- Taşınan ağırlık, hareketli yüklerle birleştirilecektir.
- Taşınan ağırlık, en olumsuz durumlar kapsanacak şekilde rüzgar yükleri ile birleştirilecektir.

3.3 Bileşen dirençleri

R_d bileşen dirençleri, genelde, Bölüm 5'e göre hesaplanacaktır, plastik rezervler ve büyük yer değişimleri kullanılabilir.

E. Birleştirmeler

1. Cıvatalı Birleştirmeler

1.1 Değerlendirme Dokümanları

Cıvatalı birleştirmelerin değerlendirilmesi için, en az aşağıda belirtilen dokümanlar verilecektir:

- Madde 1.2 "Cıvatalı birleştirmelerin mukavemet analizi", 1.4 "ring flenç birleştirmeleri" ve 1.3 "Kesmeye maruz cıvatalı birleştirmeler"e göre cıvatalı birleştirmelerin dizayn hesapları.

- Cıvatalı birleştirmelerin yapılması ile ilgili iş talimatı (montaj talimatları). Bu talimatlar, asgari olarak şunları içerecektir :

- Birleştirilecek yüzeylerin ön işlemesi veya kontrolleri,
- Eğer dizaynda, birleştirme işleri sırasında flençlerde ilave işlemler (örneğin; alttan destekleme) öngörülüyorsa, bunlar, gerekli malzemelerle birlikte tanımlanacaktır. Bu işlemler sadece belirli kriterler aşıldığında gerekli ise (örneğin; maksimum açıklık genişliği), bu kriterler ve ölçme prosedürleri belirtilecektir,
- Dişlerin ve cıvata / somunların yağlama durumu,
- Sıkma prosedürü ve üretim için gerekli tüm veriler (örneğin; ön yükleme, gerekli tork, sıkma aletleri),
- Sıkma sırası.

- Asgari olarak, test aralıkları ve test prosedürü ile birlikte cıvatalı birleştirmenin kontrolü ile ilgili iş talimatı (bakım talimatı), 1.5'e bakınız.

- Aşağıda belirtilen şekilde, dizaynın diğer parametrelerini sağlayan resimler ve spesifikasyonlar:

- Boyutlar ve toleranslar,
- Flenç yüzeylerin veya parçaların olası boyası ile ilgili veriler,
- Cıvataların, somunların ve pulların gösterimi,
- Korozyondan korunma.

1.2 Cıvatalı Birleştirmelerin Mukavemet Analizi

1.2.1 Cıvata hesapları ilgili TSE standartlarına veya TL tarafından kabul edilen diğer standartlara göre yapılacaktır.

1.2.2 Dinamik yüklü cıvatalı birleştirmeler için, uygun bir ön yükleme gereklidir. Egzantrik yükleme etkileri, birleştirmelerdeki olası aralıklar ve düzgünsüzlükler dikkate alınacaktır. Burada sonlu elemanlar yöntemi kullanılabilir (Bölüm 5, Ek 5.A “Sonlu elemanlar yöntemi ile mukavemet analizi”ne de bakınız).

1.2.3 Esas alınacak ayrıntı sınıfı, Bölüm 5, C.4.4.1.9’a göre uygulanacaktır. Tekrarlı yüklere maruz cıvatalı birleştirmelerde makina yapılarının bağlantısında, sadece 8.8 ve 10.9 mukavemet sınıflarına izin verilir.

1.2.4 Yüksek mukavemetli çelikler için gerilme korozyonu çatlağı tehlikesi nedeniyle, cıvatalı birleştirmeler için sadece 10.9 (ISO 898-1 ; 1999’a göre) veya daha düşük mukavemet sınıflı cıvatalara izin verilir.

1.3 Kesme yüklü cıvatalı bağlantılar

1.3.1 Birincil taşıyıcı yapılara ait olan bileşenlerin birleşimlerdeki ve yüzlerdeki cıvatalı bağlantılar, kesmeli geçmeli bağlantılar olarak (SLP, SLVP) veya kayma-dirençli ön yüklemeli bağlantılar olarak (GV, GVP) yapılacaktır.

1.3.2 SLP ve SLVP bağlantı durumunda, F_y’ye göre delikli bileşenler ve cıvatalar için, bir analiz yapılacaktır. Sıcak daldırma galvanizli bileşenlerin bağlantılarında, özel korozyondan korunma önlemleri uygulanacaktır.

1.3.3 GV ve GVP bağlantılar için, kesmeli bağlantılı cıvata da azami sınır durumunda etki eden maksimum kuvvetin (E.1) eşitliğine göre dizayn kayma direncini aşmadığı doğrulanacaktır :

$$F_{s,Rd} = 0,9 \cdot \frac{\mu}{\gamma_{M,3}} \cdot F_V \quad (E.1)$$

Burada ;

F_V = DIN 18800-7’ye göre düzenli ön yükleme kuvveti. Bu ön yükleme kuvveti, montajdan sonra ilk altı ay içinde kontrol vasıtasıyla ve gerekirse yeniden sıkarak sağlanacaktır. Bu işlem işletmeye aldıktan hemen sonra yapılamaz.

$$\mu \geq 0,5$$

DIN 18800-7’ye göre temas yüzeylerindeki kayma faktörü. Diğer versiyonlar için, kayma faktörü Element 826’ya göre bir prosedür testi ile doğrulanacaktır

$$\gamma_{M,3} = 1,25$$

Tablo 4.4’e göre grup N tepkileri ve 1 ÷ 4 işletme koşulları kombinasyonu için emniyet faktörü

$$\gamma_{M,3} = 1,1$$

Tablo 4.4’e göre diğer tüm dizayn yük durumları ile ilgili tepkilerin kombinasyonu için emniyet faktörü.

1.3.4 Ayrıca, delikli bileşenler için azami sınır durumunun analizi ile kesme yırtılması ve alın yatak basıncı analizi yapılacaktır.

Not :

Bu analizler, yorulma emniyeti analizini de kapsar.

1.4 Boru kesitli kuleler için ring flenç bağlantıları

1.4.1 Ring flenç bağlantıları, örneğin; DIN 18800-7’ye göre kontrollü sıkılacaktır.

1.4.2 Flenç bağlantılarının azami sınır durumu analizinde, cıvataların ön yükleme kuvvetinin dikkate alınmasına gerek yoktur, yani; azami sınır durumu analizi ön yüklemesiz cıvatalı bağlantılar olarak yapılabilir. Burada lokal plastikleşme dikkate alınabilir.

1.4.3 Flençli birleştirmenin yorulma emniyeti analizinde, cıvataların yorulma yükü, aşağıdaki koşullara uyulması şartıyla, flençlerin basma yüklemesi dikkate alınarak hesaplanabilir.

1.4.4 Konulan flençlerin arasındaki boşluk, dizayn ön yükünün en fazla %10’u ile üretici tarafından belirtilen tolerans değerlerini sağlıyorsa, flencin temas yüzeylerinde yeterli basma ön yüklemesi olduğu kabul edilebilir. Bunlar, özellikle resimlerde olmak üzere işçilik dokümanlarında belirtilecektir.

Notlar:

Kule cidarı bölgesindeki tüm flenç boşlukları k , özellikle sadece çevrelerinin bir kısmında yer almaları halinde, cıvataların yorulma yükleri için hasarla ilgili niteliktedir (Şekil 6.2'ye bakınız). Çevre boyunca l_k ara mesafesinin azalması ile hasar etkisi büyür (Şekil 6.2'ye bakınız).

Dizayn ön yüklemesinin maksimum %10'unda k flenç boşluğu için öngörülen tolerans değerlerinin belirtilmesi yerine, kule cidarı bölgesindeki k flenç boşlukları kapanıncaya kadar ön yükleme derecesi için (dizayn ön yüklemesine karşılık gelen) işçilik dokümanlarında maksimum değerlerin belirtilmesine izin verilir. Bu değerler hesaplarla doğrulanacaktır.

1.4.5 Eğer flenç boşlukları için işçilik dokümanlarında belirtilen tolerans değerlerine uyulmuyorsa, uygun önlemler alınacaktır. uygun önlemler; tekrardan işleme, takoz koyma veya ön yükleme yapılmadan önce hasarla ilgili boşluk mahallerinin doldurulması olabilir.

Not :

Boşlukların doldurulması için, basma mukavemeti (basma altındaki akma noktası) asgari olarak flenç malzemesininkine uygun olan laynerler kullanılacaktır. Eğer doldurma, ince parçaların yığılması ile yapılacaksa, her bir laynerin montaj hassasiyeti 0,5 mm. den büyük olmayacaktır. Doldurma, gerek her cıvatanın yakınında ve gerekse her bir cıvata ile kule cidarı arasındaki alanda (kule cidarının hemen altındaki alan dahil)

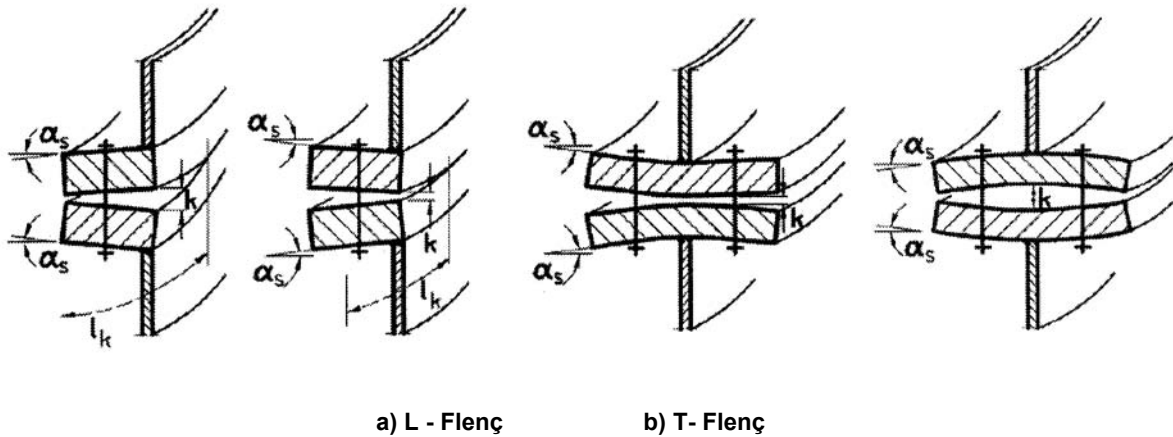
ön yüklemenin hemen başlangıcında ve en geç ön yüklemenin %10'unun uygulanmasında, yeterli basınç teması oluşacak şekilde yapılacaktır. Boşlukların doldurulması için, E-modülü flenç malzemesininkine uygun olan filer malzemesi kullanılacaktır.

1.4.6 Eğer, ön yüklemeden sonra, dış flenç yüzeylerinin α_s kalan eğim açısı (Şekil 6.2'ye bakınız). DIN 18800-7, Element 814'e göre %2 sınır değerini aşarsa, normal pullar yerine yeterli sertlikte uygun pahlı pullar kullanılacaktır.

1.5. Cıvatalı Birleştirmelerin Muayenesi

1.5.1 Rüzgar türbininin çalışma ömrü sırasında, cıvatalı birleştirmeler, bakımın bir parçası olarak test edilecektir. Bu testler bakım el kitabında belirtilecektir. Bu konuda aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır.

1.5.2 Tork kontrollü veya gergi kuvveti kontrollü yöntemler kullanılarak sıkılan tüm cıvatalı birleştirmeler, çalışmaya almadan önce en az bir kere yeniden sıkılacaktır. Bunun için gerekli aralık belirtilecektir. Bundan sonra, bu cıvatalı birleştirmeler düzenli olarak göz muayenesine ve gevşeme kontrolüne tabi tutulacaktır.



Şekil 6.2 Çelik kulelerde ring flenç bağlantıları

1.5.3 Yeniden sıkma ve düzenli kontrol talimatları ve süreleri bakım el kitabında belirtilecektir (Bölüm 9, D'ye bakınız).

1.5.4 Diğer yöntemlerle sıkılan veya gerilme uygulandığında plastik bölgeye getirilen cıvatalı birleştirmelerde, her durum için ayrı ayrı olmak üzere, özel muayene prosedürleri tanımlanacaktır.

1.5.5 Gerilme uygulanan malzemeye ETP, CTP veya betonun dahil olduğu cıvatalı birleştirmelerde, her durum için ayrı ayrı olmak üzere özel muayene prosedürleri tanımlanacaktır.

2. Beton Kazık ile Yapının Birleşimi

2.1 Platform yükleri ayaklara ve boru kazıklara, araya harç dökülerek iletilebilir. Çelikte harcın yapışma kapasitesini iyileştirmek için kesme anahtarları konulabilir.

2.2 Beton kazık ile yapının, aksiyal yükler altındaki birleştirmeleri, örneğin API veya Department of Energy (U.K.) tarafından verilen parametrik formüller kullanılarak dizayn edilebilir. Formüllerin, incelenen geometrik yapıya uygun olmasına dikkat edilmelidir.

2.3 Mevcut formüllerin kapsamadığı geometriler için harçlı birleştirmelerin mukavemeti, uygun analiz yöntemleri veya testlerle kanıtlanacaktır.

2.4 Eğilme momentlerine maruz beton kazık yapı birleşimleri uygun hesaplama yöntemleri ile (örneğin; sonlu elemanlar) veya testlerle incelenecektir.

2.5 Birleştirmeden önce harç karışımının uygunluğu kanıtlanacaktır. Basma mukavemeti, saha koşullarında karıştırılan ve sertleşen harç örneklerindeki laboratuvar testleri ile doğrulanacaktır.

2.6 Dizayn harç mukavemeti, harç dökme işlemleri sırasında alınan örneklerle doğrulanacaktır. Örneklerin saha koşullarında sertleşmesi sağlanacaktır.

3. Boru Birleştirmelerinin Dizaynı

3.1 Genel

3.1.1 Boru birleştirmeleri, aşağıda verilen prosedürlere

göre dizayn edilecektir. Formüller genelde API RP 2A LRFD'den alınmıştır ve kısmi emniyet faktörleri kullanılarak, yarı-probabilistik dizayn kavramı için biçimlendirilmiştir.

3.1.2 Diğer tanınmış standartlarda verilen alternatif prosedürler kabul edilebilir, ancak **TL** ile anlaşmaya varılmalıdır.

3.1.3 Eğer standart olmayan veya karmaşık birleştirmelerin analitik ve/veya deneysel incelemeleri gerekirse, bunlar için de **TL** ile anlaşmaya varılmalıdır.

3.1.4 Her durumda, asgari olarak buradaki esaslarda amaçlanan emniyet düzeyinin sağlanmasına dikkat edilecektir.

3.1.5 Gerilme yığılmalarını ve üretimden kaynaklanan etkileri önlemek için, çelik yapılar için verilen genel istekler dikkate alınacaktır.

3.1.6 Sıçrama bölgesindeki birleştirmelerden genelde kaçınılmalıdır.

3.1.7 Tekrarlı yüklere maruz tüm boru birleşimleri için, bir yorulma analizi yapılacaktır (Bölüm 6, E.3.4 ve 6, F.6'ya bakınız).

3.2 Basit boru birleştirmeleri

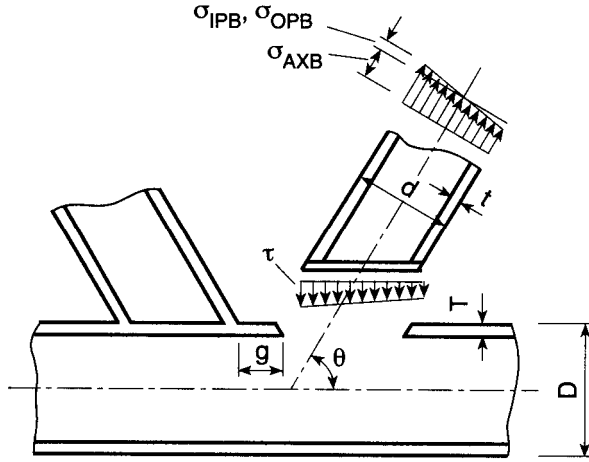
3.2.1 Ana kuşakların, bindirmesiz ve braketsiz, diyaframsız veya sitifnersiz basit boru bağlantılarının statik mukavemeti aşağıda belirtilen şekilde incelenebilir.

Formüllerdeki geçerlilik aralığı aşağıdaki gibidir (Şekil 6.3'e bakınız) :

$$0,2 \leq \beta \leq 1,0 \quad 10 \leq \gamma \leq 50$$

$$30^\circ \leq \Theta \leq 90^\circ \quad f_{yk} \leq 500 \text{ N/mm}^2$$

$$g \geq 7,5 \text{ mm. veya } 2 \text{ T (hangisi büyükse)}$$



- Θ = Kuşak açısı (kirişten ölçülen)
 g = Boşluk
 t = Kuşak kalınlığı
 T = Kiriş kalınlığı
 D = Kuşak çapı
 β = d / D
 γ = $0,5 D / T$

Şekil 6.3 Basit boru birleştirmeleri için terminoloji ve geometrik parametreler

3.2.2 Dizayn kapasitesi

Dizayn kapasitesi; kaynaklı birleştirmenin $\tau_{Rd,a}$ kesme direnci (3.3.3'e bakınız) ve birleştirme kapasitesi (3.3.4'e bakınız) ile sınırlıdır (hangisi daha küçük dizayn kapasitesini veriyorsa).

3.2.3 Kaynaklı birleştirme

Dizayn darbe kesme gerilmesi τ_{Sd} kaynaklı birleştirmenin $\tau_{Rd,a}$ kesme direncini aşmayacaktır :

$$\tau_{Sd} \leq \tau_{Rd,a} = \frac{f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_m} \quad (E.2)$$

f_{yk} = Minimum akma mukavemeti f_{yk} (kiriş elemanının), f_{uk} 'dan az alınamaz,

f_{uk} = Minimum çekme mukavemeti,

γ_m = 1,1 (kısmi malzeme emniyet faktörü).

Kirişe etki eden τ_{Sd} dizayn darbe kesme gerilmesi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\tau_{Sd} = \frac{t}{T} \cdot \sin(\Theta) \cdot \sigma_{Sd} \quad (E.3)$$

3.2.4 Mukavemet kontrolü

Birleştirmenin uygunluğu, kuşakta oluşan yükler esas alınarak belirlenecektir.

Not :

Yapının bütünlüğü için esas oluşturan kuşak eksenel yükleri ve eğilme momentleri hesaplara dahil edilecektir. Birleştirme esnekliği veya elastik olmayan genleşmeler nedeniyle oluşan ikincil (şekil değişimi esası) eğilme momentlerinde azaltmalar dikkate alınabilir.

Kapasite, kuşağın her elemanı için ayrı ayrı incelenecektir. Kuşaktaki dizayn yükü aşağıdaki istekleri karşılayacaktır :

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk}}{\gamma_M} = N_{Rd} \quad (E.4)$$

$$M_{Sd} \leq \frac{M_{Rk}}{\gamma_M} = M_{Rd} \quad (E.5)$$

N_{Sd} , M_{Sd} = Kuvvet / moment ünitesinde, kuşak elemanındaki oransal eksenel dizayn kuvveti ve eğilme momenti

N_{Rk} = Kuvvet ünitesinde, karakteristik birleştirme eksenel kapasitesi (kuşak yükü cinsinden)

M_{Rk} = Moment ünitesinde, karakteristik birleştirme momenti kapasitesi (kuşak yükü cinsinden)

γ_m = 1,1 (kısmi malzeme emniyet faktörü).

Kuşaktaki kombine eksenel yükler ve eğilme momentleri için, yukarıda verilen eşitlikler, aşağıdaki eşitliklerle birlikte sağlanacaktır:

$$1 - \cos \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \right) \right] + \left[\left(\frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \right)_{IPB}^2 + \left(\frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \right)_{OPB}^2 \right]^{1/2} \leq 1,0 \quad (E.6)$$

IPB = Düzlem içi eğilme

OPB = Düzlem dışı eğilme

Karakteristik kapasiteler aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$N_{Rk} = \frac{f_{yk} \cdot T^2}{\sin \Theta} \cdot K_u \cdot K_f \quad (E.7)$$

$$M_{Rk} = \frac{f_{yk} \cdot T^2}{\sin \Theta} \cdot (0,8d) \cdot K_u \cdot K_f \quad (E.8)$$

f_{yk} = Minimum akma mukavemeti f_{yk} (kiriş elemanının), 0,75 f_{uk} 'dan az alınamaz,

f_{uk} = Minimum çekme mukavemeti,

K_u = Tablo 6.2'de verilen şekilde, birleştirme ve yük tipi ile değişen mukavemet faktörü

K_f = Kirişteki boyuna yükün varlığını dikkate alan dizayn faktörü

Tablo 6.2 K_u faktörü değerleri

Birleştirme tipi (1)	Kuşaktaki yük tipi			
	Eksenel çekme	Eksenel basma	Düzlem içi eğilme	Düzlem dışı eğilme
K	(3,4 + 19 β) K _{gap}		(3,4 + 19 β)	(3,4 + 7 β) K _β
T, Y	(3,4 + 19 β)			
X	(3,4 + 19 β)	(3,4 + 13 β) K _β		
$K_{gap} = 1,8 - 0,1 \cdot \frac{g}{T} \quad \frac{D}{2T} \leq 20$ için			$K_{\beta} = 1,0 \quad \beta \leq 0,6$ için	
$K_{gap} = 1,8 - 4,0 \cdot \frac{g}{D} \quad \frac{D}{2T} > 20$ için			$K_{\beta} = \frac{0,3}{\beta \cdot (1 - 0,833 \cdot \beta)} \quad \beta > 0,6$ için	
<i>K_{gap} hiçbir zaman 1,0'den az alınamaz.</i>				
(1) <i>Tüm birleştirmeler : diyafrafsız</i>				

$$K_f = 1,0 - \lambda \cdot \frac{D}{2T} \cdot A^2 \quad (E.9)$$

Kirişteki tüm aşırı lif gerilmeleri çekme ise $K_f = 1,0$ 'dir.

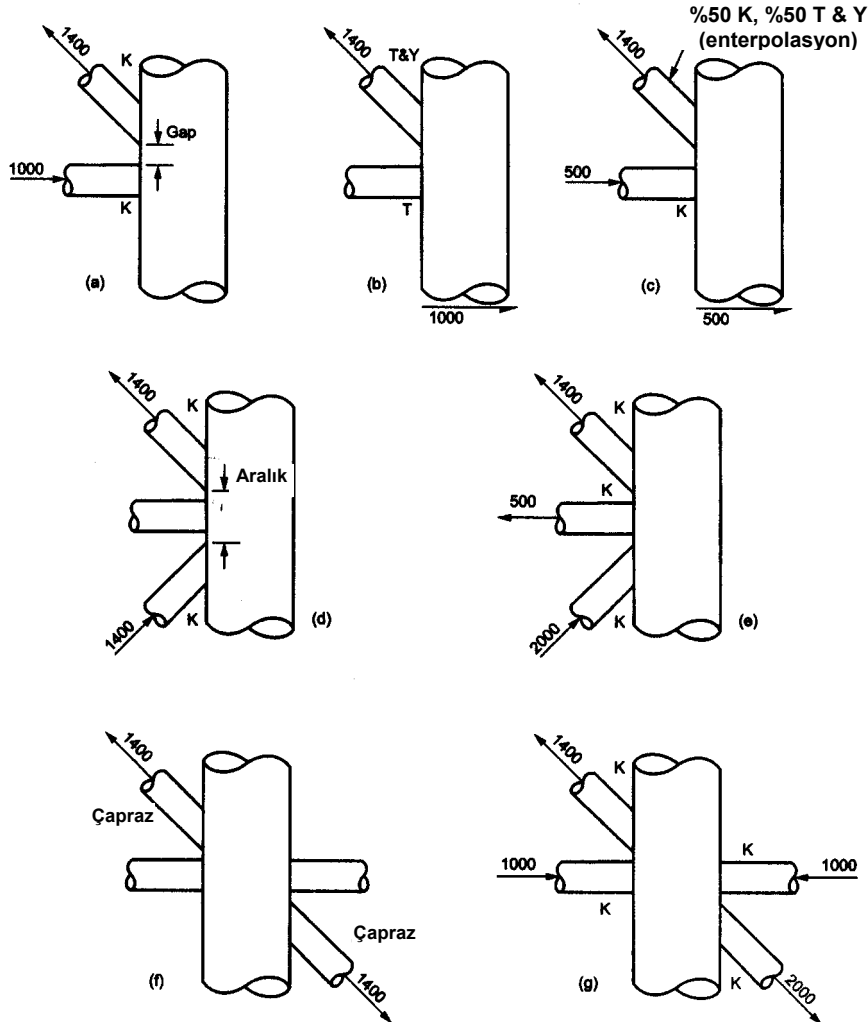
- λ
- = 0,030 kuşak aksenal gerilmesi için,
 - = 0,045 kuşak düzlem içi eğilme gerilmesi için,
 - = 0,021 kuşak düzlem dışı eğilme gerilmesi için

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{S,c,AX}^2 + \sigma_{Sd,c,IPB}^2 + \sigma_{Sd,c,OPB}^2}}{\frac{f_{yk}}{\gamma_M}} \quad (E.10)$$

$\sigma_{Sd,c,AX}$, $\sigma_{Sd,c,IPB}$, $\sigma_{Sd,c,OPB}$ kirişteki aksenal, düzlem içi ve düzlem dışı eğilme gerilmeleridir.

3.2.5 Birleştirme sınıfları

K, T, Y veya X olarak sınıflandırılan birleştirmeler, her yük durumundaki şekillerine göre tekil kuşaklara uygulanacaktır. Yüklerin bir kısmını K-birleştirme ve bir kısmını T ve Y veya X-birleştirme olarak taşıyan kuşaklar için, toplamdaki kısım esas alınarak K_u enterpole edilir (Şekil 6.4'e bakınız).



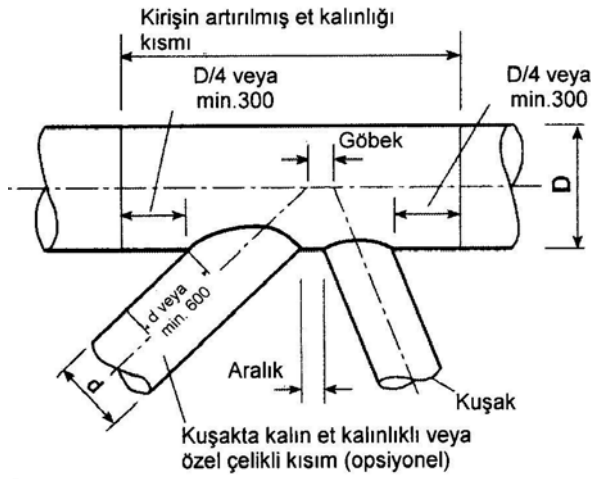
Şekil 6.4 Birleştirme sınıflarına örnekler

3.2.6 Et kalınlığının artırılması

Birleşimlerde kirişteki et kalınlığının artırılması gerekli ise, bu artım, pah kırımı dahil, kiriş çapının en az dörtte biri veya 300 mm. (hangisi büyükse) mesafede kuşağın dışında devam edecektir.

Boru birleşimi alanında kuşaklar için artırılmış et kalınlığı veya özel çelik kullanılırsa, bu durum birleştirmeden itibaren, pah dahil, en az bir kuşak çapı veya 600 mm. (hangisi büyükse) devam edecektir (Şekil 6.5'e bakınız).

Kaynak ve üretim ayrıntıları ile ilgili istekler dikkate alınacaktır (Bölüm 3, D.1 ve 3, D.2'ye bakınız).



Göbek : $\pm D/4$ 'ü aşmamalı

Aralık : En az 50 mm'lik ayırma

Şekil 6.5 Kirişin kalın etli kısmı

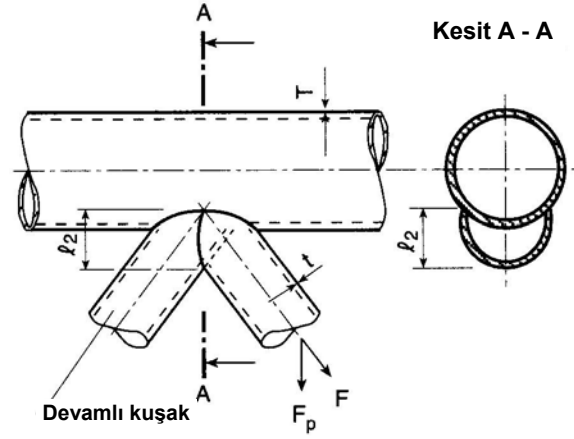
3.3 Bindirmeli birleştirmeler

3.3.1 Tanım

Bindirmeli birleştirmeler; yükün bir kısmının bir kuşaktan diğerine, ortak kaynaklı birleştirmeleri vasıtasıyla aktarıldığı birleştirmelerdir.

3.3.2 Dizayn

Bindirme dizaynı, asgari olarak, kirişe dik etki eden yük bileşeninin %50'sine göre yapılacaktır. Şekil 6.6'ya bakınız.



Şekil 6.6 Bindirmeli birleştirme

3.3.3 Hiçbir durumda kuşak et kalınlığı, kirişin et kalınlığından fazla olamaz.

3.3.4 Yapısal analizde, kuşak merkezlerinin kaçıklığından kaynaklanan momentler dikkate alınacaktır.

3.3.5 Darbe kesme direnci

Kuşak momentlerinin küçük değerde olduğu ve eksenel yükün bir kısmının, bir kuşaktan diğerine ortak kaynakları vasıtasıyla iletildiği bindirmeli birleştirmelerde, kirişe dik, eksenel dizayn yük bileşeni $N_{Sd,p}$, darbe kesme direnci $N_{Rd,p}$ 'yi geçmeyecektir.

$$N_{Sd,p} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_M} = N_{Rd,p} \quad (E.11)$$

3.3.6 Ön dizayn amacıyla, karakteristik darbe kesme direnci $N_{Rk,p}$ aşağıdaki şekilde hesaplanabilir :

$$N_{Rk,p} = N_{Rk} \cdot \frac{\ell_1}{\ell} \cdot \sin\Theta + 2 \cdot \tau_{Rk,a} \cdot t_w \cdot \ell_2 \quad (E.12)$$

ℓ_1 = Kiriş ile temas eden kuşak kısmının çevresi,

ℓ = Bindirme ihmal edilerek, kirişe temas eden kuşağın çevresi,

- $\tau_{RK,a}$ = Kuşaklar arasındaki kaynaklı birleştirmenin karakteristik kesme direnci,
- $$= \frac{f_{yk}}{\sqrt{3}}$$
- t_w = Kaynak boğaz kalınlığı veya ince kuşağın t et kalınlığının küçük olan değeri,
- ℓ_2 = Kirişe dik olarak ölçülmek üzere, bindirme kaynağın (bir tarafının) projeksiyon boyu.

Bu terimler Şekil 6.6'da gösterilmiştir.

3.3.7 Nihai dizayn için daha ayrıntılı yaklaşımlar gerekebilir. Bu konuda **TL** ile anlaşmaya varılmalıdır.

3.4 Yorulma dizaynı

3.4.1 Boru birleştirmelerindeki kaynaklar, yüksek lokal gerilme yığılmaları nedeniyle, açık deniz yapılarında yorulmaya en hassas olan alanlardır.

3.4.2 Lokal gerilme yığılmalarının elde edilmesinde en uygun yollardan biri, her biri ilgili gerilme yığılması faktörü (SCF) ile çarpılan, tekil yük bileşenleri nedeniyle oluşan nominal gerilmelerin toplamını hesaplamaktır. Çeşitli yük durumlarının katılımlarını kombine ederken, aralarındaki faz farkları dikkate alınacaktır.

Not :

Genelde, SCF'ler; değişken yükün tipine, birleştirme şekline ve birleştirme geometrisi ayrıntılarına bağlıdır. Kuşak eksenel kuvvelerinden kaynaklanan yükler, kuşak düzlem içi ve düzlem dışı eğilme momentleri, birleştirme civarında çeşitli değişken gerilme tiplerine neden olurlar.

3.4.3 SCF'ler; **TL** ile anlaşmaya varılacak olan standartlarda yer alan yöntemlerin esas alındığı amprik formüllerden, sonlu elemanlar analizlerinden veya model testlerinden elde edilebilir.

F. Taşıyıcı Çelik Yapılar

1. Genel Dizayn Değerlendirmeleri

1.1 Analizler; Bölüm 5, C.2, 6, A.3 ve 6, F'ye göre azami ve çalışılabilirlik sınır durumları vasıtasıyla yapılır.

1.2 Analizler; Tablo 4.4'deki tüm hareket kombinasyonlarının en olumsuz durumları ile yapılacaktır. Azami ve çalışılabilirlik sınır durumlarındaki analizler için, kısmi emniyet faktörleri ile uyarlanan karakteristik ve dizayn yüklerine ihtiyaç vardır.

1.3 Yükler için kısmi emniyet faktörleri, Bölüm 4, C.7'ye göre belirlenecektir.

1.4 Analizler, Tablo 4.7'ye göre N, A ve T grubu tüm hareket kombinasyonlarının en olumsuz durumlarındaki dizayn yükleri ile yapılacaktır.

1.5 Lineer olmayan etkilerin (örneğin; ikinci derece teori, durum II) sonucunda oluşan iç kuvvetler ve momentlerdeki artış dikkate alınacaktır. Bunlar kuazi-statik hesaplardan elde edilebilir.

1.6 Bölüm 6, A.3.4 6'ya göre sadeleştirilmiş tarzda hesaplanan iç kuvvetler ve momentler ile analiz için, hareketlerin dizayn değerleri, karakteristik değerlerin Tablo 4.7'deki γ_F kısmi emniyet faktörleri ile çarpılması ile belirlenecektir, en büyük kısmi emniyet faktörü γ_F 'nin en olumsuz etkisi için, ilgili yük kombinasyonunun etkisi kullanılabilir.

1.7 Aşağıda belirtilenler veya eşdeğer dizayn yöntemleri kullanılarak yapılan boyutlandırmada, kabul edilen korozyondan koruma sisteminin sağlamış olduğu, ortam ve işletme koşullarına bağlı olarak, gerekli korozyon payları üzerinde anlaşmaya varılmış bulunduğu kabulü esas alınır. Aynı husus, aşınmaya meyilli yapısal elemanlara da uygulanır.

1.8 Boyutlandırılması standart kodlarda yer almayan bileşenler, **TL** ile anlaşmaya varılarak, kabul edilen prosedürlere göre dizayn ve analiz edilecektir.

1.9 Bu bölümde esas olarak gerilme analizi ele alınmıştır. Ayrıca;

- Levhaların ve kabukların burkulması,
- Kirişlerin ve profillerin burkulması ve devrilmesi,
- Bileşenlerin devrilmesi, kabarması ve kayması

ile ilgili kararlılık analizleri yapılabilir ve deformasyon sınırları değerlendirilebilir.

1.10 Dizayn amacıyla, ISO 19902, Eurocode 3, DIN 18800 veya **TL** ile anlaşmaya varılarak eşdeğeri uluslararası standartlar kullanılabilir. Kararlılık analizleri ile ilgili temel isteklerden bazıları 5.'de verilmiştir.

1.11 Burkulma analizi için kısmi emniyet faktörü

$$\gamma_M = 1,1$$

olarak alınabilir.

Kabukların burkulması için, ilave olarak 5.4'e de bakınız.

1.12 Yorulma analizi için, taşıyıcı yapılara ait γ_M Tablo 6.5'de ve üst taraf yapıları için Tablo 5.1'de verilmiştir.

1.13 Boruların veya profillerin birleştirilmesi gibi özel yapısal ayrıntılar, tanınmış standartlara ve kodlara göre dizayn edilebilir. Aynı zamanda Bölüm 6, E.3 Boru Birleştirme Dizaynı'na da bakınız. Yorulma değerlendirmeleri ayrıca dikkate alınacaktır.

1.14 Kreyinler gibi özel amaçlı tesislerin elemanları için izin verilen gerilmeler, bu donanımına ait tanınmış kurallardan alınabilir. İlgili yük durumlarının uygulanabilirliği, Bölüm 6, A.3'de tanımlananlarla karşılaştırılmalı olarak kontrol edilecektir.

1.15 Mukavemet için azami sınır durumu

Çelik yapılar için, Bölüm 5, C.3'de belirtilenler dikkate alınacaktır. Silindirik veya konik şekilli içi boş çelik kuleler için, azami sınır durumunun doğrulanması için gerekli olan gerilmeler, kabuk membran teorisine göre hesaplanabilir. Bunun anlamı, örneğin; rüzgar yüklerinin aktarımı için, elemanter boru eğilme teorisinin uygulanabileceğidir. Kulenin çevresine düzgün olarak

yayılmayan rüzgar basıncından kaynaklanan kabuk eğilme momentlerinin veya flençlerde veya stifnerlerde kenar bozukluklarından oluşan ikincil gerilmelerin dikkate alınmasına gerek yoktur. Silindirik ve konik kule kesitleri arasındaki geçişlerde, ring takviyeler düzenlenmediği takdirde, lokal çevresel membran kuvvetleri ve kuvvet deflekşinından oluşan kabuk eğilme momentleri dikkate alınacaktır. Eğer buna olanak yoksa, ring stifnerlerin uygun şekilde boyutlandırıldığı doğrulanacaktır. açıklıklar nedeniyle zayıflayan kule alanları için, Bölüm 6, F.5.4.4 dikkate alınacaktır.

Not :

Burada tanımlanan analiz prosedürü, DIN 18800-1'deki terminolojiye göre kule duvarının lokal ve iç kuvvet ve momentlerinin elastik / plastik analizine, kulenin global iç kuvvet ve momentlerinin elastik / elastik analizine karşılık gelir.

2. Diğer Hususlar

2.1 TL ile anlaşmaya varılmak suretiyle, aşağıdaki kısımlara alternatif olarak; dizayn, analiz ve yapımda, tanınmış ulusal ve uluslararası kurallar (çelik yapılar için) kullanılabilir.

2.2 Örneğin; aşağıdaki standartlar ve kurallar kullanılabilir:

- ENV 1993: Eurocode 3, Design of Steel Structures
- DIN 18800-1÷4, Steel Structures
- API RP 2A LRFD : Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Load and Resistance Factor Design
- Draft ISO 19902 : Petroleum and Natural Gas Industries – Fixed Steel Offshore Structures.

3. Değerlendirme Dokümanları

3.1 Hesaplama dokümanları

Hesaplama dokümanları, hesaplama analizlerinin dokümanite edilmesine hizmet eder. Bunlar; eksiksiz, ayrıntılı ve açık olmalıdır.

3.2 Resimler

Gerekli tüm bilgileri ve teknik istekleri içeren işçilik resimleri hazırlanacaktır. Bu resimler özellikle şunları içerecektir:

- Genel görünüş dahil, genel geometrinin sunumu,
- Dizayn ayrıntılarının detaylı gösterimi,
- Malzeme spesifikasyonları,
- Kaynak dikişi spesifikasyonları ve kabul kriterleri,
- Tolerans verileri,
- Korozyondan korunma sistemi spesifikasyonları.

3.3 Montajın tanımı

Montaja özgü sınır koşulları ile birlikte, montaj sırasının kısa tanımı, değerlendirme dokümanlarına eklenecektir. Montaja özgü sınır koşulları özellikle şunları içerir :

- Montaj için maksimum rüzgar hızı,
- Gerekirse, minimum / maksimum montaj sıcaklığı,
- Kulenin montajı ve pervane kanatları ile birlikte kaportanın montajı arasındaki maksimum aralık.

Montaj talimatları ile ilgili diğer istekler Bölüm 9, A'da verilmiştir.

3.4 Arayüzler

3.4.1 Hesaplama kapsamında, kaporta / kule ara yüzündeki iç kuvvetler ve momentler ile ilgili rüzgar hızları ve hava akım açıları, karakteristik ve dizayn yükleri için bir tabloda özetlenecektir. Aeroelastik hesaplamalarda, ilgili komple sistemin (temel ile birlikte kule) geometrisi, katılığı, doğal frekansları ve sönümlenme faktörleri ayrıca belirtilecektir. Bu ara yüz için aşağıda belirtilenler ayrıca bildirilecektir :

- Rüzgar türbininin makina parçaları için kütleler ve atalet momentleri,
- Kulenin ve temelin yorulma analizi için yük durumlarının iç kuvvetleri ve momentleri,
- Kule üstü kaçıklıklarından oluşan etkiler.

3.4.2 Kule / temel arayüzü için G.'e bakınız.

4. Dinamik Analiz

4.1 Genel

Enerji yüklü dinamik yükler altında (periyodik etkiyen kuvvetler), global veya lokal yapısal titreşim durumlarının rezonans riski taşıdığı hallerde, yapının dinamik davranışı incelenmelidir.

4.2 Oluşum kaynakları

Dinamik yükler, aşağıdaki ortam yüklerinden oluşabilir :

- Rüzgar,
- Dalgalar,
- Akıntı,
- Deprem

ve değişken işlevsel yükler (yani pervanenin dönmesi nedeniyle).

4.2.1 Pervane kaynaklı titreşimler

4.2.1.1 Tüm sistemin f_0 doğal frekansları ile dönen pervanenin f_R uyarım frekanslarının oranı belirlenecektir. Uyarım frekansları, özellikle pervane devri ve kanat frekanslarıdır. Genelde, aşağıdaki koşul sağlanacaktır :

$$\frac{f_R}{f_{0,n}} \leq 0,95 \quad \text{veya} \quad \frac{f_R}{f_{0,n}} \geq 1,05 \quad (\text{F.1})$$

Burada;

f_R = Uyarım frekansı, normal çalışma sınırları içinde, pervanenin dönme frekans aralığı ve pervane kanatlarının geçiş frekansıdır,

$f_{0,n}$ = Kulenin n'inci doğal frekansı

Belirlenecek n doğal frekanslarının sayısı, hesaplanan en büyük doğal frekans, kanat geçiş frekansından en az %20 fazla olacak şekilde seçilecektir.

4.2.1.2 Kulenin doğal frekansları; malzeme için elastik davranış kabul edilerek, incelenen titreşim sistemi için belirlenecek ve belirtilecektir. Temelin etkisi de dikkate alınacaktır. Zemin için dinamik zemin parametreleri kullanılacaktır.

Not :

Kazıklı temellerde, yatay eksen etrafında dönmeye ilave olarak, temelin düşey eksen etrafında dönmesi ve yatay yer değiştirmesi dikkate alınacaktır.

4.2.1.3 Doğal frekansların hesabındaki belirsizliklerin dikkate alınması amacıyla, bu frekanslar $\pm\%5$ saptırılacaktır.

4.2.1.4 Devamlı çalışmada (F.1) eşitliğini sağlamayan rüzgar türbinlerinde (yani, rezonans bölgesi yakınında çalışan türbinler), işletimsel titreşim izlemesi yapılacaktır, Bölüm 2, C.2.6'ya bakınız.

4.2.2 Rüzgar kaynaklı enine titreşimler

Rüzgar doğrultusuna dik girdap kaynaklı titreşimlerden oluşan, dairesel veya dairesele yakın kulelerdeki yükler, örneğin; DIN 1055-4'deki prosedür kullanılarak hesaplanabilir.

4.3 Global dizayn

4.3.1 Sabit yapılar için; taşıyıcı yapının doğal frekansının uyarım frekansına ve işlevsel yüklerin yüksek harmoniklerine veya enerji yüklü ortam yüklerinin frekansına yakın olduğu durumlarda bir dinamik analiz gereklidir.

4.3.2 Tüm sisteme ait yükler; genel dinamik hesaplamalar vasıtasıyla, elastisite teorisine göre belirlenecektir.

Bazı analizler için tepki bileşenlerinin olumlu etkisi olabileceği dikkate alınacaktır. İç kuvvetlerin ve momentlerin tekil bileşenleri genelde fazda değildir, böylece en olumsuz zaman aşaması seçilmiş olur.

4.3.3 Zaman etkili genel dinamik hesaplarda, kısmi emniyet faktörü prosedürünün uygulanmaması mümkündür. Bu durumda, prosedür Bölüm 1, C.3'deki gibi olacaktır.

4.3.4 Genel dinamik hesaplamalar, ilgili kesitteki, incelenen yük kombinasyonları için tüm iç kuvvet ve momentlerin zaman serilerini verir. Bunlar, kule ve temelin dizaynında kullanılacaktır. Bu iç kuvvet ve momentler, azami ve çalışılabilirlik sınır durumlarındaki analizler için belirlenecektir.

4.3.5 Mukavemet ve dengelilik hatasına ve çalışılabilirlik sınır durumuna ait analizler için, sadeleştirme yoluyla, incelenen kesitte aynı anda oluşan kalan iç kuvvetler ve momentler ile birlikte, sadece iç kuvvetlerin ve momentlerin azami değerlerinin belirtilmesine izin verilir.

4.3.6 Yorulma emniyeti analizi ile ilgili iç kuvvetler ve momentler, sadeleştirme yoluyla, yük spektrumu şeklinde ve cıvatalı bağlantılar için ortalama değerlerle belirtilebilir (Bölüm 4, Ek 4, B.2.3'e bakınız).

4.3.7 Dinamik analizler, genelde, büyük hareketli yapılar için gereklidir (örneğin; yüzer yapılar, mafsallı kuleler veya kılavuzlu yapılar).

4.3.8 Sismik olarak aktif alanlarda yer alan yapılar için, atalet kaynaklı kuvvetlerin incelenmesi için dinamik analizler gereklidir.

4.4 Lokal dizayn

4.4.1 Büyük yapısal bileşenlerin (örneğin; pervane kanatları, kule, alt yapılar, helikopter güverteleri) ve lokal yapısal elemanların dizaynında olası dinamik yükler (örneğin; rüzgar, dalgalar, akıntılar, buz akımı veya dalga dövünmesi nedeniyle oluşan) dikkate alınacaktır.

4.4.2 Taşıyıcı yapılar, kuleler ve pervane kanatları gibi narin yapılardaki dinamik yüklere dikkat edilecektir.

Rüzgar ve/veya dalga kaynaklı girdap akımları ve değişken rüzgar hızları ile düzensiz deniz durumları dinamik gerilme artımına neden olabilir ve yorulma ömrünü azaltır.

4.4.3 Serbest uyarım kuvveti ve momenti rezonanslı döner donanımı taşıyan yapısal elemanlardan kaçınılacaktır. Buna olanak yoksa, dinamik gerilme düzeyi, cebri titreşim incelemelerinde doğrulanacaktır.

4.4.4 Deprem yüküne maruz kalabilen yapılar için, eklentilerin veya donanım taşıyıcılarının doğal frekansları, ana yapı modlarının frekanslarından önemli derecede büyük olmalıdır, Bölüm 4, B.4.5 ve 4, C.5'e de bakınız.

4.4.5 Deniz düzeyine yakın olan taşıyıcı yapı elemanları için, küçük tekneler ile çatışma olasılığı (örneğin bakım gemileri ile) dikkate alınacaktır. Darbe enerjisi nedeniyle oluşan yükler, olası pozisyonların en olumsuzunda uygulanacaktır, Bölüm 4, C.2.7'ye de bakınız.

4.5 Yapının analizi

4.5.1 Yapısal modelde Bölüm 5, B ve 6, A.'da özetlenen istekler dikkate alınacaktır.

4.5.2 Yapı / zemin etkileşimine dikkat edilecektir. Yapı / zemin etkileşimi, yük düzeyi ve tipinin fonksiyonu olarak temelin katılığında olası bir azalmaya neden olacak şekilde non-lineer olabilir.

4.5.3 Tüm etkin yapı kütlelerinin yanı sıra; deniz canlıları nedeniyle oluşan eleman kalınlığı artışının ve suya batmış elemanlardaki suyun dikkate alındığı hidrodinamik kütleler de dikkate alınacaktır.

4.5.4 Sabit çelik yapıların dinamik incelemesinde eşdeğer viskoz sönümlleme kullanılabilir.

4.6 Analiz yöntemi

4.6.1 Kullanılacak analiz yöntemi; yük tipine ve yapısal tepkiye bağlıdır.

4.6.2 Rastgele yüklere lineer elastik tepkili yapılar için (deterministik olmayan dalga yükleri veya deprem yükleri), lineer olmayan yük etkilerinin lineerleştirilmesinin mümkün olması koşuluyla, tepki spektrumu analizi kullanılacaktır. Yöntem, dinamik arttırım etkilerinin hesaplanmasına uygun olabilir.

5. Kararlılık

5.1 Genel açıklamalar

5.1.1 Esas olarak basma veya kesme gerilmelerine maruz yapı elemanları (aynı zamanda eğilme veya burulma sonucu) aşağıda belirtilen şekilde, genel ve / veya lokal burkulma yönünden incelenecektir.

5.1.2 Önemli oldukları takdirde, yükler (örneğin; eğilme oluşturan yanal yükler) veya üretim (üretim toleransları, kaynak çarpımları) nedeniyle oluşan deformasyonlar dikkate alınacaktır (örneğin; ikinci derece teoriyi kullanarak). Burkulma hesapları, kabul edilebilir düzgünsüzlüklerle ilgili olarak, özel üretim talimatlarını gerektirebilir.

5.1.3 Yapının yeterli fazlalıkla dizayn edildiği hallerde, lokal burkulmaya izin verilir (yani; bitişik elemanların, burkulan kısmın taşıdığı yükü yeterli emniyetle alabilecek şekilde dizayn edilmişse). Ancak, çalışılabilirlik değerlendirmeleri göz önüne alınmalıdır.

5.1.4 Ayrıntılı burkulma analizleri; DIN 18800, AISC, BS 5400 gibi tanınmış kodlara ve standartlara göre yapılacaktır. Buradaki kurallarda belirtilen yük durumları ile uygulanan burkulma standartları arasındaki bağlantılarla ilgili olarak, aşağıda bazı spesifikasyonlar verilmiştir.

5.1.5 Plastik dizayn için, Bölüm 5, B.2.2.5'e bakınız.

5.2 Çubuk elemanların burkulması

5.2.1 Burkulma durumları

Elemanın tipine (kesit), narinliğine, yükün tipi ve uygulama şekline ve sınır koşullarına göre çeşitli burkulma durumları mümkündür. En düşük burkulma yüküne karşılık gelen kritik durum, karşılaştırmalı hesaplarla belirlenecektir.

5.2.2 Global burkulma

Genel Açıklamalar

5.2.2.1 Çubuk elemanların global burkulması genelde eğilme veya kombine eğilmeli-burkulma durumları için incelenecektir.

5.2.2.2 İçi boş kesitler ve sıcak haddelenmiş çelik elemanların (tipleri ve kesitleri basma elemanlarında genelde kullanılan şekilde), basma yükü altındaki ilgili burkulma durumu genelde eğilme ile ilgilidir. Burkulma mukavemetinin kanıtı ile ilgili ayrıntılar aşağıda verilmiştir.

5.2.2.3 Ancak, bazı hallerde, yani açık ince kalın etli kesitlerde, burulma veya eğilmeli-burulma durumları, 5.1.4'de belirtilen ilgili standartların uygulanması suretiyle incelenmelidir.

5.2.2.4 Hadde ürünü I-profiller için, aşağıdaki koşullar dahilinde, eğilmeli-burulma durumundaki burkulma mukavemetinin kanıtlanmasına gerek yoktur :

- Eğilme sadece z-ekseni boyunca varsa (gövdeye paralel düşey eksen),
- Eğilme y-ekseni boyunca (flence paralel yatay eksen) görülüyorsa ve basma flenci, c mesafesinde y-doğrultusunda destekleniyorsa:

$$c \leq \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yk}}} \cdot i_z \cdot \frac{M_p}{M_y} \quad [\text{mm}] \quad (\text{F.2})$$

Burada ;

E = Young modülü (çelik : $2,06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$, alüminyum : $0,69 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$),

f_{yk} = Karakteristik akma mukavemeti

i_z = Gövde alanının %20'si dahil flencin z-ekseni boyunca jirasyon yarıçapı [mm],

M_y = İncelenen boy içinde maksimum eğilme momenti (y-ekseni),

M_p = Plastik dayanım eğilme momenti, 5.2.2.9'a bakınız,

5.2.2.5 Aşağıdaki isteklerden birinin sağlanması halinde, eğilmeli burkulma mukavemetinin kanıtlanmasına gerek yoktur :

$$\text{a)} \quad \frac{N_d}{0,1 \cdot N_{ki,d}} \leq 1 \quad (\text{F.3})$$

Burada;

N_d = Dizayn yükü,

$N_{ki,d}$ = Elastik burkulma kuvveti (Euler), 5.2.2.8'e bakınız.

$$\text{b)} \quad \frac{\bar{\lambda}_k}{0,3 \sqrt{f_{yd}/\sigma_{N,d}}} \leq 1 \quad (\text{F.4})$$

Burada;

$$\bar{\lambda}_k = \frac{s_k}{\lambda_a} ; \quad \lambda_a = \pi \cdot \sqrt{E/f_{yk}}$$

$$\sigma_{N,d} = N_d / A$$

s_k = 5.2.2.6'ya göre burkulma boyu.

c) $\beta \cdot \varepsilon \leq 1$ tüm elemanlar için

$$\varepsilon = \ell \cdot \sqrt{\gamma_M \cdot N_d / EI} \quad (\text{F.5})$$

Burada ;

β = Burkulma boyu katsayısı (burkulma boyu β x eleman boyu), 5.2.2.6'ya bakınız.

5.2.2.6 Tanımlar

Burkulma boyu s_k

Burkulma boyu s_k ; uç bağlantıları ve sınır koşullarına bağlı olarak tanınmış standartlara ve el kitaplarına göre belirlenmelidir.

Yanal olarak etkin şekilde bağlı elemanlar için tam eleman boyu alınacaktır. Eğer, bitişik elemanları nispeten sabit olarak bağlanan elemanlar için (örneğin; platform ayakları arasındaki kuşaklar), burkulma boyu olarak eleman boyunun %80'i alınabilir.

5.2.2.7 Kesit özellikleri

A = Kesit alanı,

I = İlgili kesitte göre atalet momenti (normalde en küçük I).

İnce cidarlı elemanlar için, etkin kesit özellikleri, basma levha elemanının aşağıda belirtilen şekilde b' etkin genişliği dikkate alınarak değerlendirilmelidir:

İç basınçlı levha elemanları için (her iki ucu mesnetli):

$$b' = \left(\frac{s_k}{\lambda} - \frac{0,22}{\lambda_p^2} \right) \cdot b \quad b' = \frac{s_k}{3} \quad (F.6)$$

Burada; b = Desteklenmeyen levha genişliği

Dış basınçlı levha elemanları için (bir ucu serbest)

$$b' = \frac{0,7}{\lambda_p} \cdot b \quad b' = \frac{s_k}{6} \quad (F.7)$$

$\bar{\lambda}_p$ aşağıdaki eşitlikle verilen azaltılmış levha narinliğidir:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_{yk}}{K \cdot \sigma_e}}$$

K = 5.3'de belirtilen standartlara ve literatüre göre, b genişliğindeki levha elemanının burkulma faktörü,

$$\sigma_e = 0,9 \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^2, \text{ ideal elastik burkulma gerilmesi,}$$

t = Levha kalınlığı,

E = Elastisite modülü.

Not :

Ekonomiklik bakımından, ilgili levha elemanındaki hesaplanan maksimum basma gerilmesi σ_d bu gerilmeye tüm basma elemanlarının etkin genişliği esas alınması koşuluyla f_{yk} yerine kullanılabilir.

Eğer kesit N eksenel yüküne maruz ise, azaltılmış etkin genişlik b' nedeniyle tarafsız eksenin "e" yer değişimi, ilave ΔM momenti vasıtasıyla dikkate alınmalıdır:

$$\Delta M = N_d \cdot e \quad (F.8)$$

5.2.2.8 Elastik burkulma kuvveti $N_{ki,d}$:

$$N_{ki,d} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{1,1 \cdot s_k^2} \quad (F.9)$$

İnce cidarlı elemanlar için I atalet momentinde etkin kesit esas alınacaktır.

5.2.2.9 Plastik dayanım

Plastik basma dayanımı kuvveti N_p :

$$N_p = A \cdot f_{yk} / \gamma_M \quad (F.10)$$

Plastik eğilme dayanımı momenti M_p :

$$M_p = W_p \cdot f_{yk} / \gamma_M \quad (F.11)$$

W_p = Plastik kesit modülü

İnce cidarlı elemanlar için, kesit alanı ve etkin kesit alanının elastik kesit modülü uygulanmalıdır.

Plastik kesit modülüne, kesme kuvvetlerinin etkisi dikkate alınmalıdır.

5.2.2.10 Azaltılmış narinlik $\bar{\lambda}$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_p \cdot \gamma_M}{N_e}} \quad (F.12)$$

5.2.2.11 Eğilmeli burkulma için κ azaltma faktörü (burkulma eğrileri)

$$\kappa = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1 \quad \bar{\lambda} > 0,2 \text{ için} \quad (F.13)$$

$$\kappa = 1 \quad \bar{\lambda} \leq 0,2 \text{ için}$$

Burada ;

$$\Phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad (\text{F.14})$$

α = ilgili burkulma eğrisine bağlı faktör

a eğrisi $\alpha = 0,21$

b eğrisi $\alpha = 0,34$

c eğrisi $\alpha = 0,49$

d eğrisi $\alpha = 0,76$

Çeşitli kesitler için burkulma eğrisinin seçimi Şekil 6.7’de gösterilmiştir.

Şekil 6.8’de 4 farklı burkulma eğrisi verilmiştir.

5.2.2.12 Eksenel basma altında burkulma

Yapısal elemandaki N_d eksenel basma kuvveti N , birinci derece elastik teoriye göre, aşağıdaki koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{N_d}{\kappa \cdot N_p} \leq 1 \quad (\text{F.15})$$

κ , N_p , 5.2.2.11 ve 9.’da tanımlanmıştır.

5.2.2.13 Eksenel basma ve yanal eğilme altında burkulma

N eksenel basma kuvvetine ve M eğilme momentine maruz bir yapısal elemanın burkulma mukavemetinin kanıtı, birinci derece elastik teoriye göre, aşağıdaki formül kullanılarak yapılacaktır:

$$\frac{N_d}{\kappa \cdot N_p} + \frac{\beta_m \cdot M_d}{M_p} + \Delta n \leq 1 \quad (\text{F.16})$$

Burada; κ , N_p ve M_p , 5.2.2.11 ve 9.’da belirtilmiştir. (κ ve M_p normalde en zayıf eksene göre olmak üzere, ilgili eğilme eksenine göredir).

β_m = Şekil 6.9’da verilen moment katsayısı

$$\Delta n = 0,25 \cdot \kappa^2 \cdot \bar{\lambda}^{-2} \leq 0,1 \quad (\text{F.17})$$

β_m için 1’den küçük değerler sadece; enine yükü olmayan, her iki ucu rijid mesnetli, sabit kesit alanlı ve sabit eksenel yüklü yapısal elemanlara uygulanabilir.

Borular için M eğilme momenti, maksimum bileşke eğilme momenti olacaktır.

$$M = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} \quad (\text{F.18})$$

Diğer kesitlerin iki-eksenli eğilme değerlendirmeleri için 5.1.4’de belirtilen ilgili standartlar uygulanmalıdır.

