

EN 1997-1 DK NA:2010-09

Nationalt annekst til

Eurocode 7: Geoteknik – Del 1: Generelle regler

Forord

Dette nationale annekst (NA) er en revision af EN 1997-1 DK NA:2008 og EN 1997-1 DK NA 2008 Tillæg med efterfølgende ændringer.

Tidligere udgaver, tillæg og oversigt over samtlige udarbejdede NA'er kan findes på www.eurocodes.dk

Dette NA fastsætter betingelserne for implementeringen i Danmark af denne eurocode, der vedrører bygningskonstruktioner henhørende under Erhvervs- og Byggestyrelsens Bygningsreglement og anlægskonstruktioner henhørende under Vejdirektoratets Vejregler og Banedanmarks Banenormer.

De nationale valg kan være i form af nationalt gældende værdier, valg mellem flere metoder i eurocoden eller tilføjelse af supplerende vejledning.

I dette nationale annekst er angivet:

- nationale valg samt oversigt over samtlige punkter, hvor der kan foretages nationale valg
- beskrivelse af nationale valg
- supplerende (ikke-modstridende) information, som kan være til hjælp for brugeren af eurocoden

Nationale valg samt oversigt over samtlige punkter, hvor der kan foretages nationale valg

Punkt	Emne	Valg
2.1(8)P	Projekteringskrav Måden, hvorpå disse minimumkrav er overholdt, kan være angivet i det nationale annekse.	De nationale minimumkrav er angivet i nationalt annekse D, K og L.
2.4.6.1(4)P	Regningsmæssige værdier for laster Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A.
2.4.6.2(2)P	Regningsmæssige værdier af geotekniske parametre Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A.
2.4.7.1(2)P	Generelt Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A.
2.4.7.1(3)	Generelt Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A.
2.4.7.2(2)P	Eftervisning af statisk ligevægt (EQU) Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A, tabel A.1 og A.2.
2.4.7.3.2(3)P	Regningsmæssige lastvirkninger Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A, tabel A.3 og A.4.

2.4.7.3.3(2)P	Regningsmæssig modstand Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A, tabel A.5, A.6, A.7, A.8, A.12, A.13 og A.14.
2.4.7.3.4.1(P)	Generelt NOTE 1 - Anvendelsesmåden af ligning (2.6) og (2.7) og den bestemte dimensioneringsmetode, der skal anvendes, kan være angivet i det nationale annekse.	NOTE 1 - Anvendelsesmåden af ligning (2.6) og (2.7) er angivet ved de respektive tabeller i nationalt annekse A. Dimensioneringsmetode 2 anvendes i DK for pæle og ankre. Dimensioneringsmetode 3 anvendes i DK for direkte fundering, jordtryk og stabilitet.
2.4.7.4(3)P	Eftervisningsprocedure og partialkoefficienter for løftning Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A, tabel A.15 og A.16.
2.4.7.5(2)P	Eftervisning af modstand mod brud på grund af strømning i jord (HYD) Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A, afsnit A.5.
2.4.8(2)	Anvendelsesgrænsetilstande Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A, afsnit A.6.
2.4.9(1)P	Grænseværdier for fundamentsbevægelser De tilladte fundamentsbevægelser kan være angivet i det nationale annekse.	De tilladte fundamentsbevægelser er angivet i annekse H.
2.5.(1)	Dimensionering ud fra erfaringsregler I det nationale annekse kan der være refereret til sådanne konventionelle og generelt konservative regler.	Konventionelle og generelt konservative regler er angivet i nationalt annekse D, K og L.

7.6.2.2(8)P	<p>Brudbæreevne baseret på statiske belastningsforsøg Værdierne af korrelationsfaktorerne kan være angivet i det nationale anneks.</p>	Værdierne af korrelationsfaktorerne er angivet i nationalt anneks A, tabel A.9.
7.6.2.2(14)P	<p>Brudbæreevne baseret på statiske belastningsforsøg Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.</p>	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, tabel A.6, A.7 og A.8 for såvel permanente som midlertidige situationer.
7.6.2.3(4)P	<p>Brudbæreevne baseret på jordparametre Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.</p>	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, tabel A.6, A.7 og A.8 for såvel permanente som midlertidige situationer.
7.6.2.3(5)P	<p>Brudbæreevne baseret på jordparametre Værdierne af korrelationsfaktorerne kan være angivet i det nationale anneks.</p>	Værdierne af korrelationsfaktorerne er angivet i nationalt anneks A, tabel A.10.
7.6.2.3(8)	<p>Brudbæreevne baseret på jordparametre Hvis denne alternative fremgangsmåde benyttes, kan det være nødvendigt at rette de i anneks A anbefalede værdier af partialkoefficienterne γ_6 og γ_8 med en modelfaktor større end 1,0. Værdien af modelfaktoren kan være angivet i det nationale anneks.</p>	Angivelserne er ikke gældende i DK.
7.6.2.4(4)P	<p>Brudbæreevne baseret på dynamisk prøvebelastning Værdierne af partialkoefficienten og korrelationsfaktorer kan være angivet i det nationale anneks.</p>	Værdier af partialkoefficienten og korrelationsfaktorer er angivet i nationalt anneks A, tabel A.11.

7.6.3.2(2)P	<p>Trækbæreevne baseret på pælebelastningsforsøg Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.</p>	Værdier af partialkoefficienten er angivet i nationalt annekse A, tabel A.6, A.7 og A.8.
7.6.3.2(5)P	<p>Trækbæreevne baseret på pælebelastningsforsøg Værdierne af korrelationsfaktorerne kan være angivet i det nationale annekse.</p>	Værdierne af korrelationsfaktorerne er angivet i nationalt annekse A, tabel A.9.
7.6.3.3(3)P	<p>Trækbæreevne baseret på jordparametre Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale annekse.</p>	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt annekse A, tabel A.6, A.7 og A.8 for såvel permanente som midlertidige situationer.
7.6.3.3(4)P	<p>Trækbæreevne baseret på jordparametre Værdierne af korrelationsfaktorerne kan være angivet i det nationale annekse.</p>	Værdierne af korrelationsfaktorerne er angivet i nationalt annekse A, tabel A.10.
7.6.3.3(6)	<p>Trækbæreevne baseret på jordparametre Hvis denne alternative fremgangsmåde benyttes, kan det være nødvendigt at rette den i annekse A anbefalede værdi af partialkoefficienten $\gamma_{s,t}$ med en modelfaktor større end 1,0. Værdien af modelfaktoren kan være angivet i det nationale annekse.</p>	Modelfaktoren er i DK 1,0, når den analytiske metode til bæreevnebestemmelse i nationalt annekse L lægges til grund for