5.2.2.14 Kesitin ve/veya eksenel yükün değişimi

Boy yönünde kesitleri ve/veya eksenel yükleri değişen elemanlar için ilgili kesit özellikleri, eksenel kuvvetler ve eğilme momentleri kullanılarak, ilgili tüm kesitler kontrol edilmelidir.

Alternatif olarak, burkulma mukavemetinin kontrolü, kesit ve/veya yük değişimi etkileri dikkate alınarak, ilgili standartların uygulanmasıyla yapılabilir.

5.2.3 Lokal burkulma

5.2.3.1 Kesitleri ince cidarlı olan profiller veya kolonlarda lokal levha veya kabuk burkulması görülebilir. Bu tür lokal burkulmalar, global burkulmalara neden olabilirler.

5.2.3.2 Burkulmanın dikkate alınmasına gerek olmayan hallerde, imal edilmiş profiller için maksimum b / t değerleri, aşağıda verilmiştir:

Lama stifnerler ve serbest flençler:

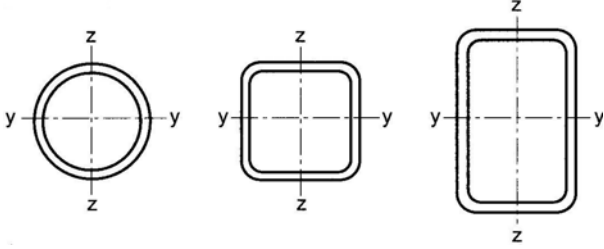
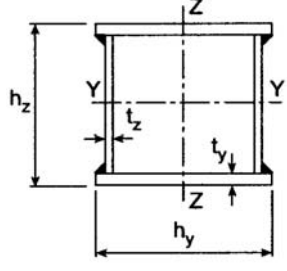
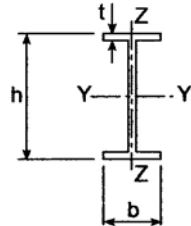
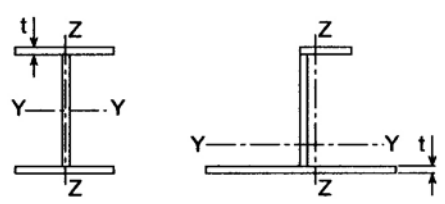
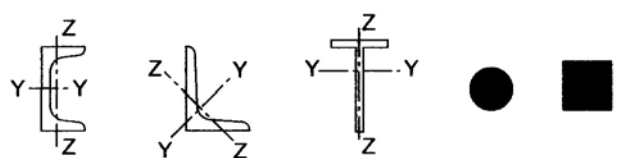
$$\frac{b}{t} = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yk}}} \quad (\text{F.19})$$

Gövde levhaları:

$$\frac{b}{t} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yk}}} \quad (\text{F.20})$$

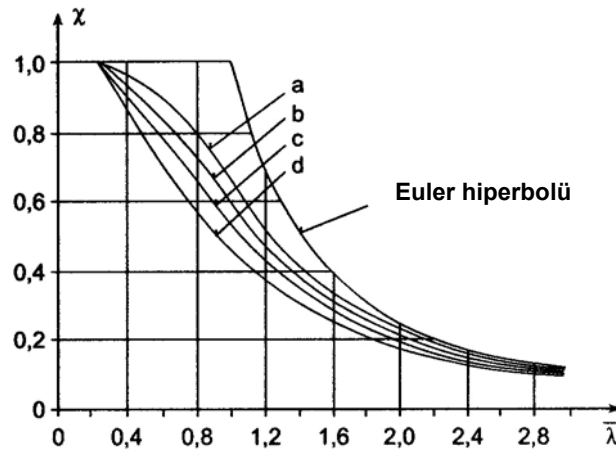
(b , t , E , f_{yk} 5.2.2.4 ve 7.’de tanımlanmıştır).

b / t sınır değerleri; $0,2 \cdot f_{yk}$ ’yı geçmeyen kesme gerilmeleri için geçerlidir.

Kesit	Eksene dik burkulma	Burkulma eğrisi (Şekil 6.8)
Boş kesitler 	Y-Y Z-Z	a
Kaynaklı kutu kesitler 	Genel Y-Y Z-Z	b
	Kalın kaynaklar ve $h_y / t_y < 30$ $h_z / t_z < 30$	Y-Y Z-Z c
Haddelenmiş I profili 	$h/b > 1,2$; $t - 80$ mm. Y-Y Z-Z	a b
	$h/b < 1,2$; $t - 80$ mm. Y-Y Z-Z	b c
Kaynaklı I ve Γ profiller 	$t - 40$ mm. Y-Y Z-Z	b c
	$t > 40$ mm. Y-Y Z-Z	c d
U, L, T ve dolu profiller 	Y-Y Z-Z	c

Bu tabloda yer almayan kesitler benzer şekilde sınıflandırılacaktır.

Şekil 6.7 Çeşitli kesitler için burkulma eğrisi seçimi (DIN 18800'e göre)



Şekil 6.8 Burkulma eğrisi a-d

Moment dağılımı	Eğilme moment katsayısı β_m
Uç momentleri $-1 \leq \psi \leq 1$	$\beta_{m,\psi} = 0,66 + 0,44 \psi$ ancak $\geq 1 - \frac{1}{N_{ki,d} / N}$ ve $\geq 0,44$
Yanal yüklerden oluşan momentler	$\beta_{m,Q} = 1,0$
Uç momentleri ve yanal yüklerden oluşan momentler	$\psi \leq 0,77$: $\beta_m = 1,0$ $\psi > 0,77$: $\beta_m = \frac{M_Q + M_1 \cdot \beta_{m,\psi}}{M_Q + M_1}$

Şekil 6.9 Moment katsayısı, β_m

5.2.3.3 Lokal burkulma kontrolleri; kesitteki gerilme dağılımı ve sınır koşulları dikkate alınarak, 5.3'de belirtilen şekilde yapılacaktır.

5.2.3.4 Ayrıca, mesnetlerde ve konsantre yük aktarımı olan diğer noktalardaki gövde çökmesi de dikkate alınmalıdır.

5.3 Levha elemanların burkulması

5.3.1 Levha elemanların burkulmaya karşı doğrulanması, tanınmış standartlara göre yapılacaktır.

5.3.2 Doğrulamalar, Eurocode 3 veya DIN 18800, Part 3'e göre yapılabilir.

5.3.3 Uygulanacak diğer standartlar için TL ile anlaşmaya varılacaktır.

5.3.4 Burkulma faktörleri literatürden alınabilir (örneğin; TL Tekne Yapım Kuralları). Bu faktörlerin kullanımı için de TL ile anlaşmaya varılacaktır.

5.4 Kabuk Elemanlarının Burkulması

5.4.1 Genel hususlar

5.4.1.1 Tanınmış standartlara göre yapılan kabuk burkulması incelemelerinde, dizayn ve üretim aşamalarında dikkate alınması gereken kabuller (örneğin; geometrik bozulmalar ve kalıcı gerilmelerle ilgili) esas alınacaktır (5.1.4'e de bakınız).

5.4.1.2 Kaynak dikişleri, açıklıklar ve kaynatılmış fittingler gibi gerilme dağılımına etki eden lokal devamsızlıklar, burkulma başlangıcı üzerinde olası etkisi yönünden incelenecektir. Lokal takviyeler gerekli olabilir.

5.4.1.3 Takviyesiz uzun silindirik kabukların (kalın etli borsal yapılar) burkulma kontrolünde, 5.4.2'de verilen prosedür uygulanabilir.

Kısa silindirik kabuklar veya aşağıdaki formüllerde yer almayan diğer yük tipleri için ayrı standart uygulanabilir.

5.4.1.4 Düzgünlüklerin ve lineer olmayan malzeme davranışlarının etkisinin dikkate alınması koşuluyla, diğer hesaplama yöntemlerinin (örneğin; sonlu elemanlar yöntemi) yardımıyla burkulma kontrolü genelde kabul edilir.

5.4.1.5 Bir yaklaşım olarak, düzlemsel levha panelleri için 5.3.'de verilen formülleri kullanarak kabukların burkulma davranışları hesaplanabilir.

Bu durumda kabukların eğriliğinin dikkate alınmasına gerek yoktur. Fiili sınır koşulları ve kabuk membran gerilmeleri dikkate alınacaktır.

5.4.2 Takviyesiz uzun silindirik kabukların burkulması

5.4.2.1 Aşağıda belirtilen temel istek karşılanmalıdır:

$$\sigma_d \leq \frac{\sigma_u}{\gamma_M} \quad (\text{F.21})$$

σ_d = Dizayn gerilmesi,

σ_x, σ_φ = Eksenel yükler (x) veya dış basınç (φ) nedeniyle oluşan karakteristik gerilme bileşeni,

σ_u = $\sigma_{xu}, \sigma_{\varphi u}$ Kopma burkulma gerilmesi, 5.4.2.10'a bakınız,

5.4.2.2 Silindirik kabukların düzgünlük sınırları

Aşağıda belirtilen toleransların aşılmadığı hallerde, 5.4.2.10'da verilen $\kappa_{1,2}$ azaltma faktörleri uygulanabilir.

5.4.2.3 Lokal düzgünlükler

"e" düzgünlük değerleri, gerek meridyen, gerekse paralel dairede, Şekil 6.10 a, c'de görülen düz bir çubuk ile, Şekil 6.10 b, d'de görülen, kaynağın üzerinde tutulan eğimli bir mastarla ölçülür.

Çubuğun ve mastarın ℓ_m boyu Şekil 6.10'a göre seçilecektir.

Düzgünlük, ölçme boyunun %1'ini aşmamalıdır.

$$e \leq 0,01 \cdot \ell_m \quad (\text{F.22})$$

ℓ_m = Şekil 6.10'a bakınız,

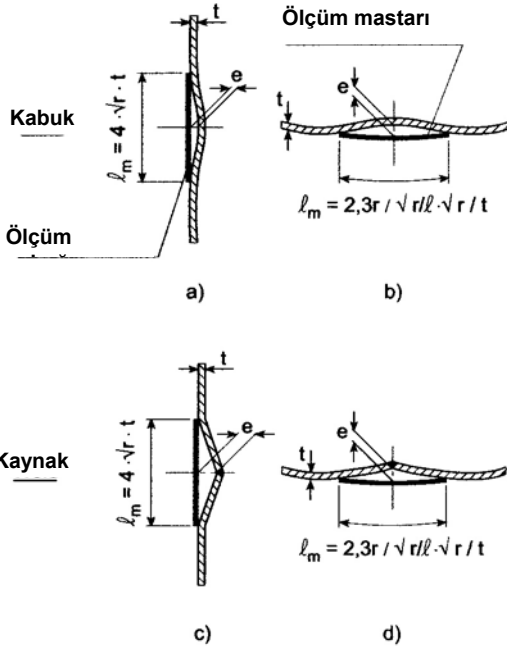
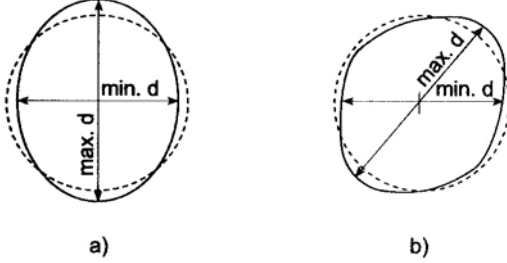
r = Kabuk eğrilik yarıçapı,

ℓ = Desteklenmeyen boy (yani, perdeler veya ring takviyeler arası boy).

5.4.2.4 Ovallık

“w” ovallığı aşağıdaki isteği karşılayacaktır:

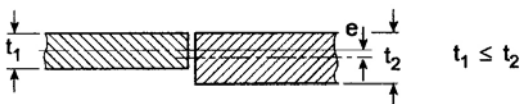
$$w = 2 \cdot \frac{\text{maks } d - \text{min } d}{\text{maks } d + \text{min } d} \cdot 100 \leq 0,5 \%$$



Şekil 6.10 Düzgünsüzlükler, ölçüm boyu l_m

5.4.2.5 Alın birleştirmelerinin kaçıklığı

Kaçıklıklar aşağıdaki şekildeki gibi sınırlandırılacaktır.



$e \leq 0,2 t_1$; maks. 3 mm.

$e \leq 1 \text{ mm.}$; $t_1 \leq 6,5 \text{ mm.}$ için

Eğer yukarıda belirtilen düzgünsüzlük sınırları aşılsa, her durum için olası düzeltici önlemler alınmalıdır.

Belirlenen düzgünsüzlük sınırlarını 2 kata kadar aşan düzgünsüzlüklerde, $\kappa_{1,2}$ azaltma faktörleri aşağıdaki şekilde alınarak, burkulma hesapları tekrarlanmalıdır:

$$\kappa_{1,2\text{red}} = \kappa_{1,2} \cdot \left[1 - \frac{\bar{\lambda}_{sx,\varphi}}{3} \left(\frac{\text{mevcut } e}{\text{izin verilen } e} - 1 \right) \right] \quad \bar{\lambda}_{sx,\varphi} < 1,5 \text{ için} \quad (\text{F.23})$$

$$\kappa_{1,2\text{red}} = \kappa_{1,2} \cdot \left[1,5 - 0,5 \left(\frac{\text{mevcut } e}{\text{izin verilen } e} \right) \right] \quad \bar{\lambda}_{sx,\varphi} \geq 1,5 \text{ için} \quad (\text{F.24})$$

$\kappa_{1,2}$ = Azaltma faktörü, 5.4.2.10'a bakınız,

$\bar{\lambda}_{sx,\varphi}$ = Eksenel veya çevresel yükler için azaltılmış narinlik, 5.4.2.10'a bakınız.

5.4.2.6 Eksenel basma yükleri için ideal burkulma gerilmesi

Aşağıdaki formüller, radyal doğrultuda sabit silindirlere uygulanır.

$$\text{Eğer ; } \frac{r}{t} \leq \frac{E}{40 \cdot R_{eH}} \cdot C_x \text{ ise} \quad (\text{F.25})$$

Burkulma kontrolüne gerek yoktur.

C_x için aşağıya bakınız.

r = Kabuğun orta yüzeyinin yarıçapı,

t = Kabuğun levha kalınlığı.

İdeal burkulma gerilmesi, aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\sigma_{xi} = 0,605 \cdot C_x \cdot E \cdot \frac{t}{r} \quad (\text{F.26})$$

σ_{xi} = Eksenel basma yükleri için ideal burkulma gerilmesi.

- Kısa ve orta uzunluklu, yani $\frac{\ell}{r} \leq 0,5 \sqrt{\frac{r}{t}}$ olan silindirlerde;

$$C_x = 1 + 1,5 \cdot \left(\frac{r}{\ell}\right)^2 \cdot \frac{t}{r} \quad (\text{F.27})$$

C_x = Alternatif olarak 1,0 alınabilir.

ℓ = Burkulma boyu 5.2.2.6'ya bakınız.

Uzun silindirlerde, yani $\frac{\ell}{r} > 0,5 \sqrt{\frac{r}{t}}$ ise **(F.28)**

C_x faktörü aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_x = 1 - \frac{0,4 \frac{\ell}{r} \sqrt{\frac{t}{r}} - 0,2}{\eta} \geq 0,6$$

η uçların bağlantı durumunu ifade eder ve aşağıdaki şekilde seçilir:

Her iki ucu sabit : $\eta = 6$

Bir ucu basit mesnetli, diğer ucu sabit : $\eta = 3$

Her iki ucu basit mesnetli : $\eta = 1$

5.4.2.7 Uzun silindirler için 5.2'de belirtilen çubuk burkulma istekleri ayrıca dikkate alınacaktır.

Çok narin silindirler (içi boş kesitler) için

$$\frac{\ell}{r} > 6 \sqrt{\frac{r}{t}} \text{ ise} \quad (\text{F.29})$$

lokal burkulma kontrolüne gerek yoktur. Tanımlar için 5.2.2.6'ya bakınız.

5.4.2.8 Kule kısımları gibi kombine eksenel basma ve eğilme momentine maruz uzun silindirler için, C_x aşağıdaki (F.30) eşitliğine göre alınabilir :

$$C_x = 1,0 \cdot \frac{\sigma_{x,M}}{\sigma_x} + C_{x,N} \cdot \frac{\sigma_{x,N}}{\sigma_x} \quad (\text{F.30})$$

Burada ;

σ_x = Meridyenel gerilme,

$\sigma_{x,N}$ = Kuleye dik kuvvetlerden oluşan meridyenel gerilme bileşeni,

$\sigma_{x,M}$ = Kule eğilme momentinden oluşan boylamsal gerilme bileşeni,

$C_{x,N}$ = 5.4.2.6'da belirtilen DIN 18800-4 göre C_x katsayısı

Yukarıdaki formül, aşağıdaki durumlar için uygulanır :

$$\frac{r}{t} \leq 150$$

$$\frac{1}{r} \cdot \left(\frac{t}{r}\right)^{0,5} \leq 6$$

S 235 veya S 355 yada eşdeğeri yapı çelikleri,

Burada ;

l = Kabuk segmenti boyu,

r = Orta yüzeyin yarıçapı,

t = Et kalınlığı.

5.4.2.9 Çevresel basma yükleri için ideal burkulma gerilmesi

- Aşağıdaki durumda burkulma kontrolüne gerek yoktur:

$$\frac{r}{t} \leq \sqrt{\frac{E}{23 R_{eH}}} \quad (\text{F.31})$$

- Kısa ve orta uzunluklu, yani;

$$\frac{\ell}{r} \leq 1,63 \cdot C_\varphi \cdot \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (\text{F.32})$$

olan silindirlerde, ideal burkulma gerilmesi aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$$\sigma_{\varphi i} = 0,92 \cdot C_\varphi \cdot \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (\text{F.33})$$

C_φ = Tablo 6.3'e bakınız.

$\sigma_{\varphi i}$ = Çevresel basma yükleri için ideal burkulma gerilmesi.

Tablo 6.3 C_φ faktörü

Mesnet koşulu	C_φ
Her iki ucu sabit	1,5
Bir ucu basit mesnetli, diğer ucu sabit	1,25
Her iki ucu basit mesnetli	1,0
Bir ucu serbest, diğer ucu sabit	0,6

- Uzun silindirlerde, yani;

$$\frac{\ell}{r} > 1,63 \cdot C_\varphi \cdot \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (\text{F.34})$$

ise ;

$$\sigma_\varphi = E \left(\frac{t}{r} \right)^2 \cdot \left[0,275 + 2,03 \left(\frac{C_\varphi}{\frac{\ell}{r} \sqrt{\frac{t}{r}}} \right)^4 \right] \quad (\text{F.35})$$

5.4.2.10 Kopma burkulma gerilmesi

Kopma burkulma gerilmesi; elastik olmayan malzeme davranışı, geometrik ve yapısal düzgünlük yönlerinden aşağıdaki şekilde hesaplanır.

- Kabuğun azaltılmış narinliği hesaplanır:

$$\bar{\lambda}_{sx} = \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{xi}}} \quad (\text{F.36})$$

$$\bar{\lambda}_{s\varphi} = \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{\varphi i}}} \quad (\text{F.37})$$

- Çeşitli doğrultular için σ_u kopma burkulma gerilmeleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{a) } \sigma_{xu} = \kappa_2 \cdot f_{yk} / \gamma_M \quad (\text{F.38})$$

$$\gamma_M = 1,1 \quad \bar{\lambda}_{sx} \leq 0,25 \text{ için}$$

$$\gamma_M = 1,1 \cdot \left(1 + 0,318 \frac{\bar{\lambda}_{sx} - 0,25}{1,75} \right) \quad 0,25 < \bar{\lambda}_{sx} < 2,0 \text{ için}$$

$$\gamma_M = 1,45 \quad \bar{\lambda}_{sx} \geq 2,0 \text{ için}$$

$$\text{b) } \sigma_{xu} = \kappa_1 \cdot f_{yk} / \gamma_M \quad (\text{F.39})$$

$$\gamma_M = 1,1$$

- κ_1, κ_2 azaltma faktörleri, azaltılmış narinliğin bir fonksiyonu olarak belirlenmelidir:

$$\kappa_2 = 1,0 \quad ; \quad \bar{\lambda}_{sx} \leq 0,25 \text{ için}$$

$$\kappa_2 = 1,233 - 0,933 \bar{\lambda}_{sx} \quad ; \quad 1,0 \geq \bar{\lambda}_{sx} > 0,25 \text{ için}$$

$$\kappa_2 = \frac{0,3}{\bar{\lambda}_{sx}} \quad ; \quad 1,5 \geq \bar{\lambda}_{sx} > 1,0 \text{ için}$$

$$\kappa_2 = \frac{0,2}{\bar{\lambda}_{sx}} \quad ; \quad \bar{\lambda}_{sx} \geq 1,5 \text{ için}$$

$$\kappa_1 = 1,0 \quad \bar{\lambda}_{s\varphi} \leq 0,4 \text{ için}$$

$$\kappa_1 = 1,274 - 0,686 \cdot \bar{\lambda}_{s\varphi} \quad ; \quad 1,2 > \bar{\lambda}_{s\varphi} > 0,4 \text{ için}$$

$$\kappa_1 = \frac{0,65}{\bar{\lambda}_{s\varphi}} \quad ; \quad \bar{\lambda}_{s\varphi} \geq 1,2 \text{ için}$$

Eğer düzgünlük sınırları aşılmışsa, bu azaltma faktörlerinde indirme gerekebilir 5.4.2.2'ye bakınız.

5.4.2.11 Kombine eksenel basma ve hidrostatik basınç

Eksenel gerilmeler ve dış basınç nedeniyle oluşan çevresel gerilmelerden oluşan kombine yüklerde, aşağıda belirtilen eşitlik sağlanacaktır.

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xu}} \right)^{1,25} + \left(\frac{\sigma_\varphi}{\sigma_{\varphi u}} \right)^{1,25} \leq 1,0 \quad (\text{F.40})$$

5.4.3 Takviyeli silindirik kabuklar

$$\sigma_{xS,R,d} = C_1 \cdot \sigma_{xS,R,d-DIN} \quad (F.41)$$

5.4.3.1 Takviyeli kabukların burkulma kontrolü, tanınmış kurallara göre yapılabilir.

Burada ;

$$\sigma_{xS,R,d-DIN} = \text{DIN 18800-4'e göre meridyenel kritik burkulma gerilmesi}$$

5.4.3.2 Silindirik elemanın takviyeleri, stifnerler arasındaki kabuk panelinin burkulması, stifnerin çökmesinden önce görülecek şekilde dizayn edilmelidir.

$$C_1 = \text{Açıklığın etkisini dikkate almak üzere (F.42) eşitliğine göre azaltım faktörü}$$

5.4.3.3 Stifnerler arasındaki panelin lokal burkulması, aşağıdaki koşulda, levha paneline benzer şekilde kontrol edilebilir.

$$C_1 = A_1 - B_1 \cdot (r/t) \quad (F.42)$$

$$\frac{b^2}{r \cdot t} \leq 6 \quad \text{ise (b : stifner aralığı)}$$

A_1 ve B_1 , Tablo 6.4'e göre

Burada ;

Diğer hallerde, 1.10'da belirtilen kurallardaki hususlar takip edilebilir.

$$\delta = \text{Genişlik boyunca açıklık açısı}$$

Yukarıdaki kurallar, aşağıda belirtilenler için geçerlidir :

5.4.4 Çelik boru kulelerdeki açıklıklar

5.4.4.1 Eğer, bir açıklık civarında kule cidarının burkulma emniyeti sonlu elemanlar analizi vasıtasıyla doğrulanacaksa, "global hesaplamalı, nümerik destekli burkulma emniyeti analizi" (LA) veya "geometrik lineer olmayan elastik hesaplama" (GNA) (örneğin; DIN ENV 1993 -1-6 : 2002-05, 8.6'ya göre) yapılacaktır. Burada, geometrik lineer olmayan elastik hesaplama (GNA), elastik kritik burkulma direnci R_{cr} hesaplanacaktır. Plastik referans direnci R_{pl} 'nin belirlenmesi için referans noktasını kararında, açıklık etrafındaki alan ihmal edilebilir, bu alanın, $2(r \cdot t)^{0.5}$ 'den büyük olmayacaktır.

5.4.4.2 Kenarı boyuna takviyeli, kenar stifnerli alanda (Şekil 6.11 a)'ya bakınız), burkulma emniyeti analizi DAST Guideline 0,17'ye göre Sadeleştirilmiş formda yapılabilir. Dizaynla ilgili sınır koşulları ve bunun için tanımlanan geçerlilik sınırlarına dikkat edilecektir.

5.4.4.3 Çevresel olarak kenarları takviyeli ve ilave boyuna takviyesiz açıklık alanlarında ("boğaz stifnerleri", Şekil 6.11, b1), b2) ve Şekil 6.12), burkulma emniyeti analizi, DIN 18800-4'e göre meridyenel kritik burkulma gerilmesi yerine, eğer F.41'e göre azaltılmış meridyenel kritik burkulma gerilmesi kullanılırsa, sadeleştirilmiş olarak zayıflatılmamış kule cidarı gibi yapılabilir :

$$- \text{Kule cidarı } (r/t) \leq 160$$

$$- \text{Açıklık açısı } \delta \leq 60^\circ \text{ ve}$$

$$- \text{Açıklık boyutları } h_1 / b_1 \leq 3$$

Burada açıklık açısı ve açıklık boyutları, açıklık kenar stifnerleri dikkate alınmaksızın kule cidarındaki deliklerle (Şekil 6.12'ye bakınız) ve ayrıca aşağıdaki özellikli kenar stifnerli açıklıklarla ilgilidir :

$$- \text{Tüm açıklık çevresinde kesiti sabit olan veya en küçük kesiti dikkate alınan,}$$

$$- \text{Kesit alanı, kayıp açıklık alanının en az 1/3'ü olan.}$$

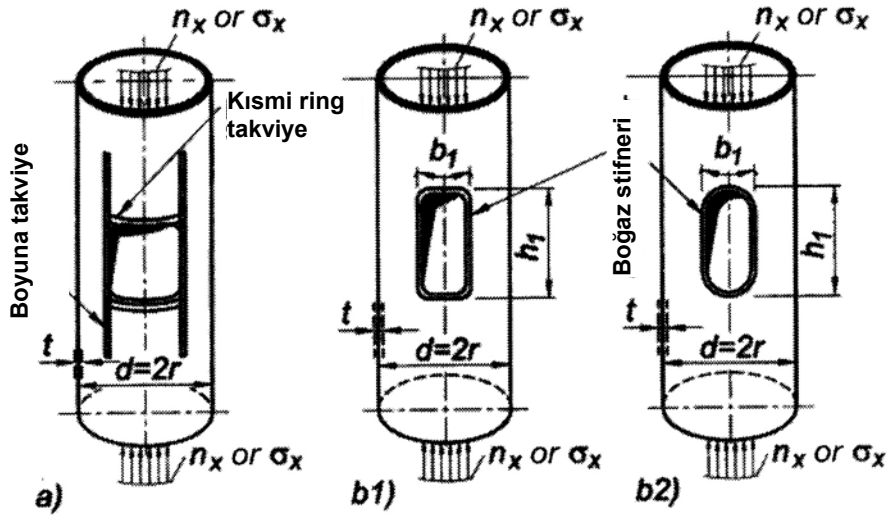
$$- \text{Açıklık kenarındaki kesiti, cidar orta eksenine göre merkezi olarak düzenlenenler (Şekil 6.12'ye bakınız),}$$

$$- \text{Kesit kısmı, DIN 18800-1 : 1990-11, Tablo 15'e göre sınırlayıcı (b/t) değerlerini sağlayanlar}$$

Tablo 6.4 (F.42) eşitliğine göre katsayılar

	S235		S355	
	A_1	B_1	A_1	B_1
$\delta = 20^\circ$	1,00	0,0019	0,95	0,0021
$\delta = 30^\circ$	0,90	0,0019	0,85	0,0021
$\delta = 60^\circ$	0,75	0,0022	0,70	0,0024

Ara değerler doğrusal enterpolasyonla bulunabilir. Ekstrapolasyona izin verilmez.



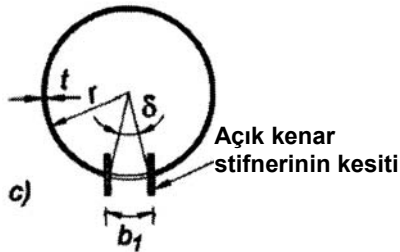
Şekil 6.11 a) ilave boyuna takviyeli açıklıklar
b1), b2) çevresel olarak kenarı takviyeli açıklıklar

5.4.4.4 Silindirik çelik kulelerdeki açıklıklar için, açıklık kenarındaki gerilme yığılması, burkulma emniyetine ilave olarak, gerilme analizinde ve yorulma mukavemeti analizinde dikkate alınacaktır.

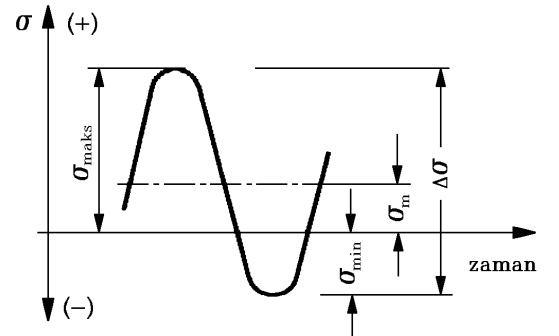
6. Yorulma

6.1 Genel

6.1.1 Tanımlar



Şekil 6.12 Çevresel olarak kenarı takviyeli açıklık (kesit)



$\Delta\sigma$ = Uygulanan gerilme aralığı ($\sigma_{maks} - \sigma_{min}$), [N/mm²],

σ_{maks} = Bir gerilme çevriminde en büyük üst gerilme, [N/mm²],

σ_{min} = Bir gerilme çevriminde en büyük alt gerilme, [N/mm²],

$\Delta\sigma_{maks}$ = Gerilme aralığı dağılımında uygulanan en büyük gerilme aralığı, [N/mm²],

σ_m = Ortalama gerilme, $\left[\frac{\sigma_{maks}}{2} + \frac{\sigma_{min}}{2} \right]$ [N/mm²],

$\Delta\sigma_p$ = İzin verilen gerilme aralığı, [N/mm²],

$\Delta\tau$ = İlgili kesme gerilmesi aralığı [N/mm²],

n = Uygulanan gerilme çevrim sayısı,

N = S-N eğrisine göre dayanılabilen gerilme çevrimi sayısı (sabit gerilme aralığı durumunda),

$\Delta\sigma_R$ = $2 \cdot 10^6$ kez tekrarlanan gerilme çevriminde, S-N eğrisinin yorulma mukavemeti başvuru değeri, [N/mm²], (ayrıntı sınıfı numarası için, Ek 6, A'ya bakınız),

f_t = Levha kalınlığı için düzeltme faktörü,

f_c = Korozyon etkisi için düzeltme faktörü,

f_m = Malzeme etkisi için düzeltme faktörü,

f_R = Ortalama gerilme etkisi için düzeltme faktörü,

f_w = Kaynak şekli etkisi için düzeltme faktörü,

f_i = Yapısal elemanın önemi ile ilgili düzeltme faktörü,

f_s = Kaçıklık etkisi ile ilgili düzeltme faktörü,

f_n = İzin verilen gerilme aralığının hesabı için, gerilme dağılımını ve çevrim sayısını göz önünde tutan faktör,

$\Delta\sigma_{Rc}$ = $2 \cdot 10^6$ kez tekrarlanan gerilme çevriminde, S-N eğrisinin düzeltilmiş yorulma mukavemetinin başvuru değeri [N/mm²],

γ_M = Kısmi malzeme emniyet faktörü,

D = Yorulmada birikmiş hasar oranı.

6.1.2 Kapsam, uygulama ve sınırlamalar

6.1.2.1 Yapısal bütünlüğün sağlanması ve etkili bir muayene programının oluşturulması için olası yorulma hasarlarının öneminin değerlendirilmesi amacıyla, özellikle çevrimsel (tekrarlı) yüklerin etkisindeki yapılar için bir yorulma mukavemeti analizi yapılmalıdır. Analizin kapsamı, yapıdaki devamlı değişen yükler nedeniyle oluşan lokal gerilme derecesi ve / veya çevrim sayısına bağlıdır. Dalga yükü ile birlikte rüzgar yükü, potansiyel yorulma çatlakları için ana unsurdur. Ancak, diğer tekrarlı yükler de yorulma hasarlarına yol açabilirler ve bu nedenle dikkate alınmalıdırlar.

6.1.2.2 Eğer yorulma analizi, yük spektrumu esas alınarak yapılıyorsa, bu analiz; gerekirse yük ölçümleri ile desteklenmek suretiyle (Bölüm 10, E'ye bakınız), yorulma için etkin isteklerin simülasyonu vasıtasıyla, ilgili kesitlerde hesaplamalı şekilde yapılacaktır. İç kuvvet ve momentlerin aralığı, en olumsuz tarzda süperpoze edilecektir.

6.1.2.3 Sadeleştirme olarak, spektrum; simülasyondan elde edilen yük spektrumunun zarfları (örneğin; trapezoidal formda) ile temsil edilebilir. Her hareket bileşeni için üniform yük çevrimi sayısı belirlenmelidir.

Not :

Genelde, pervane itmesi F_x , meyil momenti M_y ve kule burulma momenti M_z 'nin dikkate alınması, rüzgar ve dalga doğrultusunun, yapının ömrü boyunca sabit olacağının kabulü halinde, yeterlidir. Meyil ve kule burulma momentlerinin, birbirlerine göre 90°'lik faz farkıyla etki ettiği kabul edilebilir.

6.1.2.4 Çentik ayrıntıları, yani, kaynaklı birleştirmeleri, levhalar ve kirişlerdeki kaynaklı birleştirmeler ve ayrıca serbest levha kenarlarındaki çentikler ayrı ayrı dikkate

alınmalıdır. Yorulma mukavemetinin değerlendirilmesi, ya standart gerilme dağılımı için izin verilen en büyük gerilme aralığına (6, F.6.6'ya bakınız) veya yorulmada birikmiş hasar oranına (6, F.6.5'e bakınız) göre yapılacaktır.

6.1.2.5 Kurallar, akma mukavemeti 700 N/mm²'ye kadar olan yapım çeliklerine uygulanır. Cıvatalar için 1000 N/mm²'ye kadar akma mukavemeti kabul edilir. Çelik döküm gibi diğer malzemeler ve karma birleştirmeler için, ilgili gerilme yığılması faktörleri ve dizayn S-N eğrilerini kullanarak benzer şekilde işlem yapılabilir.

6.1.2.6 Yapı elemanlarının, aşırı plastik şekil değiştirmesine bağlı olarak daha az sayıdaki çevrim sonucu yorulma durumu özel olarak incelenecektir. Aşağıda belirtilen kuralların uygulanması sırasında hesaplanmış olan anma gerilme aralığı, minimum akma sınırı üst anma değerinin 1,5 katını aşmayacaktır. Yorulma mukavemeti analizi, özel durumlarda, lokal elasto-plastik gerilmeleri göz önünde tutarak yapılabilir.

6.1.2.7 Aşağıdaki koşullardan biri sağlanırsa, yorulma analizine gerek yoktur:

- Dalga, rüzgar ve diğer yükler nedeniyle oluşan $\Delta\sigma_{maks}$ maksimum gerilme aralığı aşağıdaki kriteri sağlarsa ve korozif ortamda yeterli koruma mevcutsa:

$$\Delta\sigma_{maks} \leq \Delta\sigma_R \cdot f_t \cdot f_w \cdot f_m \cdot f_R \cdot f_i \cdot f_c \cdot f_a / \gamma_M \quad (F.43)$$

- Eğer $N = 2 \cdot 10^8$ çevrimde, dayanılabilir gerilme sınırının altında kalırsa, diğer yüklerin etkisinden oluşan ilave gerilme aralığına izin verilebilir.
- Yukarıdaki kriterlerde, uzun süreli gerilme dağılımı aralığının, $h \leq 2$ olan şekil parametresiyle, Weibull dağılımına uygun olduğu ve toplam çevrim sayısının 10^9 dan küçük olduğu kabul esas alınmıştır.
- Yapının ömrü süresince öngörülen çevrim sayısı aşağıda belirtilenden az ise:

$$2 \cdot 10^6 \cdot \left[\frac{\Delta\sigma_R \cdot f_t \cdot f_c \cdot f_w \cdot f_m \cdot f_R \cdot f_i \cdot f_a}{\gamma_M \cdot \Delta\sigma_{maks}} \right]^3 \quad (F.44)$$

Burada;

$\Delta\sigma_{maks}$ [N/mm²] = Maksimum nominal gerilme aralığı veya boru bağlantıları için maksimum şiddetli gerilme aralığı (3.'e bakınız),

$\Delta\sigma_R$ [N/mm²] = Yorulma mukavemeti referans değeri, yani, ilgili ayrıntının kategori numarası (minimum 36, Tablo 6.5'e bakınız) veya boru bağlantıları için $\Delta\sigma_R = 100$ N/mm².

$f_t \cdot f_c \cdot f_w \cdot f_m \cdot f_R \cdot f_i \cdot f_a$ 6.7.2'ye bakınız.

Tablo 6.5 Yorulma değerlendirmesi için gerilme aralığındaki γ_M kısmi emniyet faktörü

Yapısal ayrıntı	“Arıza-emniyetli” yapının bir parçası	“Arıza-emniyetli” olmayan yapının bir parçası
Kolay ulaşılabilir, periyodik izleme, bakım, üretim ve montaj gözetimi	1,00	1,15
Kolay ulaşılabilir (örneğin; su altında) periyodik izleme ve bakım olanağı yok	1,15	1,25

6.1.2.8 İncelenen bölgedeki gerilmelerin hesaplanmasında ve yapısal ayrıntının yorulma direncinde belirsizliklerin olabileceği dikkate alınmalıdır. Yorulma analizinin yapılmasında, hesaplanan gerilmelerin düşük olmaması ve yorulma mukavemetinin gereğinden fazla olmamasına dikkat edilmelidir.

6.1.2.9 Uygun bir yorulma davranışının elde edilmesi için yapılar, gerilme yığılmaları en aza indirilecek şekilde dizayn ve imal edilmelidir. Levha kalınlığı, yapısal gerilme yığılması, kaynak şekli, kaynak sonrası işlemler ve korozyon yapının yorulma davranışına etki eden faktörlerin bazılarıdır. Ayrıntılı bilgiler aşağıda verilmiştir.

6.1.3 Yorulma değerlendirme için malzeme emniyet faktörü

6.1.3.1 Yorulma değerlendirme ile ilgili kısmi malzeme emniyet faktörü Tablo 6.5'den alınabilir.

6.1.3.2 Tablo 6.5'in ilk satırındaki değerler, sadece onaylı izleme ve bakım kavramı ile birlikte, sörveylerin ve periyodik izlemenin **TL** veya **TL** tarafından kabul edilen üçüncü taraflarca yapılması halinde kullanılabilir.

6.2 Yorulma değerlendirme prosedürü

6.2.1 Yorulma değerlendirme sonucunda; kabul edilebilir olasılık düzeyi içinde, dizayn ömrü sırasında yapıda yorulma hasarlarının oluşmayacağı doğrulanmalıdır. Değerlendirme, çatlak olasılığı bulunan her yerde yapılmalıdır. Yorulma değerlendirme, ya uygulanan hasar oranı sınır hasar oranı ile karşılaştırarak, hesaplanan hasar cinsinden (6.5'e bakınız) ya da standart gerilme dağılımı için maksimum izin verilen gerilmeler cinsinden (6.6'ya bakınız) yapılacaktır. Her iki halde de yorulma mukavemetinde, 6.7'de belirtilen dizayn S-N eğrileri esas alınır.

6.2.2 Yapısal elemanın dayanabileceği gerilme çevrimi sayısı, temel olarak, $\Delta\sigma$ gerilme aralığının büyüklüğüne bağlıdır. Ortalama gerilme σ_m 'nin etkisi genelde küçüktür ve 6.7.2'de tanımlanan f_R düzeltme faktörü ile ele alınır.

6.2.3 Yük etkilerinden oluşan gerilme aralığının uzun süreli dağılımı, uygun bir çevrim sayma yöntemi kullanılarak, komple çevrim olarak belirlenmelidir. Aralık çifti veya "rainflow" sayma yöntemi önerilir.

6.2.4 Gerilme aralığının uzun süreli dağılımında, yapının planlanan ömrü süresince yorulma davranışı ile ilgili tüm gerilme değişimleri dikkate alınacaktır. Çevrimsel (tekrarlı) yüklerle ilgili bazı önemli etkenler; dalgalar, rüzgar, akıntılar, değişen hidrostatik basınç, kreyn yükleri, güverte üzerindeki hareketli yükler ve mekanik titreşimdir. Yapım, taşıma ve montaj yükleri de yorulma ömrü ile ilgili olabilir.

6.2.5 Yorulma yükü spektrumu; Bölüm 4'de ve Bölüm 6, A.2'de verilen esaslar kullanılarak (yük emniyet faktörleri dahil) oluşturulacaktır. Dış koşulların ve dinamik artırımın

uzun süreli dağılımı, bunların yapısal elemanın yorulmasına katkısı bakımından dikkatle seçilmelidir. Girdap kaynaklı titreşimlerden oluşan global ve lokal kuvvetler ve sıçrama bölgesindeki dövünmeden oluşan darbe yükleri ya da kırılan dalgalar nedeniyle oluşan çarpmalar dikkate alınacaktır.

6.2.6 Analizler, Bölüm 4, C.3, Tablo 4.4'e göre F grubu hareketlerin kombinasyonu ile yapılacaktır.

6.2.7 Düzenli bakım ve periyodik izleme (Bölüm 11'e göre) ön koşul olarak kabul edilir.

6.2.8 Yorulma mukavemeti analizinde, söz konusu olan ayrıntılara bağlı olarak, aşağıda açıklanmış olan gerilme tiplerinden biri esas alınacaktır:

- Tam nüfuziyetli olarak kaynatılmış boru bağlantıları için, yorulma analizinde kullanılacak gerilme, 6.3'de tanımlanan kaynak dibindeki şiddetli gerilme σ_S olmalıdır. Şiddetli gerilme; yapısal elemandaki nominal gerilmenin (normalde yapının çerçeve analizi ile) hesabından ve ilgili gerilme yığılması faktörünün (SCF) kullanımından elde edilir,
- Diğer kaynaklı birleştirmeler için yorulma mukavemeti analizinde, normal olarak, söz konusu olan yapısal ayrıntıya etki eden σ_n anma gerilmesi ve Ek 6-A'daki ayrıntı sınıfı (veya $\Delta\sigma_R$) tanımlamak üzere verilmiş olan ayrıntı çeşidi esas alınır,
- Ayrıntı çeşidini belirlemenin mümkün olmadığı, ayrıntı çeşitlendirmesinde etki eden ek gerilmelerin tasarlanmadığı veya yeterli olarak dikkate alınmadığı kaynaklı birleştirmeler için yorulma mukavemeti analizi, 6.3.5'de belirtildiği şekilde σ_S şiddetli gerilmeye bağlı olarak yapılabilir,
- Levhaların serbest olan kenarlarındaki çentikler için, lineer elastik malzeme davranışına göre belirlenmiş olan çentik gerilmesi σ_k geçerlidir. σ_k , σ_n anma gerilmesi ve K_t teorik gerilme yığılması faktörü yardımı ile hesaplanabilir. Yorulma mukavemeti; Tablo 6-A.1'deki ayrıntı sınıfı (veya $\Delta\sigma_R$) yardımı ile belirlenir.

6.2.9 Yorulma değerlendirmesi prosedürü için, gerilme aralığı; prosedürünün düzgünlüklerini, ilgili ayrıntının ulaşılabilirliğini ve hatanın sonuçlarını kapsayan γ_M emniyet faktörü ile çarpılacaktır. Hatanın sonuçları ile ilgili olarak, aşağıda belirtilen iki tip yapı dikkate alınacaktır:

- Azaltılmış hata sonucu olan, yani; bir bileşendeki hatanın sonucunun yapıda büyük boyutlu bir hataya neden olmayan “hata - güvenli” yapılar,
- Bir bileşendeki lokal hatanın, yapıda hızla, büyük boyutlu bir hataya neden olduğu “hata - güvenliği olmayan” yapılar.

Uygulanacak emniyet faktörleri, Tablo 6.5’de verilmiştir.

6.3 Şiddetli Gerilme Tanımı

6.3.1 Yukarıda belirtildiği üzere, boru birleştirmeleri, kaynak ucundaki şiddetli gerilme aralığı esasına göre incelenecektir. Bu, ana kiriş ile kuşaklar arasındaki en büyük gerilmedir ve kaynak ucundaki yapısal veya geometrik gerilme dağılımının ekstrapolasyonu olarak tanımlanır (Şekil 6.13). Bu tanımla, şiddetli gerilme; genel geometrinin etkilerini (yapısal veya geometrik gerilme yığılması) içine alır, ancak kaynak ucundaki çentik etkisini içermez (lokal gerilme yığılması). Şiddetli gerilme; kaynak ucunda görülen mikro ölçek etkisini yansıtan, 6.7.1.3’de tanımlanan özel dizayn S-N eğrisi ile birlikte değerlendirilmelidir.

6.3.2 Gerilme yığılması faktörü

Şiddetli gerilme; her biri ilgili gerilme yığılması faktörü (SCF) ile çarpılan, tekil yük bileşenlerinden (yani eksenel yük, düzlemsel ve düzlem dışı eğilme momenti) kaynaklanan nominal gerilmelerin toplamından hesaplanabilir. Tekil yük bileşenleri ile ilgili gerilme yığılması faktörleri; sonlu elemanlar analizinden, model testlerinden veya bu yöntemlerin esas alındığı yarı - ampirik parametrik eşitliklerden bulunabilir. Parametrik eşitlikler, hassasiyetleri ve doğal sınırlamaları çerçevesinde dikkatli bir şekilde kullanılmalıdır.

6.3.3 Ana kiriş / kuşak birleşimi civarındaki en az dört farklı yer incelenmelidir. Zira, tekil yük bileşenleri, başlık ve boyun noktalarında farklı gerilme pikleri oluştururlar (Şekil 6.13’e bakınız). Kaynağın hem ana kiriş hem de kuşak tarafı yorulma analizinde kontrol edilmelidir.

6.3.4 Karmaşık geometriye sahip boru birleştirmeleri (kuşaklar bindirmeli veya gaset levhası takviyeli veya ring stifnerler), özel analizlerle incelenmelidir.

6.3.5 Levha yapılarda, kaynak ucundaki şiddetli gerilmeler uygun şekilde tanımlanır. Bunlar ölçümlerle veya nümerik olarak, örneğin; levha kalınlığında lineer gerilme dağılımı kabulüne göre, kabuk veya volümetrik modeller kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile, hesaplanabilir. Membran ve eğilme bileşenlerini içeren bu gerilme, kaynak ucundan $0,5 \cdot t$ ve $1,5 \cdot t$ uzaklıkta olan (t = levha kalınlığı) iki noktada, kaynak ucuna lineer ekstrapole edilebilir.

6.3.6 Kaynak ucundaki şiddetli gerilmenin incelenmesine ilave olarak; ilgili ayrıntı sınıfını uygulamak suretiyle kısmi nüfuziyetli kaynaklarda, kök hatası ile ilgili yorulma mukavemeti dikkate alınmalıdır, 6.4.1’e de bakınız (ve örneğin; Tablo 6-A.1’deki tip 44).

6.4 Anma Gerilmesinin Tanımı ve Ayrıntıların Sınıflandırılması

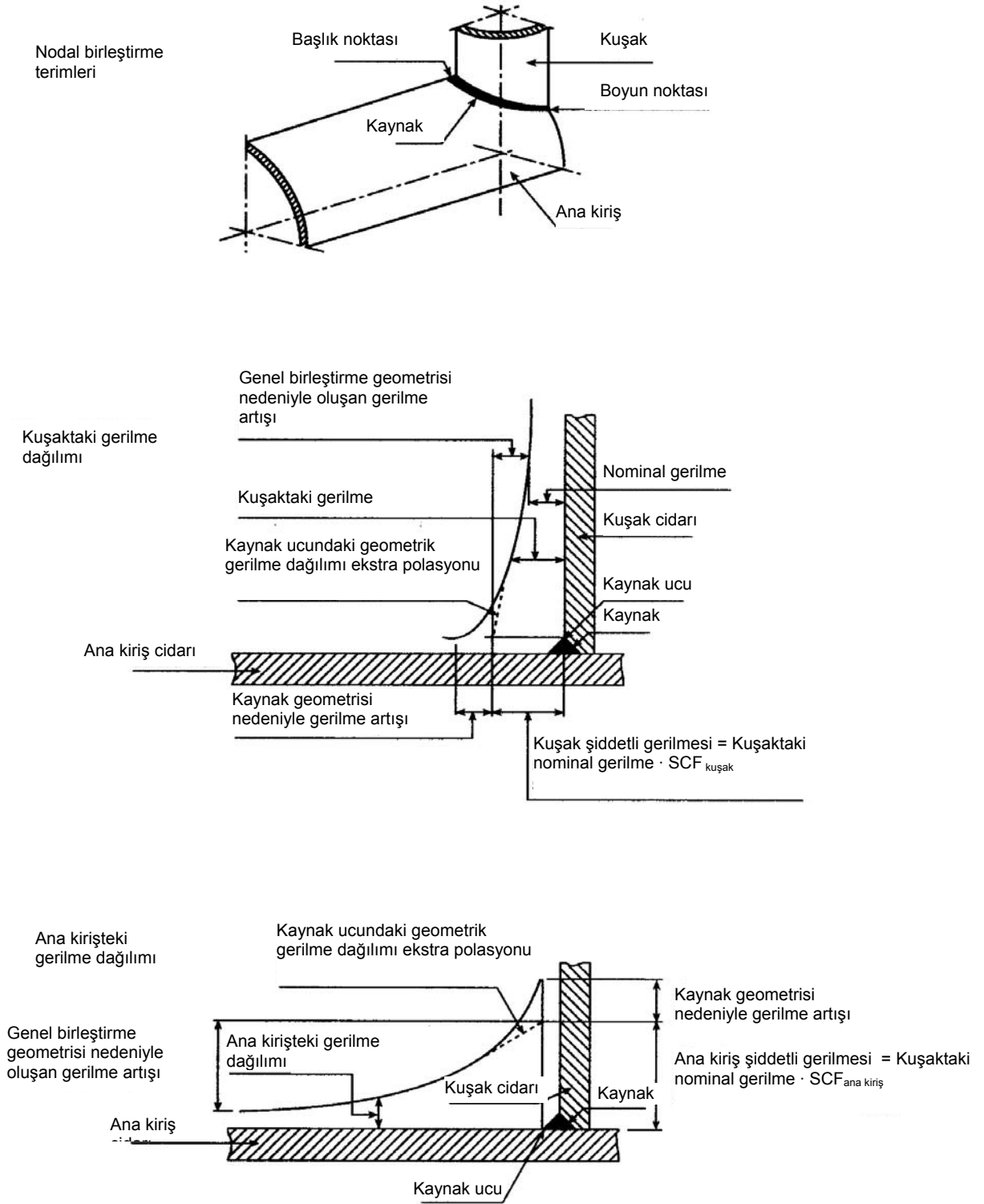
6.4.1 Kaynaklı birleştirmelerin yorulma analizi

6.4.1.1 Sonraki kalite kontrol işlemini de içermek üzere, şekilleri ve üretimleri göz önünde tutulacak olan kaynaklı birleştirmeler, normal olarak, çentik etkilerine göre, ayrıntı sınıflarına ayrılırlar, Tablo 6-A.1’de çelik yapılarda “Uluslararası Kaynak Enstitüsü (IIW)”nın tavsiyelerine göre, yorulma mukavemeti referans değerini ($2 \cdot 10^6$ çevrimde) ifade eden ayrıntı sınıfı numarasını (veya $\Delta\sigma_R$) veren ayrıntı sınıflandırması gösterilmektedir.

Not :

Ayrıntı sınıflandırmasında bazı etkili parametrelerin göz önünde tutulamayacağı ve bu nedenle, daha geniş kapsamlı bir yorulma mukavemetinin hesaba katılması gerektiğine dikkat edilmelidir.

6.4.1.2 Ek 6-A’da bulunmayan ayrıntılar, ya şiddetli gerilmelere (6.3’e bakınız) veya yayınlanmış olan deneysel sonuçlara yada güvenlik düzeyi yeterince yüksek (6.7.7.1’e bakınız) ve 6.7.2’de verilen düzeltme faktörü kullanılarak özel yorulma testlerini yaparak sınıflandırılabilir.



Şekil 6.13 Bir boru birleştirmesindeki şiddetli gerilmelere ait örnek

6.4.1.3 Ek 6-A'nın tablolarındaki oklar, hesaplanacak olan gerilme aralığı için anma gerilmesinin tanımına bağlı olarak gerilmenin yerini ve doğrultusunu belirtir. Olası çatlak oluşum yerleri de tablolarda gösterilmiştir.

Sözü edilen çatlak oluşum yerleri göz önüne alınarak, gerilme aralığı anma değeri, ya birleştirilen malzemelerin kesit alanı yada kaynak dikişi kalınlığı kullanılarak belirlenir.

6.4.1.4 Levhalardaki ve kabuktaki eğilme gerilmeleri, anma eğilme gerilmesinin çatlak başlangıcı bölgesinde etki ettiği esas alınarak, anma gerilmesine dahil edilecektir.

Not :

Farklı kalınlıklı levhalar arasındaki enine alın kaynaklarındaki (Tablo 6-A.1'deki tip 221 ÷ 223'e bakınız) gerilme artışı K_s ilk yaklaşım olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$K_s = \frac{t_2}{t_1} \quad (\text{F.45})$$

t_1 = İnce levha kalınlığı,

t_2 = Kalın levha kalınlığı.

6.4.1.5 Verilmiş olan ayrıntının hemen bitişiğinde bir deliğin var olması örneğinde olduğu gibi, ayrıntı sınıfı belirlenmemiş olan gerilme yığılmaları da anma gerilmesine dahil edilmelidir.

6.4.1.6 Normal ve kesme gerilmelerinin birlikte etki ettiği durumdaki gerilme aralığı, Tablo 6-A.1'de gösterilmiş olan olası çatlakla yaklaşık olarak dik olan doğrultuda etki eden asal gerilmenin aralığı olarak alınır.

6.4.1.7 Sadece kesme gerilmeleri etki ediyorsa, ilgili ayrıntı sınıfı ile birlikte en büyük asal gerilme $\sigma_1 = \tau$ kullanılabilir.

6.4.2 Cıvatalı birleştirmelerin yorulma analizi

6.4.2.1 Cıvatalı birleştirmelerin yorulma analizi için, Bölüm 5, C.4.4.1'de belirtilenler dikkate alınmalıdır.

6.4.2.2 Cıvatalı birleştirmelerle ilgili diğer ayrıntı sınıfları, TL ile anlaşmaya varılarak, tanınmış standartlardan elde edilebilir (örneğin; Eurocode 3).

6.5 Birikmiş hasar oranının hesabı

6.5.1 Eğer yorulma mukavemeti analizi, yorulmada birikmiş hasar oranı hesabına dayandırılıyorsa, öngörülen işletme ömrü sırasında beklenen gerilme aralığı dağılımı oluşturulacak (6.2'ye bakınız) ve yorulmada birikmiş hasar oranı D. aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır :

$$D = \sum_{i=1}^I (n_i / N_i) \leq 1 \quad (\text{F.46})$$

I = Ömür dilimlerinin, toplama işlemindeki toplam adedi (normal olarak, $I \geq 20$),

n_i = "i" ömür dilimindeki gerilme çevrimi adedi,

N_i = $\Delta\sigma = (\gamma_M \cdot \Delta\sigma_i)$ olarak düzeltilmiş olan S - N eğrisinden belirlenen, dayanılabilen gerilme çevrimi adedi,

$\Delta\sigma_i$ = "i" ömür dilimindeki gerilme aralığı,

γ_M = Emniyet faktörü, Tablo 6.5'e bakınız.

6.5.2 Genel olarak, her birleştirmenin ve elemanın dizayn yorulma ömrü, en az yapının planlanan servis ömrü kadar olacaktır. Bunun anlamı; birikmiş hasar oranı, D, sınır hasar oranı olan 1'i aşmayacaktır.

6.6 Uzun Süreli Gerilme Aralığının Standart Dağılımı için İzin Verilen Gerilmeler

6.6.1 Uzun süreli gerilme aralığının standart dağılımı için hesaplama; yukarıda belirtilen gerekleri sağlayan izin verilen en büyük gerilme aralığının verilen değerleri kullanılarak sadeleştirilebilir.

6.6.2 Birçok durumda, aşağıda belirtilen şekilde birikmiş gerilme dağılımına sahip iki parametrelili Weibull dağılımı uygulanır (Şekil 6.14'e de bakınız):

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma_{\text{maks}} \left[1 - \frac{\log(n)}{\log(n_{\text{maks}})} \right]^{1/h} \quad (\text{F.47})$$

Burada;

n = $\Delta\sigma$ 'yi aşan gerilme çevrimi adedi,

$\Delta\sigma_{\text{maks}}$ = n_{maks} gerilme çevrimi içinde bir kez aşılmış olan maksimum gerilme aralığı,

n_{maks} = Toplam gerilme çevrimi adedi,

h = Şekil parametresi ($h=1$, $\Delta\sigma$ -log(n) diyagramında, lineer dağılıma karşılık gelir).

6.6.3 İki parametrelili Weibull dağılımları için, izin verilen en büyük gerilme aralığı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\Delta\sigma_p = f_n \cdot \Delta\sigma_{Rc} \quad (F.48)$$

$\Delta\sigma_{Rc}$ = Ayrıntı sınıfı veya 6.7.2'ye göre düzeltilmiş yorulma mukavemeti başvuru değeri

f_n = Tablo 6.6'da verilen faktör

6.6.4 Aşağıda belirtildiği şekilde, dağılımın en büyük gerilme aralığı izin verilen değeri aşmayacaktır:

$$\Delta\sigma_{maks} \leq \Delta\sigma_p \quad (F.49)$$

Tablo 6.6'da birikmiş hasar oranı $D = 1$ (6.5'e bakınız) ve Şekil 6.15 ve 6.16'da gösterilen S - N eğrilerinde, tip M esas alınmıştır. Bu nedenle, Tablo 6.6'daki izin verilen gerilmeler, yeterli korozyon koruması olmayan yapısal ayrıntılara uygulanmaz.

6.7 Dizaynda kullanılan S-N eğrileri

6.7.1 Dizaynda kullanılan S-N eğrilerinin tanımı

6.7.1.1 Yorulmada birikmiş hasar oranının 6.5'e göre hesap edilmesi ile ilgili dizayn S - N eğrileri, kaynaklı çelik yapılar için Şekil 6.15'de ve levhaların serbest kenarındaki çentikler için Şekil 6.16'da gösterilmiştir. S-N eğrileri, büyük yapılardaki diğer zararlı etkileri de dikkate alarak tüm test sonuçlarının % 95'ini kapsayan sapma bandının alt sınırını belirler (% 97,5 oranındaki dayanım olasılığına uygun olarak).

6.7.1.2 Etki eden değişik faktörleri kapsamaları için, dizaynda kullanılacak olan S-N eğrileri 6.7.2'ye göre düzeltilmelidir.

6.7.1.3 S - N eğrileri, bölümlenmiş olarak, log ($\Delta\sigma$) ile log (N) arasındaki doğrusal bağıntıyı gösterir:

$$\log (N) = 6,69897 + m \cdot Q$$

$$Q = \log (\Delta\sigma_R / \Delta\sigma) - 0,39794 / m_0,$$

m_0 = Levha serbest kenarları için (Şekil 6.16'ya bakınız),

m = S - N eğrisinin eğimli bileşeni,

m_0 = ($N \leq 5 \cdot 10^6$) bölgesindeki ters eğim,

m_0 = 3 kaynaklı birleştirmeler için.

6.7.1.4 Ayrıntı sınıfı 160'a ait S - N eğrisi, düşük gerilme çevrim-leri aralığında, ayrıntı sınıfı 100-140 olan serbest levha kenarları için de üst sınırı oluşturur. Şekil 3.16'ya bakınız.

6.7.1.5 Şiddetli gerilmeyi esas alan yorulma mukavemeti analizinde, aşağıdaki referans değerler ile birlikte, Şekil 6.15'deki S - N eğrileri kullanılır:

$\Delta\sigma_R = 100$ Nihayetleri iç köşe kaynaklı K-alın kaynakları için, örneğin; boru birleştirmeleri veya Tablo 6-A.1'deki tip 21'e göre birleştirmeler ve yük taşımayan veya bağlanan levhanın yükünün bir kısmını taşıyan iç köşe kaynakları için örneğin; Tablo 6-A.1'deki tip 511.

$\Delta\sigma_R = 90$ Bağlanan levhanın tüm yükünü taşıyan iç köşe kaynakları için, örneğin; Tablo 6-A.1'deki tip 413.

6.7.1.6 Alın kaynakları için Tablo 6-A.1'de tip 211÷216 ve 221÷225 için verilen değerler kullanılır.

6.7.1.7 6.7.2'ye göre dizayn S - N eğrilerinin düzeltilmesinde, f_s faktörü dahil edilecektir.

6.7.1.8 Düşük korrozif ortamdaki veya uygun koruma sağlanmış ve değişken gerilme aralıklarının etki ettiği yapılar için, Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'da görülen S-N eğrileri uygulanacaktır ("M" tipi S-N eğrileri), yani:

$$m = m_0, \quad Q \leq 0 \text{ için}$$

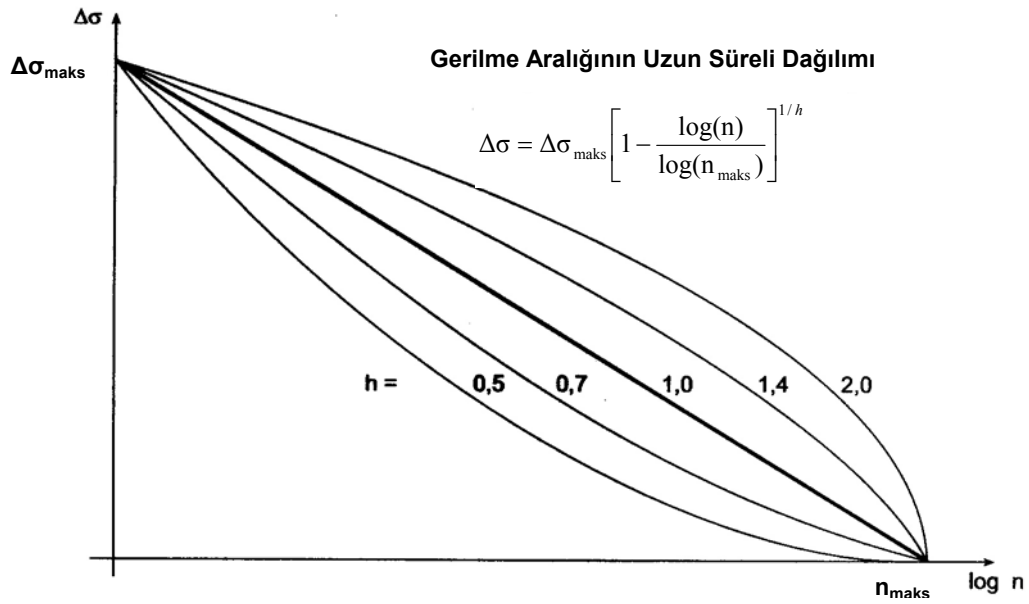
$$m = 2 \cdot m_0 - 1, \quad Q > 0 \text{ için}$$

Tablo 6.6 Weibull gerilme aralığı spektrumu için izin verilen gerilme aralığının belirlenmesi ile ilgili f_n faktörü

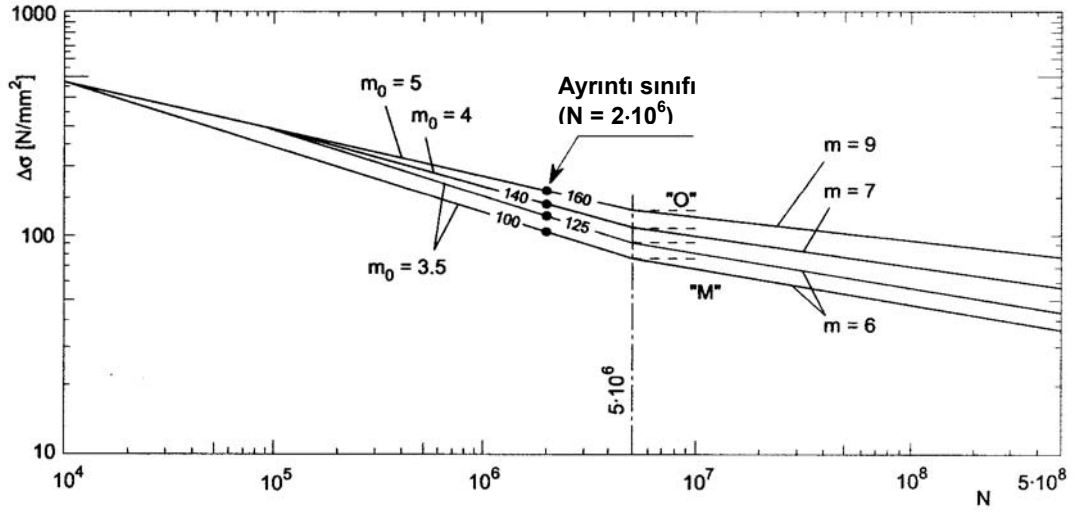
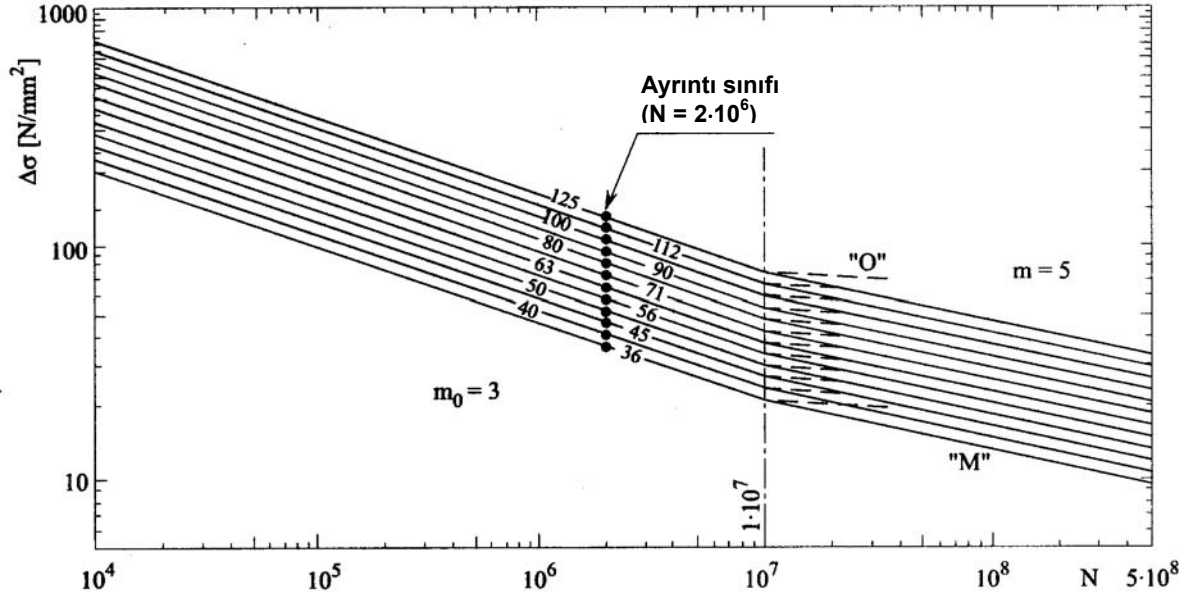
Şekil parametresi	Kaynaklı birleştirmeler			Levha kenarları								
	$(m_0 = 3)$ $n_{maks} =$			Tip 28 ($m_0 = 5$) $n_{maks} =$			Tip 29 ($m_0 = 4$) $n_{maks} =$			Tip 30 ($m_0 = 3,5$) $n_{maks} =$		
	10^7	10^8	10^9	10^7	10^8	10^9	10^7	10^8	10^9	10^7	10^8	10^9
0,5	(17,1)	(10,7)	6,86	9,27	7,62	6,16	(12,3)	9,14	6,73	(14,4)	9,94	6,88
0,6	(12,3)	7,50	4,79	7,78	6,17	4,85	9,69	6,94	5,01	(10,9)	7,27	4,98
0,7	9,45	5,65	3,62	6,63	5,12	3,97	7,88	5,51	3,96	8,63	5,64	3,85
0,8	7,56	4,49	2,90	5,74	4,36	3,36	6,59	4,55	3,26	7,07	4,57	3,13
0,9	6,26	3,71	2,41	5,06	3,79	2,91	5,65	3,86	2,78	5,96	3,83	2,64
1,0	5,33	3,16	2,06	4,52	3,36	2,58	4,94	3,36	2,43	5,15	3,30	2,28
1,2	4,11	2,44	1,61	3,74	2,76	2,13	3,96	2,69	1,96	4,05	2,60	1,82
1,4	3,36	2,01	1,34	3,21	2,36	1,83	3,33	2,26	1,66	3,36	2,22	1,53
1,6	2,86	1,72	1,15	2,84	2,08	1,63	2,89	1,97	1,46	2,89	1,87	1,33
1,8	2,51	1,52	1,02	2,56	1,88	1,48	2,57	1,76	1,31	2,56	1,66	1,18
2,0	2,25	1,37	0,91	2,34	1,72	1,36	2,33	1,60	1,20	2,30	1,51	1,07

Parantez içinde verilen değerler, interpolasyon için kullanılabilir. Herhangi bir $(n_{maks1} ; f_{n1})$ ve $(n_{maks2} ; f_{n2})$ değer çiftinin interpolasyonu için aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$\log f_n = \log f_{n1} + \log (n_{maks} / n_{maks1}) \frac{\log (f_{n2} / f_{n1})}{\log (n_{maks} / n_{maks1})}$$



Şekil 6.14 Gerilme aralığının iki parametrelili Weibull dağılımı



6.7.1.9 Korozyon etkisi olmayan ortamdaki sabit genlikli gerilme aralıkları için, $N = 5 \cdot 10^6$ çevrimde verilen gerilme aralığı, yorulma sınırı olarak alınabilir (Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'daki "O" tipine ilişkin S-N eğrileri). Bu nedenle;

$$m = m_0, \quad Q \leq 0$$

$$m = \infty, \quad Q > 0 \text{ için.}$$

6.7.1.10 Koroziif ortama maruz korumasız elemanlarda eğriler eğimi değiştirmeden ve yorulma sınırı olmaksızın uzatılmalıdır, bu nedenle;

$$m = m_0 \quad \text{tüm } Q \text{ değerleri için}$$

6.7.1.11 Ek 6-A'daki tablolara göre ayrıntı sınıflarında kullanım için gerekli olan minimum kaynak kalitesi düzeyleri, Bölüm 3, C.2'de belirtilmiştir. Eğer bu düzeylerden herhangi birine ulaşılamazsa, S-N eğrilerinin kullanımı uygun değildir. Bu durumlarda, yorulma değerlendirmesi, burada kuralların uygun bir şekilde adaptasyonu ile yapılmalıdır

6.7.2 Dizaynda kullanılacak S-N eğrisinin başvuru değerinin düzeltilmesi

6.7.2.1 Yorulma mukavemetinin ek değişken faktörleri kapsamı için S-N eğrisinin (veya ayrıntı sınıfının) başvuru değerinin, aşağıdaki gibi düzeltilmesi gerekir:

$$\Delta\sigma_{Rc} = f_t \cdot f_C \cdot f_W \cdot f_m \cdot f_R \cdot f_i \cdot f_a \cdot \Delta\sigma_R$$

$f_t, f_C, f_W, f_m, f_R, f_i$ ve f_a , 6.7.2.2 ÷ 6.7.2.8'de belirtilmiştir.

Dizaynda kullanılacak düzeltilmiş S-N eğrisinin tanımı için, $\Delta\sigma_R$ yerine $\Delta\sigma_{Rc}$ koyarak, 6.7.1.2'de verilmiş olan formül kullanılabilir.

6.7.2.2 Kalınlık etkisi (f_t)

Potansiyel çatlak bölgelerindeki t [mm] levha kalınlığı 25 mm.den fazla olan etki eden gerilmenin doğrultusunda yer alan kaynaklı birleştirmeler için:

$$f_t = \left(\frac{25}{t} \right)^n \quad (\text{F.50})$$

$n = 0,3$ istavroz birleştirmeler, T-birleştirmeler, enine takviyeli levhalar için, kaynaklı halde,

- = 0,2 istavroz birleştirmeler, T-birleştirmeler, enine takviyeli levhalar için, kaynaklı halde,
- = 0,2 enine alın kaynakları için, kaynaklı halde,
- = 0,1 taşlanmış alın kaynakları için ana malzeme, boyuna kaynaklar veya bağlantılar

Tüm diğer durumlar için :

$$f_t = 1,0$$

6.7.2.3 Korozyon etkisi (f_C)

Uygun korozyon korunması bulunmayan, koroziif ortamdaki yapı kısımları için :

$$f_C = 0,7$$

Tüm diğer durumlar için :

$$f_C = 1,0$$

6.7.2.4 Korozyon etkisi (f_m)

Kaynaklı birleştirmeler için genellikle, yorulma mukavemetinin çeliğin mukavemetinden bağımsız olduğu varsayılır. Yani :

$$f_m = 1,0$$

Çelik levhaların serbest kenarları için, malzemenin akma sınırının etkisi aşağıda belirtildiği şekilde dikkate alınır:

$$f_m = 1 + \frac{f_{yk} - 235}{1200} \quad (\text{F.51})$$

$f_{yk} =$ Çeliğin minimum akma sınırı üst anma değeri, [N/mm²].

6.7.2.5 Ortalama gerilmenin etkisi (f_R)

Düzeltilme faktörü aşağıda belirtildiği gibi hesaplanır:

- Yarı değişken (pulsating) çekme gerilmeleri bölgesinde

$$f_R = 1,0$$

$$\sigma_m \geq \frac{\Delta\sigma_{maks}}{2} \quad (\text{F.52})$$

- Tam değişken (alternating) gerilmeler bölgesinde

$$f_R = 1 + c \left[1 - \frac{2 \cdot \sigma_m}{\Delta \sigma_{maks}} \right]$$

$$-\frac{\Delta \sigma_{maks}}{2} \leq \sigma_m \leq \frac{\Delta \sigma_{maks}}{2} \quad (F.53)$$

- Yarı değişken (pulsating) basınç gerilmeleri bölgesinde

$$f_R = 1 + 2 \cdot c$$

$$\sigma_m \leq -\frac{\Delta \sigma_{maks}}{2} \quad (F.54)$$

$c = 0$ Sabit gerilme çevrimleri etkisindeki kaynaklı birleştirmeler için

$c = 0,15$ Değişken gerilme çevrimleri etkisindeki kaynaklı birleştirmeler için

$c = 0,3$ Serbest levha kenarları için.

6.7.2.6 Kaynak şeklinin etkisi (f_w)

Normal durumlarda,

$$f_w = 1,0$$

Örneğin; taşlama yapılmak suretiyle işlem görmüş kaynaklar için $f_w > 1,0$ faktörü kullanılır. Bu işlem ile cüruf kalıntıları, gözenekler ve çatlak şeklindeki yanma çentikleri gibi hatalar giderilir ve kaynak ile ana metal arasında düzgün bir geçiş sağlanır. Son taşlama, kaynağın enine doğrultusunda yapılacaktır. Derinlik, görünür yanma çentiklerinkinden yaklaşık 0,5 mm. daha fazla olmalıdır. İç köşe ve Kalın kaynaklarının taşlanmış dikiş şişkinlikleri için:

$$f_w = 1,15$$

Kaynak başı düzleştirilmiş alın kaynakları için, ya, Tablo 6-A.1'teki Tip 211 örneğinde olduğu gibi ilgili ayrıntı sınıfı seçilecek veya deniz suyuna karşı etki koruma varsa,

$$f_w = 1,25$$

kaynak şekli faktörü uygulanacaktır.

Tablo 6-A.1'deki Tip 523 veya Tip 524 örneklerinde olduğu gibi, tam nüfuziyetli kaynak yapılmış ve tamamıyla

taşlanarak çentik etkisi olmayan bir geçiş sağlanmış stifner ve braket uçları için, aşağıdaki faktör uygulanır:

$$f_w = 1,4$$

Lokal olarak kaynak yüzeyinde ve kaynak dikişinin malzemeye birleştiği kenarlarda, kaynak sonrası taşlayarak veya düzeltici kaynak uygulayarak yapılmış olan işlemlerin değerlendirilmesi, her durumda yapılmalıdır.

6.7.2.7 Yapısal elemanların öneminin etkisi (f_i)

Elemanın öneminin etkisi genelde güvenlik faktörü γ ile ifade edilir (Tablo 6.5'ye bakınız). Yani;

$$f_i = 1,0$$

Levha kenarlarındaki çentikler için, genelde, yuvarlatma yarıçapını esas alan, aşağıdaki düzeltme faktörü kullanılır:

$$f_i = 0,9 + 5/r \leq 1,0 \quad (F.55)$$

r = Çentik yarıçapı [mm]. Eliptik yuvarlatmalar için, ana yarım eksenlerin ortalama değeri alınabilir.

6.7.2.8 Nominal gerilme yaklaşımı için kaçıklık etkisi (f_a)

Eksenel yüklü birleştirmelerdeki kaçıklıklar; ikincil kabuk eğilme gerilmelerinin oluşması nedeniyle, kaynaklı birleştirmede gerilme artışına neden olur. Nihai gerilme; gerilme analizi ile veya k_m artırım faktörünün kullanımı ile hesaplanır. k_m faktörü, örneğin; "IIW Recommendations" da verilen formüllerden elde edilebilir.

Genelde; dizayn kaçıklıkları (örneğin; kalınlık kademeleri) ile üretim toleranslarından kaynaklanan kaçıklıklar (örneğin; şekilde ve / veya laynlarda, arzu edilmeyen üretim esaslı sapmalar) birbirlerinden ayrılacaktır.

Dizayn kaçıklıkları nedeniyle oluşacak gerilme artırımları daima dikkate alınmalıdır.

Üretim toleransı nedeniyle oluşan gerilme artırımları, üretim toleransı nedeniyle oluşan kaçıklık, birleştirilen levhaların ince olanın t kalınlığının %10'undan fazla ise, dikkate alınacaktır. 0,1 t 'nin altındaki üretim toleranslarından

kaynaklanan kaçıklıkların, ayrıntı sınıfları ile karşılanacağı kabul edilebilir. Ancak, bu durumda hakiki kaçıklıklar ölçülecek ve dokümanite edilecektir.

Not :

İstavroz birleştirmeler için, 0,15 t'nin altındaki üretim toleranslarından oluşan kaçıklıkların, ayrıntı sınıfları ile karşılanacağı kabul edilebilir.

Kaçıklıkların belirtilmediği, ölçülmediği ve dokümanite edilmediği hallerde, Bölüm 3, D.1.14'de verilen kaçıklıklar dikkate alınacaktır.

k_m , toplam gerilme artırımı faktörü, toplam kaçıklığa katkısı olan tekil $k_{m,i}$ faktörlerinin toplamından elde edilebilir :

$$k_m = 1 + (k_{m,1} - 1) + (k_{m,2} - 1) + \dots \quad (\text{F.56})$$

Daha ayrıntılı bir yaklaşımla daha hassas sonuçlar elde edilebilir.

Bazı hallerde ayrıntı sınıfları tablolarına (Ek 6-A) dahil edilmiş olan kaçıklık toleranslarını dikkate almak üzere, etkin gerilme artırımı faktörü $k_{m,etk}$, aşağıda verilen şekilde hesaplanabilir :

Tablo 6.7 Gerilme artırımı faktörü k_m

Kaynaklı birleştirme tipi	Kapsanan k_m	$k_{m,etk}$
Alın kaynakları, enine stifnerler veya T-birleştirmeler (Tablo 6-A.1'deki 211÷216 ve 221÷225 tiplerine karşılık gelir)	1,30	$k_m / 1,30 \geq 1,0$
İstavroz birleştirmeler (Tablo 6-A.1'deki 411÷413 tiplerine karşılık gelir)	1,45	$k_m / 1,45 \geq 1,0$
Tüm diğer hallerde	1,00	$k_m \geq 1,0$

Azaltılmış gerilme artırımı faktörü $k_{m,etk}$ 'i elde etmek için, yukarıda verilen eşitlikleri kullanırken, dizayn kaçıklıklarının dışında, üretim toleransları nedeniyle oluşan kaçıklıkların doğru olarak bilinmesi ve daha küçük

alınmasına dikkat edilecektir. Bu garanti edilemezse, gerilme artırımı faktörü k_m , hiçbir şekilde aşağıdakinden daha fazla azaltılamaz :

$$k_{m,etk} = k_m \geq 1,0 \quad (\text{F.57})$$

f_a düzeltme faktörü, aşağıdaki şekilde elde edilebilir :

$$f_a = \frac{1}{k_{m,etk}} \quad (\text{F.58})$$

6.7.2.9 Şiddetli gerilme yaklaşımı için kaçıklık etkisi (f_a)

Eğer şiddetli gerilme değerlendirilecekse f_a , 6.7.1.3'de verilen $\Delta\sigma_R$ 'de yer almayan kaçıklık etkisini ifade eder.

Üretimle ilgili kaçıklıklar için f_a düzeltme faktörü aşağıdaki gibi elde edilebilir :

$$f_a = \frac{k_m^*}{k_m - \frac{\Delta\sigma_{s,b}}{\Delta\sigma_{s,maks}} (k_m - 1)} \quad (\text{F.59})$$

$\Delta\sigma_{s,maks}$ = Gerilme aralığı spektrumundaki uygulanan en büyük gerilme aralığı,

$\Delta\sigma_{s,b}$ = $\Delta\sigma_{s,maks}$ 'in eğilme kısmı,

k_m = Eksenel yüklerde kaçıklıklar nedeniyle gerilme artırma faktörü.

Bu faktör en az;

= 1,3 Alın kaynakları için enine stifnerler veya T-birleştirmeler

= 1,45 İstavroz birleştirmeler için

= 1,0 Tüm diğer durumlar için (boru birleştirmeleri dahil)

alınacaktır.

k_m^* = Yorulma mukavemeti referans değeri $\Delta\sigma_R$ 'nin içinde yer alan gerilme artırma faktörü

= 1,3 Alın kaynakları için enine (Tablo 6-A.1'deki 211÷216 ve 221÷225 tiplerine karşılık gelir)

= 1,0 Tüm diğer durumlar için (boru birleştirmeleri dahil)

Sadeleştirmek için $f_s = k_m^* / k_m$ alınabilir. (F.60)

6.8 Kazık çakma yorulması

6.8.1 Kazık çakma yorulması, kazık dinamiğinin değerlendirilmesinde, kazık çakma darbesi ile ilgili yük spektrumu esas alınarak incelenmelidir. Kazık çakma işlemi nedeniyle oluşan yorulma bileşeni D_p ; açık deniz rüzgar türbininin çalışması nedeniyle oluşan yorulma hesaplarındaki γ_M kısmi emniyet faktörü kullanılarak, kazığın dizayn batma derinliğini sağlamak üzere, oluşabilecek maksimum çakma darbesi sayısına göre hesaplanmalıdır.

Not :

Genelde, yük çevrimi sayısı ve darbe enerjisi, dizayn aşamasında tam olarak bilinemez. Bu durumlarda, kazık çakma kayıtları esas alınarak, kazık çakılması sonrasında doğrulanması gereken kabullere göre bir ön yorulma analizi yapılabilir.

6.8.2 Kazık dizaynı ve kazık çakma işlemi nedeniyle oluşan gerilme artışı dikkate alınacaktır. Eğer darbe, doğrudan flence geliyorsa, kafa ile flenç arasındaki kuvvet dağılımı ve kazık çakma işleminin dinamikleri dikkate alınarak, olası lokal gerilme artışları değerlendirilmelidir.

6.8.3 Kazık çakma işlemi nedeniyle oluşan yorulma bileşeni D_p , toplam yorulma D içindeki diğer bileşenlerin oranı ile birlikte değerlendirilmelidir.

6.9 Rüzgar kaynaklı enine titreşimler

6.9.1 Rüzgar kaynaklı D_Q enine titreşimlerinden oluşan hasar etkileri daima dikkate alınacaktır. Burada, $D_{Q,1}$, “Makineli halde durma” ve $D_{Q,0}$ “Kulenin makinesiz duruşu” halleri Bölüm 6, A.3'e göre hesaplanacaktır.

6.9.2 $D_{Q,1}$ hasar etkisini hesaplarken, çalışma ömrünün 1/20'si oranındaki durma süresi dikkate alınacaktır.

6.9.3 $D_{Q,0}$ hasar etkisini hesaplarken, makinasız kule durumu üretici tarafından belirtilecek ve hesaplarda dikkate alınacaktır. $D_{Q,0}$ hasar etkisi, kulenin makinasız durma süresi 1 haftayı geçerse dikkate alınacaktır. Bir haftaya kadar doğrulanmayan durma süresi için, iç kuvvetlerin ve momentlerin belirlenmesinde rüzgar hızı, hesaplanan kritik rüzgar hızının en fazla %90'ı olacaktır. Bu sağlanamıyorsa, enine titreşimlere karşı önlemler alınacaktır.

6.9.4 Eğer, D_F 'nin hesaplanmasındaki rüzgar doğrultusunun tüm tepki süresi için sabit olacağı kabul edilmiş ise, D_Q 'nın, D_F çalışma durumlarındaki tepkilerin hasar etkisi ile toplanmasına gerek yoktur.

6.9.5 D_F 'nin hesabında, rüzgar doğrultusu dağılımı dikkate alınırsa, bu durumda D_F ve D_Q toplanacaktır. Burada (F.61) ve (F.62)'deki en olumsuz değer dikkate alınacaktır:

$$D = D_F \quad (F.61)$$

$$D = \frac{19}{20} \cdot D_F + D_Q \quad (F.62)$$

G. Temeller ve Zemin

1. Genel

1.1 Bu kısım, sabit açık deniz rüzgar türbinlerine uygulanır ve kazıklı ile gravite tip dizaynları içerir.

1.2 Sabit açık deniz rüzgar türbinlerinin dizaynında, yapının montajı ve çalışması sırasında oluşabilecek her türlü yak dikkate alınacaktır.

1.3 Yapım başlamadan önce yeterli bilgilerin sağlanmasıyla elde edilen zemin yapısı, temel tipi için belirleyicidir.

1.4 İç ve dış yük taşıma davranışı ile statik, dinamik ve geçiş analizleri birbirinden ayrılacaktır.

1.5 Tüm sistemin doğal frekanslarının hesaplanmasında, temel alt sistemleri, kule tabanındaki burulma ve yer değiştirme yayları ile yer değiştirdiğinden, temel hesapları sırasında kabul edilen bu yay değerleri doğrulanacaktır (örneğin; uygun yaklaşım formülleri ile).

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Hesaplama dokümanları

2.1.1 Hesaplama dokümanları, hesaplama analizinin dokümante edilmesini sağlar. Bunlar, bir bütün halinde anlaşılır ve açık olmalıdır.

2.1.2 Olağandışı eşitliklerin ve hesap yöntemlerinin kaynağı belirtilecektir.

2.2 Resimler

İşçilik resimleri, gerekli tüm bilgileri ve teknik istekleri içerecek şekilde oluşturulacaktır. Bu resimler, özellikle aşağıda belirtilenleri içerecektir :

- Temel geometrisinin tanımı,
- Donatı planının ayrıntılı sunumu,
- Malzeme spesifikasyonları,
- Zemin istekleri,
- Türbin tipi ve sınıfının belirtilmesi.

3. Analiz Kavramı

3.1 Donatı beton ve ön yüklemeli betondan yapılan bileşenler ile çelik bileşenlerin analizi için, Bölüm 5, C ve 5, D'de belirtilen emniyet kavramı uygulanacaktır.

3.2 Dış yük taşıma kapasitesi (zemin) için, kısmi emniyet faktörlü genel emniyet kavramı uygulanacaktır (örneğin; 1054:2003-01 veya API RP 2A-LRFD yada eşdeğeri standartlar).

Dizayn istekleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\Sigma (\gamma_F \cdot F_k) < \Sigma (R_k / \gamma_M) \quad (G.1)$$

Burada;

γ_F = Yükler için kısmi emniyet faktörü,

F_k = Karakteristik yük,

R_k = Zemin veya yapının yada bunların kombinasyonunun karakteristik azami dayanımı,

γ_M = Zemin, malzeme ve bunların kombinasyonu için kısmi emniyet faktörü.

3.3 Lineer-olmayan etkiler dikkate alınacaktır.

4. Uygulanacak Yükler

4.1 Analizler, Bölüm 4, C'ye göre, tepkilerin en olumsuz kombinasyonları ile yapılacaktır.

4.2 Zeminden ve sualtı akıntılarından gelen yükler için, örneğin; DIN 1054: 2003-1 veya API RP 2A-LRFD yada eşdeğeri standartlardaki kısmi emniyet faktörleri uygulanmalıdır.

Eğer uygulanan standartlarda global emniyet faktörleri esas alınıyorsa, kısmi emniyet faktörleri, zemin standartlarının genel emniyet faktörlerinden ve kısmi yük faktörlerinden, yeniden hesaplanmalıdır.

4.3 DIN 1054'e göre analiz için, DIN 1054'deki 1, 2 veya 3 yük durumları, Tablo 6.8'de belirtilen, Tablo 4.4'deki tepki kombinasyonları ile eşleştirilecektir.

4.4 Zemin direncinin kısmi emniyet faktörleri, ilgili analizde yer alan yük sınıflandırmasına bağlıdır. Seçilen diğer zemin standartları için yorumlar buna göre yapılacaktır.

5. Temel

5.1 Yapısal çelik bileşenler

Yapısal çelik bileşenler, Bölüm 5, C veya 6, F'ye göre doğrulanacaktır.

Tablo 6.8 DIN 1054:2003-01'deki yük durumları ile Tablo 4.4'deki tepki kombinasyonlarının eşleşmesi

Tablo 4.4'e göre tepkilerin kombinasyonu (DYD)	DIN 1054'e göre yük durumu
3.1, 4.1, $V=V_r$ ile DYD 1.1'in 1 saatlik ortalama değeri	1
8.1, 8.3, 8.4, 8.5, DYD 6.4'ün 1 saatlik ortalama değeri	2
N, A, T (tümü F hariç)	3

5.2 Donatılı beton bileşenler

5.2.1 Donatılı beton bileşenler, Bölüm 5, D'ye göre doğrulanacaktır.

5.2.2 Konsantre yük uygulama alanları dikkate alınacaktır.

5.2.3 Zemindeki 0,5 m.'lik bütünleşme derinliğinin üzerindeki temel alanları, 0,2 mm.lik çatlak genişliği yönünden ve tüm diğer alanlar 0,3 mm.lik çatlak genişliği yönünden doğrulanacaktır (Bölüm 5, D.2.3.2'ye de bakınız).

5.2.4 Betona gelen su ve toprağın değerlendirilmesi DIN 4030'a göre yapılacaktır.

6. Zemin İnceleme Raporu

Sahaya özgü sertifikalandırma için, bir zemin inceleme raporu verilecektir.

TL, verilecek dokümanların kapsamının ayrıntılarını belirleme hakkına sahiptir.

7. Zemin

7.1 Zemin özelliği

7.1.1 Zemin özelliklerinin, statik ve dinamik hesaplardaki kabullere uygunluğu sağlanacaktır.

7.1.2 Temelin dizaynı sırasında zemin inceleme raporu mevcut değilse, zemin için olumsuz kabuller yapılacak ve yapım başlamadan önce bu durum bir zemin uzmanı tarafından doğrulanacaktır.

7.1.3 Dinamik analiz için, tüm yapının doğal frekanslarının uyarım frekanslarından mesafesi, rezonanstan kaçınılması bakımından önemlidir. Öngörülen doğal frekansların değerlendirilmesinde, dinamik zemin parametreleri için bir parametre çalışmasına gerek vardır. Bu, olası zemin tipleri ve zemin özellikleri kapsanacak şekilde tanımlanacaktır.

7.2 Zemin-yapı etkileşimi

Yapı ile civardaki zemin arasındaki kısa ve uzun süreli etkileşim (özellikle yerleşme ve yer değiştirme), analizlerde dikkate alınmalıdır. Zeminin ve yapının, ömürleri sırasındaki farklı zamanlardaki sağlamlık üst ve alt sınırları büyük bir dikkatle seçilmelidir.

7.3 Zemin, hidrolik stabilite ve tekrarlı yükler

7.3.1 Gerekirse, mevcut eğim veya montaj etkileri nedeniyle meyil bozulması veya aşırı kayma riskleri araştırılacaktır.

7.3.2 Zemin kararlılık incelemelerinde, toplam veya etkin gerilme analizi kullanılacaktır.

7.3.3 Zeminin kesme mukavemetinin, taşıma kapasitesinin ve kararlılığının azalmasına neden olan tekrarlı yüklerin etkisi incelenecektir.

7.3.4 Özellikle sismik bakımdan aktif alanlarda yer alan yapılar için, zeminin olası sıvılaşma etkileri dikkate alınacaktır.

7.3.5 Özellikle yumuşak, normal çamur veya gevşek kum birikintileri için, deniz yatağının kararsızlığının dikkatli olarak değerlendirilmesi gereklidir.

7.3.6 Dalga hareketleri, depremler veya işletim etkileri nedeniyle oluşan deniz tabanı hareketleri, direnç azalmasına ve arttırılmış yüklemeye neden olabilir.

7.3.7 Taşıyıcı zemin içinde önemli hidrolik değişimler gösteren temel tipleri için hidrolik kararlılık incelenecektir.

7.4 Aşınma

7.4.1 Temel civarındaki aşınma veya oyulma olasılıkları incelenecek ve analizin bir parçası olacaktır.

7.4.2 Aşınmaya karşı korunma için iki ana esas düşünülebilir :

- Devamlı aşınma koruması:
Makul bir emniyetle, açık deniz rüzgar türbininin ömrü boyunca devam etmesi öngörülen bir aşınma koruması konulacaktır. Devamlı aşınma korumasının dizaynı model testleri ile desteklenmelidir.
- Dinamik aşınma koruması:
Devamlı koruma ile aynı genel özellikte (dizaynı model testleri ile desteklenmesi şartıyla), fakat daha düşük emniyet seviyeli bir aşınma koruması konulur.

Emniyet seviyesi, belirli bir süre sonra hasar öngörecektir derecede düşük olabilir. Bu nedenle, düzenli bir izleme ve muayene programı yapılmalıdır. Temelin montajından 6 ve 18 hafta sonra her türbinde uygun yöntemlerle, deniz yatağı seviyesi, lokal aşınma ve aşınma korumasının durumu izlenmelidir. Aşınma koruması sisteminde hasar gözlemlenmezse, muayene aralıkları iki katına çıkarılabilir, ancak en az yılda bir kez olmak üzere, şiddetli fırtına periyotlarından sonra muayene yapılmalıdır. Aşınma koruması sistemi bakıma tabi tutulmalı ve hasar halinde, açık deniz rüzgar türbini temeli için koruyucu değerleri sağlayacak şekilde onarılmalıdır. Her izleme ve yapılan bakım ve onarımlar için yazılı raporlar oluşturulacaktır.

7.4.3 Alternatif olarak, temelin kısmen mesnetsiz olacağı kabul edilmelidir. Eğer belirli saha koşulları için başka veriler mevcut değilse, dizayn amacıyla, kazık temellerdeki aşınma derinliği $2,5 \cdot d$ (d =kazık çapı) olarak alınabilir. Daha ılımlı yaklaşımlar yapılabilir, fakat dinamik aşınma koruması için 7.4.2’de belirtilen düzenli izleme ve muayene programı ile doğrulanmalıdır.

8. Kazıklı Temeller

8.1 Genel

8.1.1 Kazıklı temellerin birçok tipi arasında, açık deniz yapılarında en sık kullanılanlar şunlardır:

- Açık uçlu ve çakılı kazıklar,
- Çakılı ve burgulu kazıklar,
- Delgili ve harçlı kazıklar

8.1.2 Zemin koşullarına uygun birçok farklı dizaynlar da kullanılabilir.

8.2 Kazık dizaynı

8.2.1 Kazıklı temellerin dizaynı, eksenel ve yanal yük kapasitesi ve sağlamlık isteklerini sağlamalıdır. Dizaynda eğilme momentleri ve eksenel / yanal kuvvetler dikkate alınacaktır.

8.2.2 Diğerlerinin yanı sıra, aşağıdaki faktörler dizayn üzerinde etkilidir: çap, geçiş, aralık, malzeme, kazık alt kısmı, montaj yöntemi, zemin durumu ve katılık, aşınma koruması.

8.2.3 Dizayn yönteminde; kazık geometrisi, özellikleri ve aranjmanı dikkate alınmalıdır. Yöntem; zeminin lineer-olmayan özellikleri simüle edebilmeli, yapının ve kazıklı temel sisteminin yük sapma davranışı ile uyumlu olmalıdır.

8.2.4 Emniyet kavramı ve zemin, yapı malzemesi ve yüklerle ilgili kısmi emniyet faktörleri için 3. ve 4.’e bakınız.

8.2.5 Kazıkların tüm analizleri için gerekli karakteristik zemin veri değerleri jeoteknik raporda belirtilecek, herhangi bir standarttaki tablolardan alınmayacaktır. Jeoteknik raporda, değerlerin kullanıldığı analiz modeli açıkça belirtilmelidir.

Zemin / kaya mukavemetine ve kaya / harç bağlantısına büyük etkisi olan montaj yöntemi dikkate alınacaktır.

8.2.6 Her kazığın ve kazık gruplarının saptmaları ve dönmeleri de kontrol edilecektir.

8.3 Eksenel yüklü kazıklar

8.3.1 Kısa süreli statik ve uzun süreli tekrarlı yükler

için, azami kazık direncinin hesaplanması için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu konuda bilinen yöntemlerden biri API RP 2A-LRFD, Ch. G4, G5, G6 ve G7'dir. Buralarda verilen analiz yöntemleri, karakteristik durumlar ve giriş değerleri için model olarak kabul edilebilir. API analiz modelinden elde edilen karakteristik direnç değerleri, malzeme emniyet faktörleri ile bölünmelidir.

8.2.3 Diğer dizayn yöntemlerinin özgün saha koşullarına uygulanabilirliği ve sınırlamaları dikkatli olarak incelenecek ve **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

8.2.4 Emniyet kavramı ve zemin, yapı malzemesi ve yüklerle ilgili kısmi emniyet faktörleri için 3. ve 4.'e bakınız.

8.2.5 Kazıkların tüm analizleri için gerekli karakteristik zemin veri değerleri jeoteknik raporda belirtilecek, herhangi bir standarttaki tablolardan alınmayacaktır. Jeoteknik raporda, değerlerin kullanıldığı analiz modeli açıkça belirtilmelidir.

Zemin / kaya mukavemetine ve kaya / harç bağlantısına büyük etkisi olan montaj yöntemi dikkate alınacaktır.

8.2.6 Her kazığın ve kazık gruplarının sapmaları ve dönmeleri de kontrol edilecektir.

8.3 Eksenel yüklü kazıklar

8.3.1 Kısa süreli statik ve uzun süreli tekrarlı yükler için, azami kazık direncinin hesaplanması için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu konuda bilinen yöntemlerden biri API RP 2A-LRFD, Ch. G4, G5, G6 ve G7'dir. Buralarda verilen analiz yöntemleri, karakteristik durumlar ve giriş değerleri için model olarak kabul edilebilir. API analiz modelinden elde edilen karakteristik direnç değerleri, malzeme emniyet faktörleri ile bölünmelidir.

8.3.2 Diğer dizayn yöntemlerinin özgün saha koşullarına uygulanabilirliği ve sınırlamaları dikkatli olarak incelenecek ve **TL** ile anlaşmaya varılacaktır

8.3.3 Çekme yükleri için yüzey sürtünme kapasitesinin, basmaya göre hayli düşük olduğu dikkate alınmalıdır. Kanıtlanmadıkça, çekme için yüzey sürtünmesi, basma yüzey sürtünmesinin 2/3'üne eşit veya daha az alınacaktır.

8.3.4 İç çakma pabuçlu kazıklar için, iç ünite yüzey sürtünmesi (pabuç üzerinde), dış ünite yüzey sürtünmesinin %50 ÷ %70'i olarak alınabilir.

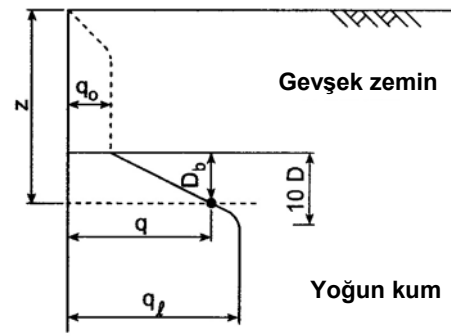
8.3.5 Çelik / harç yapışma kapasitesi ve kesme anahtarları dizaynı ayrıntılı olarak incelenecektir (Bölüm 5, D.4 ve 6, E.2.1'e bakınız).

8.3.6 Dış yük - taşıma kapasitesi yönünden hassas bir yorulma analizi yerine, Tablo 4.4'e göre DYD 1.0 ve 1.1 tepki kombinasyonları ile ($\gamma_F = 1,0$) kazıklarda çekme kuvvetleri oluşmayacak şekilde bir başka analiz yapılabilir.

8.4 Homojen olmayan zeminlere çakılı kazıklar

8.4.1 Homojen olmayan zemine giren kazıklarda, uç direncinin ortalama değeri aşağıdaki şekilde seçilmelidir:

8.4.2 Gevşek bir tabakadan, yoğun bir tabakaya giren kazık ucu, Şekil 6.17'ye bakınız.



q_0 = Gevşek zemindeki sınır birim uç taşıma kapasitesi,

q_1 = Yoğun kumda sınır birim uç taşıma kapasitesi,

D = Kazık çapı,

D_b = Yoğun tabakaya giriş derinliği,

z = Giriş derinliği.

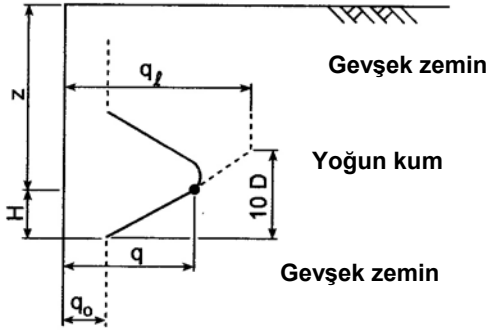
Şekil 6.17 Uç taşıma kapasitesi

Birim uç taşıma kapasitesi için aşağıdaki geçerlidir:

$$q = q_0 + D_b \cdot \frac{q_1 - q_0}{10 \cdot D} \leq q_1 \quad (\text{G.2})$$

8.4.3 Gevşek bir tabaka üzerinde yer alan yoğun bir ince tabakaya giren kazık ucu, Şekil 6.18'e bakınız.

Olası delme etkileri dikkate alınacaktır.



H = Gevşek zemin tabakasından kazık ucuna mesafe

Şekil 6.18 Uç taşıma kapasitesi

8.4.4 Birim uç taşıma kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanabilir :

$$q = q_0 + \frac{q_1 - q_0}{10 \cdot D} \cdot H \leq q_1 \quad (\text{G.3})$$

8.4.5 Diğer dizayn yöntemlerinin özgün saha koşullarına uygulanabilirliği ve sınırlamaları, dikkatli olarak incelenecek ve TL ile anlaşmaya varılacaktır.

8.5 Yanal yüklü kazıklar

8.5.1 Kazıklı temelin; yanal doğrultudaki tüm statik ve tekrarlı yüklere dayanıklı olması sağlanacaktır. Zemin hattı bölgesindeki zemin direnci, kazıklı temelin yanal kapasitesini önemli ölçüde katıda bulunur. Bu nedenle, örneğin; aşınma, kazıkların montajı gibi nedenlerle zemindeki bozulmalar dikkate alınacaktır.

8.5.2 Dizaynda iki ana kriter sağlanacaktır :

- Kısa süreli statik ve uzun süreli tekrarlı yükler için yük-deflekşin davranışı, açık deniz rüzgar türbininin çalışma ile ilgili istekleri sağlayacaktır.
- Herhangi bir yük durumu ve montaj durumu için tüm sistemin (açık deniz rüzgar türbini – kazık – zemin) eigenfrekansı, uyarım frekanslarının yakınında olmayacaktır. Frekans aralıklarının ayrıntıları için Bölüm 6, F'ye bakınız (özellikle 6, F.4).

8.5.3 Kısa süreli statik yükler altındaki azami yatay kazık direncinin ve yük - deflekşin ilişkisinin hesaplanması için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bunların özgün saha koşullarına uygulanabilirliği ve sınırlamaları kontrol edilecek ve TL ile anlaşmaya varılacaktır. İlgili projenin koşulları çeşitli yöntemlerde esas alınan verileri aşarsa, dikkatli ekstrapolasyonlar yapılabilir.

Not :

Sınırlı bir kazık çapı aralığı için, kısa süreli statik yüklerle ilgili tanınmış bir yöntem API RP 2A-LRFD, Ch. G.8'de verilmiştir. Bu yöntem, belirli koşullarda, daha büyük kazık çaplarına dikkatli bir şekilde uyarlanabilir. Verilen analiz yöntemleri, karakteristik durumlar ve giriş verileri için model olarak kabul edilebilir. API analiz modelinden elde edilen karakteristik direnç değerleri, malzeme emniyet faktörleri ile bölünmelidir.

8.5.4 Uzun süreli tekrarlı yükler altında, devrilmeye karşı azami yatay kazık direncinin ve yük - deflekşin ilişkisinin hesaplanması için kanıtlanmış bir analiz yöntemi veya bir teori mevcut değildir. Bu yüklerin etkileri, özgün saha koşulları ve benzeri projelerden elde edilen deneyimler dikkate alınarak, değerlendirilmelidir. Bu problemin çözüm yöntemi, dizayn veya karakteristik maksimum yükler altında deflekşin kriterleri olabilir ve analize esas olmak üzere API RP 2A-LRFD, Ch. G.8'deki kurallar kullanılabilir.

8.5.5 Sıvılaştırma olgusu için, genelde kabul görmüş analiz yöntemi mevcut değildir. Sıvılaştırmanın etkileri, özgün saha koşulları ve benzeri projelerden elde edilen deneyimler dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Sıvılaştırma; etkin gövdesel gerilmeleri ve kesme yüklerinin aktarım yeteneklerini lokal olarak azaltan ve böylelikle kazığın dış yük taşıma kapasitesini düşüren, farklı yerlerdeki su basınç gradyanında artış anlamına gelir.

Su basınç gradyanı; dalga hareketi, gövde (yapı) hareketleri, depremler ve düşük serbest su - dolumu volümlü zemin malzemesi ile artar. Bu hususta pratik yaklaşımlar dikkate alınabilir.

8.5.6 Tüm yapının yüklenmesinde esas alınan eigenfrekansı analizi özel değerlendirmelerle yapılacaktır. Yatay zemin katılığı aralığı, tam ölçekli testlerle belirlenecek, daha düşük veya yüksek yük düzeyleri için

ekstrapolasyonlar dikkatli şekilde yapılacaktır. Eğer tam ölçekli testlere olanak yoksa, jeoteknik raporda, zemin katılığının alt ve üst sınırları ve eigenfrekansı analizinin hesabı ile ilgili analiz yönteminin belirtmelidir. Üst ve alt sınır aralığında, aşağıdakiler dikkate alınmalıdır :

- Zemin yoğunluğunun belirsizliği,
- Zemin elastik özelliklerinin belirsizliği,
- Zemin davranışını tanımlayan hesap modelinin belirsizliği,
- Zemin incelemelerinin kapsamı.

8.6 Kazık grupları

8.6.1 API RP 2A-LRFD, Ch. G.9 uygulanacaktır.

8.6.2 Bir gruptaki tüm kazıklar aynı zemin katmanında sona erecek veya kazık kapasiteleri, (bağıl) otormalar ve yer değişimleri için farklı uç düzeylerinin kabul edileceği gösterilecektir.

8.7 Kazık yapısı dizaynı

8.7.1 Kazık yapısı dizaynında; montaj ve işletim aşamalarında oluşabilecek tüm yük tipleri dikkate alınacaktır, genel emniyet kavramı için 3.'e ve Bölüm 5'e de bakınız. Genel açıklamalar için API RP 2A-LRFD, Ch. G.10 ve G.11'e bakınız.

8.7.2 API RP 2A-LRFD, Ch. 10.4.3, 8.7.1'de verilen kavram için uyarlanacaktır.

8.7.3 Kazık çakma sırasında, tüm işletim ömrü boyunca uğradığı hasarın önemli bir kısmını oluşturabilen, kazığın maruz kaldığı yorulma hasarının elde edilmesi için kabul edilen bir yönteme göre bir kazık çakma analizi yapılacaktır.

8.7.4 Eğilme momenti dağılımının hesaplamasında, zemin katılığı (7.2'ye bakınız) dikkate alınmalıdır. Büyük platform deflekşınları nedeniyle oluşan aşınmalar ve zemin yapışması eksikliği etkilerine dikkat edilecektir.

8.7.5 Eksenel yük aktarımı "eksenel zemin direnci –

kazık deflekşını" özelliklerine göre veya alternatif olarak kazığın sürtünme kapasitesine göre hesaplanabilir, 8.3'e bakınız.

8.7.6 Büyük yatay deflekşınları olan kazıklarda; ikinci derecede etkiler nedeniyle oluşan gerilme artışı dikkate alınacaktır.

8.7.7 Zemine gömülü kazık kısımlarında, normalde kolon burkulmasının incelenmesine gerek yoktur.

9. Gravite Tip Temeller

9.1 Genel

9.1.1 Gravite tip temeller; temel tabanının genişliğine oranla zemine nispeten daha az giren ve taşıyıcı zemine daha ziyade basma temasıyla bağlı bulunan temellerdir.

9.1.2 Yeterli mukavemetteki zemin tabakaları, deniz tabanından itibaren belirli bir derinlikte bulunursa, temelin uygunluğunu sağlamak için etekler gerekli olabilir Bazı hallerde, temeli kaymalara karşı korumak üzere etekler kullanılır.

9.2 Analizler

9.2.1 Gravite tip temeller, aşağıda belirtilenler yönünden doğrulanacaktır :

- Devrilme (yükün kaçıklığı),
- Taşıma kapasitesi hatası,
- Kayma,
- Sephiye,
- Oturma,
- Dinamik tepki,
- Zemin sıvılaşması,
- Hidrolik kararsızlık,

- Aşınma,
- Montaj ve sökme.

Doğrulamalar, örneğin; DIN 1054 veya aşağıdaki standartlara göre yapılabilir :

- Taşıma kapasitesi hatası hesapları : DIN V 4017-100:1996-04
- Zemin basınç dağılımı : DIN 4018
- Oturma hesapları : DIN V 4019-100:1996-04

Düşey gerilmeler için hesaba esas olacak olan; ilgili bileşke düşey kuvvet merkeze etki edecek şekilde (yani $\gamma_F=1,0$) belirlenecektir.

TL ile anlaşmaya varılarak, yukarıda belirtilenlerin dışındaki standartlar da kullanılabilir.

Eteksiz yapılarda; temel ile zemin arasındaki dizayn temas gerilmeleri daima basma gerilmesi olacaktır.

9.2.2 Tekrarlı yükler veya hidrolik gradyan nedeniyle etkin zemin gerilmelerinin azalabileceği dikkate alınmalıdır.

9.2.3 Kayma stabilitesinin analizi örneğin; DIN 1054, Sec. 7.5.3'de verilmiştir.

9.2.4 DIN 1054, Sec.7'ye göre azami ve çalışılabilirlik sınır durumlarının analizi için, aşağıdaki prosedür dikkate alınacaktır:

- DIN 1054, Sec. 7.6.1 bakımından dinamik yükler, yük durumu 1'deki (Tablo 6.8'e bakınız) yüklerdir.
- Sabit yükler altında ($\gamma_F = 1,0$), zemin boşluğu oluşmaz.

9.2.5 Yük durumu 2'deki (Tablo 6.8'e bakınız, $\gamma_F = 1,0$) yüklerin bileşke kuvvetinin, sadece temelin dip alanının

merkezine kadar bir zemin aralığına neden olmasına izin verilir.

9.2.6 Yük durumu 3'deki (Tablo 6.8'e bakınız) yükler için, kalan temas alanındaki taşıma kapasitesi hatasına karşı emniyet $\gamma_{Gr} = 1,5$ ile doğrulanacaktır.

Yukarıda belirtilenlerin dışındaki standartlar, **TL** ile anlaşmaya varılarak kullanılabilir.

9.3 Temel yapısındaki zemin reaksiyonu

9.3.1 Önceden belirlenen yük dağılımının ve yeterli taşıma kapasitesinin sağlanması için temelin altındaki boşlukların harçla doldurulması gerekli olabilir.

9.3.2 Boşlukların doldurulmasında kullanılan malzemeler ve yöntemler hususunda **TL** ile anlaşmaya varılmalıdır.

9.4 Dinamik Davranış

9.4.1 Dizaynda 9.2'de belirtilen istekler dikkate alınacaktır.

9.4.2 Dalgalar, deprem, vb. nedenlerden kaynaklanan dinamik yükler, temelin bütünlüğü üzerine önemli oranda etki edebilir. Bunların temelin davranışı üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak incelenmelidir.

9.4.3 Birçok halde, özellikle gerilme düzeyi nispeten düşükse, temelin dinamik davranışı, zeminin homojen, lineer olarak elastik malzemeden olduğu kabul edilen, devamlı "yarı uzam" yaklaşımı kullanılarak incelenebilir.

9.4.4 Tabakaların arayüzlerinde, enerji yansımaları riski bulunan üniform olmayan zemin profilleri durumunda veya lineer olmayan zemin davranışına neden olan büyük genlikli dinamik yüklerde, **TL** ile anlaşmaya varılması gereken daha uygun analizler gerekli olabilir.

9.4.5 Temelin katılığının, açık deniz rüzgar türbininin doğal frekanslarının belirlenmesi üzerinde etkisi vardır. Pratik analizde, çeşitli durumlar için temelin tepkisini temsil eden elastik yayları, alt-sistem "temeli" ile değiştirmek suretiyle bu etki dikkate alınabilir.

9.5 Hidrolik Stabilité

9.5.1 Oyulma

Akıntı koşullarına (yapının geometrisinin etkisi) ve zemin koşullarına bağlı olarak, oyulma ve sürüklenme olaylarının önlenmesi için gerekli önlemler alınmalıdır, örneğin; oyulma etekleri, beton hasırlar, kaya anroşmanı veya diğer yollarla.

9.5.2 Boru devreleri

Boru kanallarının oluşmasına ve taşma kapasitesinin azalmasına neden olan, zemindeki aşırı hidrolik yükseklik değişimi olasılıkları, temel dizaynında dikkate alınacaktır.

9.6 Gravite Temellerin Montajı

9.6.1 Temel tabanının uygun şekilde monte edilmesini sağlamak üzere dikkatli bir planlama gereklidir.

9.6.2 Deniz tabanına girmek üzere, oyulma etekleri ve diğer montaj yardımcıları (beton filizi, vb.) gerekli ise ilgili zemin tabakalarının zemin özellikleri kullanılarak bir girme analizi yapılmalıdır.

9.6.3 Taşıyıcı zeminin aşırı bozulmasına neden olmaksızın temel tabanının balanslı bir şekilde yerleşimini sağlamak üzere, balastlama düzenleri ile ilgili gerekler araştırılmalıdır.

9.6.4 Oyulma eteklerinin direnci R [kN], bunların uç dirençleri ve yüzey sürtünme dirençleri ile belirlenir ve aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$R = K_p(d) \cdot A_p \cdot q_c(d) + A_s \cdot \int_0^d K_f(z) \cdot q_c(z) \cdot dz \text{ [kN]} \quad (\text{G.4})$$

Burada ;

z = İlgili zemin tabakasının derinliği [m],

d = Girme derinliği [m],

K_p = Uç direnci ile ilgili ampirik katsayı,

K_f = Yüzey sürtünmesi ile ilgili ampirik katsayı,

q_c = Konik girme direnci [kN/m²],

A_p = Oyulma eteğinin uç alanı [m²],

A_s = Birim girme derinliği başına oyulma eteğinin yüzey alanı [m²/m].

9.6.5 Girme direncinin üst sınırını hesaplamak için, K_p ve K_f için, Tablo 6.9'da verilen katsayılar kullanılabilir.

Tablo 6.9 Girme direnci katsayıları

Zemin tipi	K_p	K_f
Kil	1,0	0,1
Kum	1,0	0,01

9.6.6 1 ÷ 1,5 m. den daha az giriş derinlikleri için, lokal borular veya platformun yanal hareketleri nedeniyle, Tablo 6.9'da gösterilen değerler % 25 ÷ % 50 azaltılabilir.

9.6.7 Beton filizlerinin hem iç hem de dış yüzeyinde sürtünme azaltıcılar kullanılırsa, kum için K_f katsayısı azaltılabilir.

9.6.8 Kapalı filizlerin uç direnci, tamponlu açık uçlu kazıklarda olduğu gibi hesaplanabilir.

9.7 Sökme

9.7.1 Mal sahibi / işletici, dizayner ve ilgili idare arasında yapının sökölme gerekliliği ve kapsamı açıklığa kavuşturulmalıdır.

9.7.2 Eğer söküm planlanmışsa, örneğin; aşağıda belirtilenlerle ilgili incelemeler yapılacaktır:

- Sökümün yöntemi ve aşamaları,
- Ortam koşulları,
- Olası riskler,
- İşlemler sırasında sağlanması gereken donanım,
- Yapım aşamasında sağlanacak yapısal düzenlemeler ve mekanik donanım (borular, fittingler vb.) ve öngörülen sürede söküm işlerinin yapılmasını sağlayacak önlemler.

H. Beton Yapılar

Beton yapılar, Bölüm 5, D.'de verilen prosedüre göre analiz edilecektir.

Malzeme kalitesi ve yapım ile ilgili istekler, Bölüm 3, C.5 ve 3, D.8'de verilmiştir.

1. Mukavemet için Azami Sınır Durumu

Donatılı beton ve ön yüklemeli beton yapılar, Bölüm 5, D.2.1'e göre doğrulanacaktır. Burada kulelerin iç kuvvetleri ve momentleri, et kalınlığının, yarıçapı en az 1/20'si olması koşuluyla, boru eğilme teorisine göre hesaplanabilir. Bu husus, kule açıklıkları civarındaki lokal analizlere uygulanmaz. Çelikten veya ön yüklemeli betondan yapılan kulelerdeki sıcaklık etkilerinden kaynaklanan yüklerin hesabı için, çevre üzerinde üniform olarak etkiyen ve et kalınlığı boyunca lineer dağılan $\Delta T_M = 15$ K sıcaklık bileşeni, 180°'lik dairesel sektöre kosinüs dağılımı ile etki eden ve et kalınlığı boyunca sabit kalan $\Delta T_N = 15$ K sıcaklık bileşeni birlikte uygulanacaktır.

2. Kararlılık

Donatılı beton ve önyüklemeli betondan yapılan yapıların burkulma ve çökme analizi, örneğin; EN V 1992, 4.3.5'e göre yapılabilir.

3. Yorulma için Azami Sınır Durumu

3.1 Analizler, Tablo 4.4'e göre F grubu tepki kombinasyonları ile yapılacaktır.

3.2 Donatılı beton ve ön yüklemeli beton yapılar Bölüm 5, D.2.27ye göre doğrulanacaktır.

3.3 Beton, donatı çeliği ve öngerilme çeliği ile ilgili S/N eğrilerinin seçimi için Bölüm 5, D.2.2'ye bakınız.

4. Rüzgarlı Kaynaklı Enine Titreşimler

Donatılı beton ve ön yüklemeli beton kulelerin yükleme analizi için, örneğin; DIN 4228, A.2.2'deki hükümler uygulanacaktır.

I. Yüzer Yapılar

1. Yüzer yapıların analizi, buradaki esaslarda kısmen ele alınmıştır. Yüzer açık deniz rüzgar türbininin dizayneri, **TL** ile anlaşmaya vararak, ilave istekleri (yükleme, kararlılık, bağlama ve yapısal dizayn) belirleyecektir.

2. Yüzer açık deniz rüzgar türbinlerinin analizi için, **TL** ile anlaşmaya varılarak, aşağıdaki esaslar, ilave olarak kullanılabilir :

- **TL** Açık deniz tesisleri kuralları,

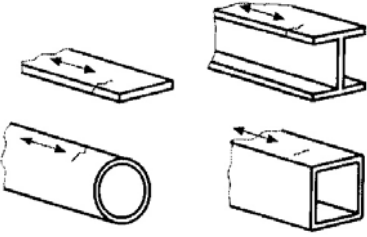
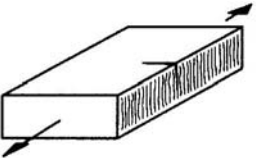
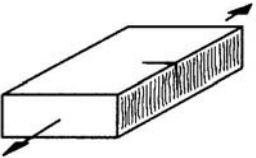
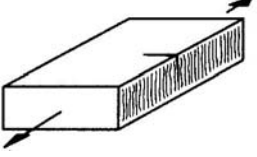
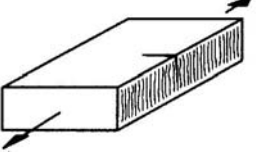
EK 6 - A**YORULMA DEĞERLENDİRMESİ İÇİN AYRINTI SINIFLARI****1. Açıklamalar**

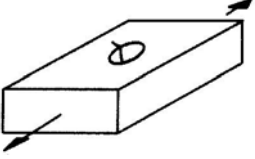
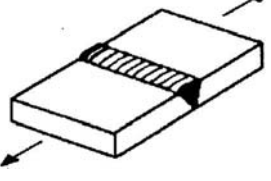
1.2 Yukarıda belirtilen referanstan alınan özelliklerden sapmalar, tablolarda işaretlenmiştir.

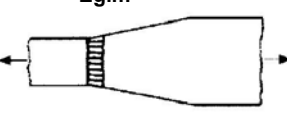
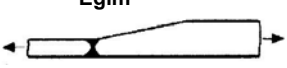
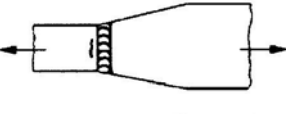
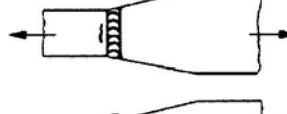
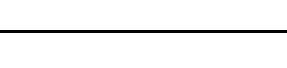
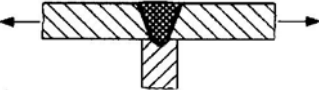
1.1 Aşağıdaki tablolarda, çelik yapıların yorulma değerlendirmesi ile ilgili ayrıntılı sınıfları yer almaktadır.

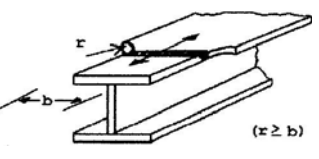
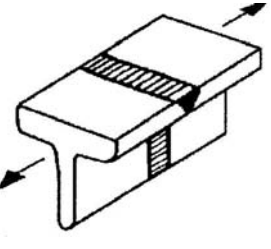
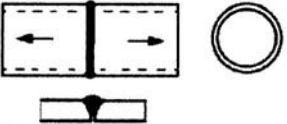
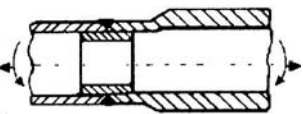
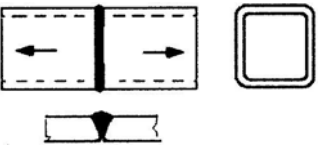
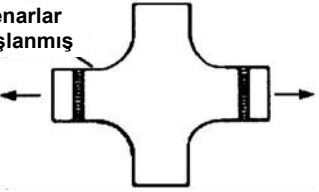
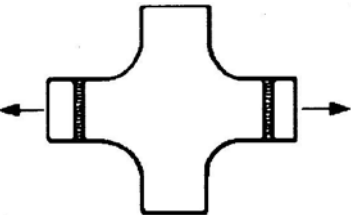
Bu tablolarda belirtilen ayrıntı sınıfları, IIW Document XIII-1965-03/XV-1127-03 (International Institute of Welding)'den alınmıştır.

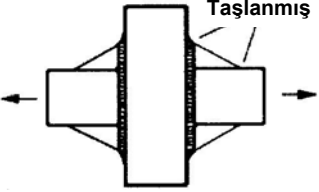
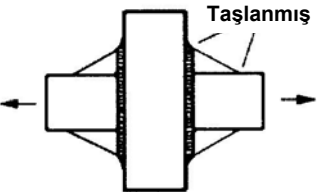
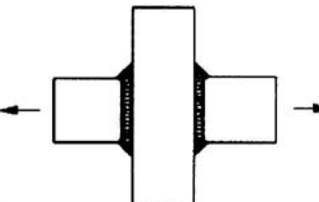
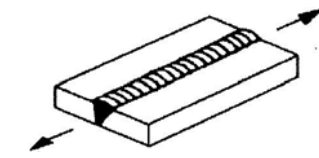
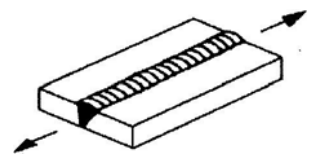
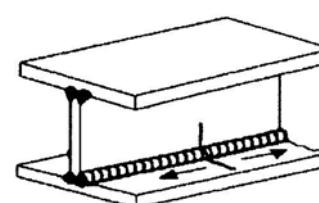
Tablo 6-A.1 Bir bileşenin kaynaklı ve kaynaklı olmayan kısımları için ayrıntı sınıfları

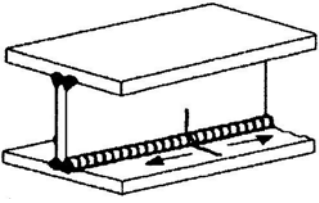
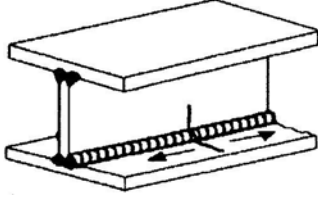
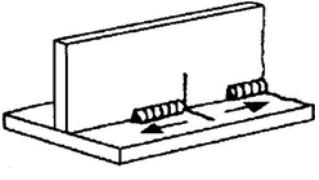
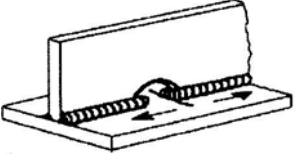
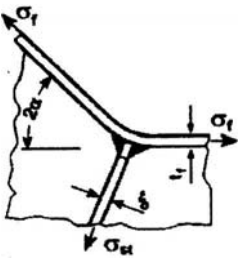
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
100	Bileşenin kaynaklı kısımları			
111		Haddelenmiş veya çekilmiş ürünler, kenarları işlenmiş bileşenler, dikişsiz içi boş profiller $m_0 = 5$ St. : Testlerle doğrulanırsa, yüksek mukavemetli çelikler için daha yüksek FAT sınıfı kullanılabilir. Al. : AA 5000/6000 alaşımları AA 7000 alaşımları Keskin kenarlar, yüzeyler ve hadde izleri taşlama ile giderilecektir. İşleme hatları ve yivleri gerilmelere paralel olacaktır.	160	70 80
121 (1)		Gazla veya mekanik olarak kesilmiş ve daha sonra işlenmiş, muayene ile çatlak görünür hata bulunmamış. $m_0 = 4$ Tüm görünür kenar hataları giderilecektir. Kesilen yüzeyler işlenecek veya taşlanacak, tüm çapaklar giderilecektir. Kaynakla doldurularak onarım yapılamaz! Kenar şekli nedeniyle oluşan çentik etkileri dikkate alınmalıdır.	140	-
122 (1)		Kenarlar makine ile alevle kesilmiş, köşeler giderilmiş, muayene ile çatlak bulunmamış $m_0 = 3,5$ Kenar şekli nedeniyle oluşan çentik etkileri dikkate alınmalıdır.	125	40
123 (1)		Kenarlar elle alevle kesilmiş, çatlak ve keskin çentik yok $m_0 = 3,5$ Kenar şekli nedeniyle oluşan çentik etkileri dikkate alınmalıdır.	100	-
124 (1)		Kenarlar elle alevle kesilmiş, kontrolsüz, 0,5 mm. den derin çentik yok $m_0 = 3,5$ Kenar şekli nedeniyle oluşan çentik etkileri dikkate alınmalıdır.	80	-
(1) IIW tavsiyelerinden farklı istekler.				
131		Delikli, haddelenmiş veya çekilmiş ürünler	90	-

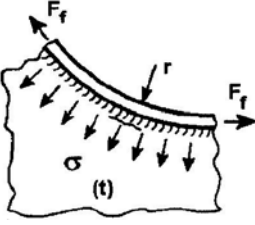
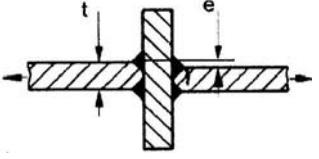
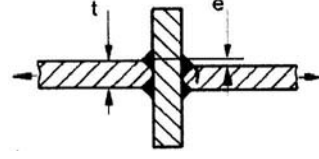
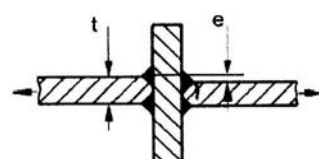
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
(2)		$D \leq 1,5 t$ ve $D \leq 50$ mm. Delik makina ile gazla kesilmiş veya matkapla delinmiş, daha sonra işlenmiş, muayene ile çatlak veya görünür hata bulunmamış $m_0 = 3,5$ $\Delta\sigma$, net kesitte hesaplanacaktır. Uç veya kenar mesafesi : $e \geq 1,5 D$, Aralık : $p \geq 2,5 D$		
200	Alın kaynakları, enine yüklü			
211 (3)		Enine yüklü alın kaynağı (X veya V) levha yüzeyine kadar taşlanmış, %100 tahribatsız muayene Tüm kaynaklar, yüzeye kadar taşlanmış, taşlama gerilme doğrultusuna paralel. Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları, gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Her iki taraftan kaynak yapılacaktır. Kaçıklık olmayacaktır. Gerekli kalite NDT ile muayene edilemez.	112	40
212 (1)		Atölyede yatay pozisyonda yapılmış enine alın kaynağı kaynak başının yüksekliği $\leq \%10$ kaynak genişliği, NDT Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları, gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Her iki taraftan kaynak Kaçıklık $\leq \%5$	90	36
213 (1)		212'de belirtilen koşullara uymayan enine alın kaynağı, kaynak başının yüksekliği $\leq \%20$ kaynak genişliği, NDT Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları, gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Her iki taraftan kaynak Kaçıklık $\leq \%10$	80	32
214		Enine alın kaynağı, seramik sırtlıklı kaynak, kök çatlağı Sırtlık sökülecek, kök gözle muayene edilecektir. Kaçıklık $\leq \%10$	80	28
215		Levha kenarında >10 mm. de sona eren sabit sırtlıklı enine alın kaynağı diğerleri Kaçıklık $\leq \%10$	71 63	25 22
216		Sırt laması kullanmaksızın, tek taraftan tam nüfuziyetli enine alın kaynağı NDT ile kontrol edilen kök NDT'siz Kaçıklık $\leq \%10$	71 36	28 12
(2) IIW tavsiyelerinde yer almayan ilave yapısal ayrıntılı.				
(3) IIW tavsiyelerinden farklı FAT sınıfı istekler				

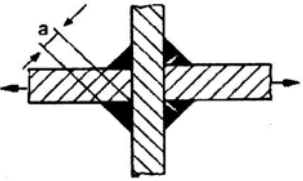
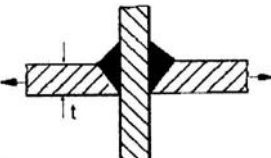
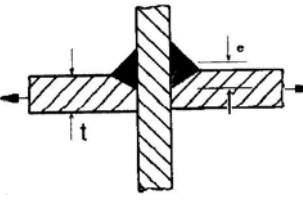
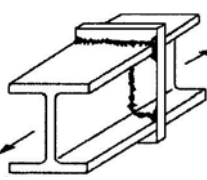
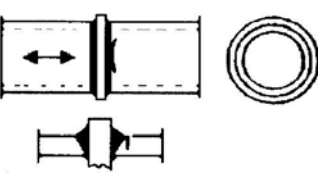
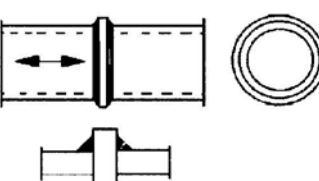
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
217		Kısmi nüfuziyetli alın kaynağı; analizde, kaynak boğazı kesit alanı esas alınır, fazla dolgu hesaba katılmaz. Bu ayrıntı, yorulmaya maruz elemanlar için tavsiye edilmez. Çentik gerilmesi veya çatlak mekaniği ile değerlendirme tercih edilir.	36	12
221r	  	Değişik genişlikteki veya kalınlıktaki levhaları birleştiren taşlanmış enine alın kaynağı, NDT eğim 1:5 eğim 1:3 eğim 1:2 Tüm kaynaklar, yüzeye kadar taşlanmış, taşlama gerilme doğrultusuna paralel. Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Kaçıklık <%10 Kalınlık kademesi nedeniyle aşırı kaçıklıklar dikkate alınacaktır.	112 100 90	40 32 28
222	  	Değişik genişlikteki veya kalınlıktaki levhaları birleştiren, atölyede yatay konumda yapılan enine alın kaynağı, kaynak profili kontrollü, NDT eğim 1:5 eğim 1:3 eğim 1:2 Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Kaçıklık <%10 Kalınlık kademesi nedeniyle aşırı kaçıklıklar dikkate alınacaktır.	90 80 71	32 28 25
223	  	Değişik genişlik ve kalınlıktaki levhaları birleştiren, enine alın kaynağı, eğim 1:5 eğim 1:3 eğim 1:2 Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Kaçıklık <%10 Kalınlık kademesi nedeniyle aşırı kaçıklıklar dikkate alınacaktır.	80 71 63	25 22 20
224		Pah kırımı olmaksızın, merkezlenmiş farklı kalınlıklı elemanların enine alın kaynağı Kaynak profilinin, yumuşak geçişe eşdeğer olması halinde 222'ye bakınız. Kaçıklık <ince levhanın kalınlığının %10'u	71	22
225		3 levhanın birleşimi kök çatlağı Ark kaynakları : Kaçıklık <%10	71	22

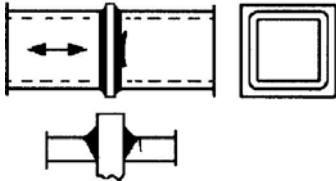
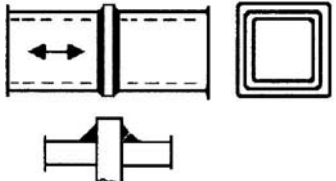
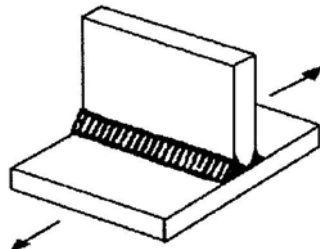
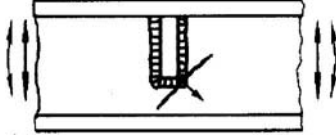
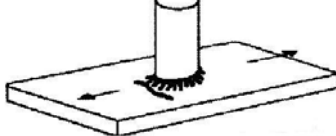
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
226		Montajdan önce, imal edilmiş profilde flencin enine alın kaynağı birleştirmesi, taşlanmış, yuvarlatılmış geçişli, NDT Tüm kaynaklar, yüzeye kadar taşlanmış, taşlama gerilme doğrultusuna paralel. Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları, gerilme doğrultusunda taşlanacaktır.	100	40
231		Haddelenmiş profil veya köşebentlerde alınların dışında da devam eden enine alın kaynağı birleştirmesi, taşlanmış NDT Tüm kaynaklar, yüzeye kadar taşlanmış, taşlama gerilme doğrultusuna paralel. Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır.	80	28
232		İçi boş dairesel profillerin enine alın kaynağı birleştirmesi, tek taraftan kaynaklı, tam nüfuziyetli, kök çatlağı NDT ile kontrol edilen kök NDT'siz Yatay konumda kaynak	71 36	28 12
233		Sabit sırtlıklı boru birleştirmesi Yatay konumda kaynak	71	28
234		İçi boş dikdörtgen profillerin enine alın kaynağı birleştirmesi, tek taraftan kaynaklı, tam nüfuziyetli, kök çatlağı NDT ile kontrol edilen kök NDT'siz Yatay konumda kaynak	56 36	25 12
241 (3)		Taşlanmış enine alın kaynağı, kaynak uçları ve radyüs taşlanmış, istavroz flençlerde %100 NDT, radyüs geçişli. Tüm kaynaklar, yüzeye kadar taşlanmış, taşlama gerilme doğrultusuna paralel. Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Her iki taraftan kaynaklı. Kaçıklık yok. Gerekli kaynak kalitesi NDT ile muayene edilemez.	112	40
242		Atölyede yatay konumda yapılan enine alın kaynağı, kaynak profili kontrollü, istavroz flençlerde NDT, radyüs geçişli. Kaynak başlangıç ve bitiş parçaları kullanılacak ve sonra sökülecektir. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Her iki taraftan kaynaklı. Kaçıklık <%5	90	36

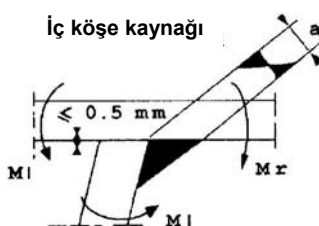
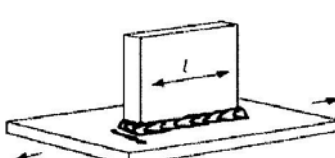
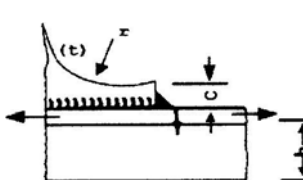
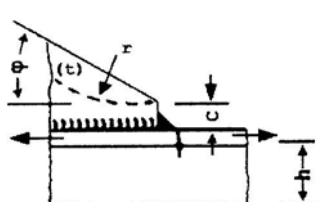
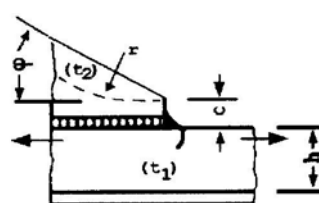
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
243		Taşlanmış enine alın kaynağı, kaynaklı üçgen geçiş levhali istavroz flençlerde NDT, kaynak uçları taşlanmış. Alın kaynağında çatlak başlangıcı. Devamlı flençteki çatlak için 525 ve 526'ya bakınız. Tüm kaynaklar yüzeye kadar taşlanmış, taşlama gerilme doğrultusuna paralel. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Her iki taraftan kaynaklı. Kaçıklık<%10.	80	32
244		Enine alın kaynağı, kaynaklı üçgen geçiş levhali istavroz flençlerde NDT, kaynak uçları taşlanmış Alın kaynağında çatlak başlangıcı. Devamlı flençteki çatlak için 525 ve 526'ya bakınız. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Her iki taraftan kaynaklı. Kaçıklık<%10.	71	28
245		İstavroz flençlerde enine alın kaynağı. Alın kaynağında çatlak başlangıcı. Devamlı flençteki çatlak için 525 ve 526'ya bakınız. Levha kenarları gerilme doğrultusunda taşlanacaktır. Her iki taraftan kaynaklı.Kaçıklık<%10.	50	20
300	Boyuna yük taşıyan kaynaklar			
311		İçi boş profillerde başlangıç / bitiş pozisyonu olmaksızın otomatik boyuna dikiş kaynağı Başlangıç / bitiş pozisyonlu	125 90	50 36
312		Boyuna alın kaynağı, her iki taraf yük doğrultusuna paralel taşlanmış, %100 NDT	125	50
313		Boyuna alın kaynağı, Başlangıç / bitiş pozisyonu olmaksızın Başlangıç / bitiş pozisyonlu	125 90	50 36
321		Kaynak başlangıç ve bitişinde krater bulunmayacak şekilde, tek veya çift taraftan pah açılarak boyuna doğrultuda devamlı tam nüfuziyetli otomatik kaynak (flençteki gerilme aralığı esas alınmalıdır) NDT . Onarımın bir uzman tarafından yapılması ve kaynağın doğru yapıldığının muayene edilmesi hariç, kaynak başlangıç ve bitişindeki kratere izin verilmez.	125	50

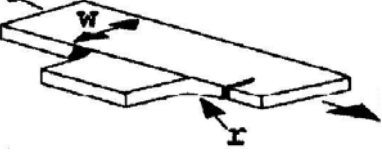
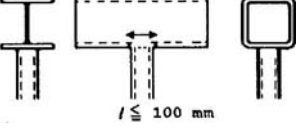
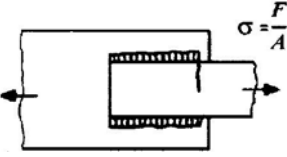
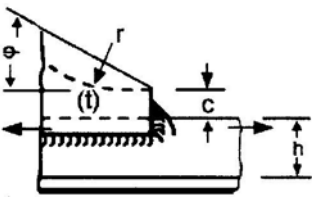
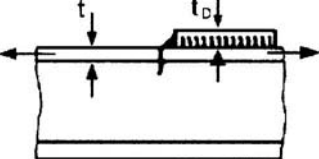
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
322		Kaynak başlangıç ve bitişinde krater bulunmayacak şekilde boyuna doğrultuda devamlı çift taraflı otomatik kaynak (flençteki gerilme aralığı esas alınmalıdır).	100	40
323		Boyuna doğrultuda, el ile yapılan devamlı iç köşe veya alın kaynağı (flençteki gerilme aralığı esas alınmalıdır)	90	36
324		Boyuna doğrultuda aralıklı iç köşe kaynak birleştirmesi (flençte σ normal gerilme ve gövdede τ kesme gerilmesi esas alınmalıdır). $\sigma / \tau = 0$ 0,0 – 0,2 0,2 – 0,3 0,3 – 0,4 0,4 – 0,5 0,5 – 0,6 0,6 – 0,7 > 0,7	80 71 63 56 50 45 40 36	32 28 25 22 20 18 16 14
325		Kaynakların döndüğü delikler bulunan ve boyuna doğrultuda yapılmış iç köşe veya aralıklı kaynak (flençte σ ve gövdede τ kesme gerilmesi esas alınmalıdır), delik yüksekliği gövdenin %40'ından fazla olamaz. $\sigma / \tau = 0$ 0,0 – 0,2 0,2 – 0,3 0,3 – 0,4 0,4 – 0,5 0,5 – 0,6 > 0,6	71 63 56 50 45 40 36	28 25 22 20 18 16 14
331		Bir flencin takviyeli kırıklık bölgesindeki kaynaklı birleştirme, birleştirme tipine bağlı olarak, 411÷444'e göre değerlendirilecektir. Takviye levhasındaki gerilme : $\sigma = \sigma_f \frac{A_f}{\Sigma A_{st}} \cdot 2 \cdot \sin \alpha$ A_f = Flenç alanı A_{st} = Stifner alanı Kaynak boğazındaki gerilme $\sigma_w = \sigma_f \frac{A_f}{\Sigma A_w} \cdot 2 \cdot \sin \alpha$ A_w = Kaynak boğazı alanı	-	-

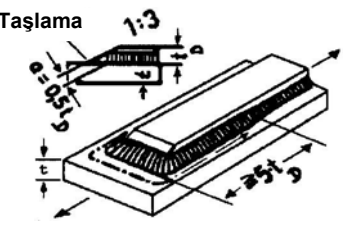
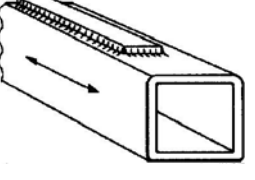
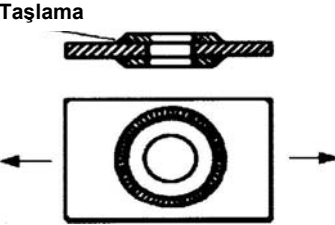
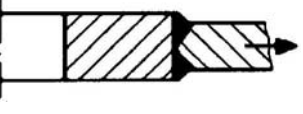
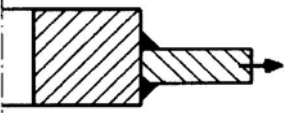
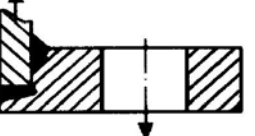
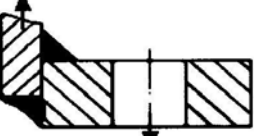
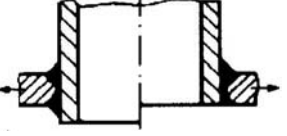
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
332		Takviyesiz yuvarlak flencin gövdeye birleştirmesi, birleştirme tipine bağlı olarak, 411÷ 444'e göre değerlendirilecektir. Gövde levhasındaki gerilme : $\sigma = \frac{F_g}{r \cdot t}$ Kaynak boğazındaki gerilme : $\sigma_w = \frac{F_f}{r \cdot \Sigma a}$ F_f = Flençteki eksenel kuvvet T = Gövde levhası kalınlığı a = Kaynak boğazı. Sol ve sağ taraftaki F_f bileşke kuvvetleri, ana yüke dik doğrultuda flenci bükecektir. Kaynağın bu ilave gerilmesini en aza indirmek için, genişliğin en aza indirilmesi ve flenç kalınlığının en fazlaya çıkarılması önerilir. Kaynağın boyuna gerilmesi dikkate alınacaktır.	-	-
400	İstavroz ve / veya T-birleştirmeler			
411 (4)		Çift taraftan ağız açılmış, tam nüfuziyetli K tipi, istavroz veya T birleştirmeler, lamelli aşınma yok, kaynak kenarı taşlanmış, kaynak kenarı çatlağı İstavroz birleştirme kaçıklık $e < t$ ve ana levhanın %15'i T birleştirme Ara levhanın malzeme kalitesi lamelli aşınmaya eğilime karşı kontrol edilecektir.	80	28
412 (4)		Çift taraftan ağız açılmış, tam nüfuziyetli K tipi, istavroz veya T birleştirmeler, lamelli aşınma yok, kaynak kenarı taşlanmış, kaynak kenarı çatlağı İstavroz birleştirme kaçıklık $e < t$ ve ana levhanın %15'i T birleştirme Ara levhanın malzeme kalitesi lamelli aşınmaya eğilime karşı kontrol edilecektir.	71	25
413 (4)		İç köşe kaynaklı veya kısmi nüfuziyetli K tipi, istavroz veya T birleştirmeler, lamelli aşınma yok, kaynak kenarı çatlağı İstavroz birleştirmeler kaçıklık $e < t$ ve ana levhanın %15'i T birleştirme Ara levhanın malzeme kalitesi lamelli aşınmaya eğilime karşı kontrol edilecektir.	63	22
(4) IIW tavsiyelerindekilerden daha ayrıntılı ayrıntı sınıfı spesifikasyonları.				

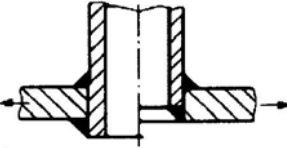
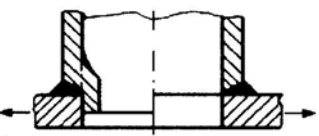
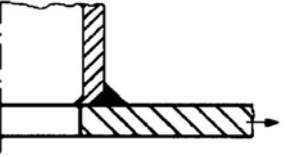
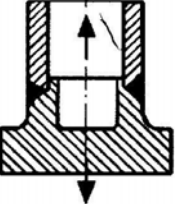
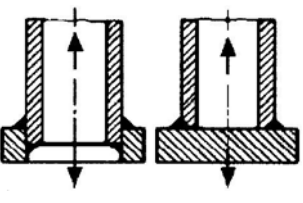
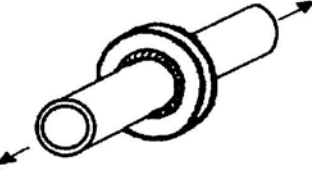
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
414		İç köşe kaynaklı veya kısmi nüfuziyetli K tipi, istavroz veya T birleştirmeler, kaynak kenarı taşlanmış birleştirmeler dahil, kaynak kökü çatlaklı Analizde, kaynak boğazındaki gerilme esas alınır.	36	12
415		Tek taraftan ağız açılmış tam nüfuziyetli V tipi, tek taraflı ark veya lazer kaynaklı, istavroz veya T birleştirmeler, lamelli aşınma yok, kaçıklık $e < 0,15t$ kaynak kenarı çatlaklı Kökü muayene edilmiş Kök muayene edilmemiş ve kök çatlaklı	71 36	25 12
416		İç köşe kaynaklı veya kısmi nüfuziyetli V tipi, tek taraflı ark kaynaklı, istavroz veya T birleştirmeler, lamelli aşınma yok, kaçıklık $e < 0,15t$, kök çatlaklı. Kök muayene edilmiş analizlerde, t levhası ve a kaynak boğazının e kaçıklığı için orta noktalar esas alınır. Kökteki gerilme : $\Delta\sigma_{\text{kök}} = \Delta\sigma_{\text{levha}} \cdot \left(1 + 3 \cdot \frac{e}{t}\right) \cdot \frac{t}{a}$ Etkin çentik prosedürü yardımı ile analiz tavsiye edilir.	36	12
421		Ara levhali haddelenmiş profillerin birleştirilmesi, iç köşe kaynakları, kaynak kökü çatlaklı Analizde, kaynak boğazındaki gerilme esas alınır.	36	12
422		İçi boş silindirik elemanların ara levha ile birleştirilmesi, tek taraflı alın kaynağı, kaynak kenarı çatlaklı. Et kalınlığı > 8 mm. Et kalınlığı < 8 mm. Tam kök nüfuziyetini sağlamak için kaynaklar NDT ile muayene edilmiş.	56 50	22 20
423		İçi boş silindirik elemanların ara levha ile birleştirilmesi, iç köşe kaynağı, kök çatlaklı. Analizde, kaynak boğazındaki gerilme esas alınır. Et kalınlığı > 8 mm. Et kalınlığı < 8 mm. Tam kök nüfuziyetini sağlamak için kaynaklar NDT ile muayene edilmiş.	45 40	16 14

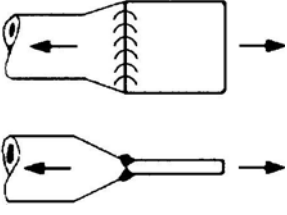
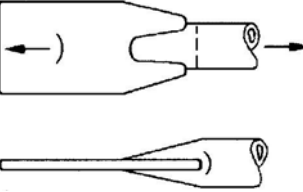
Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
422		İçi boş silindirik elemanların ara levha ile birleştirilmesi, tek taraflı alın kaynağı, kaynak kenarı çatlakları. Et kalınlığı > 8 mm. Et kalınlığı < 8 mm. Tam kök nüfuziyetini sağlamak için kaynaklar NDT ile muayene edilmiş.	50 45	20 18
423		İçi boş silindirik elemanların ara levha ile birleştirilmesi, iç köşe kaynağı, kök çatlakları. Analizde, kaynak boğazındaki gerilme esas alınır. Et kalınlığı > 8 mm. Et kalınlığı < 8 mm. Tam kök nüfuziyetini sağlamak için kaynaklar NDT ile muayene edilmiş.	40 36	16 14
500 Yük taşımayan elemanlar				
511		Yük taşımayan enine eleman, ana levhadan kalın değil K-alın kaynağı, kaynak kenarı taşlanmış İki taraflı iç köşe, kaynak kenarı taşlanmış İç köşe kaynağı taşlanmamış Ana levhadan kalın Taşlama, gerilmeye paralel Tek taraflı iç köşe kaynaklarında, $k_m = 1,2$ 'ye karşılık gelen açısız kaçıklık dahil edilmiş	100 100 80 71	36 36 28 25
512		Kirişin gövdesine veya flencine kaynaklı enine stifner, ana levhadan kalın değil. K-alın kaynağı, kaynak kenarı taşlanmış İki taraflı iç köşe, kaynak kenarı taşlanmış İç köşe kaynağı taşlanmamış Ana levhadan kalın Gövdedeki kaynak sonları için ana gerilmeler kullanılır.	100 100 80 71	36 36 28 25
513		Yük taşımayan kaynaklı saplama	80	28
514		Güverte levhasına eğimli stifner, tam nüfuziyetli alın kaynağı stifner kalınlığı esas alınarak hesaplanmış, düzelme dışı eğilme	71	25

Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
515		Güverte levhasına eğimli stifner, iç köşe veya kısmi nüfuziyetli kaynak, düzlem dışı eğilme Stifner kalınlığı ve kaynak boğazı kalınlığı esas alınarak hesaplanmış (hangisi küçükse)	50	16
521		Boyuna doğrultuda iç köşe kaynağı ile birleştirilmiş l boyunda lama $l < 150$ mm. $l < 150$ mm. $l < 300$ mm. $l < 300$ mm. Lamaya yakın kenarlar için : 525'e bakınız. Eğer eleman kalınlığı $> 1/2$ ana levha kalınlığı ise, bir sınıf artırılabilir (kaynaklı profiller için değil!).	80 71 63 50	28 25 20 18
522		Boyuna doğrultuda iç köşe kaynağı ile kaynatılmış, dairesel geçişli eleman, iç köşe kaynağı uçları takviyeli ve taşlanmış $c < 2t$, maks. 25 mm. $r > 150$ mm. t = elemanın kalınlığı	90	32
523		Boyuna doğrultuda iç köşe kaynağı ile giriş flenci veya levhaya kaynatılmış yumuşak geçişli eleman (eleman sonu açılı veya dairesel kesilmiş), $c < 2t$, maks. 25 mm. $r > 0,5 h$ $r < 0,5 h$ veya $\phi < 20^\circ$ t = elemanın kalınlığı Eğer eleman kalınlığı $> 1/2$ ana levha kalınlığı ise, bir sınıf artırılabilir (kaynaklı profiller için değil!).	71 63	25 20
524		Boyuna doğrultuda iç köşe kaynağı ile giriş flenci veya levha kenarına kaynatılmış yumuşak geçişli eleman (eleman sonu açılı veya dairesel kesilmiş), $c < 2t$, maks. 25 mm. $r > 0,5 h$ $r < 0,5 h$ veya $\phi < 20^\circ$ t = elemanın kalınlığı $t_2 < 0,7 t_1$ için FAT %12 artar.	50 45	18 16
525		Boyuna doğrultuda iç köşe kaynağı ile levha kenarına veya giriş flencine kaynatılmış eleman, yuvarlak geçiş taşlanmış $l < 150$ mm. $l < 300$ mm. $l < 300$ mm. $t_2 < 0,7 t_1$ için FAT %12 artar.	50 45 40	18 16 14

Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
526		Boyuna doğrultuda iç köşe kaynağı ile levha kenarına veya giriş flencine kaynatılmış eleman, yuvarlak geçiş taşlanmış $r > 150$ veya $r/w > 1/3$ $1/6 < r/w < 1/3$ $r/w < 1/6$ Kaynak kenarını tamamen gidermek için geçiş bölgesinde kaynak alanı taşlanarak düzgün geçiş radyüsü oluşturulmuş. Taşlama gerilmeye paralel	90 71 50	36 28 22
531		Diğer bir profile iç köşe kaynağı ile kaynatılmış içi boş dairesel veya dikdörtgen profil. Gerilme doğrultusuna paralel profil genişliği <100 mm., aksi halde boyuna eleman gibi alınır. Yük taşıyıcı kaynak yok.	71	28
600	Bindirmeli birleştirmeler			
611		İç köşe kaynaklı, enine yüklü bindirmeli birleştirme Ana metalin yorulması Kaynak boğazının yorulması Gerilmeler; kaynak uzunluğuna eşitlenen levha genişliği kullanılarak ana levhada hesaplanacaktır. Yükleme veya dizayn ile burkulma önlenecektir.	63 45	22 16
612		İç köşe kaynaklı, enine yüklü bindirmeli birleştirme Ana metalin yorulması Kaynağı yorulması (kaynak boğazının 40 katı uzunluklu maksimum kaynak boyunda hesaplanan) Kaynak bitimi, levha kenarından 10 mm.den fazla. Yükleme veya dizayn burkulma önlenecektir.	50 50	18 18
613		Bindirmeli bağlantı elemanı, iç köşe kaynaklı, yük taşımayan, yumuşak geçişli ($\phi < 20^\circ$ veya radyüs ile ucu açık kesilmiş), yük taşıyan elemana kaynaklı. $c < 2t$, ancak $c \leq 25$ mm. Lamaya Balblı profile Köşebente t = Elemanın kalınlığı	63 56 50	22 20 18
700	Takviyeler			
711		I-kirişi flenci üzerindeki uzun bir dablın levhasının kaynak edilmiş uçları (flençteki kaynak kenarındaki gerilme aralığı esas alınacaktır). $t_D \leq 0,8 t$ $0,8 t < t_D \leq 1,5 t$ $t_D > 1,5 t$ Tek veya çok pasolu kapak levhasının uç bölgeleri. Cephe kaynaklı veya kaynaksız. Eğer kapak levhası flençten geniş ise, cephe kaynağı gerekir. Cephe kaynağında, kaynak oyuğu yok.	56 50 45	20 18 16

Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
712	 Taşıma	Kiriş üzerinde uzun dablın levhasının uçları, takviyeli kaynaklı uçlar taşlanmış (flençteki kaynak kenarındaki gerilme aralığı esas alınacaktır) $t_D \leq 0,8 t$ $0,8 t < t_D \leq 1,5 t$ $t_D > 1,5 t$ Taşıma gerilme doğrultusuna paralel	71 63 56	28 25 22
721		Dikdörtgen içi boş profil üzerindeki takviye levhasının ucu Et kalınlığı: $t < 25 \text{ mm}$. Cephe kaynağında, kaynak oyuğu yok!	50	20
731	 Taşıma	İç köşe kaynağı ile kaynatılmış takviye Kaynak kenarı taşlanmış Kaynak kenarı taşlanmamış Gerilme doğrultusunda taşıma Değiştirilmiş nominal gerilme esas alınarak analiz, ancak yapısal gerilme yaklaşımı önerilir.	80 71	32 25
800	Flençler, branslar ve nozullar			
811		Blok flenç, tam nüfuziyetli kaynak	71	25
812		Blok flenç, kısmi nüfuziyetli veya iç köşe kaynağı Kaynak kenarında çatlak Kaynak boğazında kök çatlak	63 36	22 12
821		Düz flenç, $>80\%$ tam nüfuziyetli alın kaynağı, boruda değiştirilmiş nominal gerilme, kaynak kenarı çatlak	71	25
822		İç köşe kaynaklı düz flenç, boruda değiştirilmiş nominal gerilme, kaynak kenarı çatlak	63	22
831		Bir levhaya boru bağlantısı veya boru geçişi, K-alın kaynağı Eğer $\text{çap} > 50 \text{ mm}$. ise, oyulmalardaki gerilme yığılması dikkate alınmalıdır. Yapısal gerilme ile değerlendirme önerilir.	80	28

Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
832		Bir levhaya boru bağlantısı veya boru geçişi, iç köşe kaynağı, kaynak kenarı çatlağı.	71	25
		Kök çatlakları (analizde, kaynak boğazındaki gerilme esas alınır).	36	12
		Eğer çap >50 mm. ise, oyulmalardaki gerilme yığılması dikkate alınmalıdır. Yapısal gerilme ile değerlendirme önerilir.		
841		Levhaya kaynaklı nozul, kök pasosu taşla giderilmiş.	71	25
		Eğer çap >50 mm. ise, oyulmalardaki gerilme yığılması dikkate alınmalıdır. Yapısal gerilme ile değerlendirme önerilir.		
842		Levhaya kaynaklı nozul, kök pasosu taşlanmamış.	63	22
		Eğer çap >50 mm. ise, oyulmalardaki gerilme yığılması dikkate alınmalıdır. Yapısal gerilme ile değerlendirme önerilir.		
900	Boru birleştirmeleri			
911		Dolu çubuğa, içi boş dairesel profilin alın bağlantısı, taşlanmamış halde.	63	22
		Gerilme doğrultusuna dik bir boşluğu önlemek üzere, kaynağın kökü dolu elemana nüfuz etmelidir.		
912		İçi boş dairesel profilin tek taraflı alın kaynağı ile bileşene kaynağı, sırtlık sağlanacaktır. Kök çatlağı	63	22
		Gerilme doğrultusuna dik bir boşluğu önlemek üzere, kaynağın kökü dolu elemana nüfuz etmelidir.		
913		İçi boş dairesel profilin tek taraflı alın kaynağı veya çiftli iç köşe kaynağı ile bileşene kaynağı, kök çatlağı	50	18
		Kök çatlağının NDT ile muayenesinin zayıflığı, uygun emniyet değerlendirmeleri (örneğin; IIW tavsiyelerine bakınız) veya 2FAT sınıfı düşürülerek ile kopmansa edilebilir.		
921		İçi boş dairesel profilin diske kaynağı		
		K-alın kaynağı, kaynak kenarı taşlanmamış	90	32
		İç köşe kaynağı, kaynak kenarı taşlanmamış	90	32
		İç köşe kaynağı, taşlanmamış	71	25
		Yük taşıyıcı kaynak değil		

Tip No.	Yapısal ayrıntı	Tanım, istekler ve açıklamalar (St=Çelik, Al = Alüminyum)	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
			St	Al
931		Boru levha birleştirmesi, boru yassılaştırılmış alın kaynağı (X-ağız) Boru çapı < 200 mm. ve Levha kalınlığı < 20 mm.	71	25
932		Boru levha birleştirmesi, boru çatallı hale getirilip levhaya kaynatılmış. Boru çapı < 200 mm. ve Levha kalınlığı < 20 mm. Boru çapı < 200 mm. ve Levha kalınlığı < 20 mm.	63	18
			45	14

No.	Kesme gerilmeleri esas alınarak yapısal ayrıntılar için yorulma direnci değerleri	Ayrıntı sınıfı $\Delta\sigma_R$ (FAT sınıfı)	
		St	Al
1	Ana metal veya tam nüfuziyetli alın kaynağı; m=5'den 1E8 çevrime	100	36
2	İç köşe kaynağı veya kısmi nüfuziyetli alın kaynağı; m=5'den 1E8 çevrime	80	28

BÖLÜM 7

MAKİNA BİLEŞENLERİ

Sayfa

A. Genel	7- 1
B. Kanat Ayarlama Sistemi.....	7- 2
C. Yataklar	7- 4
D. Dişli Kutuları	7- 7
E. Mekanik Frenler ve Kilitleme Düzenleri.....	7-13
F. Kaplinler.....	7-15
G. Elastomer Burçlar	7-16
H. Yönlendirme Sistemi.....	7-17
I. Hidrolik Sistemler.....	7-19
J. Açık Deniz Uygulamaları.....	7-20

A. Genel

1. Değerlendirme Dokümanları

1.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin makina bileşenlerinin azami ve çalışılabilirlik sınır durumlarının değerlendirilmesi için aşağıdaki dokümanlar gereklidir.

1.2 Önemli bileşenler için; malzeme verilerini, seri üretilen parçalarda üreticiden sağlanan bilgileri, standart parçalarda standartları, vb. içeren parça listeleri gereklidir.

1.3 Tesisin önemli elemanlarının mühendislik resimlerinde (montaj resimleri ve tekil parça resimleri), ayrıntılı açıklamalar (parça gösterimi, resim numarası, değişim indeksi) bulunacaktır. Bunlar; yüzey işleme, ısıtma işlem, korozyondan korunma, vb. ile ilgili verileri içerecektir.

1.4 Teknik uygulamalarla: başarılı hizmet görmesi suretiyle kullanıma uygunluğu kanıtlanmış olan, seri-üretilen parçalar için genelde tip / veri tabloları yeterlidir. Ancak, bu parçalar için özel durumlarda ilave dokümanlar / doğrulamalar gerekli olabilir. Bu anlamda ana dişli kutuları seri-üretilen parça olarak kabul edilmez. Bununla ilgili dokümanlar D.'de verilmiştir.

1.5 Tüm bileşenler ve bağlama düzenlerinin mukavemet hesapları ile azami sınır durumu ve çalışılabilirlik sınır durumu doğrulanacaktır. Analiz bir bütün halinde olacaktır. Bu analiz, aşağıda belirtilenlerle ilgili yeterli veriyi içerecektir:

- Dizayn yükleri,
- Statik sistemler (analog modeller),
- Malzemeler,
- İzin verilen gerilmeler,
- Kullanılan referanslar.

1.6 Yorulma analizi, Bölüm 5, C'deki kodlar ve teknik literatür kullanılarak, Bölüm 5, C'ye göre yapılacaktır.

1.7 Tüm yağlama yağları ve hidrolik akışkanlar, ilgili veri listeleri ile birlikte belirtilecektir. Açık deniz rüzgar türbininde, işletme maddesinin olası boşalmasına karşı yağ toplama tavaları sağlanacaktır (göbek ve kaporta).

1.8 Açık deniz rüzgar türbininin çalışmasına ait soğutma ve ısıtma sistemlerinin dizaynı açıklanacaktır.

1.9 Makina bileşenlerinin dizaynı ile ilgili olarak açık deniz rüzgar türbini üreticisinin spesifikasyonları (istekleri) doğrulamalara eklenecektir.

2. Malzemeler

İstekler, doğrulamalar ve muayene spesifikasyonu Bölüm 3, C'de verilmiştir. İlave veriler, ilerideki bölümlerde yer almaktadır.

3. Tahrik Sistemi Dinamiği

Dizayn yüklerinin belirlenmesinde (Bölüm 4, C.2.1'e bakınız), tahrik sisteminin dinamik davranışı uygun bir tarzda dikkate alınacaktır. Bunun için, tahrik sistemi, birkaç dönel kütle ve burulma yayından oluşan bir sistem yardımıyla yapılan yük simülasyon çerçevesinde ideal formda modellenir. Kompleks tahrik sistemindeki azaltım ve burulma yayları, dönel kütleler ve olası sönümlenme değerlerinin belirlenmesi makina bileşenlerinin değerlendirilmesi sırasında sunulacaktır.

B. Kanat Ayarlama Sistemi

1. Genel

1.1 Bu kısım, açık deniz rüzgar türbinlerinin aşağıda belirtilen kanat ayarlama sistemlerine uygulanır. Diğer dizaynlardaki uygulamalar, gerekli değişimlerle yapılacaktır.

1.2 Döner hareket geçirmeli sistemlerde, pervane kanatlarının ayarlanması için gereken döndürme momenti, ilgili dönel tahriklerle birlikte bir motor tarafından sağlanır. Döndürme momenti; tahrik pinyonu vasıtasıyla, pervane kanadına bağlı hareketli ringe iletilir.

1.3 Kanat ayarlama mekanizmasının örneğin; bir veya daha fazla hidrolik silindir vasıtasıyla, harekete geçirildiği sistemlerde, pervane kanatlarının ayarlanması için gerekli döndürme momenti, bir hidrolik silindirle sağlanır. Döndürme momenti piston rodu tarafından doğrudan veya dolaylı olarak, pervane kanadına bağlı bir bağlantı noktasına iletilir.

1.4 Kanat ayarlama sistemi için, bu sistemin bakımı ve onarımı sırasında, insanların tehlikeye atılmasını önlemek üzere, sistemi kilitleyen bir kilitleme düzeni sağlanacaktır. Bu kilitleme sisteminin kanat ayarlama sisteminde sabit olarak yerleşimine gerek yoktur, gerektiğinde monte edilebilen harici bir kilit de olabilir.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Verilecek değerlendirme dokümanları ile ilgili genel bilgiler Bölüm 7, A'da verilmiştir.

2.2 Kanat ayarlama sisteminin bileşenleri için; tip bilgileri, spesifikasyonlar ve montaj resimleri verilecektir.

2.3 Hesaplama verilerine (örneğin; hesap giriş verileri, ilgili emniyet payları ile sonuçların sunumu) ve tahrik bileşenlerine ait raporlar verilecektir.

2.4 "Tahrik pinyonu / hareketli ring" geçiş kademesinin incelenmesi için, pinyon şaftının ve hareketli ringin tekil parça resmi, dönel tahrikli sistemlerde gereklidir. Ayrıca, bu kombinasyon için diş hesabı, pinyon şaftı ve yataklama düzeni için doğrulamalar da verilecektir.

2.5 Kanat ayarlama sisteminin işlevsel esaslarını açıklayan tanımlar ile birlikte, ilgili parça listeleri ve varsa parça resimleri dahil montaj ve kesit resimleri verilecektir.

2.6 Kanat ayarlama mekanizmalı sistemlerde, ayarlama mekanizmasının çeşitli kanat aç pozisyonlarıyla gösterildiği ölçülendirilmiş resimler verilecektir. Asgari olarak, maksimum ve minimum pozisyonlar ve kanat ayarlama mekanizmasına en büyük yükün geldiği pozisyon gösterilecektir.

2.7 Kanat ayarlama mekanizmasının bileşenleri için, yorulma mukavemeti analizi ve statik mukavemet analizi verilecektir.

3. Uygulanacak Yükler

3.1 Kanat ayarlama sisteminin yüklerinin hesabında, Bölüm 4'deki dizayn yükleri uygulanacaktır.

3.2 Statik ve yüke bağlı yatak sürtünme momentleri dikkate alınacaktır.

3.3 Yorulma analizi için, yük süresi dağılımları (YSD) ve yük spektrumu kullanılacaktır. Kanat ayarlı ve ayarsız çalışmalar dikkate alınacaktır. Burada, ilave atalet yükleri - pervane dönüşünden kaynaklanan- ve dinamik titreşim kaynaklı yüklerde dikkate alınacaktır.

3.4 Bölüm 4'deki boyutlandırma yüklerinin dizayn yüklerine göre statik mukavemet analizi (kanat ayarlı ve ayarsız çalışmalar için) yapılacaktır.

3.5 Dönel tahrikli sistemlerde, statik mukavemet analizi için $K_A = 1,0$ uygulama faktörü kullanılır.

4. Mukavemet Analizi

4.1 Dişlilerin yük kapasitesinin doğrulanması

4.1.1 Tahrik pinyonu / hareketli ring kademesi ve ayar dişlisinin diş hesabında ISO 6336 esas alınacaktır.

4.1.2 Yorulma yüklerinden kaynaklanan yük kapasitesinin hesabı, ISO TR 10495'e göre yapılacaktır. Method II için, Tablo 7.1'deki emniyet faktörlerine uygun olarak $D \leq 1$ 'lik bir hasar oranı elde edilecektir.

4.1.3 Alternatif olarak, yorulma analizinin yapılacağı – Tablo 7.1'deki emniyet faktörlerine uygun olarak -yük / zaman dağılımından (DIN 3990, Part 6, Method III) eşdeğer bir yük hesaplanabilir.

4.1.4 Ayrıca, cebri kopma ve pittinglenmeye karşı statik mukavemet analizi de gereklidir (Tablo 7.2'deki emniyet faktörleri ile).

Tablo 7.1 Yorulma mukavemeti analizi için emniyet faktörleri

Emniyet	
Pittinglenmeye karşı, S_H	1,00
Diş dibi çatlamasına karşı, S_F	1,25

Tablo 7.2 Statik mukavemet analizi için emniyet faktörleri

Emniyet	
Pittinglenmeye karşı, S_H	1,00
Diş dibi çatlamasına karşı, S_F	1,20

4.2 Şaftlar ve bağlantı elemanları

4.2.1 Ayar tahrik sisteminin çıkış şaftı ve bağlantı elemanları için, yorulma mukavemeti analizi ve statik mukavemet analizi verilecektir. Analizler, DIN 743, DIN 6892 ve DIN 7190'a veya eşdeğer standartlara göre yapılacaktır.

4.2.2 Ayrıca, dönel tahrik sisteminin gövdesi ve pinyon kutusunun analizi verilecektir. Gerekirse, statik test vasıtasıyla aşırı yük doğrulanması da verilebilir.

4.2.3 Kanat ayarlama mekanizmalı sistemlerde, tüm yük ileten bileşenler ve bağlantı elemanları için bir yorulma mukavemeti analizi ve statik mukavemet analizi verilecektir.

4.2.4 Yük ileten ve emniyetle ilgili bileşenlerin ön gerilmeli cıvatalı bağlantıları için, yükleme prosesi sırasında gerdirilen yay elemanları etkin bir koruma olarak kabul edilmez.

Bunun yerine, hasarlanmaya karşı koruma olarak sürtünme-kilitli elemanlar ve cıvatalı bağlantıların gevşemesine karşı koruma olarak kilitleme elemanları kullanılacaktır. Etkinlikleri: çalışma ve uygulama sıcaklığına, bileşenin yüzey durumuna, sertleşme süresine ve çalışma sırasında oluşan dinamik yüklere bağlı olduğundan, yapıştırırmalı birleştirmeler tavsiye edilmez. Buna rağmen, yukarıda belirtilen bileşenlerin bağlanması için yapıştırırmalı elemanlar kullanılırsa, yapıştırma malzemesinin özellikleri verilecek ve ilgili bileşenlerin ayrılmasını önlemek için hasar önleme düzenlemesi yapılacaktır.

4.2.5 Kuvvetlerin dağılımı için cıvataların temel teşkil ettiği durumlarda, cıvatalı bağlantılar için mukavemet analizi gereklidir. (Bölüm 6, E'ye bakınız).

Not :

Dönel tahrik sisteminin çıkış pinyonu birlikte dövülmelidir.

4.3 Yataklar

4.3.1 Kanat yataklarının hesabı ve diğer işlemleri için C'ye bakınız.

4.3.2 Sızdırmazlık elemanları, hüküm süren ortam koşullarından dolayı hasarlanmayacak şekilde işleme tabi tutulmalı veya korunmalıdır.

Notlar :

Döner gövde ve basma yüzeyi için, dış etkenlere karşı koruma olarak sadece bir tek sızdırmazlık elemanı yeterli değildir. Koruma derecesi, örneğin; bir kasnak veya ilave sızdırmazlık elemanı ile arttırılabilir.

Kanat yatak sızdırmazlık elemanları, kanatlar sökülmeden değiştirilmelidir.

4.3.3 Kanat yatakları ve varsa dişliler için, yeterli yağlama ve kullanılan yağın değişiminin sağlandığı gösterilecektir. Eğer bu husus, bakım aralıklarında sağlanamıyorsa, otomatik tekrar yağlama sistemi bulunacaktır.

4.3.4 Hareketli yapılar ile basma yüzeyi arasında daima yeterli bir yağ filminin bulunduğu gösterilecektir.

4.3.5 Gerekirse, bu istek; örneğin 24 saat içinde bir kez, pervane kanatları ve böylelikle kanat yatakları olası maksimum piç açısı ile dönerken yapılan bir test çalıştırması ile karşılanacaktır.

4.4 İlave doğrulamalar

4.4.1 Elektrik harekete geçirmeli tahrik sistemlerinde, Bölüm 8,'de dikkate alınacaktır.

4.4.2 Hidrolik sistemin doğrulanması için I. dikkate alınacaktır.

4.4.3 Tahrik sistemi ve frenlerin dizaynı, sistem kavramına göre düzgün işlev yönünden doğrulanacaktır.

C. Yataklar**1. Genel**

Bu kısımdaki esaslar; bir açık deniz rüzgar türbininin tahrik sistemindeki pervane, dişli kutusu veya jeneratör yataklarında, kanat veya yönlendirme yataklarında ve diğer kuvvet iletici bileşenlerin yataklarında kullanımı öngörülen, rulmanlı yataklara uygulanır. Kaymalı yataklarla ilgili istekler, her durumda, **TL** ile anlaşarak, ayrı ayrı belirlenecektir.

2. Değerlendirme Dokümanları

Yukarıda 1. maddede belirtilen yataklar için; montaj resimleri, hesaplama dokümanları ve varsa ilgili parça resimleri (eğer yataklar özel tip ise) verilecektir. Tahrik sistemindeki her yataklama noktası için, kanat ve yönlendirme yatakları için yatak üreticisi bildirilecektir. Ayrıca, kullanılan yağlama yağları, hesaplanan yağlama yağı ihtiyacı ve varsa hareketle gövdelerin ve basma yüzeylerinin geometrisi ile ilgili ayrıntılar gereklidir.

3. Malzemelerin Değerlendirilmesi

3.1 Malzeme testlerinin kapsamı (yataklar standart tipte değilse) **TL** ile anlaşmaya varılarak ve Bölüm 3, C dikkate alınarak belirlenecektir.

3.2 Kanat ve yönlendirme yataklarının malzemelerinin doğrulanması Bölüm 3, C.1.2'ye göre yapılacaktır. Temelde küçük salınımlı hareketlere maruz bu tip yataklar için, aşağıdaki hususlara uyulacaktır:

- ISO-V testindeki çentik darbe işleminde, 3 testin ortalama değeri, -20°C'da ≥ 27 Joule olacaktır. En düşük tekil değer, ortalama değer %70'inden az olmayacaktır. Eğer daha düşük gerilme düzeyi kanıtlanabilirse veya test sonuçlar esas alınarak, **TL** ile anlaşmak suretiyle, bu değerlerden sapmalar mümkündür.
- Yatay basma yüzeylerinin minimum sertliği 55 HRC'dir.

4. Uygulanacak Yükler

4.1 Yatakların dizaynı için, iki parametre dikkate alınacaktır.

- Statik yük-taşıma kapasitesi esas alınarak yatak boyutunun belirlenmesi,
- Nominal ömür esas alınarak yatak boyutunun belirlenmesi.

4.2 Kanat ve yönlendirme yatakları statik yük-taşıma kapasitesine göre dizayn edilir. Statik yük - taşıma kapasitesi için, azami yük kullanılacaktır. Uygulanabilirse, çalışma yükleri esas alınarak, sadeleştirilmiş nominal ömür hesabı yapılabilir.

4.3 Nominal ömür hesabı için, normal çalışma yükü kullanılacaktır. Zaman sayımı yöntemi kullanılarak, yatak nominal ömür hesabına ait temsili yükler, Bölüm 4'e göre yorulma yüklerinin zaman serilerinden belirlenecektir (Bölüm 4, Ek. B.2.3'e de bakınız). Bu sayım yöntemi ile, yatağın n_i devir sayısı toplamı, eşdeğer dinamik yatak yükü P_i , tekil sınıf sınırları içinde etki ederken, belirlenir. DIN ISO 281'e göre, ana nominal ömürün analizi için, ömrü boyunca ortalaması alınan P eşdeğer dinamik yatak yükü, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$P = \sqrt[N]{\frac{\sum P_i^3 n_i}{N}} \quad (C.1)$$

Burada ;

P_i = Eşdeğer dinamik yatak yükü,

P = 10/3 makaralı yataklar için,
3 bilyalı yataklar için,

n_i = P_i 'nin etki ettiği sıradaki devir sayısı,

N = Açık deniz rüzgar türbinin dizayn ömrü için toplam devir sayısı.

4.4 Jeneratör yataklarının ve dişli kutusu çıkış şaftlarının yataklarının işletme yükü; jeneratör ve dişli kutusu arasındaki izin verilen maksimum dinamik ayarsızlıktan kaynaklanan, hesaplanan düzeltici kuvvetler ile süperpoze edilecektir.

4.5 Jeneratör yataklarının ve dişli kutusu çıkış şaftlarının yataklarının işletme yükü; jeneratör ve dişli kutusu arasındaki izin verilen maksimum statik ayarsızlıktan kaynaklanan, hesaplanan düzeltici kuvvetler ile süperpoze edilecektir.

5. Hesaplamalar

5.1 Genel

5.1.1 Tahrik sisteminde kullanılan makaralı yataklar için, C.2'de belirtilen her yatak üreticisi tarafından, DIN ISO 281, Amendent 4'e göre nominal ömür hesabı verilecektir (5.3.3 ÷ 6.'ya bakınız).

5.1.2 Diğer tüm yataklar için, TL ile anlaşmaya varılarak, DIN ISO 281'e göre sadeleştirilmiş analizler (nominal veya genişletilmiş) yapılabilir (5.3.1÷2.'ye bakınız).

5.1.3 Aşırı yükte, statik yük taşıma kapasitesinin analizi, 5.2'ye göre tüm yataklar için yapılacaktır. Pozitif ve negatif aşırı yükler dikkate alınacaktır.

5.2 Aşırı yük altında, statik yük taşıma kapasitesinin analizi

5.2.1 Genelde dinamik gerilmeye maruz yataklar için, statik yük taşıma kapasitesi f_s ; yatağın statik yük sayısı C_0 'ın eşdeğer statik yük P_0 'a oranı olarak tanımlanır. Tahrik sistemindeki yataklar için f_s , aşırı yükler altında 2,0'den az alınmayacaktır. Ayarlama ve yönlendirme sistemi aktüatörleri için sınır değer 1.1'dir.

5.2.2 Küçük salınımlı hareketlere sahip kanat ve yönlendirme yatakları için, statik taşıma kapasitesi, döner eleman ve yuva arasındaki hesaplanan basınçtan doğrudan elde edilir. $\gamma_M = 1,1$ minimum emniyet faktörü, izin verilen maksimum Hertzian temas gerilmesi yönünden doğrulanacaktır. İzin verilen maksimum Hertzian temas gerilmesi; yüzey sertliği ve sertleşme derinliği dikkate alınarak yatak üreticisi tarafından tanımlanacak ve dizayn hesaplarında gösterilecektir.

5.3 Nominal ömrün doğrulanması

5.3.1 Yatak nominal ömrünü sadeleştirilmiş analizi ISO 281'e göre "Temel Nominal Ömür" hesabı olarak veya "Genişletilmiş Temel Nominal Ömür" hesabı olarak yapılabilir. Hata olasılığı %10 olarak saptanacaktır.

Malzeme ve işletme koşulları faktörü a_{23} ve a_{DIN} , 3.8 ile sınırlandırılacaktır. Hesaplanacak faktör 1'den küçükse, Temel Nominal Ömür hesabı olarak yapılan analize izin verilmez. Hesaplanan nominal ömür 130.000 saatten az olamaz.

5.3.2 Genişletilmiş nominal ömür hesabı için gerekli olan aşağıdaki giriş parametreleri, hesaplarda dikkate alınacaktır :

- Yatak sıcaklığı,
- Yağlayıcı madde katkı işlemi ve viskozitesi,
- Yağlayıcı madde kalitesinin devamlılığı için alınan önlemler (yağ değiştirme aralıkları, yağlama yağı kontrolü, vb.)

5.3.3 Nominal referans ömrün yatak üretici tarafından hesabı, yük süresi dağılımının her yük düzeyi için yapılacaktır. Hesaplama etkisini en aza indirmek için, Miner's Rule'a göre 10 yük düzeyinin belirlenen spektrumunda bir azaltıma izin verilir. Yük düzeyleri adedinin azaltımı ile ilgili ömür üssü, yatak hesaplarındaki üsse uygun olacaktır.

5.3.4 İlgili yataklar için DIN ISO 281; Amendment 4'e göre kombine nominal referans ömür, şu şekilde elde edilir:

$$L_{nmr} = \frac{\sum q_i}{\sum \frac{q_i}{L_{nmr i}}} \quad (C.2)$$

Burada :

L_{nmr} = Yatağın kombine modifiye nominal referans ömrü,

q_i = i'inci yük düzeyindeki zaman payı,

$L_{nmr i}$ = i'inci yük düzeyindeki yatağın modifiye nominal referans ömrü.

5.3.5 Yatak üreticinin nominal ömür hesabında, yüklere ilave olarak asgari aşağıdaki etkiler dikkate alınacaktır :

- Yatağın iç geometrisi,
- Yatağın çalışma klerensi,
- Şaftların ve yatakların deformasyonu,
- Hareketli elemanlar arasındaki yük paylaşımı,
- Fiili makara ve oluk profilleri dikkate alınarak, hareket boyunca yük dağılımı,
- Realistik çalışma koşullarında yağlayıcı madde viskozitesi ve temizliği.

5.3.6 Yatağın bu şekilde belirlenen kombine nominal referans ömrü 175.000 saatten veya açık deniz rüzgar türbininin çalışma ömründen az olmayacaktır.

5.3.7 Sadeleştirilmiş nominal ömür hesabı ve DIN ISO 281, Amendent 4'e göre yapılan hesapta, filtrelenmiş sistemler için ISO 4406 Edition 1999'a göre -/17/14 yağ temizlik sınıfı esas alınacaktır. Filtrelenmemiş sistemler için -21/18'lik bir temizlik sınıfı kabul edilecektir.

5.3.8 Eğer tesisin yatakları sahada kolayca değiştirilebiliyorsa ve ilgili yatak değiştirme aralıkları belirlenmişse, TL ile anlaşmaya varılarak, hesaplama yöntemine bakılmaksızın, daha kısa nominal ömüre izin verilebilir.

5.4 Minimum yük

Minimum yüke uygunluk, genel yapısal ve işletim koşullarına göre bileşen üreticisi ile yatak sağlayıcısı arasında kararlaştırılacaktır.

6. Çeşitli Konular

6.1 Prensip olarak, açık deniz rüzgar türbini üreticisi tarafından önerilen gresler ve yağlar kullanılacaktır. Bunlar, bileşen üreticisinin spesifikasyonuna uygun olacaktır.

6.2 Montaj sırasında, yatak üreticisinin talimatları dikkate alınacaktır. yatakların taşınması makara ve oluklarda profillerinde hasar oluşmayacak şekilde yapılacaktır.

6.3 Yataklar; bitişik bileşenlerin işlevi üzerinde olumsuz etkisi olmayacak şekilde sızdırmaz hale getirilecektir.

6.4 Açık deniz rüzgar türbinlerinin özel çalışma koşulları nedeniyle, tesiste jeneratör yataklarının değiştirilmesi mümkün olmalıdır.

D. Dişli Kutuları

1. Genel

1.1 Kapsam

Bu kısımdaki istekler; açık deniz rüzgar türbinlerinin tahrik sisteminde kullanımı öngörülen alın ve planet dişli kutularına uygulanır.

1.2 Değerlendirme dokümanları

1.2.1 Dişli kutusunun montaj ve kesit resimleri, muhafaza resimleri, şaftların ve dişli çarkların tekil parça resimleri ve malzeme verilerini içeren parça listeleri, değerlendirilmek üzere verilecektir. Dişli bileşenlerin parça resimleri, asgari olarak, Tablo 7.4'deki verileri içerecek veya bu tablo doldurularak dokümanlara eklenecektir.

1.2.2 Tüm döndürme momenti ileten bileşenler için mukavemet analizi ve deformasyon analizi verilecektir. Dişli kutusu yataklarının boyutlandırması ve güç iletiminde önemli rol oynayan civatalı birleştirmelerin doğrulaması da verilecektir.

1.2.3 Ayrıca; kullanılan yağlama maddesinin spesifikasyonları ve izin verilen sıcaklık aralıkları, öngörülen bakıma ve aralıklarına ait talimatlar ile izleme donanımı ve yardımcı ünitelerle ilgili bilgiler (yağlama yağı soğutucusu, yağlama yağı pompası, vb.) de gereklidir. Kullanılan korozyondan korunma sistemi de dahil edilecektir. Ayrıca, açık deniz rüzgar türbini üreticisinin dişli kutusu spesifikasyonu ile çalıştırma ve bakım el kitabı (10'a bakınız) da eklenecektir.

2. Malzemeler

2.1 Onaylanan malzemeler

Tüm dişli parçalar, dişli kutusu yapımında yaygın olarak kullanılan malzemelerden yapılacak, ancak asgari olarak ISO 6336-5'e göre MQ malzeme kalitesine uygun olacaktır (Bölüm 3, C.'ye de bakınız).

2.2 Malzemelerin değerlendirilmesi

2.2.1 Dişli kutusunun tüm döndürme momenti ileten bileşenleri **TL** Malzeme Kurallarına veya eşdeğer standartlara göre test edilecektir. Malzemeler için EN 10204'e göre doğrulamalar sağlanacaktır. Bölüm 3, C'ye göre malzeme test dokümanları (uygunluk beyanı) üreticide hazır bulunacak ve talep halinde verilecektir.

2.2.2 İstenen testler, boyutların küçük olmasından veya özel üretim proseslerinden dolayı tekil bileşenlere pratik olarak uygulanamıyorsa, Malzeme Kurallarında öngörülen testler, **TL**'nin onayı ile sınırlandırılabilir. Bu tür bileşenler için kalitenin kanıtı, başka yollarla **TL**'na gösterilecektir.

3. Uygulanacak Yükler

3.1 Genel

3.1.1 Dişli kutusunun kuvvet ileten parçaları, tahrik döndürme momenti ile statik ve dinamik olarak yüklenir. Dinamik kısım; tahrik tarafı (rotor) ve tahrik edilen tarafın (jeneratör, pompa) özelliklerine, tahrik eden ve edilen kısımların (şaftlar ve kaplinler) kütlelerine, katılığına ve sönümlenme değerlerine ve açık deniz rüzgar türbininin dış çalışma koşullarına bağlıdır. Açık deniz rüzgar türbininin tahrik sistemi kavramına bağlı olarak, düşük devirli dişli kutusu giriş şaftında ve yüksek devirli dişli kutusu çıkış şaftında kuvvetler ve eğilme momentleri formunda ilave yükler oluşabilir ve bunlar dikkate alınmalıdır.

3.1.2 Yorulma ve aşırı yükler, asgari olarak Bölüm 4'deki isteklere uygun olacaktır.

3.2 Yorulma yükleri

3.2.1 Yorulma yüklerinin zaman serileri kullanılarak (örneğin; döndürme momenti), dişlilerin, şaftların ve yatakların hesabı için yük süresi dağılımı (YSD) belirlenecektir. Bu şekilde, döndürme momentinin tanımlanacak sınıf sınırları içinde kaldığı süre toplamı elde edilir.

3.2.2 YSD’nda uygulanacak yorulma yüklerinin belirlenmesinde, Bölüm 4’deki tüm çalışma koşulları dikkate alınacaktır. Normal çalışma koşulları dışında, bu koşullar, devreye girme ve devreden çıkmayı, jeneratörün yük paylaşımını, mekanik frenin kullanımını ve açık deniz rüzgar türbininin durma yükünü de içerir. Döndürme momenti düzeylerinin dönüş hızı ile açık bir bağlantısı bulunacaktır. Gerekirse, ilave yükler ve deformasyonlar, alışırma hataları ve mekanik frenlerin asimetrik düzenlenmesi de dikkate alınacaktır.

3.2.3 Planet taşıyıcısı, dişli kutusu muhafazası ve döndürme momenti kolları, genelde yük zaman serileri yardımıyla doğrulanacaktır.

3.3 Aşırı Yükler

Açık deniz rüzgar türbininin tahrik sisteminde Bölüm 4’e göre oluşan maksimum yükler dikkate alınacaktır.

4. Dişlilerin Yük Kapasitesinin Hesabı

4.1 Genel

4.1.1 ISO 6336’ya göre yük kapasitesi hesabı vasıtasıyla, açık deniz rüzgar türbininin ana dişli kutusundaki tüm kavrama durumları için, dişlilerin yeterli yük taşıma kapasitesine sahip olduğu kanıtlanacaktır. Yanak ve kök yükleri ile ilgili olarak gerekli minimum emniyet sınırları Tablo 7.3’de verilmiştir.

Tablo 7.3 Minimum emniyet faktörleri

	Pitinge karşı emniyet S_H	Diş dibi çatlağına karşı emniyet S_F
Yorulma analizi	1,2	1,5
Statik analiz	1,0	1,4

4.1.2 Açık deniz rüzgar türbininin dişlileri için, dişlilerin dip ve yanaklarının yeterli mukavemetinin kanıtlanması, dişlerin dinamik yük taşıma kapasitesinin yeterli kullanımı ile birlikte, dişlilerin düzgün çalışmasını sağlayacak hassasiyette olması isteği ile bağlantılıdır.

4.1.3 ISO 1328-1 (DIN 3962)’e göre diş kalitesi, dış dişli kısımları için en az kalite 6 ve iç dişli kısımları için en az kalite 8’e uygun olacaktır.

4.1.4 Malzemeler için dayanım sınırları ISO 6336, Part 5’e uygun olacaktır.

4.1.5 TL; kullanılan dişli işleme makinalarının hassasiyetinin kanıtını ve dişliyi sertleştirmek için kullanılan test yöntemini talep etme hakkına sahiptir.

4.2 Dişlilerin kapasitelerinin belirlenmesi ile ilgili giriş verileri

Dişlilerin ömürlerinin belirlenmesi ile ilgili giriş verileri Tablo 7.4’de verilmiştir. Eğer profil değişimleri, orijinal resimlerden elde edilemezse, bu değerler her dişli takımı için liste halinde de verilecektir.

4.3 Yük hesabı için etki faktörleri

4.3.1 Uygulama faktörü K_A

4.3.1.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin dişlileri; yük artışlarına veya sabit nominal yüke ilave edilen ilave yük değişimlerine tabidir. Dişli kutusu giriş ve çıkışına etki eden bu yük değişimleri, dişlilerde ilave dinamik yükler oluşturur. K_A uygulama faktörü, bu ilave dış dinamik kuvvetleri dikkate alır.

4.3.1.2 K_A uygulama faktörü, yanak ve diş dibi için, her diş takımında YSD’den, DIN 3990, Part 6 (Method III)’ya göre hesaplanacaktır.

4.3.1.3 Dişli kutusunun aşırı yüklerin tepkisi bakımından mukavemet analizi $K_A = 1,0$ uygulama faktörü kullanılarak yapılacaktır.

Tablo 7.4 Dişlilerin kapasitelerinin belirlenmesi ile ilgili giriş verileri

Dişli Kutusu					Sert. No.				
Üretici					Kademe				
Rüzgar türbini					Dişli kademesi ☐	Planet kademesi ☐			
Nominal güç	P			kW	Planet no.				
Normal devir.	n			1/min	Yük dağılım faktörü	K_γ			-
Uygulama faktörü	K_A			-	Dinamik faktör	K_V			-
Genişlik faktörü	$K_{H\beta}$			-	Enine yük dağılım faktörleri	$K_{H\alpha}$			-
	$K_{F\beta}$			-		$K_{F\alpha}$			-
Geometrik Veriler		Pinyon	Dişli çark		Takım verileri		Pinyon	Dişli çark	
Diş sayısı	z			-	Diş başı değişim katsayısı	x			-
Normal modül	m_n			mm	Takım yuvarlatma yarıçapı katsayısı	ρ_{a0}^*			-
Normal basınç açısı	α_n			°	Takım diş başı katsayısı	h_{a0}^*			-
Eksenler arası uzaklık	a			mm	Takım diş dibi katsayısı	h_{f0}^*			-
Helis açısı	β			°	Çıkıntı	p_r			mm
Diş genişliği	b			mm	Çıkıntı açısı	α_{pr}			°
Diş başı çapı	d_a			mm	İşleme payı	q			mm
Diş dibi çapı	d_f			mm	Takımdaki faydalı diş dibi katsayısı	h_{FFP0}^*			
Yağlama verileri					Takımdaki BZ ölçüsü	Bz_O			mm
Kinematik viskozite 40°C	ν_{40}			mm ² /s	Kalite				
Kinematik viskozite 100°C	ν_{100}			mm ² /s	DIN'e göre kalite	Q			-
Yağ sıcaklığı	δ_{oil}			°C	Hassasiyet /tolerans sırası				
FZG sınıfı	-			-	Yanakta ortalama pürüzlülük derinliği	R_{aH}			µm
Malzeme verileri					Diş dibinde ortalama pürüzlülük derinliği	R_{aF}			µm
Malzeme tipi					Başlangıçtaki eşdeğer sapma hatası	$F_{\beta x}$			µm
Temas gerilmesi için dayanma sınırı	σ_{Hlim}			N/mm ²	Normal piç hatası	f_{pe}			µm
Eğilme gerilmesi için dayanma sınırı	σ_{Flim}			N/mm ²	Profil form hatası	f_f			µm
Yüzey sertliği				HV	Tarih : İmza :				
Göbek sertliği				HV					
Isıl işlem yöntemi				-					

4.3.2 Dinamik yük faktörü K_v

İlave iç dinamik yüklerin dikkate alınması için, K_v dinamik yük faktörü, yük kapasitesi hesaplarında ISO 6336, Method B'ye göre hesaplanacaktır. Ayrıntılı bir dinamik analiz olmaksızın $K_v < 1,05$ 'in kullanımına izin verilmez.

4.3.3 Yük dağılımı faktörü K_y

4.3.3.1 Yük dağılım faktörü K_y 'da yük dağılımındaki sapmalar göz önüne alınır. Örneğin; 2 veya daha fazla yük dağılımı olan dişli çarklarda veya 3'den fazla planet dişlisi olan planet dişli çarklarda.

4.3.3.2 Planet kademeleri için, planet dişli çark sayısına bağlı olarak, Tablo 7.5'deki değerler uygulanır.

Tablo 7.5 K_y yük dağılım faktörü

Planet dişli çark adedi	3	4	5	6	7
K_y	1,0	1,25	1,35	1,43	1,5

4.3.3.3 Analizlerde, Tablo 7.5'de verilenlerden daha küçük değerlerin kullanımı, **TL** ile anlaşmaya varılarak, ölçümlerle doğrulanacaktır. Kabul edilen modelin ölçümlerle doğrulanması halinde, hesaplamalar kabul edilebilir.

4.3.4 Genişlik faktörü $K_{H\beta}$ ve $K_{F\beta}$

4.3.4.1 Genişlik faktörü; diş yanakları üzerindeki yanak basıncında ($K_{H\beta}$) ve diş dibi gerilmesinde ($K_{F\beta}$), düzgün olmayan yük dağılımı etkisini dikkate alır.

4.3.4.2 Tanınmış hesaplama yöntemlerine göre belirlenen yanak düzeltmeleri durumunda, genişlik faktörleri önceden ayarlanabilir. Burada açık deniz rüzgar türbininin özel çalışma koşullarının yük dağılımı üzerindeki etkiler dikkate alınacaktır (düşük devir sayılarındaki kısmi yük ve yüksek devir sayılarındaki aşırı yük). $K_{H\beta} < 1,15$ 'in kullanımına izin verilmez. Açık deniz rüzgar türbininin makul bir çalışma süresi sonunda alınan temas izleri ile yanaktaki hesaplanan yük dağılımının karşılaştırılması tavsiye edilir.

4.3.5 Enine yük faktörleri $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$

Enine yük faktörleri $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$, birçok dişli çiftinin aynı zamanda kavramasındaki düzgün olmayan kuvvet dağılımını göz önüne alır. Açık deniz rüzgar türbininin, diş kalitesi 4.1'e göre olan tahrik sisteminin dişlilerinde, enine yük faktörleri, $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$ için 1,0 değeri kullanılabilir. Aynı anda birden fazla dişli çiftinin kavrandığı dişli kutularında enine yük faktörü ISO 6336 veya eşdeğeri kodlara göre belirlenecektir.

4.4 Yorulma analizi

4.4.1 İstekler

Yorulma analizi ISO TR 10495 ve DIN 3990, Part 6'ya göre yapılacaktır. ISO 6336 Part 2 ve DIN 3990, Part 2'ye göre Z_{NT} ile ISO 6336 Part 3 ve DIN 3990, Part 3'e göre Y_{NT} ömür faktörlerinin esas alınacağı referans değer olarak $N_L = 10^{10}$ 'da 0,85 değeri kullanılacaktır.

4.4.2 Döndürme momentinin yük serisi dağılımının (YSD) uygulanması

4.4.2.1 YSD, her yük azalımı için diş dibi gerilmesi ve alın basıncının hesaplandığı, gerilme spektrumunun belirlenmesinde kullanılacaktır. Dişli kutusunun dinamik yükü YSD içinde temsil edildiği için, gerilme hesabında K_A faktörü uygulaması dikkate alınmayacaktır.

4.4.2.2 Elde edilen hesaplanmış gerilmeler (gerilme spektrumu) Tablo 7.3'deki emniyet faktörleri ile çarpılır ve birikmiş hasar Palmgren-Miner Kuralı kullanılarak hesaplanır (ISO TR 10945, Method II'ye de bakınız). Palmgren-Miner toplamı 1'den küçük veya 1'e eşit olacaktır.

4.4.3 Eşdeğer döndürme momentinin kullanımı

4.4.3.1 YSD'den diş dibi ve yanağı için, eşdeğer döndürme momenti hesaplanır (DIN 3990, Part 6, Method III'e göre 4.3.1'de belirtilen prosedür).

4.4.3.2 Tablo 7.3'deki emniyet faktörleri dikkate alınarak, diş dibi çatlağı ve pittinglenmeye karşı, ISO 6336'ya göre bir dayanım sınırı analizi yapılacaktır.

4.5 Statik mukavemet analizi

4.5.1 Statik mukavemet analizinde, dişli kutusunda maksimum döndürme momenti oluşturan, Bölüm 4'deki yük durumu esas alınacaktır.

4.5.2 Diş dibi ve yanaktaki gerilmeler, ISO 6336'ya göre statik mukavemet değerlerini aşmayacaktır.

4.5.3 Tablo 7.3'de verilen minimum emniyet faktörleri dikkate alınacaktır.

4.6 Sürüyerek aşınmaya karşı emniyet analizi

4.6.1 ISO 6336, sürüyerek aşınmaya karşı bir yöntem sağlamaz. Bu nedenle, sürüyerek aşınma analizi, açık deniz rüzgar türbini üreticisi ile dişli kutusu üreticisi arasındaki anlaşma sonucunda belirlenecektir.

4.6.2 Analiz için, tercihan temas sıcaklığı yöntemi (örneğin; DIN 3990, Part 4 veya ISO/TR 13989-1'e göre) kullanılacaktır. Hesaplanan emniyet faktörü dokümanite edilecektir.

4.6.3 Sadece uygun katkı işlemine tabi tutulan dişli kutusu yağları kullanılabilir. Hesaplamalar için kullanılan yağın spesifikasyonunda izin verilenden en fazla bir FZG sınıfı düşük olan karşılık gelen giriş verileri (test döndürme momenti dahil) kullanılabilir.

5. Şaftlar ve Bağlantı Elemanları için Mukavemet Analizi

5.1 Genel

5.1.1 Tüm şaftlar için yorulma ve statik analizler (genel gerilme analizleri) yapılacaktır. Bağlantı elemanları için (örneğin; kamalar, kaymalı bağlantılar) sadece statik analiz gereklidir.

5.1.2 Analizler, DIN 743 (Şaftlar için yük kapasite hesabı), DIN 6892 (paralel kamalar) ve DIN 7190 (sıkı geçmeler) veya eşdeğer kodlara göre yapılacaktır.

5.2 Yorulma mukavemeti analizi

5.2.1 Eğer temsili yük spektrumu mevcutsa, yorulma analizi yapılacaktır. Yorulma analizi ile ilgili diğer bilgiler Bölüm 5, C.4'de verilmiştir.

5.2.2 DIN 743'de verilen yorulma sınırları kullanılarak, sadeleştirilmiş formda yorulma analizi yapılabilir. Burada, dişli hesabı için belirlenen uygulama faktörü dikkate alınarak, hesaplama için nominal yükler kullanılacaktır.

Teorik emniyet S , her durumda minimum emniyet $S_{min}=1,2$ 'ye eşit veya büyük olacaktır. Teorik emniyet, faz balansı kabul edilerek; eğilme, çekme / basma ve burulma dikkate alınarak belirlenecektir.

5.3 Statik mukavemet analizi

5.3.1 Cebri çatlamaya karşı statik mukavemet analizinde, bileşende maksimum yük oluşturan, Bölüm 4'deki yük durumları esas alınacaktır.

5.3.2 Bileşen yükleri, malzemenin akma noktasına göre $\gamma_M \geq 1,1$ 'lik bir kısmi emniyet faktörüne sahip olacaktır.

6. İlave Doğrulamalar

6.1 Dişli kutusu yatakları

Dişli kutusu şaft yatakları için verilecek dizayn, hesaplama ve değerlendirme dokümanları için C'ye bakınız.

6.2 Cıvatalı birleştirmeler

Güç iletiminde cıvataların önemli olduğu hallerde, cıvatalı birleştirmeler için mukavemet analizi gereklidir (Bölüm 6, E.1 "Cıvatalı birleştirmeler"e bakınız).

6.3 Muhafaza, döndürme momenti kolu ve planet taşıyıcısı

Dişli kutusu muhafazası, döndürme momenti kolu ve planet taşıyıcısı için, güç iletiminde önemli rol oynamaları nedeniyle, yorulma ve statik mukavemet analizleri ve / veya deformasyon analizleri yapılacaktır (göbeğin doğrudan dişli kutusu giriş şaftına bağlandığı hallerde, pervane kanadı yüklerinin muhafazaya etki etmesi).

Mukavemet analizi ile ilgili genel istekler Bölüm 5, C'de verilmiştir. Bu bileşenlerin sistem ve yataklar üzerindeki deformasyon etkisi dikkate alınacaktır. uygulanabilirse, hesaplama ile bulunan deformasyonlar, sistemin ve yatakların hesabında dikkate alınacaktır.

6.4 Soğutma analizi

Dizaynın termodinamik doğrulaması için, dişli kutusu ısı balansı verilecektir. Bu balansta, dişli kutusunun yeterince soğutulduğu kanıtlanacaktır. Bu doğrulama için gerekli tüm bilgiler (örneğin; dişli yağ soğutucusundaki mevcut hava akımı miktarı ve besleme havası sıcaklığı), açık deniz rüzgar türbini üreticisi tarafından açık olarak belirtilecektir.

6.5 Aşırı dişli yüklerinin önlenmesi

Açık deniz rüzgar türbini üreticisi, açık deniz rüzgar türbininin durma pozisyonu sırasında, pervanenin sarkması nedeniyle dişli kutularında aşırı yük oluşumunun önlenmesini sağlamalıdır. Servis personelinin bulunmasına gerek olmaksızın, dişli kutusundan uzun süreli değişken durma yüklerinin uzak tutulmasını sağlayan düzenler bulunacaktır.

Not :

Bu, uzaktan kumanda ile harekete geçirilebilen, yavaş dönen pervane şaftına monte edilen bir park freni veya bir pervane kilidi olabilir.

7. Donanım

7.1 Yağlama yağı düzeyinin kontrolü için, mekanik bir düzenleme (örneğin; yağ seviye göstergesi, yağ ölçüm çubuğu) sağlanacaktır. Sıcaklık izlenecektir. Devri daim yağlamalı dişli kutularında, yağ basıncı kulerden sonra ve dişli kutusuna girişten önce izlenecektir. Kaymalı yataklarda, sıcaklık göstergeleri bulunacaktır. Açık deniz rüzgar türbinini tüm işletme koşullarında, dişlilerin ve yatakların her noktasının yeterince yağlanması sağlanacaktır. Düşük sıcaklıklardaki çalışmalar için bir ısıtma sistemi sağlanacaktır.

7.2 Dişli kutusu yataklarının nominal ömür isteklerinin karşılanması için, bir yağ arıtma donanımı (filtre sistemi) sağlanacaktır. Dişli kutusuna, ulaşılabilir bir konumda flançlı yağlama yağı pompaları bulunacak ve bunlar değiştirilebilecektir.

7.3 Dişli kutusunun sızdırmazlık sistemi, açık deniz rüzgar türbininin işletim koşullarına ve dişli kutusunun yerleşim konumuna uygun olacaktır. Contaların, kullanılan dişli kutusu yağına uygun olduğunun kanıtları verilecektir.

7.4 Açık deniz rüzgar türbinlerindeki ana dişli kutusu muhafazasında, dişlilerin kontrolünü sağlamak üzere, sökülebilir muayene deliği kapakları bulunacaktır.

8. Dişli Kutularının Muayenesi

8.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin dişli kutuları, üretici işyerinde muayene edilecektir. Seri üretilen dişli kutularının nihai muayenesi, birkaç saat süren, kısmi yük altında deneme çalıştırmasından sonra yapılacaktır. Ayrıntılı test planı (gürültü değerlendirmesi dahil) üzerinde, dişli kutusu üreticisi ile açık deniz rüzgar türbini üreticisi arasında anlaşmaya varılacaktır.

8.2 Deneme çalıştırmasından sonra, filtrelenmiş yağ dişli kutusunda bırakılmalıdır.

8.3 Açık deniz rüzgar türbini için yeni geliştirilen ana dişli kutuları, uygun bir test yerinde ve ayrıca rüzgar türbini çalışmasında prototip testine tabi tutulacaktır (Bölüm 1, B.2.3.3'e bakınız). Açık deniz rüzgar türbinlerinin dişli kutularının denemeleri için ayrıntılı prosedür, Bölüm 10, G'de tanımlanmıştır.

8.4 Prototip testinin olumlu sonuç vermesinden sonra, eşdeğer seri üretilen dişli kutularının denemeleri, yeterli üretim kalitesi sağlanacak tarzda azaltılabilir.

8.5 Prototip denemelerinin ayrıntılı kapsamı, denemelere başlamadan önce TL'na verilecektir. Seri üretimin azaltılmış testleri, prototip test dokümanında belirtilecektir.

9. Dişli Kutusunun Koşullarına Bağlı Olarak Açık Deniz Rüzgar Türbininin Çalışması

9.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin yeni dişli kutuları için, dişli kutusu üreticisi tarafından düşük yükte bir deneme süresi belirlenecektir. Bu süre içinde, açık deniz rüzgar türbini üreticisi, pervaneden güç çıkışını, kontrol sisteminde sınırlandırılmalıdır. Deneme süresi içinde, yağ ve yatak sıcaklığı yakından izlenecek ve yağlama sistemi devamlı çalışmada tutulacaktır.

9.2 Ayrıca, dişli kutusu üreticisi, yağ karteri sıcaklığına bağlı olarak, açık deniz rüzgar türbininin güç çıkışındaki gerekli sınırlamaları da belirtmelidir. Açık deniz rüzgar türbini üreticisi, bu sınırları, açık deniz rüzgar türbini çalışmasında uygulamalıdır.

10. El Kitapları

Dişli kutusu üreticisi; dişli kutusunun dizayn ömrünün gerçekleşebilmesi için, montaj taşıma ve işletimle ilgili bakım, izleme ve koruyucu önlemleri bir el kitabında açıklayacaktır. 1.2'ye göre, el kitapları, açık deniz rüzgar türbini dişli kutularının sertifikalandırma dokümanlarının bir parçasını oluşturur ve asgari olarak aşağıdaki hususlarda bağlayıcı beyanları içerir:

- İzin verilen yağlama maddelerinin karakteristik değerleri ve özellikleri,
- Yağ analizi (yağ saflığı da) ve yağ değişimi aralıkları,
- Gerekli bakım ve muayene aralıkları, her durumda alınacak önlemler. Bunlar, Bölüm 9, D'ye göre açık deniz rüzgar türbininin bakım el kitabında yer alacaktır.
- Kaydedilecek işletim parametreleri ve ilgili sınır değerler,
- Dişli kutusunun doğru montajı için notlar,
- Gerek ayrı bileşenler olarak ve gerekse, açık deniz rüzgar türbini muhafazası içinde olarak, deniz, hava veya kara yolu (demiryolu veya karayolu) ile taşıma bilgileri,
- 6 ayı geçen süreler için dişli kutusunun depolanması ile ilgili bilgiler.

E. Mekanik Frenler ve Kilitleme Düzenleri

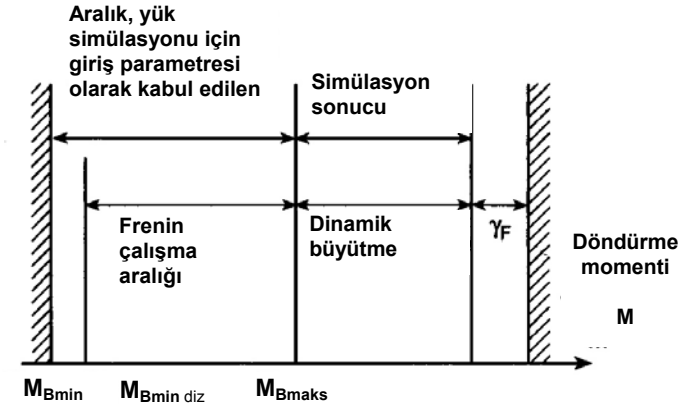
1. Genel

1.1 Aşağıdaki esaslar, pervane ve yönlendirme sisteminin frenlerine ve kilitleme düzenlerine uygulanır.

1.2 Terimlerle ilgili tanımlar Bölüm 2, B'de frenleme sistemi ve kilitleme düzenlerinin sistem mühendisliği dizaynı ile ilgili veriler Bölüm 2, C'de verilmiştir.

1.3 Mekanik frenlerin sürekli çalışmasından dolayı ısı ve aşınma oluşumu nedeniyle, pervanenin dönüş hızını sadece mekanik frenlerle sınırlandırmak mümkün değildir. Bu nedenle, frenler devreye alındığında pervane emniyetli olarak durma konumuna gelecek şekilde dizayn edilecektir (Bölüm 2, B.3.3.1'e bakınız).

1.4 Mekanik frenlerin dizaynıyla ilgili olan tahrik sistemindeki döndürme momentleri için, aşağıdaki tanımlar uygulanır. (Şekil 7.1'e bakınız).



Şekil 7.1 Tahrik sistemindeki ilgili döndürme momentlerinin skeci

1.5 M_{Bmin} , gerekli minimum frenleme momenti, Bölüm 2, B.2.3'e göre frenin doğru çalışması için gerekli frenleme momentidir.

1.6 M_{Bmin} , gerekli minimum frenleme momenti, ve M_{Bmaks} maksimum fiili frenleme momenti, Bölüm 4, C.3.1'e göre açık deniz rüzgar türbininin yük simülasyonu için giriş parametresi olarak kabul edilen frenleme momentleridir.

1.7 Mekanik frenin çalışma aralığı, temas basıncı ve sürtünme katsayısındaki değişimlerden kaynaklanan dalgalanmalara tabidir. Çalışma aralığı, $M_{Bmin diz}$ minimum dizayn frenleme momenti ile M_{Bmaks} maksimum fiili frenleme momenti arasında değişir.

1.8 Frenleme işlemi sırasında, tahrik sisteminde, dinamik büyütme ile frenlemenin M_{Bmaks} maksimum fiili frenleme momentini aşan bir döndürme momenti oluşur.

1.9 Bu tahrik sistemi döndürme momenti, Bölüm 4, C'ye göre uygulanacak γ_F kısmi emniyet faktörü ile artırılır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Tüm frenleme sistemlerinin montaj ve genel yerleşim planları, hidrolik, pnömatik ve elektrik devre resimleri ile güç iletiminde önemli rol oynayan tüm bileşenlerin parça resimleri verilecektir.

2.2 Dizaynda kullanılan yük durumlarının listesi ve buradan elde edilen frenleme momentlerinin listesi gereklidir.

2.3 Dizayn hesaplarında, fren üreticisinin sağladığı veriler esas alınacaktır. Özel durumlarda ilave hesaplama dokümanları istenilebilir (örneğin; yay hesabı, cıvata hesabı).

2.4 Sürtünme katsayısını, sıcaklık dengesini, balata malzemesini ve aşınma özelliklerini içeren veri dokümanı, kullanılacak fren balataları için verilecektir.

3. Yükler

3.1 $M_{Bmin, diz}$ minimum dizayn frenleme momenti ve M_{Bmaks} maksimum fiili frenleme momenti, fren için hesaplanacaktır. Burada, aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır :

- Sürtünme katsayısındaki dalgalanmalar,
- Temas basıncındaki dalgalanmalar,
- Isınma ve aşınma.

3.2 Yönlendirme sistemindeki frenler, kontrol kavramı isteklerine göre dizayn edilecektir.

3.3 Dizaynda, aşınmadan kaynaklanan frenleme kuvveti azalımı dikkate alınacaktır.

3.4 Kanat ayarlama sistemi, pervane ve yönlendirme sistemine ait kilitleme düzeni pervane kanadını, pervaneyi veya kaportayı, aşağıda belirtilenlere karşı tutabilecektir:

- Yıllık fırtına (Bölüm 4, C.3.4, DYD 8.2a) ve
- Montaj ve bakım sırasındaki fırtına (Bölüm 4, C.3.4 DYD 8.1).

4. Hesaplamalar

4.1 Genel olarak, fren hesapları için konvansiyonel analiz araçları kullanılacaktır. Mukavemet analizi, maksimum fiili frenleme momenti M_{Bmaks} ile yapılacaktır.

4.2 Kontrol için aşağıdaki veriler gereklidir:

- Tip ve konstrüksiyon,
- Yay karakteristikleri (sadece yaylı frenler için),
- Hidrolik ve pnömatik frenler için : çalışma basıncı, ünite tipi, basınç maddesi hacmi, sızıntı oranı,
- Fren balatalarının özgül aşınması,
- Fren balatası ve fren dramı / diski'nin malzeme kombinasyonu için minimum ve maksimum dinamik sürtünme katsayısı,
- Uygulanan hallerde, fren balatası ve fren dramı / diski'nin malzeme kombinasyonu için statik sürtünme katsayısı.

4.3 Hesaplar, aşağıda belirtilenleri içerecektir :

- Minimum dizayn frenleme momenti $M_{Bmin, diz}$ 'nin hesabı,
- Maksimum fiili frenleme momenti M_{Bmaks} 'in hesabı,
- Frenleme işlemi sırasında, izin verilen sıcaklığın aşılmadığının doğrulanması. Bu analizde, çalışma aralığının en olumsuz frenleme momenti esas alınacaktır.

- Frenin güç ileten bileşenlerinin mukavemet analizi (cıvatalı birleştirmeler, fren diski, braketler vb.),

4.4 Aşağıdaki koşulun sağlandığı gösterilecektir :

$$\frac{M_{Bmindiz}}{1,1} \geq M_{Bmin} \quad (E.1)$$

5. Çeşitli Konular

5.1 Frenleme yüzeyleri istenmeyen etkilere karşı (örneğin; yağlama maddesi kaynaklı kirlenme) kapaklarla, çamurluklarla veya benzerleri ile korunacaktır.

5.2 Frenlerin otomatik izlenmesi gerekebilir, Bölüm 2, C.2.10'a bakınız.

5.3 Basınç hareketli frenleme sistemlerinde, frenler, güç beslemesi olmasa dahi pervaneyi tutabilecektir. Şebeke arızasının kabul edilecek süresi Bölüm 2, B.2.9'a verilmiştir.

5.4 Kilitleme düzenin dizaynı için, Bölüm 2, C.3'e bakınız.

F. Kaplinler

1. Genel

Bu kısımdaki esaslar, tahrik sistemindeki kaplinlere uygulanır.

2. Değerlendirme Dokümanları

Tüm döndürme momenti ileten bileşenlerin montaj ve parça resimleri, malzeme bilgilerini de içeren parça listeleri, DIN 740, Part 1, 1986, Section 4.12'ye göre gereken dokümanlar, döndürme momenti ileten tüm bileşenlerin mukavemet analizi ile kayıcı kaplinin (varsa) işlev testinin kaydı (örnek olarak) TL'na verilecektir.

3. Malzemeler

Bölüm 3, C (Malzemeler) ve 3, D (Üretim ve Testler)'ye bakınız.

4. Hesaplamalar

4.1 Tüm döndürme momenti ileten bileşenler için, genel bir mukavemet analizi, bir yorulma analizi ve periyodik döndürme momenti dalgalanmaları ile gerilme analizi verilecektir. Burada, aksiyal, radyal ve açısal kaçıklıklar dikkate alınacaktır.

4.2 Genel mukavemet analizinde, Bölüm 4'deki dizayn yükünden oluşan maksimum moment esas alınacaktır.

4.3 Maksimum momentin devamlı iletimi gerekli değildir, ancak bundan dolayı oluşan yük, kaplinde hasara neden olmamalıdır. Eğer bu maksimum değer, dizayn önlemleri vasıtasıyla (örneğin; kaymalı kaplin) bir indirim sağlanırsa, kaplin dizaynında bu indirilmiş değer kullanılabilir. Burada, kaydırma momentinin toleransı dikkate alınacaktır.

4.4 Genel mukavemet analizi Bölüm 5'de tanımlanmıştır.

4.5 Yorulma doğrulaması, çalışmaya benzer koşullardaki bileşen testleri ile veya hesaplamalı analizlerle yapılabilir.

4.6 Hesaplamalı analiz için, Bölüm 4'deki yorulma yükleri kullanılacaktır. Hesaplar, Bölüm 5'e göre yapılacaktır.

4.7 Pervane ve tahrik edilen makinalardan kaynaklanan uyarıların, rezonans aralığından geçişte veya nominal devirde çalışmada değişken döndürme momentlerine neden olması öngörülüyorsa, kaplinin bu döndürme momentleri nedeniyle hasarlanmayacağı kanıtlanacaktır.

5. Çeşitli Konular

5.1 Eğer lastik elemanlar kullanılırsa, bunlar Bölüm 7, G'ye göre (Elastomer Burçlar) doğrulanacaktır.

5.2 Fren diskinin (varsa) metal olmayan bileşenleri üzerindeki sıcaklık etkileri dikkate alınacaktır (örneğin; yangın tehlikesi, kaplinin lastik elemanlarının hasarlanması).

5.3 Özel durumlarda, seri üretilen kaplinlerin TL uzmanı tarafından muayenesi gerekebilir.

G. Elastomer Burçlar

1. Genel

1.1 Elastomer burçlar; bileşene etki eden titreşim, hareket veya şokların azaltılması gereken hallerde kullanılır.

1.2 Elastomerlerin davranışı üzerindeki etkiler, yapısal mekanikle sınırlı değildir (örneğin; yükün tipi, şiddeti ve frekansı, yükleme sırası), elastomer burçların özellikleri, üretim ve işleme teknolojisi ve dış etkenler tarafından etkilenir.

1.3 Elastomer burçların dinamik yükleri nedeniyle, kural olarak yıllık muayenesi yapılmalıdır (örneğin; gözle muayene).

1.4 Bu nedenle, dizayn yönünden, muayene olanağı sağlanmasına ve değiştirme gerektiğinde elastomer burçların aşırı kuvvet sarfetmeden değiştirilme olanağı sağlanmasına dikkat edilecektir.

1.5 Elastomer burçların erken yaşlanmasını önlemek için, bunlar dış etkilere, işletim maddesine (örneğin; çıkan yağ ve aşındırıcı madde) ve bunların buharlarına dirençli olacak şekilde seçilecektir. Alternatif olarak, elastomer burçların bu maddeler ile temas etmemesi, dizayn esaslı önlemlerle sağlanmalıdır.

1.6 Elastomer burçların seçiminde, rüzgar türbinin bulunduğu yerde hüküm süren ortam koşulları (örneğin; sıcaklık, nem, ozon) dikkate alınacaktır.

1.7 Dinamik yükler nedeniyle, elastomer burçların iç sıcaklığının, muhtemelen elastomer burçların izin verilen ortam sıcaklığını geçen, rüzgar türbinindeki elastomer burçların bulunduğu yerdeki ortam sıcaklığını geçebileceğine dikkat edilmelidir.

1.8 Elastomer burçlar, tercihen, basma ve / veya kesme yükünü tabi tutulacaktır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Değerlendirme dokümanları ile ilgili genel bilgiler Bölüm 7, A'da verilmiştir.

2.2 Aşırı ve yorulma yükleri için analizler verilecektir.

2.3 Kuvvetlerin dağıtımında esas oluşturan tüm elastomer burçlar için analizler ve teknik dokümanlar gereklidir. Bunlar, örneğin; aşağıda belirtilen elastomer burçları içerir:

- Tahrik zincirinde yer alan türbin bileşenlerindeki,
- Kaporta kapağının ana gövde ile bağlantısındaki (sadeleştirilmiş analiz),
- Kanat ayarlama sisteminin bileşenleri ve besleme ünitesindeki (sadeleştirilmiş analiz).

2.4 İlgili parça listeleri ile birlikte, montaj ve varsa kesit resimleri verilecektir.

2.5 Rüzgar türbininin kuvvetlerinin dağılımında hangi noktalardaki elastomer burçların yer aldığı gösterilecektir.

2.6 Ayrıca, elastomer burçlar veya kullanılan elastomerler için, fiziksel (örneğin; sertlik, yoğunluk) ve mekanik özelliklerin (örneğin; izin verilen yük tipi), izin verilen işletme ve ortam koşulları ile kimyasal direnç özelliklerinin gösterildiği bir spesifikasyon ve veri tablosu verilecektir.

2.7 Veri listesinde ayrıca, elastomerin veya tüm burcun mukavemet değerleri (çekme mukavemeti, kopma direnci, akma gerilmesi, izin verilen basınç) ve deformasyon parametreleri (maksimum yükte ve akma gerilmesindeki uzama, kopma uzaması) ile ilgili bilgiler de yer alacaktır.

2.8 Bir yük – deformasyon diyagramı verilecektir.

2.9 Yay karakteristiklerinin etkileri – elastomer burcun tipik yüklemesine kadar ve -20°C ile +50° C arasındaki sıcaklık aralığı için (asgari olarak -20°C, +23°C ve +50°C için) veya açık deniz rüzgar türbininde yer alan elastomer burcun bulunduğu yerde öngörülen aşırı sıcaklıklar için belirtilecektir.

2.10 Elastomer burcun akım karakteristikleri belirtilecektir (rüzgar türbininin dizayn ömrüne de bakınız, Bölüm 4, B.2.1).

2.11 Eğer, referans olarak testler kullanılıyorsa, testlerin açıklaması verilecektir.

3. Uygulanacak Yükler

Elastomer burçların yüklerinin hesabında, Bölüm 4'deki dizayn yükleri kullanılacaktır.

4. Mukavemet Analizi

4.1 Kullanılan elastomer burçların, aşırı ve yorulma yüklerine karşı yeterli emniyet sağladığı kanıtlanacaktır.

4.2 Eğer aşırı ve yorulma yükü analizleri, test sonuçları yardımı ile hesaplanırsa, test prosedürü ve testlerden elde edilen sonuçlar uygun bir tarzda sunulacaktır.

4.3 Test sonuçlarının gerçek elastomer burçlara uygulanmasında, kabul edilen azaltım faktörleri dokümanite edilecektir.

4.4 Analizlerde, açık deniz rüzgar türbininin elastomer burçlarının bulunduğu yerde genelde öngörülen ortam koşulları dikkate alınacaktır. Gerekirse, çeşitli ortam koşulları grupları için birkaç analiz yapılacaktır. Bu koşullar analizde belirtilecektir.

4.5 Elastomer burçların kullanıldığı yerde nadiren görülen ortam koşullarının da dikkate alındığı gösterilecektir. Bu koşullar analizde gösterilecektir.

4.6 Elastomer burçlar, elastomer ile birleştirilecek bileşenler arasında (set uskurlu dairesel yatak) bağlantı sağlayan diğer malzemelerle sıklıkla birlikte kullanılır. Bu durumda, bu sistem için de doğrulama sağlanacaktır. Tüm bileşenin hesaplamalı analizi için (örneğin; sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile), Bölüm 5'de belirtilen hükümler hariç, elastomerin malzeme düzgünsüzlükleri dikkate alınacaktır.

Not :

Elastomerin ömrünün belirlenmesi için, elastomerin dinamik özellikleri genelde aşağıda belirtilenlere bağlı olduğundan, genelde geçerli olan hesaplama standardı mevcut değildir:

- *Frekans,*
- *Ortam koşulları,*
- *Yük şiddetleri,*
- *Ortalama yük ve*
- *Yüzey alanı ve hacim arasındaki ilişki.*

Bu nedenle, analizlerde tecrübelerden ve testlerden elde edilen bulguların kullanımı gereklidir.

5. İlave Doğrulamalar

5.1 Cıvatalı birleştirmeler için mukavemet analizi, bu birleştirmelerin kuvvet dağılımında önemli olduğu hallerde gereklidir (Bölüm 6, E.1'ye bakınız).

5.2 Bölüm 7, A.3 "Tahrik Sistemi Dinamiği" de dikkate alınacaktır.

Not :

Elastomer burçların bitişik bileşenler üzerine etkisi, uygun bir tarzda dikkate alınacaktır. Örneğin; yük kabullerinde esas alınan ve bitişik bileşenlerin dizayn hesaplarında kullanılan yay ve sönümleme karakteristikleri, 2. de belirtilen veri listesi ile doğrulanacaktır.

H. Yönlendirme Sistemi

1. Genel

1.1 Bu kısım, açık deniz rüzgar türbinlerinin aşağıda belirtilen yönlendirme sistemine uygulanır. Diğer tip dizaynlar için, kurallar gerekli değişimlerle uygulanacaktır.

1.2 Türbin kaportasının rüzgarı izlemesi için gerekli döndürme momenti, ilgili yönlendirme donanımı ile birlikte, bir servomotor ile sağlanır. Döndürme momenti, tahrik pinyonu vasıtasıyla kulenin gövdesine bağlı hareketli bir ringe iletilir.

1.3 Kule üzerindeki kaporta kısmı, bir kaymalı yatak veya rulmanlı yatakla taşınır. Kaportanın döner hareketi, genelde konumlandırma tahrik sistemindeki bir fren ile ve / veya kule üstüne veya kaportaya bağlı fren diskine etki eden fren blokları ile frenlenir.

1.4 Dişlilerin, erken hasarlanmaya neden olacak, değişken yüklenmesini önlemek için; kaportanın salınım hareketleri nedeniyle dişlilerdeki değişken gerilmeyi, sürekli etki eden artık frenleme momenti ile önleyen bir frenleme sistemi sağlanacaktır.

1.5 Bu artık frenleme momenti, yönlendirme tahrik sisteminin dizaynında dikkate alınacaktır.

1.6 Yönlendirme sistemi için bir kilitleme düzeni sağlanacaktır. (Bölüm 2, B.2.10 ve 2, C.3'e de bakınız). Bu düzen insanların yaralanması riskini önlemek üzeri, bakım ve onarım işleri sırasında yönlendirme sistemini kilitler. Bu kilitleme düzeninin yönlendirme sisteminde sürekli yer almasına gerek yoktur, gerektiğinde monte edilen harici bir kilit de olabilir.

1.7 Yönlendirme ringi dişlisinden, tahrik pinyonundan ve kaporta yatağından gelen aşırı yağlayıcı maddeyi toplamak üzere yeterli bir toplama tavası sağlanacaktır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Verilecek değerlendirme dokümanları ile ilgili genel bilgiler Bölüm 7, A'da verilmiştir.

2.2 Yönlendirme sisteminin bileşenleri için; tip açıklaması, spesifikasyonlar ve montaj resimleri verilecektir.

2.3 Hesaplama verileri (örneğin; hesap girdi verileri, ilgili emniyet payları ile sonuçların sunumu) ve dişli kutusu bileşenleri ile ilgili dokümanlar verilecektir.

2.4 Aktarım kademesinin değerlendirilmesi için (tahrik pinyonu / hareketli ring), bu kombinasyonla ilgili dişli hesapları ve pinyon şaftının ve yataklarının doğrulaması ile birlikte, pinyon şaftı ve hareketli ringin parça resimleri verilecektir.

2.5 Yönlendirme sisteminin işlev esaslarını açıklayan tanımlama ile birlikte, montaj ve kesit resimleri, parça listeleri ve varsa parça resimleri verilecektir.

3. Uygulanacak Yükler

3.1 Yönlendirme sisteminin yüklerinin hesabında,

Bölüm 4'deki dizayn yükleri kullanılacaktır.

3.2 Statik ve yüke bağlı yatak sürtünme momentleri dikkate alınacaktır. Yorulma analizi için, yük süresi dağılımları (YSD) ve yük spektrumu kullanılacaktır. Yönlendirme sistemi ile ve yönlendirme sistemi olmaksızın çalışmalar dikkate alınacaktır.

3.3 Bölüm 4'de göre boyutlandırma yük durumunun dizayn yükü için statik mukavemet analizi -yönlendirme sistemli ve yönlendirme sistemli- yapılacaktır.

3.4 Statik mukavemet analizi için $K_A = 1,0$ uygulama faktörü kullanılır.

3.5 Yönlendirme sırasında oluşan diş başına yük çevrimi adedi veya yük süresinin belirlenmesinde, Bölüm 4, C.3.1'de belirtilenler esas alınacaktır.

4. Mukavemet Analizi

4.1 Dişlilerin yük kapasitesinin doğrulanması

4.1.1 "Tahrik pinyonu / hareketli ring" aktarım kademesinin ve konumlandırma dişlisinin dişli hesabında ISO 6336 esas alınacaktır.

4.1.2 Yorulma yüklerinden, yük kapasitesinin hesabı, ISO TR 10495'e göre yapılacaktır. Method II için, Tablo 7.6'da verilen emniyet faktörlerine uygun olarak $D \leq 1$ 'lik bir hasar oranı sağlanacaktır.

4.1.3 Alternatif olarak, eşdeğer yük, yorulma analizinin yapılacağı –Tablo 7.6'da listelenen emniyet faktörlerine uygun olarak -yük / zaman dağılımından hesaplanabilir (DIN 3990, T 6'ya göre).

4.1.4 Ayrıca, cebri kırılma ve pittinglenmeye karşı statik mukavemetin analizi de gereklidir (Tablo 7.7'deki emniyet faktörleri ile).

Tablo 7.6 Yorulma mukavemeti analizi için emniyet faktörleri

Emniyet	
Pittinglenmeye karşı, S_H	1,00
Diş dibi çatlamasına karşı, S_F	1,25

Tablo 7.7 Statik mukavemet analizi için emniyet faktörleri

Emniyet	
Pitinglenmeye karşı, S_H	1,0
Diş dibi çatlamasına karşı, S_F	1,2

4.2 Şaftlar ve bağlantı elemanları

4.2.1 Yönlendirme tahrik sistemi çıkış şaftı için, bir yorulma analizi ve bir statik mukavemet analizi verilecektir.

4.2.2 Analizler; DIN 743, DIN 6892 ve DIN 7190'a veya eşdeğer kodlara göre yapılacaktır.

4.2.3 Ayrıca, döner tahrik sisteminin gövdesi ve pinyon kutusunun analizi verilecektir. Gerekirse, statik test vasıtasıyla aşırı yük doğrulanması da yapılacaktır.

4.2.4 Cıvataların kuvvet iletiminde önemli olduğu hallerde, cıvatalı birleştirmelerin mukavemet analizi gereklidir.

Not :

Döner tahrik sisteminin çıkış pinyonu birlikte dövülecektir.

4.3 Yataklar

4.3.1 Türbin kaportası yataklarının hesabı ve yapımı için Bölüm 7, C'ye bakınız.

4.3.2 Sızdırmazlık elemanları, ortam koşulları nedeniyle hasarlanmayacak şekilde yapılacak veya korunacaktır.

Not :

Kaporta yataklarının sızdırmazlık elemanlarını, sistemi sökmeden değiştirmek mümkün olacaktır.

4.3.3 Kaporta yatağı ve dişliler için, yeterli yeniden yağlama ve kullanılan yağın giderilmesinin sağlandığı ve hareketli gövdeler ile bunların çalıştığı yüzeyler arasında daima yeterli yağ filminin sağlandığı gösterilecektir. Eğer bu husus bakım aralıkları ile sağlanamıyorsa, otomatik yağlama sistemi sağlanacaktır.

4.4 Yönlendirme freni

4.4.1 Frenlerin hesabı ile ilgili açıklamalar 7, E'de verilmiştir.

4.4.2 Sistem kavramına göre, sabit bir frenleme momentinin uygulanması gerekli ise, güç beslemesi arızası durumunda frenlerin işlev görmesi sağlanacaktır.

4.5 İlave doğrulamalar

4.5.1 Elektrik hareketli tahrik sistemlerinde, Bölüm 8'de dikkate alınacaktır.

4.5.2 Hidrolik sistemin doğrulanması için 7, I'ya bakınız.

4.5.3 Tahrik sistemi ve frenlerin dizaynı, sistem kavramına göre uygun işlev görme yönünden doğrulanacaktır.

I. Hidrolik Sistemler

1. Genel

1.1 Bu kısımdaki esaslar, işletim için gerekli olan (örneğin; yönlendirme hareketi ve pervane kanadı piç kontrolü) veya frenleme sisteminin bir parçasını oluşturan (örneğin; arıza durumunda kanat piç ayarı ve pervane frenleri) hidrolik sistemlere uygulanır.

1.2 Burada belirtilenlere ilave olarak, ulusal kurallar da dikkate alınmalıdır.

2. Değerlendirme Dokümanları

Aşağıda belirtilen değerlendirme dokümanları gereklidir :

- a)** İlgili parça listesi ile birlikte standart formda (örneğin; ISO 1219-2) hidrolik işlev diyagramı
- b)** Elektro-hidrolik kontrol ve ayarlama planlanmış ise, hidrolik sistem valflerinin harekete geçmesini gösteren elektrik devre diyagramları,
- c)** Emniyetli ilgili bileşenlerin verileri,

- d) Aktüatörlerle (örneğin; piston çapı, piston rotu için burkulma hesabı, servomotorlara etki eden momentler, mafsallı bağlantılar ve kolların dizaynı), akümülatörlerle, borularla, hortumlarla ve valflerle (örneğin; akım oranları ve reaksiyon süreleri) ilgili hesaplar ve veriler,
- e) Pompa ünitesi dizaynı ile ilgili veriler (depolama hacmi, basınç sınırları, akışkan seviye kontrolü, vb.),
- f) Filtre üretimi verileri,
- g) Eğer, açık deniz rüzgar türbininin dizayn ömründen daha kısa ise, kullanılan bileşenlerin servis ömürleri ile ilgili ayrıntılar (örneğin; hortumları, akümülatörler) (Bölüm 4, B.2.1'e bakınız).

3. Malzemeler

3.1 Kuvvet ileten bileşenlerin malzeme seçiminde, bunların dinamik yüke maruz kalabilecekleri dikkate alınacaktır.

3.2 Boru devrelerinde dikişsiz veya boyuna kaynaklı çelik borular kullanılacaktır. Esnek boru bağlantıları olarak, DIN EN 853, DIN EN 855, DIN EN 856, ISO 6803 veya eşdeğeri uluslararası kodlara uygun yüksek basınç hortumları kullanılabilir.

3.3 Korozyona dayanıklı malzemelerden yapılmayan tüm bileşenlerde, korozyondan korunma sistemi bulunacaktır.

4. Dizayn ve Yapım

4.1 Hidrolik sistemlerin dizaynı ve yapısı, tanınmış kurallara göre olacaktır (örneğin; ISO 4413'e bakınız).

4.2 Aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır.

4.3 İstenilen reaksiyon sürelerini, harekete geçme hızını ve kuvvetini sağlamak için bileşenlerin uygun boyutlandırılması (örneğin; pompaların, boruların, valflerin, aküatörlerin, akümülatörlerin).

4.4 Çalışma sırasında hidrolik bileşenlerde, yorulma hasarlarına neden olabilen basınç dalgalanmaları oluşabilir.

4.5 Bağımsız frenleme sistemlerinin bileşenleri ve donanımının birbirinden kesin olarak ayrımı gereklidir (Bölüm 2, B.3.3'e bakınız).

4.6 Hidrolik sistem, hidrolik devrede basınç olmaması veya arıza olması durumunda, açık deniz rüzgar türbini emniyetli durumda olacak şekilde dizayn edilmelidir.

4.7 Hidrolik aküatörlerin sadece hidrolik basınç olduğunda emniyet işlevlerini yerine getirdiği hallerde (örneğin; pervane fren veya kanat ayarlama sistemi), hidrolik sistem; pompa veya valflerin güç beslemesi arızasından sonra, açık deniz rüzgar türbini emniyetli bir konumda muhafaza edilebilecek şekilde dizayn edilecektir. Bu arızanın süresi, Bölüm 2, B.2.9.2'de arıza durumu olarak belirtilen şebeke arızası süresine eşit olarak kabul edilecektir.

4.8 Tesisin çalışması öngörülen haldeki (yağ / akışkan viskozitesi, olası soğutma, ısıtma, vb.) hava koşulları dikkate alınacaktır.

4.9 Sızıntılar, sistemin işlev kapasitesini bozmayacaktır. Sızıntı olursa, bu belirlenecek ve açık deniz rüzgar türbini buna uygun olarak kontrol edilecektir.

4.10 Eğer iki doğrultuda hidrolik olarak hareket ediyorsa, aküatörler daima "hidrolik olarak yüklü" olacaktır.

4.11 Boruların yerleştirilmesinde, bileşenlerin birbirine göre hareket edebileceği ve bu nedenle borulara dinamik gerilme getireceği dikkate alınacaktır.

J. Açık Deniz Uygulamaları

1. Genel

Açık deniz rüzgar türbinlerine ulaşım genelde hava koşullarına bağlı olduğundan, açık deniz rüzgar türbininin bileşenlerinin bakım aralığı en az 1 yıl olmalıdır.

2. Atmosfer

2.1 Açık deniz rüzgar türbinin içinde (örneğin; kaporta, göbek ve açık deniz rüzgar türbininin çalışması için gerekli olan bileşenlerin yer aldığı diğer mahaller) ne cins atmosfere gerek olduğu ve bu isteğin nasıl karşılanacağı belirtilecektir. Bu, IEC 60721-3-3'e göre yapılacaktır.

2.2 %70 bağıl nem'in üzerindeki değerlerde, korozyonun üstel olarak artması nedeniyle, açık deniz rüzgar türbini içindeki bağıl nem, %70'in altında olmalıdır. Bu durum, örneğin; iç sıcaklığın, dış sıcaklıktan 5K daha yüksek olması halinde sağlanabilir.

2.3 Mahallerin (2.1'e bakınız) iç kısımları, dış havaya (açık deniz atmosferi) karşı korunacaktır. Kullanılan sistemlerin / dizaynların (örneğin; filtreler, ısıtma veya hava kurutma sistemleri) dokümanları (örneğin; resimler, işlevsel tanımlar, veri listeleri) verilecektir. Bu sistemler / dizaynlar, açık deniz rüzgar türbininin kontrol sistemi ile izlenecek ve bakımda dikkate alınacaktır.

2.4 Açık deniz rüzgar türbininin ve bileşenlerinin hava – akım, soğutma ve ısıtma kavramları, örneğin; resimler, işlevsel tanımlar, veri listeleri vasıtasıyla açıklanacaktır.

2.5 Dış hava ile dolaylı teması olan tüm bileşenler için bir doğrulama sağlanacaktır. Burada, bileşenlerin ve malzemelerin açık deniz atmosferinde kullanıma uygun olduğu ve bileşenlerin işlevlerini sürdürdüğü belirtilecektir.

2.6 Açık deniz atmosferi ile – doğrudan veya dolaylı olarak – temasta bulunan tüm işletim malzemeleri (örneğin; yağlama yağları) için bir doğrulama sağlanacaktır. Burada, malzemelerin açık deniz atmosferinde kullanıma uygun olduğu ve bileşenlerin işlevini sürdürdüğü belirtilecektir.

3. Kaplama

3.1 Korozyonu önleyici bir sistem ile korunmayan veya kaplanmayan ve açık deniz atmosferi ile temasta bulunan tüm bileşenler için (örneğin; sızdırmazlık elemanları, elastomer bileşenler, hortumlar, kaporta

dışındaki bileşenler) bir doğrulama sağlanacaktır. Burada, bileşenlerin ve malzemelerin açık deniz atmosferinde kullanıma uygun olduğu ve bileşenlerin işlevlerini sürdürdüğü belirtilecektir.

3.2 Eğer bileşenler kaplanmış ise, bu dizayn açıklanacaktır (örneğin; resimler, tanımlar, veri listeleri).

4. Korozyondan koruma

4.1 İlave olarak Bölüm 3.5 dikkate alınacaktır.

4.2 Tüm metal parçalar için uygun kaplama veya EN ISO 12944 ya da eşdeğeri bir standarda göre metal kaplama yapılacaktır.

4.3 EN ISO 12944'e göre korunan parçalar, aşağıdaki korozyon sınıflarını sağlayacaktır :

- Dış bileşenler, fittingler, sensörler, vb. C5-M (EN ISO 12944) sınıfına göre korozyona karşı korunacaktır.
- Dış havaya doğrudan maruz iç yüzeyler, C4 (EN ISO 12944) sınıfına göre korozyona karşı korunacaktır.
- Dış havaya doğrudan maruz olmayan iç yüzeyler, C4 (EN ISO 12944) sınıfına göre korozyona karşı korunacaktır.

4.4 Korozyondan koruma tanımlanacaktır.

4.5 Bakımda, korozyondan koruma dikkate alınacaktır.

5. Çeşitli Hususlar

5.1 Çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından; örneğin; göbek, kaporta, kulede çalıştırma malzemeleri için (örneğin; yağlar, soğutucu akışkanlar) uygun tavalara sağlanacaktır.

5.2 Titreşim yutucular kullanılarak (örneğin; elastomer burçlar) monte edilen bileşenlerin bağlama kavramları açıklanacaktır. Bunlar, asgari olarak (varsa) aşağıda belirtilenlerdir :

- Jeneratör,
- Transformatör
- Panolar,
- Fanlar,
- Hidrolik fanlar.

BÖLÜM 8

ELEKTRİK DONANIMI

Sayfa

A. Uygulama Alanı	8- 1
B. Elektrik Makinaları	8- 4
C. Transformatörler	8- 5
D. Statik Konvertörler	8- 7
E. Orta Gerilim	8- 7
F. Şarj Donanımı ve Akümülatörler	8- 8
G. Açma-Kapama ve Koruma Donanımı	8- 9
H. Kablolar ve Elektrik Tesisatı Donanımı	8- 11
I. Yıldırımdan Korunma	8-13
J. Açık Deniz Şebeke Donanımı	8-18

A. Uygulama Alanı

- Orta - gerilim açma kapama donanımı,

1. Uygulama

- Yıldırımdan korunma.

Bu bölümün hükümleri, elektrik gücünün üretimi, dağıtımı ve aktarımı ile ilgili donanım ve açık deniz rüzgar türbini ile aynı temelde yer aldıkları takdirde, açık deniz rüzgar türbininin elektrik ve elektronik kontrol donanımına uygulanır. Türbinin deniz altı enerji iletim kablosunun ucunda (ayrı temelde) yer alan donanım Bölüm 8, J'nin uygulama alanına dahildir.

2. Kapsam

Bu bölümde, aşağıda belirtilenlerle ilgili istekleri kapsar:

- Döner elektrik makinaları,
- Statik konvertörler,
- Şarj donanımı ve aküler,
- Açma - kapama ve koruma donanımı,
- Kablolar ve elektrik tesisat donanımı,
- Güç transformatörleri,

3. Standartlar

3.1 Tüm elektrik donanımı ve bileşenleri, teknik dokümantasyonda listelenecek olan tanınmış standartlara göre dizayn edilecektir.

3.2 Açık deniz rüzgar türbinlerindeki elektrik donanımı için ilgili IEC yayınları veya eşdeğer ulusal kurallar dikkate alınacaktır.

3.3 IEC 60364 “Electrical Installations of Buildings” veya VDE 0100 “Erection of power installations with nominal voltages up to 1000 V” da belirtilen koruyucu önlemlere özel olarak dikkat edilecektir.

3.4 Ayrıca, IEC 60204-1 (2000-05) “Safety of machinery electrical equipment of machines – Part 1 : General Requirements” veya DIN EN 60204 -1 (VDE 0113, Part 1), 1998 -11’de uygulanacaktır.

3.5 Her durumda, dokümanların güncel versiyonu kullanılacaktır.

4. Çalışma ve Ortam Koşulları

4.1 Genel

4.1.1 Tüm elektrik bileşenleri, tesisin bulunduğu sahada öngörülen çalışma ve ortam koşullarına uygun olarak dizayn edilecektir.

4.1.2 Sahaya özgü değerler mevcut değilse, ortam sıcaklıkları ve diğer ortam koşulları, Bölüm 4, B. “Dış koşullar”dan alınacaktır. Kısıtlı ortam koşullarında, monte edilen bileşenler için ilgili temel spesifikasyonların değişebileceği dikkate alınacaktır.

4.1.3 Yabancı maddelere ve suya karşı, minimum koruma derecesi olarak (IEC 60529 “Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)”), örneğin; açma - kapama donanımı, motorlar, jeneratörler veya kumandalar gibi donanım için aşağıda belirtilenler sağlanacaktır :

- Kuru çalışma alanları IP 21
- Nemli çalışma alanları IP 43
- Dış alanlar IP 55

4.1.4 Jeneratörler, genelde IP 54 koruma sınıfında olacaktır.

Not :

Donanım koruma derecesi, açık deniz rüzgar türbininin çalışma durumuna bakılmaksızın, monte edilen konfigürasyonda sağlanacaktır. Koruma derecesi değerlendirilirken, kaporta kapakları ve diğer koruyucu önlemler dikkate alınabilir.

4.1.5 Göbek, kaporta ve kule içindeki hava, elektrik ve diğer donanım üzerindeki korozyon etkisini azaltmak üzere, dış hava ile değiştirilmeyecektir. Asgari olarak, açık deniz rüzgar türbininin alt kısmında olmak üzere havanın neminin giderilmesi tavsiye edilir.

4.2 Dış koşulların özellikleri ve testi

4.2.1 Dışarıya monte edilen tüm elektrik donanımı için, tesis yerindeki ortam koşulları IEC 60721-3-4'e göre belirtilecektir.

4.2.2 Dışarıya monte edilen tüm elektrik donanımının, madde 4.2.1'de belirtilen koşullara karşı koyabileceği kanıtlanacaktır. Bu durum, IEC 60068'de verilen çevre ile ilgili test prosedürleri uygulanarak gerçekleştirilebilir. Testlerin kapsamı IEC / TR 60721-4-4'de verilmiştir.

4.3 İç donanımın özellikleri ve testleri

4.3.1 Bu madde, sadece içeriye monte edilen ve elektrik enerjisi iletiminin bir parçasını oluşturan elektrik donanımına uygulanır (örneğin; jeneratör, transformatör, frekans konvertörleri, v.b.)

4.3.2 Tesis yerindeki ortam koşulları IEC 60721-3-3'e göre belirtilecektir.

4.3.3 Madde 4.3.1'de adı geçen elektrik donanımının, madde 4.3.2'de belirtilen koşullara karşı koyabileceği kanıtlanacaktır. Bu durum IEC 60068'de verilen çevre ile ilgili test prosedürleri uygulanarak gerçekleştirilebilir. Testlerin kapsamı IEC / TR 60721-4-3'de verilmiştir.

5. Şehir Şebekesi ile Paralel Çalışma

5.1 Açık deniz rüzgar çiftliklerinin bağlantısı genelde, aktarım sistemine yapılacaktır (yüksek gerilim düzeyli güç besleme şebekeleri). Yetkili aktarım sistemi operatörlerinin ilgili kuralları dikkate alınmalıdır.

5.2 Madde 5.1'de belirtilen kuralların uygulaması, açık deniz rüzgar türbininin çalışması sırasında oluşan yükler üzerinde etkisi olan koşullara neden olabilir. Eğer bu koşullar, Bölüm 4, C.3.5.9'da belirtilen kabullerle kapsamıyorsa, yeni kabuller yapılacaktır. Bu koşulların; jeneratör, konvertör ve kontrol ve emniyet sistemi ile nasıl sürdürüldüğü açıklanacaktır. Bu durum, özellikle aşağıdaki şebeke arıza koşulları istekleri için dikkate alınacaktır :

- Şebeke gerilimi düşüşü,
- Şebeke frekans değişimleri,
- Açık deniz rüzgar türbini tarafından sağlanan gerekli minimum kısa devre akımı.

5.3 Açık deniz rüzgar türbinleri için öngörülen şebeke kalitesi ile ilgili olarak Bölüm 4, B.5'e bakınız.

5.4 Şehir şebekesi ile paralel çalışması öngörülen açık deniz rüzgar türbinlerinin, ilgili şebeke operatöründen ilave onay alması gereklidir. Özellikle rüzgar çiftliklerinin belirli gerilim kademelerine bağlantısı için, elektrik davranışı ile ilgili özel koşullar uygulanabilir.

5.5 Güç elektroniği; oluşan harmoniklerin bağlı bulunan elektrik donanımının işlevine etki etmeyecek, şebeke ile paralel çalışmada, donanım hasarlanmayacak ve izin verilmeyen bozulmalar oluşmayacak şekilde dizayn edilecektir.

5.6 İzin verilen değerler hakkında şebeke operatörü ile anlaşmaya varılacaktır. Bilgi değeri olarak %10'luk izin verilen harmonik oranı kullanılabilir.

6. Bağımsız Çalışma

6.1 Bağımsız çalışma durumunda, özel verilerin bulunmadığı hallerde, Tablo 8.1'de verilen değerler kabul edilecektir.

Tablo 8.1 Bağımsız çalışmada izin verilen gerilim ve frekans sapmaları

Parametre		Sapma	
		Devamlı	Kısa süreli
A	Frekans	± %5	± %10 (5 sn)
	Gerilim	± %10	± %10 (1,5 sn)
B	Gerilim	± %20	
A : Genel			
B : Akümülatörler ve statik konvertörler			

6.2 Bağımsız çalışmada, nominal devirdeki tam yük ile boşta çalışma arasında ± %2,5'luk bir jeneratör gerilim sapmasına izin verilir.

Not :

Bağlı bulunan tüketicilerin uygun olması halinde burada verilenlerden sapmalara izin verilir . DC şarj jeneratörleri için akü şarj işlemi ile ilgili gerilim koşulları uygulanır.

7. Değerlendirme Dokümanları

7.1 Elektrik bileşenlerinin değerlendirilmesi için aşağıdaki dokümanlar gereklidir :

- Elektrik donanımı için genel işlev tanımları ve bakım talimatları
- Kısa - devre ve aşırı akım koruma donanımı verileri ile birlikte ana devreler ve yardımcı devreler için genel devre diyagramları,
- Kontrol donanımının verileri ve işlev düzeni,
- Kontrol donanımının emniyetle ilgili kısımları için uygulanacak sınıfların belirlenmesi (Bölüm 8, G.10'a bakınız),
- İzleme cihazları ve elektrik ölçüm donanımının özeti ve işlevsel tanımı,
- Sönsörler ve limit sviçler dahil, tüm önemli elektrik donanımı için dizayn verileri ve üretici bilgileri ile birlikte parça listeleri,
- Eğer genel devre diyagramında yer almıyorsa, kablo ve iletkenlere ait veriler ve yük akımları ile birlikte kablo ve donanım diyagramları
- Aşağıda belirtilenleri içeren yıldırımdan korunma ve topraklama planları :
 - Yıldırımdan korunma bölgeleri ile birlikte, ayrı planlar dahil, açık deniz rüzgar türbininin genel yerleşim planı,
 - Açık deniz rüzgar türbininin yıldırım çubukları ve iletkenlerinin genel planı, toprak elektrotları ve gerilim sınıflandırma aranjmanı, bağlantı çubuklarının yerleşimi ve ayrı işletme yapısına bağlantılar.
 - Yıldırım akım iletkenleri ve gerilim yutucularının yerini gösteren genel yerleşim planı (tek-hat gösterimi)

- Yıldırım akımının pervane kanatlarından nasıl uzaklaştırıldığına dizayn ayrıntıları, dışlı kutusu ve yönlendirme yatağı iletkenlerinin yıldırım akımı taşıma kapasitesi.
- i) Emercensi güç sistemleri, yangın alarm sistemleri ve diğer elektrik donanımı ile ilgili resimler ve bilgiler,
- j) Gücü 50 kW'ı geçen jeneratörler için, IEC 60034-1 (1999-08)'e göre, ısı akışı verileri ile birlikte, rutin test kayıtları, resimler ve bakım talimatı.
- k) Dışarıdaki tuzlu nemli havaya karşı elektrik donanımının korunması ile ilgili olarak göbeğin, kaportanın ve kulenin içindeki hava akımı kavramının açıklamaları.
- l) Eğer Bölüm 2, A.1.1 m'deki kavramda bir yedek güç beslemesi seçilmişse, bir güç tüketim programı ve Bölüm 8, H.3'e göre boyutlandırma hesapları verilecektir.
- m) Madde 4.2 ve 4.3'e göre elektrik donanımının spesifikasyonu için kullanılan ortam sınıflarının belirlenmesi.
- n) Madde 4.2.2 ve 4.3.3'e göre test sertifikaları.
- o) Varsa, deniz altı kablolarının listesi. Listede, Bölüm 8, J.5'deki tüm kablo ayrıntıları bulunacaktır.
- p) Varsa, Bölüm 8, J.5'deki konular dikkate alınarak, deniz altı kabloların döşeme prosedürü ve kablo yolu deniz haritaları.

7.2 Eğer güç transformatörleri ve / veya orta – gerilim donanımı rüzgar türbinine entegre ise, ilave olarak aşağıda belirtilen dokümanlar gereklidir :

- a) IEC 60076-1 (2000-04)'e göre transformatörün tip test kayıtları,
- b) IEC 60298 (1990-12)'ye göre orta-gerilim donanımının tip test kayıtları,

- c) Dahili ark testi sonuçları ve basınç artışı etkileri ile birlikte orta-gerilim donanımının montaj doğrulaması.
- d) Varsa, Bölüm 8, C.1.4'e göre transformatörün elektriksel yalıtım sisteminin tanımı.

B. Elektrik Makinaları

1. Genel

Açık deniz rüzgar türbinlerindeki elektrik makinaları (jeneratörler, yardımcı elektrik tahrik üniteleri), prensip olarak IEC 60034 (1999-08)'e uygun olacaktır.

2. Malzemeler

2.1 Elektrik makinalarının yapımı ile ilgili malzemeler, öngörülen ortam koşullarına uygun olacaktır. Deniz atmosferinin korrozif etkisi dikkate alınacaktır. yeterli boyama veya kaplama ile korunması halinde deniz atmosferine uygun olmayan malzemeler de kullanılabilir.

2.2 Muhafazalar, terminal kutuları ve fan çarklarında plastik kullanılıyorsa, düşük sıcaklıklara uygun malzemeler kullanılacaktır.

2.3 Genel tesis konfigürasyonu nedeniyle şaft gerilimlerinin oluşma riski varsa, yataklar ve kaplinler izoleli tip olacaktır.

3. Havalandırma ve Soğutma

3.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin elektrik makinaları tercihen, yüzey soğutmalı, tamamen kapalı formda dizayn edilecektir. Gücü 50 kW'ın üzerinde olan makinalarda, yoğunlaşan suyun birikimini önlemek için dreyn delikleri bulunacaktır.

3.2 Giren hava nemden, yağ buharından ve tozdan arındırılmış ise, emici fan ile havalandırılmalı makinalar kullanılabilir.

3.3 Sıvı soğutmalı makinaların soğutma devresi uygun şekilde izlenecektir.

4. Sargılar

4.1 Sağlanan koruyucu düzenlerle birlikte elektrik makinaları, kısa devre durumunda karşılaşılabilecek termal ve dinamik gerilmelere karşı koyabilmektedir.

4.2 Elektrik makinaları, çalışma süresinden bağımsız olarak, izolasyon sınıfı için izin verilen aşırı sıcaklıklar aşılmayacak şekilde dizayn ve imal edilecektir. Bilgi değerleri olarak, IEC 60034, Part 1'de verilen değerler kullanılabilir.

4.3 Eğer makinalar statik konvertörlerde çalışıyorsa, ilave harmoniklerden kaynaklanan sıcaklık artışı dikkate alınacaktır. Makinanın ısı artış testi yapılırken, statik konvertörler aynı zamanda ve nominal çalışma koşullarına göre çalıştırılacaktır. Eğer, ısı artışı testi teknik nedenlerden dolayı mümkün değilse, alternatif olarak hesaplamaya izin verilir.

5. Yataklar

Yatakların doğrulaması, Bölüm 7, C'ye göre yapılacaktır.

6. Elektrik Makinalarının Çalışma Süreleri

6.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin jeneratörleri devamlı çalışmaya göre dizayn edilecektir (IEC 60034-1'e göre çalışma tipi S1).

6.2 Eğer sargı sıcaklığı, sınır değerler bakımından izleniyorsa, termistörler veya eşdeğer sensörler kullanılmalıdır. İki metalli termal aşırı akım röleleri uygun değildir.

6.3 Yardımcı tahrik sistemlerinin motorları öngörülen çalışma sürelerine göre dizayn edilecektir. IEC 60034, Part 1'de veya eşdeğer kodlarda belirtilen çalışma sürelerine bakınız.

7. Topraklama

Eğer nominal gerilimi 1 kV'un üzerinde olan jeneratörler kullanılıyorsa, bakım veya onarım sırasında doğru topraklayabilmek için, zemin civataları monte edilecektir.

8. Karbon Fırçalar

8.1 Jeneratörün kayma halkalı karbon fırçalarının uzunluğu sürekli olarak izlenecektir.

Not :

Bu, örneğin bir limit sviçle sağlanabilir.

8.2 Tamamen aşınmadan önce fırçalar değiştirilmelidir.

C. Transformatörler

1. Genel

1.1 Güç transformatörleri büyük oranda açık deniz rüzgar türbini içine entegre edilmiştir. Eğer yapı bu şekilde ise ve transformatörler, açık deniz rüzgar türbininin kule veya türbin kaportası içinde yer alıyorsa, bunlar değerlendirme kapsamı içindedir ve aşağıda belirtilen isteklere uygun olacaktır. Transformatörler kule ve kaporta dışında yer alıyorsa ve "jeneratör / konvertör" genel sisteminin bir parçasını oluşturmuyorsa, değerlendirme kapsamı içine dahil değildir.

1.2 Transformatörler IEC 60076-1 (2000-04), Part 1'e uygun olacaktır. Bu, üreticinin tip test kayıtları ile doğrulanacaktır.

1.3 Ayrıca, kuru tip transformatörler için IEC 60726 (1982-01) ve konvertör transformatörler için IEC 61378-1 (1997-09), Part 1 uygulanacaktır.

1.4 Transformatörler; neden olabilecekleri yangınların önlenmesi bakımından, tüm transformatör terminalleri izolasyonları dahil, elektrik izolasyon sisteminde (EİS) hızlanmış bir yaşlanma veya zayıflama olmaksızın açık deniz rüzgar türbinindeki koşullara dayanabilecektir. Bu koşullar şunlardır :

- EİS ile temas edebilecek dış tuzlu (ve / veya ıslak) hava,

- Transformatör muhafazası içinde oluşabilecek konsantrasyonda nem, kömür tozu ve fren balatasında EİS'deki kirlenme,
- Titreşimler.

Not :

Tüm transformatör terminalleri ve kabloları dahil, transformatörler için IP55 koruma sınıfı kullanılarak yukarıdaki hususlar sağlanabilir. Olası yoğunlaşmalar da dikkate alınarak, transformatör soğutması uygulaması yapılmalıdır.

1.5 Transformatörler, kendinden söner tip olmalıdır. Yangın sınıfı; SN HD 538-1 S1:1995, SN HD538.3 S1:1997 ve SN HD 538.2 S1:1995 harmonize standartlarına göre F1 olmalıdır.

1.6 Eğer transformatör IP 55 veya daha yüksek bir koruma sınıfı ile dizayn edilmemişse, aşağıda belirtilen hususlardan biri sağlanmalıdır:

- Varsa, iç soğutma sistemi dahil, transformatörün muhafazası IP 55 veya daha yüksek bir koruma sınıfına göre dizayn edilmelidir.
- Elektriksel bütünlüğün sağlanması, bakımından EİS üzerinde yeterli yüzey direncini elde etmek üzere, uygun şekilde ve aralıklarla, EİS yüzeylerinin düzenli olarak temizlenmesi (tuz ve kirlilikten),
- Kalıcı çok düşük yüzey dirençli, kalıcı topraklı izolasyon yüzeyine dayanım için EİS'nin yüzey izolasyon düzeyinin artırılması.

Not :

Kirlilik ve / veya yoğunlaşma nedeniyle elektrik yüzey direncinin düşmesi halinde, HD 464'e göre E2 ve C2 testleri yeterli değildir.

2. Tesis

Transformatörler, kilitlenebilir ayrı bir adada yer alacaktır. Transformatörlerin bulunduğu mahaller yeterince havalandırılacaktır. Transformatör odasına giriş sadece transformatör kapatıldığında mümkün olacaktır. Yetkisiz kişilerin giriş önleneciktir.

Not :

Transformatörlerin kule veya kaporta içinde yer aldığı rüzgar türbinlerinin montajında, ilgili ulusal kurallar dikkate alınacaktır.

3. Kuru Tip Transformatörler

Kuru tip transformatörler tercih edilmelidir. Sahaya bağlı olarak, ulusal kurallar gereğince bu durum zorunlu olabilir.

4. Sıvı - Soğutmalı Transformatörler

4.1 Sıvı - soğutmalı transformatörler, sıvının uygun kullanımını sağlayan bir toplama düzenine sahip olacaktır.

4.2 Sıvı-soğutmalı transformatörler sıvının gaz boşalmasına karşı korumaya sahip olacaktır.

4.3 Sıvı sıcaklığı izlenecektir. İzin verilen maksimum sıcaklığa ulaştığında bir alarm harekete geçecektir. Sıcaklık sınırına varıldığında transformatör devre dışına alınacaktır.

4.4 Sıvı doluluk düzeyi izlenmelidir.

5. Konvertör Transformatörler

Rüzgar enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde, açık deniz rüzgar türbininin çalışma kavramı çerçevesinde, statik yarı iletken konvertörlerin kullanımı gerekli ise (örneğin; tam konvertörle senkron jeneratör, çift beslemeli asenkron jeneratör), transformatörün isteklere uygun olduğu doğrulanacaktır.

6. Koruma

6.1 Transformatörler kısa devreye ve aşırı yüke karşı korunacaktır.

6.2 Transformatörleri her iki taraftan kapatmak mümkün olacaktır.

6.3 Transformatörler, sıcaklık izlemesi ile teçhiz edilecektir.

D. Statik Konvertörler**1. Genel**

1.1 Elektronik teçhizat, oluşan harmonikler elektrik donanımının işlevini etkilemeyecek ve donanımı hasara uğramayacak şekilde dizayn edilecektir.

1.2 Elektronik teçhizat, EN 50178 (VDE 0610)'a uygun olmalıdır.

1.3 Ayrıca IEC 61800-1 (1997-12) ve IEC 61800-2 (1998-03)'e bakınız.

2. Statik Konvertörlerin Donatımı

2.1 Elektronik teçhizat ayrı dolaplarda yer almalıdır.

2.2 Ünitelere ölçüm ve onarım için kolaylıkla ulaşılabilir. Çalışmanın kontrolü ve hata tespiti için, simülasyon devrelere, test soketleri, kontrol lambaları, vb. tavsiye edilir. Onarım amacıyla, tüm bileşenleri diğer akım taşıyan parçalardan izole etmek mümkün olacaktır. Sinyal ve kontrol teçhizatı, güç devrelerinden elektriksel olarak izole edilecektir.

2.3 Tercihen doğal havalandırmalı statik konvertörler kullanılmalıdır, fanların kullanımı tavsiye edilir. Ayrıca, cebri soğutmanın çalışması izlenecek ve aşırı ısınmayı önlemek üzere arıza durumu ikaz edilecektir. Güvenirliği kanıtlanabilirse, sıvı ile soğutma kullanılabilir.

3. Koruyucu Donanım

3.1 Tüm elektronik teçhizat aşırı yüke ve şebeke kısa devresine karşı korunacaktır. Bir arıza durumunda, yarı iletken elemanın hasarlanması mümkün olmayacaktır.

Tesisatın korunması; sigortalar, devre kesiciler veya kontrol sisteminin müdahalesi vasıtasıyla yapılabilir.

3.2 Koruyucu donanım; enerji kesilmesinde bileşenlerde ve yük devresinde depolanan enerjinin bir hasar etkisi oluşmamasını ana donanımın arızalanmasında, açık deniz rüzgar türbininin kontrollü bir şekilde durma konumuna getirilmesini ve hasarlı alt sistemler mümkün olduğunca selektif olarak devre dışında kalmasını sağlayacaktır.

3.3 Koruyucu donanımın işlevinin sağlanması amacıyla, aşırı akım ve aşırı gerilim koruma donanımı için, kendinden test düzeneği tavsiye edilir.

3.4 IEC 60364-4-46, Part 4'e göre, izolasyon amacıyla yarı iletken düzenler kullanılmayacaktır.

E. Orta Gerilim**1. Genel**

1.1 Orta gerilim donanımı, büyük oranda açık deniz rüzgar türbini içine entegre edilmiştir. Eğer yapı bu şekilde ise ve orta gerilim donanımı açık deniz rüzgar türbininin kule veya türbin kaportası içinde yer alıyorsa, bunlar değerlendirme kapsamı içindedir ve aşağıda belirtilen isteklere uygun olacaktır. Orta gerilim donanımı kule ve kaporta dışında yer alıyorsa, değerlendirme kapsamı içine dahil değildir.

1.2 Orta gerilim donanımı IEC 60298 (1990-12)'ye uygun olacaktır.

2. Koruyucu Önlemler

2.1 Yabancı maddeler ve suya karşı gerekli korumadan ayrı olarak, elektrik çarpması ve dahili kıvılcımlardan insanların yaralanma riski önlenecektir.

2.2 Orta gerilim donanımı, IEC 60298, Appendix AA6'ya göre dahili kıvılcım testine tabi tutulacaktır. Burada kriter $1 \div 6$ 'ya uyulacaktır. Donanım kullanıma öncesinde bulunduğu mahalde izole edilmişse, bu test yapılmayabilir.

2.3 Bunun doğrulaması, orta gerilim donanımı üreticisinin ilgili dokümanları ile sağlanacaktır.

3. Basınç Boşaltımı

3.1 Eğer tablo içindeki dahili kıvılcımlardan kaynaklanan gaz basıncı, basınç boşaltma flapları vasıtasıyla gideriliyorsa, tesis mahalli tablo üreticisi tarafından belirtilen şekilde olacak ve yeterli hacme sahip olacaktır. Mahal içinde oluşan aşırı basıncın fizyolojik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasını sağlayan önlemler alınacaktır. montaj mahalli dizaynında bu aşırı basınç dikkate alınacaktır.

3.2 Eğer tablo, dahili kıvılcımlardan kaynaklanan gaz basıncı aşağıya doğru boşaltılacak (veya sadece aşağıya doğru) şekilde dizayn edilmişse, zemin bu basınca karşı koyabilecek tarzda yapılacaktır. Dahili kıvılcım gazlarının genişmesi için, zemin altında yeterli hacimde mahal olmasına dikkat edilecektir.

3.3 Tehlikeli alanlarda, yanıcı malzemeler ve düşük gerilim kablolarına izin verilmez.

3.4 Donanımın doğrulaması uygun dokümanlarla sağlanacaktır.

4. SF 6 Açma Kapama Donanımı

SF 6 açma kapama donanımı sadece yeterince havalandırılan mahallere konulabilir.

Not :

SF6'nın havadan ağır olduğu ve dahili kıvılcımdan oluşan gazların zehirli ve korozyif etkisi olduğu dikkate alınacaktır.

5. Orta Gerilim Kabloları

5.1 IEC 60183:1984 dikkate alınmalıdır.

5.2 Orta gerilim kabloları için, mümkün olduğunca, Bölüm 8, H'de dikkate alınmalıdır.

5.3 Kuleden geçen orta gerilim kabloları, aşağıda belirtilenlerden dolayı kablolarda hasar oluşmayacak şekilde döşenmelidir :

- Kablo ile titreşen kule veya temel arasında sürtünme,
- Çok küçük eğrilik yarıçapı,
- Çekme kuvvetleri,
- Sıkışma,
- Deniz suyu,
- Su yüzeyinin üstünde veya altındaki hayvanlar veya artıkları,

- Çok küçük borular veya su altı kablolarının, deniz seviyesi üzerinde havada devam etmesinden kaynaklanan ısı.

F. Şarj Donanımı ve Akümülatörler

1. Genel

Şarj donanımı ve akümülatörler, küçük açık deniz rüzgar türbinlerinde enerji depolanması için veya emniyet sistemlerinin emercensi beslemesi için kullanılır.

2. Şarj Donanımı

2.1 Akü şarj donanımı, açık deniz rüzgar türbinlerinden gelen düzensiz enerji beslemesini ve olası gerilim ve frekans saptamalarını karşılayabilecektir.

2.2 Akümülatörlerin aşırı şarjı regülatörle veya gerekirse, devreye alınabilen sönümlleme yükleri ile önleneciktir.

2.3 Eğer tüketiciler, şarj işlemi devam ederken besleniyorsa, maksimum şarj gerilimi, akümülatörün nominal geriliminin %20'sini aşmayacaktır.

2.4 Akümülatör şarj donanımı, hızlı şarj sırasında dahi, hücre başına izin verilen gerilim aşılmayacak şekilde dizayn edilecek ve ayarlanacaktır.

2.5 Şarj donanımının gerek giriş ve gerek çıkış tarafında kendi kısa devre ve aşırı akım koruma donanımı bulunacak ve çalışmasını izleyen bir sisteme sahip olacaktır.

3. Akümülatörler

3.1 Açık deniz rüzgar türbinlerine konulan akümülatörler, yeterli sayıda şarj / deşarj çevrimine uygun olmalıdır.

3.2 Akümülatör muhafazaları elektrolitlere, mineral yağlama ve temizleme maddeleri ile deniz atmosferinin korozyonuna dayanıklı olacaktır.

3.3 VDE 0510 serisine ve eşdeğer uluslararası kodlara bakınız.

4. Akümülatörlerin Yerleşimi ve Çalışması

4.1 Akümülatörler iyi havalandırılan odalara, dolaplara veya kutulara yerleştirilecektir.

4.2 DIN VDE 0510'da akümülatörlerle ilgili olarak yer alan VDE kuralları veya eşdeğer kurallar dikkate alınacaktır.

4.3 Akümülatörler; hücrelerin değişimi, muayene, seviye tamamlama ve temizlik için kolayca ulaşılabilecek şekilde yerleştirilecektir.

4.4 Kurşun-asitli akümülatörler ve alkalın akümülatörler aynı odaya yerleştirilmeyecek ve ayrıca, ayrı havalandırma sistemleri sağlanacaktır.

4.5 Akümülatörler, damlayan suya, kirlenmeye ve düşen parçalara karşı etkin olarak korunacak şekilde yerleştirilecek veya muhafaza altına alınacaktır.

4.6 Akümülatör odaları girişinde ve akümülatör kutuları üzerinde patlama riskini gösterir ikaz işaretleri bulunacaktır. Bu odaların ve kutuların havalandırma giriş ve çıkışlarının 0,5 m. yarıçapı civarı içinde patlama riski olduğuna dikkat çekilmelidir.

4.7 Akümülatörler devreye alınmadan veya devre dışına çıkmadan önce, kıvılcımları önlemek üzere, devreler kapatılacaktır.

4.8 Göbeğe yerleştirilen akümülatörler, döner hareketten kaynaklanan özel isteklere uygun olacaktır.

G. Açma - Kapama ve Koruma Donanımı

1. Genel

1.1 Elektrik donanımının tüm bileşenleri aşırı yüke ve kısa devreye karşı korunacaktır. Eğer aşırı akım veya kısa devre oluşursa, koruma donanımı güvenilir şekilde devreye girecek ve açık deniz rüzgar türbininin bileşenlerinin termal veya elektrodinamik aşırı yüklenmesini önleyecektir. Kullanılan cihazlar, IEC 60947 (2001-12)'ye uygun olacaktır.

1.2 Koruma donanımı ve açma - kapama donanımı, açılmadan sonra, bir devre kesici vasıtasıyla veya sigortanın değişiminden sonra yeniden devreye girme mümkün olmalıdır.

1.3 Anahtarların on / off durumu ayırt edilebilir olacaktır. Basmalı düğmelerde, devrelerin kapama durumu göstermek üzere gösterge lambaları veya eşdeğerleri sağlanacaktır.

2. Kısa Devre ve Aşırı Yük Koruma Düzenleri

2.1 Kısa devre koruması için kullanılan her devre kesicinin nominal açma kapasitesi, tesis noktasındaki olası maksimum kısa devre akımından az olmayacaktır.

2.2 Devre kesicinin nominal kapama kapasitesi, tesis noktasında oluşabilecek maksimum asimetrik kısa devre akımından az olmayacaktır.

2.3 Açma - kapama donanımının kapama ve açma kapasitesi üretici tarafından belirtilecek ve değerlendirme dokümanında yer alacaktır.

2.4 Öngörülen maksimum kısa devre akımı için yetersiz kapama ve açma kapasiteli donanım, yeterli açma kapasiteli destekleme sigortaları ile birlikte kullanılabilir.

2.5 Topraklanmamış, iki fazlı DC ve AC devrelerde, aşırı yük koruması asgari bir iletken için sağlanacaktır.

2.6 Topraklanmamış üç fazlı, dengeli yüklenmiş sistemlerde aşırı yük koruması en az iki iletkenle bulunacaktır.

2.7 Akümülatör sistemleri, her topraklanmamış iletkenle, kısa devre ve aşırı yük koruması ile teçhiz edilecektir. Kısa devre koruması, akümülatöre yakın olarak yerleştirilecektir.

2.8 Aşırı yük ve kısa devre koruma düzenlerinin seçiminde, kabloda veya devredeki nominal akımlar ve tesisin ilgili noktalarındaki olası kısa devre akımları esas alınacaktır.

Not :

Şehir şebeke beslemesi ile paralel çalışması öngörülen tesislerde, kısa devre durumları, şebeke operatörü ile anlaşarak analiz edilecektir.

2.9 Nominal gücü 1 kW'dan büyük olan yardımcı tahrik sistemi motorları için uygun aşırı akım koruması önerilir. Korunacak motorun işlevine bağlı olarak, bu amaçla bimetall röleler, termistörler veya kesme düzenli diğer sıcaklık sensörleri kullanılabilir.

Not :

Elektrik donanımının çalışması ve korunması için, güç devreleri için aşağıdaki konfigürasyonlar sağlanabilir :

- *Entegre kısa devre ve aşırı yük koruması ile birlikte devre kesici veya motor koruma şalteri,*
- *Yük şalteri ile birlikte sigortalar,*
- *Sigorta şalter – kesicileri,*
- *Kontaktörlerle birlikte sigortalar,*
- *Kontaktörlerle birlikte devre kesici ve / veya motor koruma şalteri,*
- *Devre kesici / kontaktör kombinasyonu.*

3. Kontrol Devreleri

3.1 Kontrol devreleri, genelde maksimum 10 A'e kadar ayrı kısa devre koruyucusu ile teçhiz edilecektir. Eğer ortak destekleme sigortası maksimum 10 A'e kadar ise, kontrol ve yük devrelerinin ortak sigorta ile korunmasına izin verilir.

3.2 Eğer kontrol devrelerindeki kontaklar, daha küçük akımlara göre dizayn edilirse, destekleme sigortaları izin verilen akım değerlerine karşılık gelecektir.

4. Ölçme ve Gösterge Devreleri

4.1 Ölçme ve gösterge cihazlarının, kısa devrelere karşı ayrı sigortalarla korunacak olan, kendi devreleri bulunacaktır.

4.2 Gösterge ve kontrol lambaları için, bir gösterge lambasındaki kısa devre, tüm sistemi etkilemeyecek şekilde seri bağlı ayrı sigortalar önerilir. Kısa devre emniyetli transformatörlü gösterge lambalarının kullanıldığı hallerde veya çalışma geriliminin 30 V'un altında olduğu hallerde, bu istekten sapmaya izin verilir.

5. Toprak Arızası Algılaması ve İzlenmesi

Şehir şebekesinden bağımsız topraklanmamış sistemler için, sistemin izolasyon değerini gösteren veya değerlerin kontrolünü sağlayan bir toprak arızası dedektörü veya monitörü önerilir.

6. Açma - Kapama Donanımının Dizaynı ve Seçimi

6.1 Açma - kapama donanımı IEC 60947 (2001-12)'ye uygun olacaktır. Yeterli açma kapasitesi sağlanacaktır.

6.2 Yük şalterleri, asgari olarak, destekleme sigortasının nominal akımına göre seçilecektir.

6.3 Baraların seçimi ve klerensler ve atlama mesafelerinin dizaynı için IEC 60439 (1999-09)'a ve IEC 60664 (2002-06)'ya bakınız.

7. Alçak Gerilim Tabloları ve Dolapları

7.1 Tablolara ve dolaplara yerleştirilen tüm ünitelere bakım, onarım ve değiştirme için kolayca ulaşılabilecektir.

7.2 Terminaller ve terminal mahalleri uygun şekilde boyutlandırılacaktır. Terminaller, akım taşıyan parçalardan, emniyetli çalışma koşulları garanti edilecek şekilde yeterince aralıktaki yer alacaktır.

7.3 Tabloların veya dolapların kapaklarındaki gerilimi 50 V'un üzerinde olan akım taşıyan üniteler, kaza ile temasa karşı korunacaktır.

7.4 Tüm devreler ve bağlantılar, titreşim gerilmelerine karşı emniyete alınacaktır. M4'e kadar olan küçük vidalar, vernik ile kilitlenebilir.

7.5 Tüm devreler ve izoleli akım taşıyan bileşenler, aşınma veya kesilmeye karşı izolasyon vasıtasıyla korunacaktır. Bu husus özellikle keskin kenarlı kanallara ve köşelere uygulanır.

7.6 Topraklama terminalleri veya çubukları vasıtasıyla, koruyucu topraklama sağlanacaktır. Topraklama terminalleri belirgin şekilde işaretlenecektir.

7.7 İletkenlerin sıkışmasını önlemek için, terminallerde arkalık levhası olacak veya iletkenlere koruyucu manson veya teller için eşdeğer koruyucular konulacaktır.

7.8 Giren ve çıkan tüm kablo ve devrelerin, terminallerde etiketlenmesi tavsiye edilir.

7.9 Tüm donanım, cihazlar ve işletim elemanları, ilgili devre diyagramlarına göre sabit olarak etiketlenecektir.

7.10 Sigortaların nominal akım değerleri belirtilecektir. Ayarlanabilir koruyucu donanımın ayar değerleri, devre diyagramlarında belirtilecek ve cihaz üzerine işaretlenecektir.

7.11 Sistemde akım olup olmadığını göstermek için, gösterge lambaları, ölçüm cihazları veya eşdeğer göstergeler bulunacaktır. Gerekli gösterge sayısı sistemin tipine bağlıdır.

8. Düzgün Bağlantı için Senkronize Donanımı

Şehir şebekesi ile paralel çalışan açık deniz rüzgar türbinlerinde, şebekeye düzgün bağlantıyı sağlamak üzere, senkronizasyon veya düzgün-bağlantı donanımı bulunacaktır. Şebeke operatörü tarafından istenilen özel istekler dikkate alınacaktır.

9. Emniyet Sistemindeki Elektrik / Elektronik Bileşenler

Bölüm 2, B.2.2'ye göre emniyet sistemindeki elektrik ve elektronik bileşenlerin seçimi ve uygulaması, Bölüm 2, A.2'deki hata değerlendirmesi sonuçlarına uygun olacaktır. Mümkün olduğu kadar, birkaç farklı gerilim veya kontrol düzeyi dahil edilmeden, emniyet sisteminin kesin yapısı elde edilecektir. Emniyet sisteminde sadece arıza güvenli bileşenlerin kullanılacağı kabul edilecektir.

10. Kontrol Sistemlerinin Emniyetle İlgili Kısımlarına ait Devreler

Kontrol sistemlerinin emniyetle ilgili kısımlarına ait devreler EN 954-1'de belirtilen kategorilere göre yapılacaktır. Her durumda, kategorinin belirlenmesi için kullanılan analiz, doğrulama kontrolü için verilecektir.

H. Kablolar ve Elektrik Tesisatı Donanımı

1. Kablo ve İletkenlerin Seçimi

1.1 Kablolar ve iletkenler, aşağıda belirtilen IEC yayınlarına veya eşdeğerlerine uygun olacaktır :

- IEC 60227 (1998-03)
- IEC 60502 (1998-11)
- IEC 60228 (1993-01)

1.2 Malzemeleri ve yapıları eşdeğer standartlara uygun olan uygulamaya uygunluklarının doğrulanması sağlanan diğer kablo ve iletkenler de onaylanabilir.

1.3 Kablolar ve iletkenler, sahadaki ortam koşullarına göre seçilecektir.

Not :

Açıkta yer alan kablo ve iletkenlerde, UV direnci sağlanacaktır. Arttırılmış çekme gerilmesi, işletimsel olarak gereken hareketlilik ve arttırılmış mekanik hasar riski gibi, olağandışı mekanik istekler dikkate alınacaktır.

1.4 Kablo ve iletkenlerin nominal gerilimi, ilgili devrenin nominal çalışma geriliminden daha az olamaz. Değişken gerilimli devrelerde, çalışma arasında oluşan maksimum gerilim belirleyicidir.

1.5 Arttırılmış hareket kabiliyeti isteğine bakılmaksızın, genelde birkaç veya çoklu iletkenli kablo ve devreler tavsiye edilir.

1.6 Teknik dokümanlarda, standart gösterimleri ile birlikte, kullanılan kablo ve / veya iletkenler belirtilecektir. Ayrıca, iletken kesitleri ve nominal akımlar da belirtilecektir.

2. Kablo ve İletkenlerin, Yük Taşıma Kapasitesi, Korunması ve Donatımı

2.1 Kablolar ve iletkenler kısa devrelere ve aşırı akıma karşı korunacaktır. Eğer donanımın devresinde aşırı akım koruması varsa, kısa devre koruması ilave edilecektir. Bu, tesis noktasındaki kısa devre yüklerine göre dizayn edilecektir.

2.2 Devrelerin dizaynı için IEC 60287 (2001-11) kullanılacaktır.

2.3 Kablo ve iletkenlerin kesitlerinin belirlenmesi için, bağlı bulunan elektrik ünitelerinin görevleri dikkate alınarak, çalışma sırasında tüketici ihtiyacına karşılık gelen, öngörülen yükler dikkate alınacaktır. jeneratörün ve tüketicilerin akımı olarak, etiket değerleri esas alınacaktır.

2.4 Kendi ışırtı akım ve kısa devre koruması olan her devrenin genelde ayrı kablosu olacaktır. Ortak bir kablo veya iletken sistemi altında devrelerin toplanması IEC 60364-5-52 (2001-8)'e veya eşdeğer standartlara göre yapılabilir.

2.5 Koruyucu alçak gerilimli devreler için, IEC 60364-4-41 (2001-08) veya eşdeğer standartlar dikkate alınacaktır.

2.6 AC ve trifaze sistemlerde tercihen çok damarlı kablolar veya iletkenler kullanılacaktır. Eğer tek damarlı kablolama yapılmışsa, aşağıdaki hususlar dikkate alınacaktır :

- Kablolar manyetik malzeme ve kılıflanmayacak veya zırhlanmayacaktır,
- Manyetik olmayan kelepçeler kullanılacaktır,
- Aynı devreye ait kablolar birbirine yakın ve aynı muhafaza veya kanal içine döşenecektir.
- Tek-damarlı paralel kablolar aynı tipte, uzunlukta ve kesitte olacaktır.

2.7 Çalışma sırasında bükülmeye maruz kablolar ve iletkenler için, izin verilen sınırların geçilmesine karşı koruyan bir kontrol cihazı sağlanacaktır. Çalışması

yönünden, cihaz, nötr durumu tekrar ayarlama mümkün olacak şekilde dizayn edilecektir (Bölüm 2, C.2.11'e bakınız).

2.8 Kablolar ve iletkenler, kabul edilemez çekme, bükme, basma veya ezilme gerilmeleri oluşmayacak şekilde emniyete alınacaktır. Dış tesisatlarda, korozyona dayanıklı veya sürekli olarak korozyondan korumalı klipsler veya bağlantı elemanları kullanılacaktır.

2.9 Eğer kablolar veya iletkenler metal borulara veya kanallara döşeniyorsa, bunlar etkin şekilde topraklanacaktır.

2.10 Boruların iç kısımları düzgün olacak ve uçları kablo kılıfına hasar vermeyecek şekilde korunacaktır.

2.11 Kural olarak, borulara, kesitlerinin %40'ından fazla kablo konulmayacaktır. Kabloların zorlanma olmaksızın çekilebildiği ve kabloların aşırı ısınmasının söz konusu olmadığı hallerde, bu kuraldan sapmalara izin verilir. Doldurma faktörü hiçbir zaman %60'ı geçmemelidir.

2.12 Mekanik hasarlanma riski varsa, kablolar ve iletkenler muhafazalarla etkin şekilde korunacaktır.

2.13 Açık kabloların gerilme giderme düzenleri, korozyona karşı sürekli olarak korunacaktır.

2.14 Asılı kablolar hasara ve kablo kılıfının uygun olmayan yapısına karşı uygun şekilde korunacaktır.

2.15 İlave gerilme giderimi olmaksızın serbestçe asılı kablolar için, kullanılan kablo tipinin uygunluğu doğrulanacaktır.

Bu bağlamda buz yükü olasılığı dikkate alınacaktır.

2.16 Metal kablo kılıfları, zırhları ve ekranları, her iki ucundan rüzgar türbininin metal yapısına topraklanacaktır. Elektronik sistemlerdeki kablo ve iletkenlerde, tek taraflı topraklama kabul edilir. Her bağlantı kutusunda ve dağıtım kutusunda, metal kablo kılıflarının devamlı bağlantısı sağlanacaktır.

3. Yedek Güç Beslemesi

3.1 Eğer Bölüm 2, A.1.1 m.'ye göre yedek güç beslemesi seçilmiş ise, madde 3.2 ÷ 3.7'deki isteklerin dikkate alınması gereklidir.

3.2 Güç beslemesi; gerekli start veya hücum akımlarını ve gereken enerji tüketimini beslemeyebilecek tarzda hesaplanmalıdır. Bu güç tüketimi tablosunda dokümanite edilecektir (Bölüm 8, A.7'ye bakınız).

3.3 Madde 3.2'deki isteklerin elde edilmesi için gerekli olduğu takdirde güç tüketimi yönetimi uygulanacaktır. Bu yönetime göre, güç tüketimi tablosunda, aynı andaki güç tüketimleri belirtilecektir.

3.4 Yedek güç beslemesinin yakıt depolaması, uygun bir yerde yapılmalıdır.

3.5 Yakıt deposunun ölçüleri; Bölüm 2, A.1.1 m.'de seçilen kavram ile birlikte, madde 3.2 ÷ 3.4'deki verilen isteklerin karşılanacak şekilde boyutlandırılacaktır.

3.6 Değerlendirme dokümanlarında; seçilen yedek güç besleme sisteminin tank ölçüleri ve yakıt tüketim hesapları yer alacaktır.

3.7 Yakıt düzeyi izlenmeli ve alarm düzeyleri tanımlanmalıdır.

Not :

Şebeke kaybı ve pervanenin uzaktan kumanda ile kilitli olmaması sırasında dişlilerin hasarlanmasını önlemek için, hızlı şaft freni işlevi ve kontrolü için enerji gereksinimi dikkate alınacaktır.

I. Yıldırımdan Korunma

1. Genel

1.1 Buradaki esaslara göre, yıldırımdan korunma önlemleri alınacak, ayrıca ilave ulusal istekler varsa, bunlar da dikkate alınacaktır. Aşağıda belirtilen standartlar, teknik spesifikasyonlar ve teknik raporlar, son versiyonları ile birlikte dikkate alınacaktır :

- IEC 61024-1 (1990-04)

- IEC 61024-1-1 (1993-09)

- IEC 61312-1 (1995-03)

- IEC TS 61312-2 (1999-08)

- IEC TS 61312-3 (2000-07)

- IEC TS 61312-4 (1998-09)

- IEC TR 61400-24 (2002-07)

1.2 Şebeke operatörünün ilave istekleri dikkate alınacaktır.

2. Koruma Kavramı

2.1 İstekler

Açık deniz rüzgar türbinlerinde karşılaşılan problemler standartlarda henüz yer almadığından, bunlar gerekli değişiklikler ile uygulanacaktır. Yıldırımdan korunma önlemleri, EMC / yıldırımdan korunma bölgesi kavramına göre uygulanacaktır. Bunun anlamı, koruma düzeyinin belirlenmesinden sonra, tüm açık deniz rüzgar türbininin, ilgili isteklerin elde edileceği koruma bölgelerine ayrılması gerektiğidir.

2.2 Koruma düzeylerinin tanımı

Standartları uygulamak suretiyle, yapı için gerekli olan koruma donanımının belirleneceği koruma düzeyi tespit edilebilir. Açık deniz için koruma düzeyi aşağıdaki asgari koruma düzeyleri gereklidir:

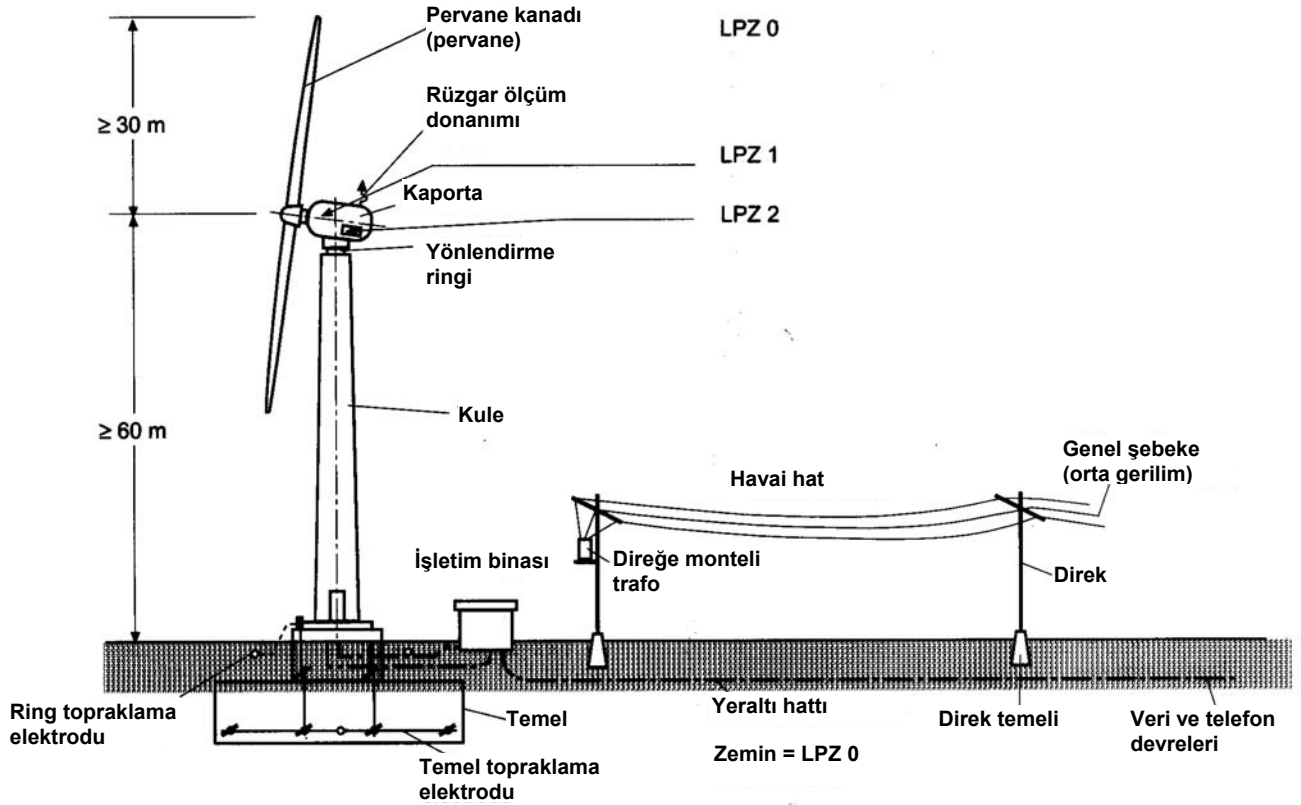
Koruma düzeyi I

2.3 Koruma bölgelerinin tanımı

2.3.1 Bölgelerin tanımı standartlarda verilmiştir. Bir koruma bölgesinin görevi, elektromanyetik alanın ve emisyon bozulmalarının öngörülen değerlere düşürülmesidir. Bir koruma bölgesine geçiş ile ilgili istekler, daha yüksek bir koruma bölgesinde yer alan donanımın gürültü dayanımına bağlıdır. Korunacak donanıma geçiş tek bir bölge birleşimiyle veya alternatif olarak iki birleşimle sağlanabilir.

2.3.2 LPZ 0_A ve LPZ 0_B yıldırımdan koruma bölgeleri, aşağıda belirtilenleri içerir (Şekil 8.1'e bakınız) :

- Pervane göbeği ve iç elemanlar (sensörler, aküatörler, vb.) dahil pervane kanatları,
- Kaporta kapağının dış kısımları,
- Metal muhafaza yoksa, kaporta içindeki tüm donanım (jeneratör, yardımcı tahrik sistemleri, kablolar, sensörler), metal şalter kutularının dış kısımları, metalik olmayan şalter kutularının iç kısımları,
- Rüzgar ölçüm donanımının sensörleri,
- Standartlara göre takviye bağlantıları ile teçhiz edilmeyen beton kuleler veya metal olmayan kuleler,
- Koruma önlemleri bulunmayan işletim binaları ve transformatör istasyonlarının iç kısımları,
- Koruma önlemleri bulunmuyorsa, açık deniz rüzgar türbini ile işletim binaları veya transformatör istasyonları arasındaki toprak veya havai hatlardaki kablo bağlantıları.



Şekil 8.1 Yıldırımdan koruma bölgesi (LPZ) bir açık deniz rüzgar türbininin şematik diyagramı

2.3.3 LPZ 1 yıldırımdan koruma bölgesi, aşağıda belirtilenleri içerir (Şekil 8.1'e bakınız) :

- Etkin yıldırım iletimi ve koruma önlemleri alınması koşuluyla, pervane göbeği dahil, pervane kanatlarının iç kısımları (sensörler, aktuatörler, vb.),
- İlgili yıldırım iletimi önlemleri ile birlikte, tamamen metal kaplı kaportaların iç kısımları,
- Uygun bir yöntemle eşpotansiyel bağ sistemine bağlı iseler, tüm metal kaplı donanımın iç kısımları,
- Ağ kılıfların veya metal boruların her iki taraftan eşpotansiyel bağa bağlandığı hallerde, kılıflı kablolar veya metal boru içine döşeli kablolar,
- Yıldırım çubukları ve uygun iletkenli olduğu takdirde rüzgar ölçüm donanımı sensörleri,
- Donatıları ilgili standartlara göre dizayn edilen ve temel topraklama elektroduna bağlı olan beton kuleler ve metal kulelerin iç kısımları,

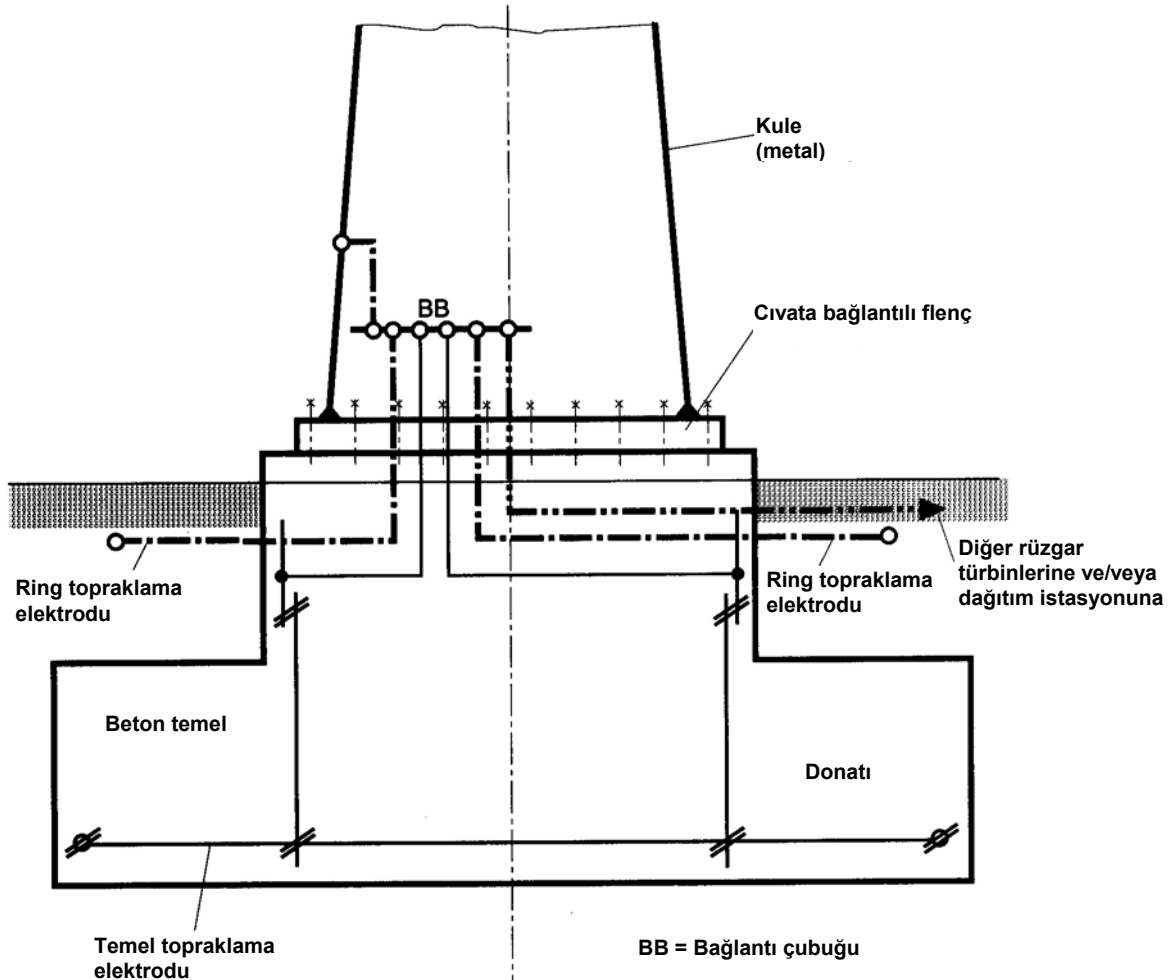
- İnce çelik levhalarla kaplı veya koruma önlemlerine sahip işletim binaları ve transformatör istasyonlarının iç kısımları (temel veya ring topraklama elektrodlu, her tarafta takviye, metal kapılar ve tel kafesli pencereler).

2.3.4 LPZ 2 yıldırımdan koruma bölgesi, girişim etkilerinde ilave azaltımlar yapılması için ilave koruma önlemleri alınması durumunda LPZ 1 bölgesindeki donanımı içerir.

3. Önlemlerin Uygulanması

3.1 Kule için temel topraklama elektrodu

3.1.1 Temel topraklama elektrodunun (Şekil 8.2'ye bakınız) dizayn IEC 61024-1'e uygun olacaktır. Temelin donatıları ve mevcut kazıkları bağlantı çubuğuna ikili olarak yönlendirilecektir. Ancak, betona gömülü ön gerilmeli temel cıvataları kullanılan kulelerde, bu elemanların topraklama amacıyla kullanılamayacağına dikkat edilmelidir.



Şekil 8.2 Eşpotansiyel bağlantı çubuğunun temel topraklama elektroduna bağlanması

3.1.2 Temel topraklama elektrodundan, kulenin çelik yapısının 3 m. lik taban çapına kadar, en az iki noktada ve daha büyük çaplar için en az üç noktada bağlantı yapılacaktır.

3.1.3 Yerleşim yerine ve zemin özelliklerine bağlı olarak, gerektiğinde ring topraklama elektrodunu bağlamak için veya mevcut topraklama düzenlerine bağlantı yapmak için, temel topraklama elektrodu uzatılabilir olacaktır. Şekil 8.3'e bakınız.

3.1.4 Topraklama terminalinin direnci $\leq 10 \Omega$ olacaktır.

3.1.5 Temel (donatı) ve / veya ring topraklama elektrodundan bir terminal kolu kule içine yönlendirilecek ve uygun şekilde işaretli bağ çubuğuna bağlanacaktır. (Şekil 8.2).

3.1.6 Temel topraklama elektrodu veya beton donatısından havaya olan tüm çıkışlar izoleli kablolarla yapılacaktır.

3.1.7 Eğer donatı yüksek derecede iletken bir bağlantıya sahipse ve bağ çubuğuna iki noktadan bağlı ise, ilave temel topraklama elektrodundan vazgeçilebilir.

3.2 Kulenin dizaynı

3.2.1 Çelik kuleler, kafes direkler ve donatılı beton kuleler, yıldırımdan korunma önlemleri bakımından özellikle uygundur. Bu tip kuleler önceden hazırlanan temel üzerine monte edilirler (3.1'de belirtilen şekilde). Bu suretle, yönlendirme ringine kadar, kulenin sürekli topraklanması ve korunması sağlanır. Ancak, LPZ1 koruma bölgesi, sadece kapalı çelik kulelerle ve donatılı beton kulelerle sağlanır. Kafes direkler, sadece yapının iç kısmında LPZ 0_B koruma bölgesini sağlar.

3.2.2 Donatılı beton yapılar için, üretim sırasında donatının mümkün olan en çok noktada özel kelepçelerle, galvanik olarak bağlanmasının sağlanması ve bir ya da birden fazla topraklama referans noktası ile kulenin içine yönlendirilmesi gereklidir. Ayrıca, metal bağlantı flençleri (temel için dipte ve yönlendirme ringi üstte) donatıya bağlanacaktır. Eğer bu bağlantılar sağlınırsa, kulenin iç kısmı LPZ 1 koruma bölgesi olarak kabul edilir.

3.3 Yönlendirme yatağındaki bağlantı

Kule vasıtasıyla temel topraklama elektrodundan makina temeline kadar sürekli bir topraklama bağlantısı elde etmek için, düşük - endüktanslı yüksek ileticiliğe sahip bir bağlantı sağlanacaktır. Yönlendirme aralığı içinde gerekli kablo boyu nedeniyle kablo bağlantıları uygun değildir, zira yüksek frekanslı yıldırım akımı vasıtasıyla kule ve makina temeli arasında yüksek bir gerilim farkı oluşabilir. Aşağıda belirtilenler, uygun bir önlem olarak kabul edilebilir.

- Yıldırım akımlarını toplayabilecek, uygun bir metalik temas pabuçlu slip ringler (bunlar yönlendirme ringinin iç kısmında da düzenlenebilir),
- Yıldırım akımlarını iletebilecek yataklar,
- Kıvılcım boşlukları.

3.4 Makina temelinin topraklama sistemine bağlanması

Normalde, makina temeli topraklama sistemine, yönlendirme ringinin cıvatalı bağlantıları vasıtasıyla yeterli şekilde bağlanır. Ancak, makina temeli, yönlendirme ringine esnek sönümlleme elemanları vasıtasıyla bağlanıyorsa, tüm sönümlleme elemanları yeterli kesitteki yassı bakır şeritlerle köprülenecektir.

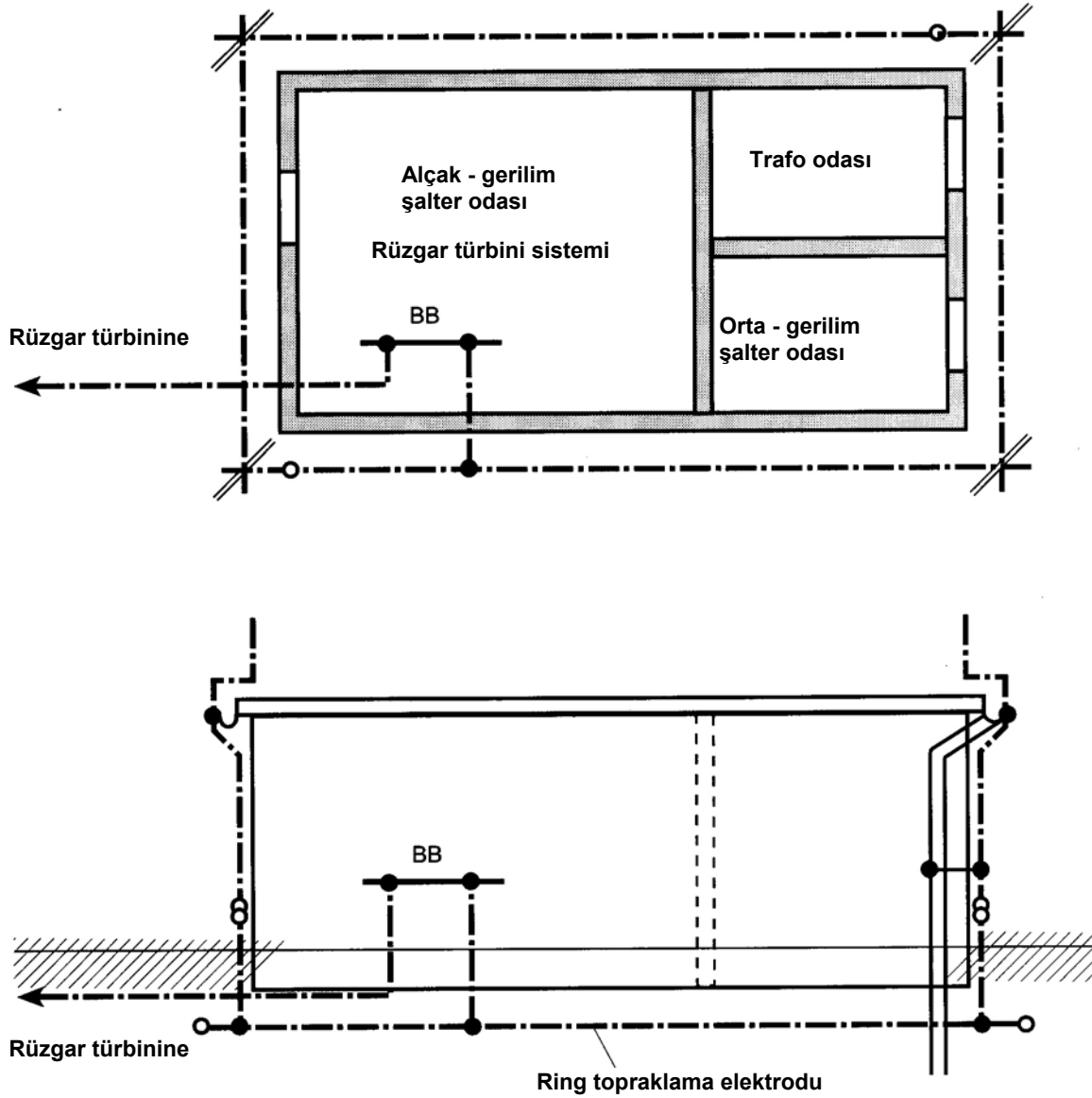
3.5 Jeneratör ve dişli kutusunun topraklama sistemine bağlanması

Normalde, jeneratör ve dişli kutusunun topraklama sistemine, makina temelinin bağlantı cıvataları vasıtasıyla yeterli şekilde bağlanır. Ancak, dişli kutusu ve / veya jeneratör, makina temeline esnek sönümlleme elemanları vasıtasıyla bağlanıyorsa, tüm sönümlleme elemanları yeterli kesitteki yassı bakır şeritlerle köprülenecektir.

3.6 Kaportadaki diğer bileşenlerin bağlanması

Elektrik bileşenleri içeren tüm parçalar (aküatörler, açma kapama elemanları, metal limit sviçler, vb.) yapıları vasıtasıyla güvenilir olarak bağlanmamışsa, galvanik olarak birbirine ve makina temeline bağlanacaktır. Bu amaca en uygun yöntem, makina temeline galvanik olarak irtibatlı bağ çubuğudur.

Bağlama iletkenleri mümkün olduğunca kısa tutulacak ve en az 10 mm²'lik bakır kesitine sahip olacaktır.



Şekil 8.3 Eşpotansiyel bağın ayrı bir istasyondan bağlantısı

3.7 Kaportanın metal muhafazaları

Eğer metal muhafaza kullanılırsa, bunlar eş potansiyel bağlantıya dahil edilecektir. Bu, çeşitli noktalarda makina temeline bağlı çelik bir şeritle yapılacaktır. Menteşeler, mümkün olduğunca geniş bir alanla, esnek bakır şeritlerle köprülenecektir.

3.8 Kaportanın metal olmayan muhafazaları

Eğer metal olmayan muhafaza kullanılırsa, bunlara yıldırım çubukları ve ilgili dış iletkenler konulacak ve

makina temeline bağlanacaktır. Yıldırım çubuklarının ve iletkenlerin yükseklik ve adedi kaporta muhafazası boyutlarına bağlı olup, her durumda ayrı ayrı kararlaştırılacaktır. Yıldırım çubuklarının yüksekliğinin belirlenmesinde, yıldırım çubuğunun, tüm kaportayı kaplaması gereken maksimum 45°'lik koruyucu bir koni sağlayacağı kabul edilecektir.

3.9 Pervane kanatlarındaki yıldırım koruması

3.9.1 İletken ve iletken olmayan malzeme içerip içermediklerine bakılmaksızın, elyaf takviyeli plastik veya

ahşaptan yapılan tüm pervane kanatları için yıldırım koruması zorunludur. Alüminyum veya demir malzemelerden yapılan pervane kanatlarında ayrı bir yıldırım koruması gerekli değildir.

3.9.2 Yıldırım koruması sistemi; asgari olarak (belirlenmiş) yıldırım çarpma alanları (reseptörler) ve bunlara ait indirme iletkenlerini içerecektir.

3.9.3 Yıldırımdan korunma sistemlerinin yapımına ait örnekler, IEC 61400-24'de verilmiştir. Yıldırımdan korunma sisteminin seçiminde, pervane kanatlarının dizaynı ve üretim için öngörülen malzemeler dikkate alınmalıdır.

Not :

Yıldırım düşmesi sonrası gerekli onarımın yapılabilirliği de dikkate alınacaktır.

Özellikle, yıldırım iletkeni olarak ağ kullanıldığında onarım oldukça zorlaşır.

3.9.4 Reseptörlerin dizaynı ve adedi her durumda tanımlanacaktır. Bunlar, pervane kanadı ölçüleri ve kullanılan malzemelere bağlıdır. 20 m. den uzun pervane kanatları için çoklu reseptörler sağlanmalıdır.

3.9.5 Pervane kanatlarında, koruma düzeyi I için, yıldırım akımı göbek veya kaporta muhafazası vasıtasıyla emniyetli iletelebilecek şekilde indirme iletkenleri bulunacaktır.

İndirme iletkenlerinin dizaynı, tercihen yıldırım akımı nedeniyle pervane kanatlarında hasar oluşmayacak şekilde yapılacaktır. İndirme iletkenleri, mümkünse, tek parçada yapılacaktır. Eğer eklentilerden kaçınılamıyorsa, bunlar uzun süreli çalışmada dahi (örneğin; korozyon etkisi) iletkenlikte azalma oluşmayacak şekilde yapılacaktır. İndirme iletkenleri düz doğrultuda olmalıdır. 30°'den fazla eğimli ve 1 m. den küçük yarıçaplı yön değişimlerinden kaçınılmalıdır.

3.9.6 İndirme iletkenlerinin kesit alanı, tüm uzunlukları boyunca, en az aşağıdaki şekilde olmalıdır :

- Bakır veya alüminyum alaşımlı iletkenler için : en az 50 mm²

- Çelik şerit iletkenler için : en az 60 mm²

- Çelik yuvarlak iletkenler için : en az 78 mm²

- Ayrıca, indirme iletkenleri ve bunlar pervane kanatlarındaki bağlantılarının dizaynında, pervane kanadında izin verilen sıcaklıkların aşılmasına dikkat edilecektir.

3.9.7 İletken işlevinin bir kısmının, pervane kanadının bir bileşen tarafından üstlenildiği hallerde (örneğin; uç freni şaftı ile) bileşenin kesit alanı ile elektriksel iletkenliğinin çarpımı, en az, iletken düzeninin geri kalan kısmına uygun olmalıdır.

3.9.8 İletken malzemeden yapılan pervane kanatlarında veya pervane kanatlarında iletken malzemeler kullanıldığında, bunların yıldırımdan korunma sistemine bağlı olduğu ve belirlenen reseptörlerin işlevlerinin garanti edildiği dikkate alınmalıdır.

3.9.9 Her ne kadar, yıldırımdan korunma sistemleri, pervane kanatlarının mukavemet özellikleri ile ilgili olmasa dahi yıldırımdan korunma sistemlerinin bileşenleri, aşırı ve yorulma yüklerinin oluşması yönünden kontrol edilecektir. İlgili emniyet ve azatlım faktörleri dikkate alınarak, yıldırımdan korunma sisteminin işlevine etki eden kusurlar oluşmamalıdır.

J. Açık Deniz Şebeke Donanımı

1. Genel

1.1 Açık deniz rüzgar türbinleri, genelde, büyük rüzgar çiftliklerine monte edilecektir. Bu kısımda, tek bir açık deniz rüzgar türbini ile açık deniz rüzgar türbini ve kara arasında yer alan elektrik bileşenleri arasındaki bağlantılar incelenmektedir. TL kuralları, Kısım 64 dikkate alınacaktır.

1.2 Sahaya bağlı olarak, en az aşağıda belirtilen bileşenlerin bir kısmı veya tamamı ele alınacaktır.

2. Transformatör İstasyonu

2.1 Transformatör istasyonu, tüm açık deniz rüzgar çiftliği şebekesi içindeki gerilim dengesini sağlayacaktır. Gerilim dengesi ve diğer elektrik şebeke koşulları, Bölüm 1, B.3.2'ye göre (saha değerlendirilmesi) belirlenecektir. Elektrik şebeke koşullarının ayrıntılı olarak tanımlanmadığı hallerde, Bölüm 4, B.4.8 ve EN 50160 : 1999'daki koşullar uygulanacaktır.

Gerilim dengesi, örneğin; yük altında kademe değiştiricili veya el kontrollü kademe değiştiricili transformatörler vasıtasıyla sağlanabilir.

2. Transformatör İstasyonu

2.1 Transformatör istasyonu, tüm açık deniz rüzgar çiftliği şebekesi içindeki gerilim dengesini sağlayacaktır. Gerilim dengesi ve diğer elektrik şebeke koşulları, Bölüm 1, B.3.2'ye göre (saha değerlendirilmesi) belirlenecektir. Elektrik şebeke koşullarının ayrıntılı olarak tanımlanmadığı hallerde, Bölüm 4, B.4.8 ve EN 50160 : 1999'daki koşullar uygulanacaktır.

Gerilim dengesi, örneğin; yük altında kademe değiştiricili veya el kontrollü kademe değiştiricili transformatörler vasıtasıyla sağlanabilir.

2.2 Uygulanabilen hallerde, aşağıdaki standartlar kullanılacaktır :

- IEC 60071-1 : 1993
- IEC 60071-2 : 1996
- IEC/TS 60071-5 : 2002
- IEC 60204-11 : 2000
- IEC 60076-3 : 2000
- IEC 60183 : 1984
- DIN 42508-3 : 1993
- IEC 60542 : 1988.

2.3 Transformatör istasyonu, lokal hizmet bağlantısı isteklerine göre dizayn edilecek ve ölçülendirilecektir.

2.4 Herbir transformatörü her iki taraftan kapatmak mümkün olacaktır.

2.5 Uygulanabilen hallerde Bölüm 8, E. dikkate alınacaktır.

3. Rüzgar Çiftliği Açma – Kapama ve Koruma Donanımı

3.1 Rüzgar çiftliği düzeyindeki açma-kapama ve koruma donanımının anlamı; örneğin; birkaç türbinin ana katının veya sahil kablo bağlantısının kesilmesidir.

3.2 Kullanılan açma-kapama donanımı, aşağıda belirtilen standartlara göre yapılacaktır :

- IEC 60694 : 2002
- IEC 60265 : 1998
- IEC 62271-200 : 2003
- IEC 62271-203 : 2003
- IEC 62271-102 : 2003
- IEC 62271-105 : 2002

3.3 Açma-kapama donanımının basınçlı açma işlemi; mahalde, tavanda, bitişik kablolarda, vb. inde aşırı basınçta hasar veya yangın oluşmayacak şekilde yapılacaktır. Basınçlı açmanın etkisiyle insanların yararlanabileceği hallerde, sistem gerilim altında iken ilgili alan kilitlenecektir.

3.4 Koruma donanımı, asgari olarak, deniz kablolarını, transformatörleri ve transformatör istasyonundaki tüm elektrik donanımını, aşırı akımda, kısa devreden ve aşırı gerilimden koruyacaktır.

3.5 Koruma; bir veya birden fazla türbinin şebekeden ayrılmasından sonra tehlikeli gerilim oluşumuna karşı uygulanacaktır.

3.6 Faz zıtlığının oluşumu halinde, devreye almaya karşı koruma sağlanacaktır. Bu durum, şebeke ile paralel çalışma olmaksızın güç üretimi halinde gereklidir.

3.7 Koruma; rüzgar çiftliği dışındaki bir arıza halinde, şebeke kurallarına uygun olacaktır.

4. Yedek Güç Beslemesi

Eğer rüzgar çiftliğinde yedek güç beslemesi seçilirse, bu besleme, Bölüm 8, A.7 ve 8, H.3'e göre dizayn ve dokümanite edilecektir.

5. Deniz Altı Kabloları

5.1 Kablo test gerekleri ile ilgili olarak, aşağıdaki Cigre Elektra tavsiyeleri kullanılacaktır :

- "Recommendations for mechanical tests on submarine cables" pages 59÷66 in Elektra No. 171, April 1997
- "Recommendations for testing of long AC submarine cables with extruded insulation" pages 29÷37 in Elektra No. 189, April 2000
- "Recommendations for testing or power transmission DC cables for rated voltage up to 800 kV", pages 39÷55 in Elektra No. 189, April 2000
- "Testing DC extruded cable systems" pages 47÷53 in Elektra No. 206, Feb.2003 plus Technical Brochure No. 219.

5.2 Kablo boyunun hesabında, yeterli ilave kablo boyu dikkate alınacaktır. Deniz altı kablosunun hasarlanması halinde, deniz seviyesi üzerinde kablo onarımı için yedek kablo gereklidir.

5.3 Kablo onarımının yapılabilmesi için, paralel giden kablolar arasındaki mesafe, en az su derinliği ile döşeme derinliği toplamının iki katı olacaktır.

5.4 Kabloların gömme derinliği, deniz yatağı ısınması ile ilgili lokal isteklere göre olacaktır.

5.5 Kesit dizaynı hesabında aşağıdaki standartlar uygulanacaktır :

- IEC 60287-1 : 2001
- IEC 60287-1 : 2001
- IEC 60949 : 1988

5.6 Fiber optik kablolar ITU G 650'ye göre belirlenecektir.

5.7 Kablo döşenmesi sırasında, kabloda aşırı kuvvetler oluşmayacaktır. Açık denizde kablo döşenmesi için 1185-1994 IEEE esas alınacaktır.

5.8 Kablolar; termal ve elektriksel olarak hasarlanmaksızın, maksimum akımı taşıyacak şekilde dizayn edilecektir. Bu, lokal şebeke tarafından verilen kurallara göre, normal çalışma düşük gerilim durumları için geçerli olacaktır.

5.9 Uygulanabilen hallerde Bölüm 8, E.5.1 dikkate alınacaktır.

5.10 Her kablonun iki ucundan devre dışına alınması ve etkin olarak topraklanması mümkün olacaktır.

5.11 Karadan geçiş borularındaki (örneğin; ada geçişleri) deniz altı kablo yollarının planlanmasında, aşağıdaki hususlar, karadan geçiş uzunluğunu sınırlayabilir :

- İlgili kablonun izin verilen maksimum çekme kuvveti aşılmayacaktır.
- Çekme kuvveti kabloya, düzgün bir şekilde uygulanmalıdır.

5.12 Zemin koşullarına bağlı olarak, kablolar zemin altına farklı şekillerde döşenebilir. Kablo döşenmesi için kullanılan aletler gerekli kablo büküm yarıçapına uygun olmalıdır. Hiçbir halde, ilgili kablonun izin verilen maksimum büküm yarıçapı aşılmamalıdır. Aşağıdaki büküm yarıçapları dikkate alınmalıdır :

- Yataydan düşeye yönelimdeki kablo büküm yarıçapı (zemine)
- Düşeyden yataya yönelimdeki kablo büküm yarıçapı (nihai konuma)

6. Çeşitli Açık Deniz Rüzgar Türbinlerinin Ana Hatlarını Birleştiren Kablo

Arıza olasılığını azaltmak için, iki ana hat arasına ikinci bir bağlantı yapılabilir. Kablo arızasında, ring olanakları kullanılabilir. Maksimum olası akımlar uygun şekilde hesaplanacaktır. Normal çalışma açık ringli olacaktır.

BÖLÜM 9

EL KİTAPLARI

Sayfa

A.	Denizde Taşıma ve Açık Denizde Montaj El Kitabı	9- 1
B.	İşletmeye Alma Dokümanları	9- 3
C.	İşletme El Kitabı	9- 5
D.	Bakım El Kitabı	9- 6

A. Denizde Taşıma ve Açık Denizde Montaj El Kitabı

1. Genel

1.1 Denizde taşıma ve açık denizde montaj el kitabı; açık deniz rüzgar türbininin denizde taşınması, birleştirilmesi ve montajı sırasında yapılması gereken tüm çalışma aşamalarını tanımlar.

1.2 El kitabı, bir tip açık deniz rüzgar türbinine ve varsa varyantlarına uygulanır.

2. Denizde Taşıma ve Açık Denizde Montaj El Kitabının Amacı ve Formatı

2.1 Denizde taşıma ve açık denizde montaj el kitabının amacı; türbin dizayneri ve sertifikalandırma kuruluşu dahil ilgili tüm taraflara, taşıma sırasında ve açık denizdeki faaliyet ve prosedürler hakkında bilgi sağlamaktır.

2.2 El kitabının formatı ve ayrıntılı düzeyi, nihai yükler ve risklerin değerlendirilebileceği ve istenilen görevi gören teknik personelin dokümanı anlayabileceği şekilde olacaktır.

2.3 El kitabı, montaj alanındaki personelin anlayabileceği bir dilde yazılmış olacaktır.

2.4 Emniyet ile ilgili notlar ve kazaların önlenmesine ait kurallar, metin içinde, ilgili çalıştırma

işlemlerinden önce yer alacak şekilde düzenlenecektir. Bunların, emniyet ve kazaların önlenmesi ile ilgili notlar oldukları belirgin şekilde gösterilecektir.

3. Denizde Taşıma ve Açık Denizde Montaj El Kitabının Kapsamı

3.1 El kitabının içeriği

- Açık deniz rüzgar türbininin ve montaj alanının tipi (3.2'ye bakınız),
- Denizde taşıma ve montaj ile ilgili ön koşullar (3.3'e bakınız),
- Denizde taşıma ve montaj sırası (3.4'e bakınız),
- Tehlikeli durumlara karşı ikazlar ve önlemler (3.5'e bakınız),
- Kayıtlar için boş form sayfaları (3.6'ya bakınız).

3.2 Açık deniz rüzgar türbininin ve montaj alanının tipi

Asgari olarak, aşağıdaki bilgiler sağlanacaktır :

- Üretici, temin edici,

- Açık deniz rüzgar türbininin işareti, tipi ve varsa varyantları,
- Nominal güç,
- Pervane çapı, göbek yüksekliği, su derinliği,
- Açık deniz alanının tipi ve konumu.

3.3 Denizde taşıma ve açık denizde montaj için ön koşullar

3.3.1 Montaj işleminin yapılması ile ilgili tüm ön koşullar belirtilecektir. Örneğin; hava koşulları (rüzgar, sıcaklıklar, yağış, dalga yüksekliği), gerekli çalışma alanı, temelin uygun şekilde kuru veya harçlı birleştirmeler ile ilgili istekler.

3.3.2 Monte edilecek tüm bileşenlerin açık gösterimi ve boyutları ile ağırlıklar, kaldırma noktaları, vb. gibi montaj için gerekli tüm veriler belirtilecektir.

3.3.3 Alt yapı ile taşıyıcı yapının diğer kısımlarının montajı arasındaki izin verilen maksimum süre ve üst yapıların montajına kadar izin verilen maksimum süre belirtilecektir.

3.3.4 Gemilerle (römorkör gücü, seyir donanımı, vb.) ve kullanılan diğer donanım (yüzer kreynler, vb.) ile ilgili istekler belirtilecektir.

3.3.5 Montaj için gerekli tüm donanım ve malzemelerin miktarı dahil listesi (örneğin; harç malzemesi, cıvatalar, bağlama donanımı, özel takımlar).

3.3.6 Personelin vasıfları ile ilgili istekler belirtilecektir.

3.3.7 Denizde taşımanın öngörülen rotası ve süresi belirtilecektir.

3.4 Denizde taşıma ve açık denizde montaj sırası

3.4.1 İnsanların müdahalesi ile ilgili koşullar dahil (dalgıçlar, vb.) tüm montaj aşamaları belirtilecektir.

3.4.2 Yardımcı donanım ve kaynaklar belirtilecektir (örneğin; yağlar, dişli kutusunun doldurulması ile ilgili yağlama yağı, harç şerbeti malzemeleri).

3.4.3 Bağlama / konumlandırma donanımı dahil, gemilerin, şamandıraların, ışıkların, vb'nin yerleşimi belirtilecektir.

3.4.4 İzin verilen draft(lar) ve / veya dip klerens(ler)i dahil, kaldırma, indirme, yerleştirme ve balastlama prosedürleri açıklanacaktır.

3.4.5 Cıvatalı bağlantılarla ilgili olarak, Bölüm 6, E.1.1b'de belirtilen iş talimatları, el kitabına dahil edilecektir.

3.4.6 Ölçüm ve kontrol donanımı dahil, gerekli tüm testler ve kontroller listelenecektir.

3.4.7 Deniz yatağı koşulları, aşınma vb.'nin gerekli izlemesi açıklanacaktır.

3.5 Tehlikeli durumlara karşı ikazlar ve önlemler

3.5.1 Planlanan montaj programından sapmalar nedeniyle oluşan tehlikeli durumlar belirtilecek ve karşı önlemler açıklanacaktır. Bu durumlar, şunları içerebilir : montaj sırasında şiddetli rüzgarlar, kritik rüzgar hızlarında ve / veya dalga frekanslarında, üst yapı olmaksızın alt yapının ve / veya taşıyıcı yapının uzun süre durması.

3.5.2 Emercensi prosedürler ve kurtarma işlemleri açıklanacaktır.

3.6 Denizde taşıma ve açık denizde montaj kayıtları form sayfaları

3.6.1 Kayıtlar; denizde taşıma ve açık denizde montaj işlemlerindeki tüm kontrolleri ve çalışma aşamalarını dokümanite edecektir. Her kontrol ve çalışma aşaması için, ölçüm değerlerinin ve test sonuçlarının kaydına ait kısımlar ile birlikte, doldurulacak ilgili kısımlar olacaktır.

3.6.2 Tüm kayıtlar kağıt üzerinde veya dijital formda olacaktır.

3.6.3 Tüm ayarlamalar ve ayar değerleri ile öngörülen ölçüm sonuçları belirtilecektir.

3.6.4 Montaj kayıtları, birden fazla alt kayıttan oluşabilir (örneğin; farklı montaj grupları veya montaj fazları için).

3.6.5 Asgari olarak, aşağıdaki girdiler bulunacaktır:

- 3.2'ye göre açık deniz rüzgar türbininin tip işareti,
- Açık deniz rüzgar türbininin seri numarası, operatörü ve montaj yeri,
- İlgili çalışma aşamalarını gerçekleştiren veya sorumlu olan kişinin ismi,
- Hava koşulları,
- Tüm çalışma aşamalarının kayıtları,
- Tüm testlerin ve kontrollerin kayıtları,
- Olası açıklamalar veya kalan hususlar için ilave yer,
- Sorumlu kişinin / kişilerin imzası ve tarih.

B. İşletmeye Alma Dokümanları

1. İşletmeye Alma El Kitabı

1.1 İşletmeye alma el kitabı, açık deniz rüzgar türbininin emniyetli çalışmasını sağlamak amacıyla, işletmeye alma sırasında yapılması gereken tüm çalışma aşamalarını tanımlar.

1.2 İşletmeye alma el kitabı, bir tip açık deniz rüzgar türbinine uygulanır.

2. İşletmeye Alma Kayıtları

İşletmeye alma kayıtları, işletmeye alma işlemi sırasındaki çalışma aşamalarının gerçekleştirilmesini dokümanite eder. İşletmeye alma el kitabında, işletmeye alma kayıtlarına ait boş form sayfaları eklenecektir.

3. Dokümanların Formatı

3.1 İşletmeye alma el kitabının formatı ve ayrıntı düzeyi, istenilen görevi gören teknik personelin dokümanı anlayabileceği şekilde olacaktır.

3.2 Proje sertifikasının düzenlenmesi için, işletmeye alma el kitabı, açık deniz rüzgar türbininin montaj alanındaki teknik personelin anlayabileceği bir dilde yazılmış olacaktır.

3.3 Emniyet ile ilgili notlar ve kazaların önlenmesine ait kurallar, metin içinde, ilgili çalıştırma işlemlerinden önce yer alacak şekilde düzenlenecektir. Bunların, emniyet ve kazaların önlenmesi ile ilgili notlar oldukları belirgin şekilde gösterilecektir.

4. İşletmeye Alma El Kitabının Kapsamı

İşletmeye alma el kitabında, en az aşağıdaki bilgiler bulunacaktır:

- Açık deniz rüzgar türbininin tam tip işareti (4.1'e bakınız),
- İşletmeye almadan önce gerekli kontroller (4.2'ye bakınız),
- İşletmeye alma işleminin çalışma aşamaları (4.3'e bakınız),
- İşletmeye almayı tamamlamak için gerekli kontroller (4.4'e bakınız).
- İşletmeye alma kayıtları için boş form sayfaları (4.5'e bakınız).

4.1 Açık deniz rüzgar türbininin tip işareti

Asgari olarak bilgiler sağlanacaktır:

- Üretici, temin edici, ithalatçı,
- İşaret, tip ve varsa tip varyantları,
- Pervane çapı, göbek yüksekliği,
- Nominal güç.

4.2 İşletmeye almadan önceki kontroller

İşletmeye almanın başlatılmasından önce gerekli olan tüm kontroller listelenecektir. Asgari olarak, aşağıdaki bildirimler sağlanacaktır:

- Montaj – bütünüyle tamamlandı,
- Açık deniz rüzgar türbininin çalışması için gerekli olan yardımcı sistemlerin ve bununla ilgili dış donanımın (örneğin; transformatör, şebeke bağlantı istasyonu) işletmeye alınması – tamamlandı,
- Atölyede veya sahada gerekli olabilecek olan bileşenlerin deneme çalıştırması – tamamlandı,
- Tüm işletim maddelerinin (örneğin; yağlama yağı, soğutucu madde, hidrolik akışkan, basınç tanklarındaki azot) doldurulması – tamamlandı,
- İdari kurallara göre gerekli olan tüm kabul testleri (örneğin; basınçlı kaplar, asansörler) – tamamlandı.

4.3 İşletmeye almanın çalışma aşamaları

4.3.1 İşletmeye alma için gerek duyulan tüm çalışma aşamaları tanımlanacaktır. Tekil bileşenlerin (örneğin; yönlendirme sistemi) işletmeye alınması için, her bileşen için ilgili işletmeye alma el kitaplarına bakılacaktır.

4.3.2 İşletme almanın uygun şekilde yapılması ile ilgili koşullar, örneğin; en düşük / en yüksek rüzgar hızı ve gerekli dış sıcaklıklar, belirtilecektir.

4.3.3 Emniyet sistemlerinin ve frenleme sistemlerinin tüm işlevlerinin testleri tanımlanacaktır. Ayarlanacak açma kapama değerleri ve karşılanacak kriterler belirtilecektir. Asgari olarak, aşağıdaki testler yapılacaktır.

- Tüm emercensi basma düğmelerinin işlevi,
- Aynı zamanda emniyet sistemi olarak çalışan tüm sensörlerin ve şalterlerin işlevi (örneğin; aşırı devir testi),
- Frenleme sisteminin önemli parametrelerinin ölçümü, örneğin; kanat ayarlama hızı, mekanik frenlerin hidrolik basıncı,
- Emniyet sistemi devreye girdikten sonra, gerekli tüm tesis işlevlerinin tepkisi (örneğin; frenleme sistemleri, jeneratörün ayrılması),
- Emniyet sisteminin devreye girmesine tepki veren işlevlerin, kontrol sisteminden bağımsız olduğunu gösteren testler,
- Yük aktarımı,
- Emniyet sistemi için ayarlanmış olan tüm sınır değerlerin ve parametrelerin testleri.

4.3.4 Açık deniz rüzgar türbininin kontrol sisteminin işlevlerine ait tüm testler tanımlanacaktır. Ayarlanacak açma - kapama değerleri ve karşılanacak kriterler belirtilecektir. Asgari olarak, aşağıdaki testler yapılacaktır:

- Otomatik çalıştırma,
- Tüm frenleme prosedürleri ile durdurma,
- Yönlendirme sisteminin uygunluk kontrolü,
- Ölçüm değerlerinin uygunluk kontrolü,

- Öngörülen değerlere ayarlı sınır değerlerin ve parametrelerin karşılaştırılması.

4.3.5 Ayrıca, aşağıdaki çalışma aşamaları tanımlanacaktır:

- Asgari pervane kanatları, dişli kutusu, jeneratör ve kule olmak üzere ana bileşenlerin bilgi levhalarındaki verilerin kaydı,
- Ölçüm sonuçları esas alınarak, kontrol sisteminde yapılacak olası ayarlar (örneğin; kulenin doğal frekansı),
- Açık deniz rüzgar türbini çalıştırma personelinin işe alışması.

4.4 İşletmeye almayı tamamlama kontrolleri

İşletmeye almayı tamamlama için gereken tüm kontroller listelenecektir. Asgari olarak aşağıdaki bildirimler yapılacaktır:

- Gözle muayene (örneğin; pervane kanatları, korozyon koruması, hidrolik sistemin sızdırmazlığı),
- Gerekli bilgi ve ikaz levhalarının kontrolü.

4.5 İşletmeye alma kayıtları için form sayfası

4.5.1 İşletmeye alma kayıtları, işletmeye alma işlemindeki tüm kontrolleri ve çalışma aşamalarını doküman edecektir. Her kontrol ve çalışma aşaması için, ölçüm değerlerinin ve test sonuçlarının kaydına ait kısımlar ile birlikte, doldurulacak ilgili kısımlar olacaktır.

4.5.2 Tüm ayarlamalar ve ayar değerleri ile öngörülen ölçüm sonuçları belirtilecektir.

4.5.3 İşletmeye alma kayıtları, birden fazla alt kayıttan oluşabilir (örneğin; ana bileşenler için, işletme personelinin alışması için, vb.).

4.5.4 Asgari olarak, aşağıdaki kısımlar bulunacaktır:

- 4.1'e göre açık deniz rüzgar türbininin tip işareti,
- Açık deniz rüzgar türbininin seri numarası, operatörü ve montaj yeri,
- İşletmeye almada hazır bulunan kişiler,
- İşletmeye alma günündeki hava koşulları,
- İşletmeye almanın başlamasından önce, 4.2'ye göre gerekli tüm kontrollerin tamamlanmış olduğunun teyidi,
- 4.3'e göre işletmeye almanın tüm çalışma aşamalarının kayıtları,
- 4.4'e göre işletmeyi almanın tamamlanması için gerekli tüm kontrollerin tamamlanmış olduğunun teyidi,
- Olası açıklamalar veya kalan hususlar için ilave yer,
- Sorumlu kişinin / kişilerin imzası ve tarih.

C. İşletme El Kitabı

1. İşletme El Kitabının Amacı

İşletme el kitabı işleticiye veya temsilcisine, açık deniz rüzgar türbininin doğru işletimi için gerekli bilgiyi sağlar.

2. İşletme El Kitabının Formatı

2.1 İşletme el kitabının formatı ve ayrıntı düzeyi, teknik eğitilmiş deneyim sahibi işçilerin dokümanı anlayabileceği şekilde olacaktır. Emniyet ile ilgili notlar ve kazaların önlenmesine ait kurallar, metin içinde, ilgili çalıştırma işlemlerinden önce yer alacak şekilde düzenlenecektir. Bunların, emniyet ve kazaların önlenmesi ile ilgili notlar oldukları belirgin şekilde gösterilecektir.

2.2 Proje sertifikasının düzenlenmesi için, işletmeye alma el kitabı, açık deniz rüzgar türbininin montaj alanındaki teknik personelin anlayabileceği dilde yazılmış olacaktır.

2.3 El kitabının basıldığı malzeme (kağıt, plastik folyo) açık deniz rüzgar türbininin çalıştığı koşullara uygun olacaktır. Bu husus, özellikle doğrudan tesis üzerine yerleştirilen açıklamalar için uygulanır.

3. İşletme El Kitabının Kapsamı

İşletme el kitabında, en az aşağıdaki bilgiler bulunacaktır:

- Açık deniz rüzgar türbininin tanımı,
- Kullanıcılar için notlar,
- Hata bulma ile ilgili yardımlar.

3.1 Açık deniz rüzgar türbininin tanımı

- Üretici, temin edici, ithalatçı,
- İşaret, tip ve varsa tip varyantları,
- Üreticinin no.su veya seri no.su ve üretim yılı,
- Pervane çapı, göbek yüksekliği,
- Nominal güç, pervane devri, jeneratör devir sayısı, jeneratör tipi,
- Güç üretimi, nominal, kapanma rüzgar hızları,
- Koniklik ve eğim açıları,
- Pervane kanadı verileri,
- Yönlendirme sistemi tipi.

3.2 Kullanıcılar için notlar

- Çalışma kavramının tanımı,

- Çalıştırma ve durdurma prosedürleri,
- Hata mesajlarının açıklaması (düzenlendiği takdirde),
- Emercensi durdurma,
- Emniyet önlemleri, örneğin; açık deniz rüzgar türbininde buz oluşumu halinde gereken işlemler,
- Kazaları önleme kuralları, tehlikeli durumlar ve potansiyel tehlikeli arızalar sırasındaki davranış,
- Tüm işletim gösterge elemanlarının işlevlerinin ve çalışma durumlarının tanımları (şalterler, basma düğmeleri, lambalar, ölçüm cihazları),
- Arızaların tanımı ve giderme yolları,
- Mevsim esasına göre veya diğer nedenlerden dolayı servise / servis dışına alınması gereken bileşenlerin ve işlevlerin tanımı,

3.3 Hata bulma ile ilgili yardımlar

Herhangi bir onarım yapmaksızın kullanıcı, hatanın nedenini belirleyebilmeli –basit bir operasyon işlemi ile giderilmedikçe– ve bakım personeline önceden yararlı bilgiler sağlayabilmelidir.

D. Bakım El Kitabı

1. Genel

Bakım el kitabı, DIN 31052’de veya eşdeğeri standartlarda tanımlandığı şekilde, bakım, muayene ve onarım ile ilgili yönergeleri içerir.

2. Bakım El Kitabının Amacı

Bakım el kitabının amacı, bakım personeline, bakım, muayene ve onarım ile ilgili bilgi sağlamaktır.

3. Bakım El Kitabının Formatı

3.1 Buradaki esaslara ilave olarak, DIN 31052 veya **TL** tarafından tanınan eşdeğer standartlar dikkate alınacaktır.

3.2 İçeriği ve formu bakımından, bakım el kitabı C.2'de belirtilen istekleri sağlayacaktır.

3.3 Gerekli bakım çalışmalarını tablo halinde ve uygun zaman planı halinde veren bir bakım planının yapılması faydalıdır.

4. Bakım El Kitabının Kapsamı

4.1 Bakım el kitabı, DIN 31052'de veya **TL** tarafından tanınan eşdeğer standartlara ilave olarak aşağıdaki bilgileri içerecektir:

4.2 Bakım el kitabı ile açık deniz rüzgar türbini arasındaki bağıntıyı dokümante eden bilgiler (B.4.1'e göre tip gösterimine benzer).

4.3 Bakımdan önce veya bakım sırasında gerekli olan, emniyet ve kazaların önlenmesi ile ilgili bilgiler, örneğin; tırmanma emniyeti ve kilitleme düzenlerinin kullanımı.

4.4 Yapılacak tüm işlerin tanımı. Tanımlara uygun resimli sunumlar dahil edilebilir. Bakım işlemlerinin (yağ düzeyleri, cıvata sıkma torkları, fren ayarları, yağ basınçları, vb.) amaçları açık olarak gösterilecektir.

4.5 Çalışma ömrü sırasında, programlı olarak değiştirilmesi gereken tüm açık deniz rüzgar türbini bileşenleri ve yardımcı malzemeler (örneğin; hidrolik hortumlar, fren pabuçları, slpringler, dişli yağı) listelenecektir. Değişim aralıkları veya kriterleri belirtilecektir.

4.6 Ayrıca, yedek parçaların ve yardımcı malzemelerin (örneğin; yağlar) kalitesi ve miktarı ile ilgili bilgiler verilecektir.

4.7 Bakım el kitabına, belirlenen aralıklarda yapılacak işleri tanımlayan bakım ve muayene yönergelerinin bir listesi (bakım planı) eklenecektir. Yapılan işlemler bu listeye kaydedilecektir.

4.8 Emniyet sistemi için yapılması gereken testlerin (örneğin; aşırı devir testi, emercensi durdurma işlevleri, hidrolik akümülatörde azot miktarı ölçümü) bakım el kitabına dahil edilecektir. Bu testlerin gerekli sıklığı belirtilecektir (örneğin; yıllık). Test sonuçları bakım planına kaydedilecektir.

4.9 Varsa, ilgili ulusal kurallarda istenilen şekilde, uzman ve yetkili kişilerin muayeneleri (örneğin; asansörler, yansın söndürme sistemleri ve basınçlı kaplar için) bakım planına kaydedilecek ve bu muayenelerin yapıldığının teyidi ilgili sütuna / bölüme işlenecektir.

4.10 Yıldırımdan korunma sisteminin gerekli muayene ve testlerinin ayrıntılı bir listesi ve açıklamaları bakım el kitabına dahil edilecektir. Bu muayene ve testlerin gerekli aralığı belirtilecektir (örneğin: yıllık).

4.11 Açık deniz rüzgar türbininde sürekli olarak depolanacak tüm takımlar, yedek parçalar ve yardımcı malzemeler listelenecektir. Bu parçaların düzenli kontrol aralıkları belirtilecektir.

4.12 Dış aydınlatma, emercensi sığınma donanımı, denizde kurtarma donanımı ve olası yedek güç besleme ünitelerinde yapılacak işlerin tanımı, bakım el kitabına dahil edilecektir.

4.13 Temel yapısındaki aşınmayı önleme sisteminde yapılacak gerekli muayenelerin ayrıntılı bir listesi ve açıklamaları bakım el kitabına dahil edilecektir. Hasarlar veya aşırı aşınmalar durumunda yapılacak işlemler ve düzeltici önlemler belirtilecektir.

BÖLÜM 10

AÇIK DENİZ RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN TESTLERİ

Sayfa

A.	Genel	10- 1
B.	Güç Eğrisi	10- 2
C.	Gürültü Yayımları	10- 2
D.	Elektrik Karakteristikleri.....	10- 2
E.	Türbin Davranış Testleri.....	10- 2
F.	Yük Ölçümleri.....	10- 7
G.	Dişli Kutularının Prototip Tecrübesi.....	10- 7
H.	İşletmeye Almanın Gözetimi	10- 8

A. Genel

Test türbininin dizaynının açık deniz sertifikasyonunun esas alındığı dizayn ile uygunluğu gösterilmelidir. 1.2.1'e de bakınız.

1. Prototip Testi

1.1 Genel istekler

1.1.1 Bir prototip testi kapsamı içinde yeni bir rüzgar türbini için gereken ölçümler Bölüm 1, B.2.6'da listelenmiş, diğer istekler B + G'de verilmiştir. Ölçümlerin tamamlanmasından sonra takip edilecek prosedür için, Bölüm 1, B.2.6.4'e bakınız. Türbin varyantları veya değişikliğe tabi tutulan türbinler için prototip testin kapsamı, prototip testin ilk türbin için bütünüyle yapılmış olması koşuluyla, TL ile anlaşarak azaltılabilir.

1.1.2 B + F'de belirtilen tüm ölçümler, bu ölçümler için akredite olan bir test kuruluşunca yapılacak ve dokümanite edilecektir. Alternatif olarak, TL ile önceden görüşmek suretiyle, E'de belirtilen türbin davranış testi ve F'de belirtilen yük ölçümleri, bu ölçümler için akredite olmuş bir test kuruluşunun gözetimi ve kontrolü altında yapılabilir. Her durumda, temel standartlara ve buradaki esaslara uygunluk, akredite kuruluşun sorumluluğunda olacaktır. Türbin varyantının ölçüm sonuçlarına etkisi, orijinal sistemdeki ölçümleri yapmış olan akredite kuruluş tarafından değerlendirilecektir.

1.1.3 B+G'ye göre, prototip test türbininde yapılacak karadaki prototip testleri, prototip test istekleri yönünden açık deniz türbini için yeterli kabul edilebilir.

1.1.4 Eğer 1.1.3'deki prototip testleri için bir prototip kara türbini kullanılırsa, deniz atmosferi ve rüzgar koşulları ile olası en büyük benzerliği elde etmek için deniz kıyısında bir alan seçilmesi tavsiye edilir.

1.1.5 Bölüm 10, H.'ye göre işletmeye almanın gözetimi, sertifikalandırılacak açık deniz türbinlerinden birinde yapılmalıdır. Açık deniz türbinlerinin montajından önce A - dizayn değerlendirilmesinin düzenlenmesi nedeniyle buna olanak yoksa, gözetim, prototip bir kara türbininde geçici olarak yapılabilir. Prototip türbinin dizaynının açık deniz sertifikasyonunun esas alındığı dizayn ile uygunluğu gösterilmelidir. Bir açık deniz türbininin montajından sonra, bu açık deniz türbininde, işletmeye almanın gözetimi tekrar yapılacaktır.

1.2 Test edilecek açık deniz rüzgar türbini ile ilgili istekler

1.2.1 B + F'ye göre ölçüm yapılan veya G'ye göre denemeye tabi tutulan açık deniz rüzgar türbinleri, açık deniz sertifikasyonunun esas alındığı dizayna büyük oranda uygun olacaktır. Uygunluk, üreticinin beyanı ile doğrulanacaktır. Farklılıklar, TL'na bildirilecektir. Eğer uygunluk, ilgili testin amacını sağlıyorsa, ölçümler sertifikalandırma için kullanılabilir.

1.2.2 Ölçümleri yapan test kuruluşu, muayene edilen tesisin ve ana elemanların (asgari olarak, pervane kanatları, dişli kutusu, jeneratör ve kule) isim levhalarına ilgili işaretleri ve verileri kaydedecek ve bunları ölçüm raporuna dahil edilecektir.

2. Dizayn Değerlendirmesi Kapsamındaki Testler

2.1 Pervane kanadının değerlendirilmesinin parçası olarak, Bölüm 6, B.5'de belirtilen kanat testleri gereklidir. Bu kanat testleri, A-dizayn değerlendirme düzenlenmeden önce tamamlanacaktır.

2.2 A-dizayn değerlendirme düzenlenmeden önce, G'ye göre test yerindeki ana dişli kutusu prototip denemesi tamamlanacaktır, G.1'e bakınız. Belirli koşullar altında, B-dizayn değerlendirme için test yerinde deneme gerekebilir, G.1'e bakınız.

2.3 Dizayn değerlendirme kapsamında, H'ya göre tipin ilk tesislerinin birinde işletmeye almanın gözetimi de gereklidir. Bu gözetim, A-dizayn değerlendirme düzenlenmeden önce tamamlanacaktır.

B. Güç Eğrisi

1. Açık deniz rüzgar türbininin güç performansının ölçümü, IEC 61400-12, Part 12'ye veya DIN EN 61400-12'ye göre yapılacaktır.

2. Bu standartlardan sapmalar, **TL** ile anlaşmaya varılarak doğrulanacak ve tanımlanacaktır.

3. Ölçümlerin tamamlanmasından sonra, ölçülen güç eğrisi ile dizayn dokümanlarında kabul edilen güç eğrisi, test kuruluşu veya rüzgar türbini üreticisi tarafından karşılaştırılacaktır. Burada, nominal rüzgar hızı ile nominal güç için kabul edilen değerlerin uyumlu olmasına dikkat edilecektir.

4. Pervane kanadı tipi veya pervane çapı değiştiği takdirde güç performans ölçümlerinin yenilenmesi gerektiğine dikkat edilecektir. Pervanenin nominal dönüş hızından sapma olduğunda, ölçümler kural olarak yeniden yapılacaktır.

5. Akredite test kuruluşunun raporu ve karşılaştırması değerlendirilmek üzere **TL**'na verilecektir.

C. Gürültü Yayımları

1. Açık deniz rüzgar türbininin gürültü yayımı ölçümü IEC 61400-11, Part 11'e veya DIN EN 61400-11'e göre yapılacaktır.

2. Bu standartlardan sapmalar, **TL** ile anlaşmaya varılarak doğrulanacak ve tanımlanacaktır.

3. Pervane kanadı tipinin, kule yüksekliği ve tipinin, ayrıca rüzgar türbini tahrik sistemindeki dişli kutusunun (varsa) tipinin gürültü yayımı üzerinde etkisi olabileceği dikkate alınacaktır.

4. Akredite test kuruluşunun raporu, değerlendirilmek üzere **TL**'na verilecektir.

D. Elektrik Karakteristikleri

1. Açık deniz rüzgar türbininin elektrik karakteristiklerinin ölçümü IEC 61400-21, Part 21'e veya DIN EN 61400-21'e göre yapılacaktır.

2. Bu standartlardan sapmalar, **TL** ile anlaşmaya varılarak doğrulanacak ve tanımlanacaktır.

3. Jeneratör tipinin ve invertör tipinin (varsa) değişimi halinde elektrik karakteristiklerinin ölçümünün yenilenmesi gerektiği dikkate alınacaktır.

4. Akredite test kuruluşunun raporu, değerlendirilmek üzere **TL**'na verilecektir.

E. Türbin Davranış Testleri

1. Genel

1.1 Türbin davranış testinin amacı, açık deniz rüzgar türbininin dizaynında esas alınan parametrelerin ve karakteristiklerin doğrulanmasıdır.

1.2 Türbin davranış testi, aşağıdaki tekil testlerden oluşur:

- Emniyet sisteminin testi (3'e bakınız),
- Frenleme sisteminin testi (4'e bakınız),
- Otomatik çalışma testi (5'e bakınız),
- Açma kapama işlemlerinin testi (6'ya bakınız),
- Doğal frekansların ölçülmesi (7'ye bakınız),

1.3 Testler, tercihen açık deniz rüzgar türbinine F'ye göre yük ölçümü cihazı takılı durumda yapılacaktır.

1.4 IEC TS 61400-13 Part 13'deki istekler, aşağıda belirtilen hususlardaki gerekli değişimlerle birlikte uygulanacaktır:

- Kalibrasyon,
- Ölçüm parametreleri ve ölçüm sistemi ile ilgili istekler ,
- Raporlama.

1.5 Türbin davranış testleri, açık deniz rüzgar türbininde yük ölçümü için akredite olmuş test kuruluşu tarafından yapılacak veya bu kuruluşun gözetimi ve doğrulaması ile yapılacaktır (A.1'e bakınız).

1.6 Ölçümlerin tamamlanmasında sonra, Bölüm 1, B.2.6.4'de belirtilen faaliyetler test kuruluşu veya açık deniz rüzgar türbini üreticisi tarafından yapılacak ve ilgili dokümanlar TL'na verilecektir.

2. Test Planı

Testlerin başlamasından önce, bir test planı, değerlendirilmek üzere TL'na verilecektir. Test planında en az aşağıda belirtilen bilgiler bulunacaktır:

- a) Ölçüm parametreleri,
- b) Ölçüm verilerinin ayrıntılarını belirten, ölçümlerin kapsamı ve testlerin ayrıntılı tanımı,
- c) Öngörülen değerlendirmeler.

3) Emniyet Sisteminin Testi

3.1 Bu testler için, asgari aşağıdaki ölçüm parametreleri kaydedilecektir:

- a) Rüzgar hızı,
- b) Dönüş hızı,
- c) Elektrik gücü,
- d) Kanat açısı veya aerodinamik frenlerin konumu (varsa),
- e) Mekanik frenlerdeki hidrolik basınç (8'e bakınız),
- f) Ana şaftın döndürme momenti veya pervanenin tahrik döndürme momenti,
- g) Kanat dibi eğilme momentleri.

3.2 Tablo 10.1'de belirtilen testler yapılacaktır.

4. Frenleme Sistemlerinin Testleri

4.1 Bu testler için, asgari olarak aşağıdaki ölçüm parametreleri kaydedilecektir:

- a) Rüzgar hızı,
- b) Dönüş hızı,
- c) Elektrik gücü,
- d) Kanat açısı veya aerodinamik frenlerin konumu (varsa),

- e) Mekanik frenlerdeki hidrolik basınç, (8'e bakınız)
- f) Ana şaftın döndürme momenti veya pervanenin tahrik döndürme momenti,
- g) Kanat dibi eğilme momentleri.
- 4.2 Rüzgar türbininin frenlenmesinden sonra, kararlı duruma ulaşmaya kadar ölçümlerin kaydına devam edilecektir (boşta çalışma sırasında veya türbinin durmasında).
- 4.3 Tablo 10.2'de belirtilen testler yapılacaktır.

Tablo 10.1 Emniyet sisteminin testleri

No.	Test	Rüzgar hızı < %80 V_r için test sayısı	Rüzgar hızı $\geq 80 V_r$ için test sayısı	Açıklamalar
3.1	n_A 'nın aşılması suretiyle frenlerin çalıştırılması	-	2	
3.2	Emercensi durdurma butonunun hareketi geçirilmesi vasıtasıyla frenlerin çalıştırılması	2		Güç üretimi sırasında harekete geçme

Tablo 10.2 Frenleme sisteminin testleri

No.	Test	Rüzgar hızı < %80 V _r için test sayısı	Rüzgar hızı ≥ 80 V _r için test sayısı	Açıklamalar
4.1	Bir aerodinamik frenleme sisteminin arızası ile frenleme	2	2	Birden fazla aerodinamik frenleme sistemi açık deniz rüzgar türbinleri için (1)
4.2	Frenleme sistemi I'in arızası ile frenleme	2	2	İki frenleme sistemli açık deniz rüzgar türbinleri için
4.3	Frenleme sistemi II'nin arızası ile frenleme	2	2	
4.4	Frenleme sistemlerinde öngörülen diğer arızalarla frenleme	Her bir öngörülen arıza için 2 test (rüzgar hızı gerçek duruma göre tanımlanacak)		(2)
4.5	Mekanik frenlerin etkinliği	2		(3)
(1)	Kanat dibi eğilme momentleri, kanatların birinde ve kanat ayarlama işlevi olmaksızın kanatta ölçülecektir. Eğer sadece bir kanada cihazlar yerleştirilmişse, testlerin sayısı her bir rüzgar hızı aralığı için iki katına çıkarılacaktır. Aerodinamik frenleme sisteminin arızası, cihazlı kanatta test edilecek ve sonra diğerinde tekrarlanacaktır.			
(2)	Bu testler, eğer diğer arızalar, Bölüm 2, A.2'deki olası hatalar dahilinde kabul edilmişse gerekli olabilir.			
(3)	Frenleme momentinin büyüklüğü ve frenleme momentinin artış eğrisi, uygun bir testle gösterilecektir.			

5. Otomatik Çalışma Testi

5.1 Bu testler için, asgari olarak aşağıdaki ölçüm parametreleri kaydedilecektir:

- a) Rüzgar hızı,
- b) Dönüş hızı,
- c) Elektrik gücü,
- d) Kanat açısı veya aerodinamik frenlerin konumu (varsa),

e) Mekanik frenlerdeki hidrolik basınç, (8'e bakınız)

f) Ana şaftın döndürme momenti veya pervanenin tahrik döndürme momenti,

g) Kanat dibi eğilme momentleri.

5.2 Tablo 10.3'de belirtilen testler yapılacaktır.

Tablo 10.3 Otomatik çalışma testleri

No.	Test	Rüzgar hızı < %80 V_r için test sayısı	Rüzgar hızı $\geq 80 V_r$ için test sayısı	Açıklamalar
5.1	Otomatik çalışma	2	2	Test süresi: Yaklaşık 2 dakika

6. Açma-Kapama İşlemlerinin Testi

6.1 Bu testler için, asgari olarak aşağıdaki ölçüm parametreleri kaydedilecektir:

- a) Rüzgar hızı,
- b) Rüzgar ölçüm direğindeki rüzgar doğrultusu (yönlendirme kontrolü testi için),
- c) Kaporta konumu (yönlendirme kontrolü testi için),
- d) Dönüş hızı,
- e) Elektrik gücü,
- f) Kanat açısı veya aerodinamik frenlerin konumu (varsa),
- g) Mekanik frenlerdeki hidrolik basınç, (8'e bakınız)
- h) Ana şaftın döndürme momenti veya pervanenin tahrik döndürme momenti,

i) Kanat dibi eğilme momentleri.

6.2 Açma-kapama işlemlerinden sonra, ölçüm kayıtlarına, kararlı duruma ulaşıncaya kadar devam edilecektir.

6.3 Tablo 10.4'de belirtilen testler yapılacaktır.

7. Doğal Frekansların Ölçülmesi

7.1 Bu testler için, her durumla ilgili ölçüm parametreleri kaydedilecek ve incelenecektir. Doğal frekanslar titreşim çevrimlerinin sayılması ile veya uygun ölçüm sinyallerinin frekans analizi ile belirlenecektir.

7.2 Doğal frekanslar Tablo 10.5'e göre belirlenecektir.

7.3 Eğer kulede titreşim damperi sistemi varsa, kule için doğal frekanslar, hem titreşim damperi sistemi işlevi ile ve hem de işlevi olmaksızın sistem tarafından sönümlendirilen hareket doğrultularında belirlenecektir

Tablo 10.4 Açma – kapama işlemlerinin testleri

No.	Test	Rüzgar hızı < %80 V_r için test sayısı	Rüzgar hızı $\geq 80 V_r$ için test sayısı	Açıklamalar
6.1	Türbinin çalıştırılması	2	2	
6.2	Tanımlanan tüm frenleme prosedürleri ile durdurma	Frenleme prosedürü başına 2		(1)
6.3	Jeneratör hızının değiştirilmesi	Her iki doğrultuda 2 değiştirme		2 veya daha fazla sabit hızlı açık deniz rüzgar türbinleri için
6.4	Şebeke arızası veya yük aktarımı durumunda frenleme	2	2	
6.5	Yönlendirme sisteminin harekete geçmesi		Her iki doğrultuda 1 yönlendirme işlemi	
(1) Kanat piç kontrolü açık deniz rüzgar türbinleri için, kanat ayarlama oranları raporda dokümanite edilecektir.				

Tablo 10.5 Doğal frekansların ölçülmesi

No.	Bileşen	Bileşen	Üretim
7.1	Pervane kanadı	1. ve 2. doğal modlar, kanatçık doğrultusunda 1. ve 2. doğal modlar, kenar doğrultusunda	1. ve 2. doğal modlar, kanatçık doğrultusunda 1. ve 2. doğal modlar, kenar doğrultusunda
7.2	Tahrik sistemi	Jeneratör kapalı ve mekanik fren açık iken burulma için 1. doğal mod (örneğin; mekanik frenin kapatılması ve açılması vasıtasıyla uyarı)	Jeneratör açık iken burulma için 1. doğal mod
7.3	Kule	- XK doğrultusunda, eğilme için 1. doğal mod (1) (2) - YK doğrultusunda, eğilme için 1. doğal mod (1) (2) - Eğilme için 2. doğal mod - Burulmaya dayanımlı kuleler hariç, burulma için 1. doğal mod (örneğin; boru kuleler)	- XK doğrultusunda, eğilme için 1. doğal mod (2) - YK doğrultusunda, eğilme için 1. doğal mod (2)
(1) Pervane konumu, bir kanat düşey olarak aşağıya bakacak şekilde seçilecektir.			
(2) XK ve YK, Ek 4- A.5'e göre koordinat sistemi.			

8. Mekanik Frenlerdeki Hidrolik Basınç

8.1 Hidrolik basıncın ölçülmesine alternatif olarak, eğer sinyal, uygulanan frenleme momenti ile açık bir ilişki sergiliyorsa, alternatif bir ölçüm parametresi kaydedilebilir (örneğin; bir kontrol valfinin konumu). Bu ilişki ölçüm raporunda dokümanite edilecektir.

8.2 Sabit düzeylerde harekete geçen frenlerde (örneğin; sert frenleme / yumuşak frenleme / off), fren durumlarının basitçe kaydı yeterlidir. Durum sinyali frende veya hidrolik sistemde hissedilecektir. Aynı düzeylerin basınçları veya frenleme momentleri raporda belirtilecektir.

F. Yük Ölçümleri

1. Yük ölçümleri, IEC TS 61400-13, Part 13'e göre yapılacaktır.

2. Bu teknik spesifikasyondan sapmalar, **TL** ile anlaşarak belirlenecektir.

3. Ölçümler yapılmadan önce, mümkün olduğunca, ölçüm parametre planı ve ölçümlerin kapsamı hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

4. Yük ölçümlerinin açık denizde yapıldığı hallerde, açık deniz rüzgar türbinindeki yük darbesini doğrulamak üzere IEC TS 61400-13'deki isteklere ilave olarak, yük ile ilgili tüm deniz koşulları ölçülecektir.

5. Taşıyıcı yapıya ilave sensörler uygulanacak ve bunların yerleri **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

6. Ölçümlerin tamamlanmasından sonra, Bölüm 1, B.2.6.4'deki işlemler, bir test kurulumu veya açık deniz rüzgar türbini üreticisi tarafından yapılacak ve belirtilen dokümanlar **TL**'na verilecektir.

G. Dişli Kutularının Prototip Tecrübesi**1. Genel**

1.1 Açık deniz rüzgar türbinlerinin tahrik sisteminde yer alan dişli kutusu tipleri (ana dişli kutusu) uygun bir test yerinde bir prototip testine ve bu dişli kutusunun yer aldığı açık deniz rüzgar türbininde bir denemeye tabi tutulacaktır.

Deneme, dişli kutusunun dizaynında yapılan kabullerin kontrolünü ve açık deniz rüzgar türbini dişli kutularının üretimi sırasındaki seri testlerin yapılması ile ilgili önemli parametrelerin elde edilmesini sağlar.

Dişli kutusunun açık deniz rüzgar türbininde kullanımına uygunluğunu, pratik çalışma vasıtasıyla doğrulanacak ve dokümanite edilecektir.

1.2 Dişli kutusunun dinamik özelliklerine ve dişli kutusunun bileşenlerinin yük dağılımına önemli etkileri olan dizayn değişiklikleri durumunda (örneğin; transmisyon oranının değişimi), prototip denemesinin yenilenmesi gereklidir. Test kapsamı, dizayn değişikliğine bağlı olarak ve **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

1.3 Tip sertifikası düzenlenmeden önce, tüm prototip denemesi tamamlanacak ve **TL** tarafından kabul edilecektir. A-dizayn değerlendirmesi düzenlenmeden önce, test yerindeki deneme tamamlanmış ve dokümanite edilmiş olacaktır. Test yeri düzenlenmesi ve test planı **TL** veya akredite test laboratuvarı tarafından, en az bir gün sürecek olan test mahalli muayenesi kapsamında değerlendirilecektir. Prototip denemenin ana sonuçları, Bölüm 7, D'ye göre dişli kutusunun hesapları ile birleştirilmiş ise, dişli kutusunun test yerindeki denemesinin tamamlanması B-dizayn değerlendirmesi için gerekli olabilir.

1.4 Prototip denemenin ayrıntılı kapsamı, deneme başlamadan önce **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

2. Prototip Denemenin Kapsamı

Açık deniz rüzgar türbininin dişli kutularının denemeleri öncesinde ve sırasında asgari olarak, aşağıdaki hususlara dikkat edilecektir:

- Test edilecek dişli kutusu ve önemli bileşenleri belirlenebilir olacaktır. İlgili kalite dokümanları, denemeler sırasında hazır bulundurulacaktır.
- Kullanılan yağlama maddelerinin saflığı, test yerindeki denemeler sırasında sağlanacak ve sürekli olarak izlenecektir.
- Test yerindeki denemeler aynı zamanda, öngörülen soğutma sistemi ve yağlama sisteminin işlevlerini de içerecektir. Gerçeğe uygun bir test yeri kurulacak ve aşırı işletim koşullarının simülasyonu sağlanacaktır.
- Sıcaklık, basınç ve titreşim gibi ölçüm parametreleri ayrıntılı olarak kaydedilecektir. Veriler, birbirleriyle net ilişkileri ile birlikte ve mümkün olduğunca elektronik olarak işlenebilecek formatta depolanacaktır.
- Test yerindeki denemeler sırasındaki yük spektrumu, tüm diş kavramalarının fiili temas izi dizaynda yapılan kabuller karşılaştırmayı sağlayacak şekilde tanımlanacaktır. Tekil yük denemelerinin süresi, dişli kutusunun termal dizaynının yeterince test edilmesini sağlayacak şekilde seçilecektir.
- Test yerindeki denemenin tamamlanmasıyla, tüm yatakların ve dişlerin durumu değerlendirilebilecek ve dokümanite edilebilecek şekilde de monte edilecektir.
- Test yerindeki denemeden sonra, bir açık deniz rüzgar türbininde deneme çalışması yapılacaktır. Açık deniz rüzgar türbinindeki bu çalışmanın süresi TL ile görüşmek suretiyle belirlenecektir. Dişli kutusunun yüklenmesi ile ilgili parametreler ile birlikte, sıcaklık, basınç ve titreşim gibi işletme parametreleri kaydedilecek ve değerlendirilecektir. Döndürme momentine ilave olarak, açık deniz rüzgar türbinindeki dişli kutusunun ilgili

yapısal bütünlüğünden elde edilecek yükler de dahil edilecektir.

3. Prototip Denemenin Dokümantasyonu

Prototip denemenin tüm aşamaları, örneğin ölçüm veri dosyaları, fotoğraflar, yağ analizleri ve muayene veya montaj raporları vasıtasıyla, ayrıntılı olarak dokümanite edilecek ve değerlendirilecektir. Değerlendirmenin önemli bir kısmı olarak, dişli kutusunun serilerinin denemeleri için uygun bir plan tanımlanacaktır. Dokümantasyon ve değerlendirmeler, dişli kutusunun serilerinin denemesi ile ilgili plan, değerlendirilmek üzere TL'na verilecektir.

H. İşletmeye Almanın Gözetimi

1. Genel

1.1 Sertifikalandırılacak versiyondaki imal edilen ilk açık deniz rüzgar türbinlerinin birinde işletmeye almanın gözetimi yapılacaktır. Bu gözetimin hedefi, tesisin gözle muayenesi ve işletmeye alma el kitabındaki emniyetle ilgili testlerin değerlendirilmesidir.

1.2 İşletmeye almanın gözetimi, elektrik mühendisliği ve emniyet teknolojisi alanındaki TL uzmanları tarafından yapılacaktır.

1.3 İşletmeye almanın gözetiminin olumlu olması, A-dizayn değerlendirmesinin düzenlenmesi için ön koşuldur.

2. Gözetim Prosedürü

2.1 Tesis muayene edilecek ve teknik veriler, dizayn dokümanlarının istekleri ile karşılaştırılacaktır.

2.2 Sertifikalandırma raporunda belirtilen herhangi bir sınırlamaya uygunluk mümkün olduğunca değerlendirilecektir.

2.3 İşletme alma el kitabından seçilen testler, emniyet testlerine odaklanarak yapılacaktır. İlave olarak, testlerin yapılabilirliği doğrulanacak ve türbin davranışı, dizayn dokümanlarına uygunluk yönünden değerlendirilecektir.

BÖLÜM 11

PERİYODİK İZLEME

Sayfa

A. Kapsam ve Uygulama	11- 1
B. Teknik Uzmanlar, Dokümantasyon ve Faaliyetler	11- 2

A. Kapsam ve Uygulama

1. Genel

1.1 Periyodik izlemenin amacı

1.1.1 Periyodik izleme açık deniz rüzgar türbininin TL uzmanı tarafından periyodik olarak muayenesidir. Muayene, Sertifikalandırma Raporundaki koşullara göre yapılacaktır. Muayene aralıkları, ilgili sertifikalandırma raporunda veya eklerinde belirtilir.

1.1.2 Periyodik izlemenin amacı; açık deniz rüzgar türbininin makinalarının, emniyet donanımının ve yapısal bütünlüğünün muayenesidir.

1.1.3 Açık deniz rüzgar türbininden sorumlu kuruluş (aşağıda işletici olarak anılacaktır) periyodik izlemeyi organize edecektir. Muayene raporu, bakım el kitabına eklenecektir.

1.2 Teknik uzman ile ilgili istekler

1.2.1 Periyodik muayene, TL tarafından onaylı açık deniz rüzgar türbini uzmanı tarafından yapılacaktır. Uzman, açık deniz rüzgar türbininin tamamının değerlendirilmesi için gerekli teknik bilgiye sahip olacaktır. İlgili eğitim ve sürekli deneyim değişimi kanıtlanacaktır. DIN EN 45004 veya 45011'e veya eşdeğerine göre akreditasyon gereklidir veya uzmanın niteliği uzman bir heyet tarafından kontrol edilmelidir.

1.2.2 Teknik uzman bağımsız olacak ve açık deniz rüzgar türbininin ilgili teknik dokümantasyonuna ulaşabilecektir.

2. Kapsam ve Uygulama

2.1 Periyodik muayenenin yapılışı

Periyodik izleme sırasında, pervane kanatları dahil tüm açık deniz rüzgar türbini muayene edilecektir. Muayene ile ilgili özel bir kontrol listesi, dokümantasyon esas alınarak hazırlanacaktır. Kontrol listesi, değerlendirme kriterlerini de içerecektir.

2.2 Periyodik izleme için değerlendirme esasları

Periyodik izleme, buradaki esaslara göre değerlendirilecektir. Sahada geçerli olan standartlar ve kurallar dikkate alınacak ve uygulanacaktır.

2.3 Muayene edilecek açık deniz rüzgar türbininin dokümantasyonu asgari olarak aşağıdaki dokümanlar, periyodik izleme için incelenecektir:

- Tüm ekleri ile birlikte onay ve / veya sertifikalandırma raporları,
- Yapım ve işletme izni,
- İşletme el kitabı,
- İşletmeye alma kayıtları,
- Bakım kontrol listesi (bakım kayıtları),
- Önceki periyodik izleme veya kondüsyon sürveyi (yapılmışsa) raporları,

- Yıllık yağ kalitesi doğrulaması (en az son iki adedi),
- Yapılmışsa, türbinin değişim / onarım dokümanları ve gerekli onaylar,
- Aşınmadan korunma ve deniz yatay düzeyinin muayene raporları (2.4'e bakınız),
- Su altı yapılarının ve sıçrama bölgesinin muayene raporları (2.4'e bakınız),
- İzlenen (CMS ile, Bölüm 13'e bakınız) açık deniz rüzgar türbini bileşenlerinin yıllık raporu (en az son iki rapor)

2.4 Periyodik izleminin kapsamı

2.4.1 Türbin gözle muayene edilecek, bileşenler (pervane kanadı dahil) yakından muayeneye tabi tutulacak ve muayene edilecek alanlar, gerekirse temizlenecek veya açılacaktır.

2.4.2 Makinalar dahil, rüzgar türbininin yapısal bütünlüğü ile emniyet ve frenleme sistemlerinin işlevleri de kontrol edilecektir (Tablo 11.1'e bakınız).

2.4.3 Aşınma koruması, deniz yatağı düzeyi, su altı yapısı ve sıçrama bölgesi, bu bileşenlerin muayene raporlarının incelenmesi suretiyle kontrol edilecektir.

2.4.4 Sıçrama bölgesindeki yapılar; korozyon, deniz canlıları ve hasar (örneğin; çatışmadan kaynaklanan) bakımından gözle muayene edilecektir. Daha derine yayılabilen hasarlar belirlendiğinde, dalgıç muayeneleri istenebilir. Aşırı korozyon bulguları varsa, levha kalınlığı ölçümü gerekebilir. Bu durum, muayene raporunda belirtilecektir.

2.4.5 Özellikle sıçrama bölgesinde, buzlu durumda ve daha önce onarımların yapıldığı yerlerde beton yüzeyler; çatlak, aşınma, kabarma ve çelik donatılardaki korozyon işaretleri yönünden muayene edilecektir. Yüzeylerin temizlenmesi gerekebilir. Muayene sonuçları, muayene raporunda belirtilecektir.

2.4.6 Korozyon kontrolünün (yani; boyama, katodik koruma sistemi, vb.) tipi, yeri ve kapsamı, bunun etkinliği, onarımlar veya yenilemeler muayene raporunda belirtilecektir.

B. Teknik Uzmanlar, Dokümantasyon ve Faaliyetler

1. Teknik Uzmanlar

1.1 Periyodik izleme, TL'nun teknik uzmanları tarafından yapılacaktır.

1.2 Diğer teknik uzmanların raporları kabul edilebilir.

2. Dokümantasyon

2.1 Periyodik izleme ile ilgili muayene raporu teknik uzman tarafından yazılacak ve imzalanacaktır. Muayene raporu, asgari olarak aşağıdaki bilgileri içerecektir:

- Açık deniz rüzgar türbini ve kulenin üreticisi, tipi ve seri no.su,
- Açık deniz rüzgar türbininin yeri ve işleticisi,
- Çalışma süresi ve üretilen toplam enerji,
- Muayene tarihi ve o tarihteki hava durumu,
- Muayenede hazır bulunan kişiler,
- Muayene kapsamının ayrıntılı açıklaması,
- Açıklamalar ve bulunan hasar / eksiklikler,
- Muayene sonucu.

2.2 Sonuç, bulunan eksiklikler ve gerekli koşullar ile sınırlamalar ilk sayfada belirtilecektir.

2.3 Raporun bir kopyası işleticiye verilecektir.

Tablo 11.1 Periyodik izleme ile ilgili muayenenin kapsamı

Eleman	Muayane / olası hatalar
Pervane kanadı	Yüzey hasarı, çatlaklar, yapısal kesiklikler (Bir kaldırma veya iskele düzeninden muayene: uygun yöntemler – örneğin; vurma, ultrasonik testler- kullanılarak gözle ve yapısal muayene) Cıvataların ön gerilmesi Yıldırımdan koruma sisteminin hasarlanması
Tahrik sistemi	Sızıntılar, aşırı gürültü, korozyondan korumanın durumu, yağlama, cıvataların ön gerilmesi. Dişlilerin durumu (yağ örneği, varsa) Yıldırımdan koruma sisteminin hasarlanması
Türbin kaportası, kuvvet ve moment ileten bileşenler	Korozyon, çatlak, aşırı gürültü, yağlama, cıvataların ön gerilmesi Yıldırımdan koruma
İklim kontrolü, nem giderme ve hava filtreleri	İşlev, kirlenme
Hidrolik sistem, pnömatik sistem	Hasar, sızıntı, korozyon, işlev
Taşıyıcı yapı (kule, alt yapı ve temel) Tek parçalı veya keşişen parçalı	Korozyon, korozyondan koruma (örneğin; katodik koruma), hasarlar ve deformasyon, çatlaklar, aşınma, kabarma, cıvataların ön gerilmesi, deniz canlıları
Emniyet cihazları, dış aydınlatma, sensörler ve frenleme sistemleri	İşlevsel kontroller, sınır değerlere uygunluk, hasar, aşınma
Trafo istasyonu ve açma-kapama donanımı dahil kontrol sistemi ve elektrik donanımı Durum izleme sistemi	Terminaler, bağlantılar, işlevsel kontroller, korozyon kirlenme
Helikopter kaldırma, bot indirme, usturmaçalar	Bağlama, işlev, korozyon, çatlaklar, kirlenme, hasarlar ve deformasyon
Emercensi sığınak	Dış aydınlatma, emercensi sığınak donanımı, denizde kurtarma donanımı ve olası yedek güç beslemesi (varsa) ile ilgili olarak yapılacak tüm işlemlerin açıklaması
Dokümanların incelenmesi	Eksiksiz olma, durumun gözlemlenmesi, Onaylı dokümanlara göre yapı, test dokümanları, düzenli aralıklarla yapılan bakım. Varsa; onaylara göre değişim / onarımların yapılması

3. Faaliyetler**3.1 Onarımlar**

3.1.1 Teknik uzman raporunda bulunan eksiklikleri belirtecek ve onarım ile ilgili süreyi tanımlayacaktır.

3.1.2 Gerekli tüm onarımlar, işletici tarafından organize edilecektir.

3.1.3 Onarımlar; açık deniz rüzgar türbini üreticisi tarafından, üretici tarafından yetki verilen bir atölye tarafından veya bu alanda uzman olan ve gerekli bilgiye, tecrübe ve donanıma sahip bir atölye tarafından yapılacaktır.

3.2 Servis dışına alma ve tekrar işletmeye alma

3.2.1 Eğer eksiklikler, açık deniz rüzgar türbininin

yapısal bütünlüğünü kısmen veya tamamen tehlikeye düşürüyorsa veya eksikliklerin büyük hasarlara yol açabileceği öngörülüyorsa, teknik uzman türbinin servis dışına alınmasını önerebilir. Bu durumda işletici türbini servis dışına alacaktır.

3.2.2 Eksikliklerden dolayı veya işleticinin açık deniz rüzgar türbininin devre dışına alınmasını reddetmesi halinde kamu emniyeti tehlikeye giriyorsa, teknik uzman, yapım ve / veya çalışma iznini veren kuruluşa bildirimde bulunacaktır.

3.2.3 Madde 3.1'e göre uzman bir atölye tarafından yapılan türbin onarımını takiben, emniyetle ilgili eksikliklerin uygun şekilde onarıldığını onaylayacaktır. Bundan sonra, işletici / mal sahibi tekrar işletmeye alma işlemini başlatabilir.

BÖLÜM 12

DENİZDEKİ İŞLEMLER

Sayfa

A. Kaldırma	12- 1
B. Yedekleme ve Montaj	12- 5

A. Kaldırma

1. Kapsam Genel Açıklamalar

1.1 Denizdeki işlemlerin, yani; yapım ve montaj aşamalarında, açık deniz yapısının veya yapıya ait kısımların hareketi veya taşınması işlemlerinin, genel dizayn ve boyutlandırma üzerinde önemli etkileri olabilir. Bu nedenle, denizdeki işlemler normalde TL'nun dizayn incelemelerine dahil edilmiştir.

1.2 Bu işlemlerin, yani; kaldırma, kaydırma, yedekleme (duba veya geminin üzerinde ya da kendisi yüzer halde), denize indirme ve indirme/ gömme işlemlerinin yapıya önemli yükler getirdiği veya yapıda kritik koşullar oluşturduğu hallerde bunlar dizaynda dikkate alınacaktır. TL incelemeleri ve sürveyleri, uygulanabilen hallerde, aşağıda belirtilenleri kapsayacaktır:

- Öngörülen ortam koşulları
- Kullanılacak taşıma yöntemleri / araçları, yedekleme donanımı
- Mapalar ve değiştirilebilir donanım, bağlama ve emniyete alma elemanları gibi yardımcı elemanların emniyetli dizaynı
- Konumlandırma
- Kaldırma, indirme ve yerleştirme prosedürleri (dinamik etkiler)
- Balastlama, nefesleme / balast boşaltma, harçla doldurma prosedürleri ve tesisat / donanım.

1.3 Bir açık deniz rüzgar türbininin bir bütün olarak dizayn ve yapımının sertifikalandırılmasında, sürveyler ve tüm önemli taşıma ve montaj işlemlerinin gözetimi esas alınır. Bu gözetimin kapsamı hakkında her durum için ayrı ayrı anlaşmaya varılacak ve uygun şekilde belgelendirilecektir. Ancak, işlemler, konularında uzman ve deneyimli olan görevli servis kuruluşunun sorumlu personeli tarafından yapılacaktır.

1.4 Denizde taşıma ve açık denizde montaj elkitapları ilgili tüm prosedürleri ve sınırlayıcı koşulları kapsamlı ve TL tarafından onaylanmalıdır.

1.5 Açık deniz rüzgar türbinlerinin yüzer, bağlı durumdaki yapım aşamaları, bu bölümde incelenmeyecektir.

2. Kaldırma İşlemleri

2.1 Dizayn değerlendirmeleri

Genel boyutlar, kaldırılacak ünitenin ağırlığı ve ağırlık merkezi, kaldırma noktalarının adedi, kaldırma donanımının yerleşimi ve özellikleri, vb. mevcut düzenler ve öngörülen prosedürlerle birlikte statik ve dinamik yükler bakımından, dizaynın ilk aşamasında değerlendirilecektir.

2.2 Hesaplamalar

2.2.1 Kaldırma ve indirme prosedürlerinin analizinde, ilgili hallerde, yapının ve kaldırma donanımının elastik özellikleri, boyutsal ve ağırlık toleransları ile ortama ve kullanılan kaldırma donanımının tipine bağlı olan dinamik koşulları dikkate alınacaktır. Halat / kaldırma donanımının (örneğin; kantarma) ağırlığı, gereken yerlerde hesaba katılacaktır.

2.2.2 Önemli olacağı öngörülen; suya batmış yapıya etki eden hidrodinamik ve hidrostatik kuvvetler, rüzgar, çekme kuvvetleri ve darbe kuvvetleri gibi ilave dış etkiler ve yükler dikkate alınacaktır.

3. Yük Kabulleri, Kuvvetleri ve Dinamik Artım

3.1 Kanca ve mapa kuvvetlerini (H ve P), kaldırılan nesnenin kütlesinden (M) elde ederken, genelde dinamik artım da hesaba katılacaktır (Şekil 12.1'e bakınız).

3.2 Kaldırma ağırlığı W_L , aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$W_L = M \cdot g \cdot \gamma_F \cdot k_d \quad (\text{A.1})$$

M = Kütle, [t], kaldırılan nesne için

g = Yer çekimi ivmesi (9,81 m/sn²)

γ_F = Tablo 4.7'ye göre gravite yükleri için emniyet faktörü,

k_d = Dinamik artım faktörü. Eğer güvenilir değerler mevcut değilse, k_d , Tablo 12.1'den alınabilir.

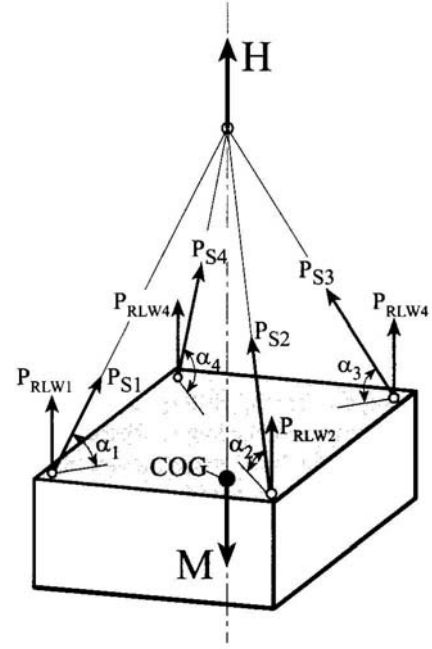
3.3 H kanca kuvveti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$H = W_L \cdot \gamma_{dL} \cdot W_R \cdot g \cdot \gamma_F \cdot k_d \quad (\text{A.2})$$

γ_F = Madde 5'e göre halat donanımı için emniyet faktörü,

W_R = Halat donanı kütlesi [t].

3.4 Yüzer cisimlerin ve / veya iki ya da daha fazla sayıda kreyn dubasının kaldırma ve indirme işlemlerinde, oluşma olasılığı bulunan maksimum kuvvetlerin, sağlanan kaldırma kapasitesinden yeterince küçük olduğu kanıtlanmadıkça, sistemin hareket özellikleri ile ilgili özel inceleme yapılması gereklidir. Kural olarak, ikili kaldırma koşullarında donanımı dikkate almak üzeri $\gamma_{dL} = 1,1$ 'lik ilave bir emniyet faktörü uygulanacaktır.



Şekil 12.1 Sistemin tanımı

3.5 Bileşen kütlelerinin hesabındaki hatalar, Tablo 4.7'deki "gravite" ile ilgili γ_F emniyet faktörleri uygulanarak dikkate alınacaktır. Eğer ağırlık net olarak biliniyorsa, halat donanımı için daha düşük emniyet faktörleri kullanılabilir.

3.6 Sapanların elastik özellikleri genelde dikkate alınmalıdır. Kaldırılacak nesnelerin elastisitesi ise, birçok durumda ihmal edilebilir.

3.7 Yapının tipine ve hesapların hassasiyetine (dizayn aşaması) bağlı olarak, ağırlık merkezinin yeri ile ilgili hatalar dikkate alınarak f_{AM} tolerans faktörü veya uygun dizayn çözümleri seçilecektir.

$$\gamma_{AM} = 1 + e_{AM} \quad (\text{A.3})$$

e_{AM} = Mesnet noktaları arasındaki en büyük mesafe ile bağlantılı olarak, ağırlık merkezi yerindeki olası hata.

3.8 Eğimli yük faktörü γ_{EYF} , sapanların boyutsal toleranslarını ve sapanların boy elastisite özelliklerinin etkilerini hesaba katmak için uygulanır.

Sınırsız (4-sapanlı) kaldırmalarda, kaldırma noktalarının sırasıyla diyagonal olarak karşılıklı beher çifti için;

$$f_{EYF} = 1,25 \text{ uygulanacaktır.} \quad (\text{A.4})$$

Sınırlı (2-3 sapanlı) kaldırmalarda, eğimli yük faktörü;

$$f_{EYF} = 1,00 \text{ alınır.} \quad (\text{A.5})$$

3.9 Sapan yükü P_S [kN], sapan yönünde mapaya etki eden (Şekil 12.2'deki standart mapa) toplam yüküdür ve aşağıdaki gibi hesaplanır :

$$P_S = \frac{P_{BKA} \cdot f_{AM} \cdot f_{EYF}}{\sin(\alpha_i)}$$

P_{BKA} = Bölünmüş mapa kaldırma ağırlığı, W_L kaldırma ağırlığı ve ağırlık merkezine göre kaldırma noktasının geometrik yerleşimi dikkate alınarak, her mapadaki düşey yük [kN].

α_i = Sapan ile yatay düzlem arasındaki açı ($i = 1, 2, \dots, k$) [°].

3.10 Örneğin; yatay kuvvetlerden (2.2.1'e bakınız) kaynaklanan ilave etkiler özel olarak değerlendirilecektir.

Yük uygulama noktalarında (mapalar), mapa düzlemine dik olarak etki eden, en az % 5 P_S 'lik bir kuvvet dikkate alınacaktır.

3.11 Kantarmaların kullanımı halinde, sapan kuvvetleri uygun şekilde hesaplanabilir. Burada α , sapan ile (yatay) kantarma düzlemi arasındaki açıdır.

4. Kaldırılan Cismin Dizaynı, Mapalar

4.1 Yapıda yük oluşturan elemanlar dahil, kaldırılacak yapı Bölüm 5 ve 6'da belirtilen esaslara göre dizayn edilecektir. İzin verilen gerilmeler ve emniyet faktörleri, genelde taşıma ve montaj yük durumlarına göre alınmalıdır. Bölüm 4, C.3.12'ye de bakınız.

4.2 Mapaların mukavemeti; malzemeler için Bölüm 3, C.2 ve kaynaklar için Bölüm 3, D.2 dikkate alınarak, Bölüm 5, C ve 6, F'ye göre analiz edilecektir.

4.3 Bazı hallerde, kaldırma noktaları civarında gerilme dağılımının analizinde hatalar oluşabilir. Bu gibi durumlarda, $\gamma_n = 1,2$ 'lik ilave bir emniyet faktörü uygulanacaktır.

4.4 Dablin levhası ile gövde arasındaki kaynaklı birleştirmedeki kesme gerilmesinin, aşağıdaki şekilde olacağı kabul edilir :

$$\tau \cong \frac{\sqrt{F_x^2 + F_z^2}}{D \cdot \pi \cdot a} \cdot \frac{t_1}{t + 2t_1} \quad (\text{A.7})$$

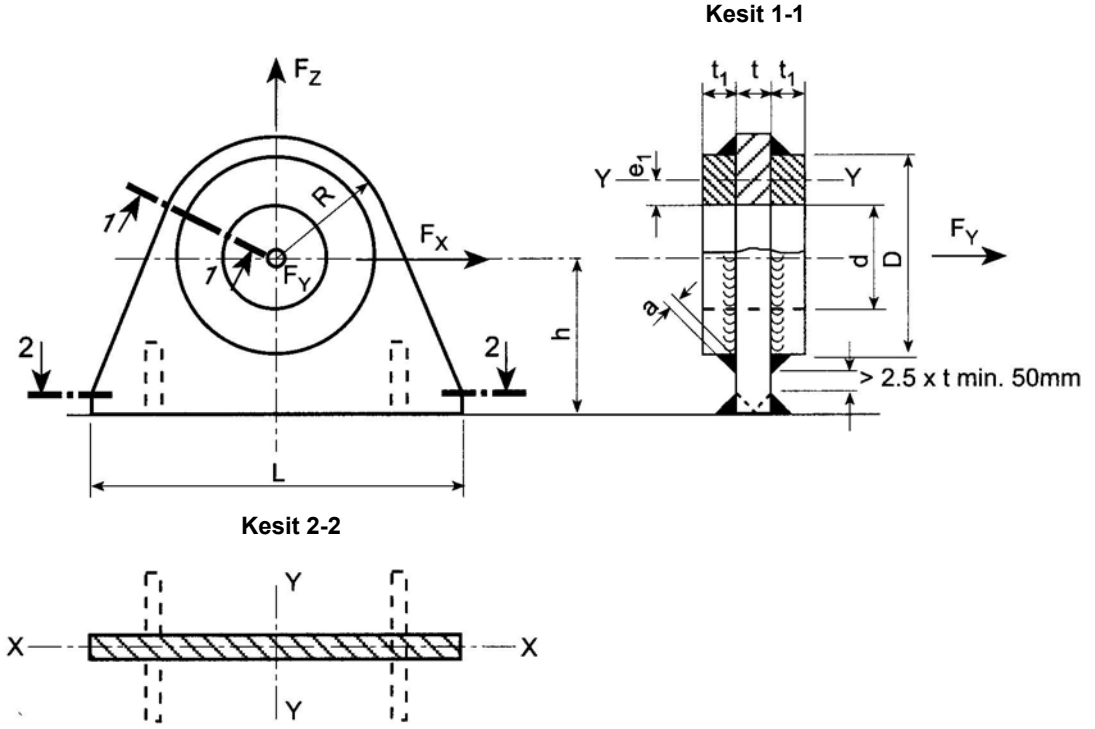
Minimum kaynak kalınlığı (3 mm.den az olmamak üzere) aşağıdaki şekilde hesaplanır :

$$a_{\min} = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{t + t_1}{3}} \quad (\text{A.8})$$

(kısıltmalar için Şekil 12.2'ye bakınız).

Tablo 12.1 k_d dinamik artım faktörü

Kütle	Korumasız alanlar açık deniz (1)	Korumalı alanlar (1)
$M \leq 1000 \text{ t}$	$k_d = 1,05 + 0,10 \cdot \left(1 - \frac{M}{1000}\right)$	$k_d = 1,05 + 0,10 \cdot \left(1 - \frac{M}{1000}\right)$
$M > 1000 \text{ t}$	1,15	1,05
(1) İşlemlerin, tanımlı, kontrollü hava koşullarında yapılacağı kabul edilir.		



Şekil 12.2 Standart mapa

4.5 Mapalar, sapan yönü mapa gövdesi düzleminde olacak şekilde düzenlenecektir. 3.'e göre mapa eksenindeki eğilme kuvveti dikkate alınacaktır. Mapa gövdesi; sapan kuvvetleri kiriş veya platform levhalarına iletilmeyecek şekilde yapının içine sokulacaktır.

4.6 İndirme ve kaldırma işlemleri sırasında, darbelere maruz kalabilen elemanlar, özel olarak değerlendirilecek ve takviye edilecektir. Kılavuzlarla ve özel durumlarda usturmaçalarla koruma gerekli olabilir.

5. Kaldırma Donanımının Dizaynı

5.1 Standart kaldırma donanımı kullanıldığında, bunlar isteklere uygun şekilde dizayn edilmeli veya seçilmelidir. Ancak, açık deniz uygulamalarına uygunluk, her durum için ayrı ayrı araştırılmalıdır.

5.2 Sapanlar, genelde 15 yıldan fazla kullanılmamalıdır. İlgili muayeneler esas alınmak suretiyle, tanınmış bir kuruluş tarafından "uygunluk belgesi" düzenlenmesi koşuluyla sapanların daha uzun

süre kullanımı mümkündür. Harici bir hasar bulunduğu anda, sapanlar kullanım dışı bırakılmalıdır.

5.3 Kilitler ve benzeri kaldırma donanımı, onaylı dizayna sahip olacaktır. Belirtilen ve sertifikalandırılan emniyetli çalışma yükü, en az 3.'de verilen yüklere uygun olacaktır.

Kilitler eğilmeye maruz kalmamalıdır.

5.4 Kaldırma kirişleri, kantarmalar ve benzeri yük dağıtım düzenleri, 3.'de belirtilen yüklere göre dizayn edilecektir. Yükler için emniyet faktörleri, taşıma ve montaj yük durumları kullanılarak, Bölüm 4, C.7'ye göre seçilebilir.

5.5 Basma ve kesmeye maruz elemanların burkulmasına özel olarak dikkat edilecektir.

6. Kreynler, Kreyn Dubaları

6.1 Açık deniz kaldırma işlemleri için öngörülen,

duba veya gemiye monte edilen kreyinler uygun tipte ve dizaynda olacak ve buna göre sertifikalandırılacaktır. Kreyinlerde ilgili olarak, **TL Açık Deniz Tesisleri Kuralları**'na bakınız.

6.2 Tekne, denizde öngörülen deniz alanına ve yük tiplerine uygun olacaktır. Planlanan yükleme durumlarını da içeren stabilite bukleti verilecektir.

6.3 İki veya daha fazla kreyin dubası veya teknesi ile çalışma için 3.1.4'e bakınız.

7. İzleme, Ölçümler

Kaldırma / indirme işlemlerinin kritik aşamaları sırasında, yük veya gerilme ölçümleriyle izleme önerilir veya gerekebilir. Bu durumlarda, izleme tesisinin incelenmesi ve işlemler sırasındaki ölçümlerin kontrolü normalde **TL** sörveylerine dahil edilir ve sertifikalandırılır.

B. Yedekleme ve Montaj

1. Yedekleme İşlemleri

1.1 Genel

1.1.1 Kıyıdaki yapım ve denizde taşıma sırasındaki yedekleme işlemleri, dizayn değerlendirmelerinin önemli bir kısmını oluşturur ve bu nedenle emniyet değerlendirmesi prosedürüne dahil edilmelidir. Aşağıda belirtilenler gibi temel parametrelerle ilgili bilgiler sağlanacaktır :

- Denizdeki işlemleri yapan gemilerle ilgili istekler,
- Öngörülen yedekleme rotası,
- Seferin süresi,
- Draft(lar), dip klerensleri,
- Mevsim, ortam koşulları.

Karmaşıklık derecesi risk değerlendirmesine bağlı olmak üzere, planlanan tüm draft koşulları için hareket davranışının incelenmesi gerekebilir.

1.1.2 Daha ayrıntılı bilgi için, aşağıdaki standartlara / kurallara bakınız: **TL Açık Deniz Tesisleri Kuralları**, API Recommended Practice 2A-LRFD.

1.2 Yüzdürme

1.2.1 Yüzdürme (yani, yapının, yapım yerinden - örneğin; kuru havuzdan- yükseltilerek taşınması), gerek düşey hareket ve giderek yüzer duruma geçiş ve gerekse yüzer haldeki yatay hareket yönlerinden, kontrollü bir tarzda tamamlanacaktır. Römorkörlere ilave olarak veya onların yerine bir vinç sistemi uygun olabilir. Havuz veya yapım yeri dışında etkili olabilen akıntılara özel olarak dikkat edilmelidir.

1.2.2 Yapının, dipte veya yanlarda herhangi bir engele takılmaksızın emniyetli olarak yedeklenmesi için yeterli sephiye sağlanacaktır. Gelgit farkları varsa, hesaplanan dip klerensi en az 0,5 m. olmalıdır. Aksi halde en az 0,3 m. sağlanacaktır. Yükselme (gel), iyi hava ve minimum draft gibi birkaç olumlu koşulun bir arada alınmasından kaçınılmalıdır.

1.2.3 Mevcut su derinlikleri için yapının draftı çok büyük ise veya stabilite nedenleriyle, geçici ilave sephiye gerekli olabilir.

1.2.4 Yapımın ara kademeleri dahil, tüm koşullarda, geçici veya sabit açıklıklardan suyun girişini (örneğin; dalgalar ve / veya trafik nedeniyle) önlemek için yeterli fribord sağlanmalıdır. Her durumda fribord 0,3 m. den az olmayacaktır.

1.2.5 Yükseltme ve yüzdürme prosedürlerinin tüm aşamaları için yeterli hidrostatik stabilite sağlanacaktır. Metasantr yüksekliği (GM) en az 0,8 m. olmalıdır.

1.2.6 Sıvı balastın serbest yüzeylerinden kaçınılmalıdır.

1.2.7 Herhangi bir tekil bölmenin su ile dolması, stabilite veya su basması yönünden kritik durumlara neden olmayacak, meyil açısı yapının karaya oturmasının engelleneceği derecede küçük bir değerle sınırlanacaktır.

1.2.8 Balastlama, bağlama ve yedekleme donanımı ve tesisleri için aşağıdaki maddelere bakınız.

1.3 Denizde taşıma

1.3.1 Bir yapının korumalı yapım alanından, monte edileceği yere kadar taşınması ile ilgili denizde taşıma veya yedeklemede, genelde Bölüm 12, B.1.1 ve Bölüm 12, A.1.2'de listelenen özellikler yönünden bir sorvey gereklidir. Denizde taşıma bir duba veya geminin güvertesinde taşıma veya kendinden yüzer yapının yedekte çekilmesi suretiyle yapılabilir.

1.3.2 Montaj işlemlerinde kullanılan tüm gemiler klaslı olacaktır. İşlemin tamamlanmasından önce, emniyetle ilgili tesislerin ve operasyonel donanımın uygun sertifikaları alınmış olacaktır.

1.3.3 Öngörülen program dahilinde ve verilen koşullarda (rüzgar, akıntı, sınırlı sular) emniyetli operasyonların sağlanabilmesi için yeterli römorkör gücü mevcut olmalıdır. Öngörülen rota ve montaj yerindeki manevralar için uygun yedekleme düzenleri ve seyir donanımı bulunacaktır.

Hava tahminleri dikkate alınacaktır. Gerekliği takdirde, dar geçitlerden geçişlerle ilgili düzenler sağlanacaktır.

1.3.4 Bir duba veya geminin üzerindeki taşıma durumunda, hareketler nedeniyle oluşan dinamik kuvvetler ve ilgili yapısal elemanların elastik özellikleri dikkate alınarak, gemideki ve taşınan yapıdaki yük taşıyan elemanlarda oluşan gerilmeler ve yük dağılımı incelenmelidir.

1.3.5 Kayma ve devrilme yönlerinden yapının emniyete alınması sağlanacaktır.

1.3.6 Bölüm 5, C ve 6, F ile malzeme yönünden Bölüm 3, C.2 dikkate alınarak, bağlama elemanlarının boyutlandırılması yapılacaktır. Bölüm 4, C.7'ye göre yük emniyet faktörleri dikkate alınacaktır.

1.3.7 Bağlama ve destekleme elemanları lokal burkulmayı önleyecek şekilde dizayn edilecektir. Hesaplarda özel olarak dikkate alınmadıkça, farklı elastisiteli bağlama elemanlarının bir arada kullanımından kaçınılmalıdır.

1.4 Yüzer yapıların yedekte çekilmesi

1.4.1 Sephiye, sephiye donanımı, dip klerensleri,

stabilite ve fribord ile ilgili olarak 1.2'deki istekler uygulanır. $GM \geq 1,0$ m. tavsiye edilir.

1.4.2 Yedekte çekmeye başlamadan önce, yapı bütünlük / sızıntılar ve kapatma donanımı yönünden sorveye tabi tutulacaktır.

1.4.3 Çatışma riskine ve yapının geometrisine bağlı olarak, bir bölme durumunun sağlanması (herhangi bir bölmenin yaralanması halinde, yapının yüzebilirliğini sürdürmesi) tavsiye edilir.

1.4.4 Yüzer yapıda taşınan serbest donanım, olası ivmelenmelere, rüzgar ve dalga etkilerine karşı emniyete alınmalıdır.

1.4.5 Yedekleme halatları ve bağlama zincirlerinin sabitleme donanımı, halatın (zincirlerin) kopma mukavemetinin %20 fazlası bir kuvvete göre dizayn edilecektir. Sabitleme noktasındaki bir kusur, su dolumuna neden olmayacaktır.

2. Denizde Montaj

2.1 Genel

2.1.1 Aşağıdaki kurallar, yüzer yapıların kontrollü yüzdürme ve daha sonra yerleştirilmesi suretiyle monte edilmesine uygulanır. Kreyn yardımıyla denizde montaj Bölüm 12, A.2'de yer almaktadır.

2.1.2 Her iki tip montaj prosedürünün kombinasyonu mümkün olup, bu bölümdeki kuralların uygulanması ile yerine getirilebilir.

2.1.3 Her aşamada; sephiye, stabilite ve trim hesapları vasıtasıyla su dolması prosedürü incelenecektir. Çeşitli deniz durumlarındaki hareket davranışının hesaplarla yeterince belirlenemediği hallerde, model deneyleri tavsiye edilir.

2.1.4 Gerekli zaman ve olası arızalar veya hatalar yönünden, tüm ana kademelerin ayrıntılı bir değerlendirmesi yapılmalıdır. Tüm kritik operasyonlar için fazlalık sağlanmalıdır. "Dönüşü olmayan nokta" belirlenmelidir.

2.1.5 Denizde taşıma ve açık denizde montaj el kitabında, emniyetle ilgili tüm önlemler ve sınırlamalar

belirtilecektir.

2.2 Konumlandırma, yedek gemiler

2.2.1 Yapının, indirilmeden önce konumlandırılması, bağlama ve / veya römorkör yardımı ile yapılabilir. Gerekli hassasiyet ve düzeltme olanakları su derinliğine, montaj yöntemine, ortam koşullarına (örneğin; akıntılar) bağlıdır.

2.2.2 Nihai konumdaki gerekli hassasiyet derecesini elde etmek için, konumlandırma donanımları (örneğin; elektro-akustik sistemler) gerekli olabilir. Bu donanım için işlev testleri gereklidir.

2.2.3 Yüzer yapının öngörülen ortam koşullarındaki maksimum yer değişimleri, indirme prosedürü sırasındaki gel-git farkları ve tel boyundaki olası sapmalar dikkate alınarak, bağlama zincir ve halatlarında oluşan kuvvetler hesaplanacaktır. Kopma mukavemetine karşı $\gamma = 3$ 'lük bir emniyet faktörü tavsiye edilir.

2.3 Denize indirme

2.3.1 Yüzebilir yapıların, montaj mahalline vardıklarında bir dubadan denize indirilmesinde (yüzdürme dahil), denize indirme şeklinin yeterli hassasiyetteki ayrıntılarını, ivmeleri ve yapıya etki eden kuvvetleri veren indirme hesapları sunulacaktır. Hesaplanan minimum dip klerensi 5 m. veya su derinliğinin %10'u (hangisi büyükse) olmalıdır.

2.3.2 Su almadan önce, yüzer yapı özellikle geçici fittinglerin çıkartıldığı yerler ve taşıma ve / veya denize indirme hesaplarında yüksek gerilmelerin görüldüğü noktalar olmak üzere, yakından muayene edilecektir.

2.4 Balastlama ve basınç altında tutma

2.4.1 Tüm balastlama ve basınç altında tutma (balast boşaltma) işlemleri, ayrıntılı olarak hazırlanan ve kontrol elden programa göre yapılacak ve gerekli şekilde kontrol edilecektir. Tüm operasyon boyunca valflerin işlevi ve durumları doğrulanabilmelidir. Yedek fittingler her an kullanıma hazır olmalıdır.

2.4.2 İndirme işlemi sırasında tekil bölmelerin basınç altında tutulması ile balast boşaltma zorunlu ise, hava

basıncı ile su düzeyi izlenecek ve proses her aşamada kesilebilecek ve tersine çevrilebilecek durumda olacaktır.

2.4.3 Oturma ve meyil sağlandığında, farklı balastlama ile kontrol mümkün olacak ve yeterli yedek kapasite sağlanacaktır.

2.5 Çimento ile doldurma prosedürleri (gravite yapılar)

2.5.1 Etek cidarlar içindeki tekil bölmelerin çimento ile doldurulması ve suyun boşaltılması (hava ile), kontrollü tarzda yapılacaktır. Akım miktarı ve toplam harç hacmi izlenecek ve dokümanite edilecektir. Hava çıkışları ve etekdeki kritik noktalar, suyun harç malzemesi ile tamamen boşaltılmasını sağlamak üzere gözlemlenecektir.

2.5.2 Yeterli yedek harç malzemesi sağlanmalıdır. Yerleştirilmeye ve olası korumaya bağlı olarak, yedek bir harç hattı bulunmalıdır.

2.6 Kazık çakma işlemleri

2.6.1 Yardımcı gemilerin ve kazık çakma donanımının yerleşimi, alınacak önlemler dahil, Kısım 6'da belirtilen kazık çakma işlemleri, önceden hazırlanan ve mutabık kalınan programa göre yapılabilecek şekilde olacaktır. Özellikle, gemi ve bağlama donanımı, kazık çakma işleminin verimli olarak yapılabileceği hava koşullarına uygun olacaktır.

2.6.2 Onaylı kazık çakma spesifikasyonunun talimat ve sınırlamaları dikkatle gözlemlenecek, kaçınılmaz sapmalar dokümanite edilecektir.

2.6.3 Çimento ile doldurma için 2.5'de belirtilen hükümler uygulanır.

2.7 Geçici fittinglerin ve yapıların sökülmesi

Sephiye tankları gibi, montajdan sonra gerek duyulmayan parçaların sökülmesi, planlı ve onaylı prosedürlere göre yapılmalıdır. Sökme işlemleri, oluşabilecek hasarlar algılanabilecek şekilde uygun tarzda kontrollü olarak yapılacaktır.

BÖLÜM 13

DURUM İZLEME

Sayfa

A.	Genel	13- 1
B.	Açık Deniz Uygulaması	13- 1

A. Genel

1. Genelde, TL'nun Rüzgar Türbinlerinin Durum İzleme Sistemlerini Sertifikalandırma Esasları'nda belirtilen istekler, açık deniz rüzgar türbinleri için de geçerlidir.

Bu sistemler için özel veya ilave istekler aşağıda belirtilmiştir.

2. Açık Deniz Rüzgar türbinleri için "Rüzgar Türbinlerinin Durum İzleme Sistemlerini Sertifikalandırma Esasları"na göre sertifikalı Durum İzleme Sistemi (CSM) gereklidir.

3. Bu sistem;

- Açık deniz rüzgar türbini ile birlikte sertifikalandırılabilir (rüzgar türbini ile CMS'in paralel sertifikasyonu) veya,
- CMS, daha önce TL tarafından sertifikalandırılmış olabilir. Bu durumda, açık deniz rüzgar türbininde CMS sistemi kullanılarak, CMS sertifikasyon raporunda yazılı koşulların sağlanıp sağlanamayacağı kontrol edilmelidir.

B. Açık Deniz Uygulaması

1. Varsa aşağıdaki operasyonel parametreler, açık deniz rüzgar türbininin kontrol sisteminden ölçülecek veya okunacak CMS'nden veri değerlendirmesi ile bütünleştirilecektir:

- Rüzgar doğrultusu,
- Dış sıcaklık,
- Kaporta sıcaklığı,
- Dişli kutusu ve jeneratör yatak sıcaklığı,
- Jeneratör sargılarının sıcaklığı,
- Yağ basınç ve sıcaklıkları (örneğin; hidrolik yağ, dişli yağı),
- Türbinin kontrolündeki müdahalelerle ilgili mesajlar (örneğin; rüzgar doğrultusunun aktif ayarı, harekete geçirilen hidrolik pompa).

2. Kanat titreşiminin izlenmesi uygun şekilde yapılacaktır. Bu konudaki açıklama verilmelidir.

3. Açık deniz rüzgar türbininin ve bileşenlerinin durumu ile ilgili ilave bilgiler, açık deniz rüzgar türbininin karakteristik yerlerindeki kamera(lar) ve mikrofön(lar) kullanılarak veya diğer uygun yöntemlerle verilebilir.

4. Sensörler, kablolar, vb. dahil komple CMS, açık deniz koşullarında kullanıma uygun olacak ve işlevlerinde bozulma olmayacaktır.

5. Açık denizde uzun süreli şebeke kesilmeleri olabilir. Bu durumlarda, verilerin saklanması için önlemler alınmalıdır. TL'nun "Rüzgar Türbinlerinin Durum İzleme Sistemlerini Sertifikalandırma Esasları"ndaki verilerin saklanması bölümünde belirtilenler dikkate alınacaktır.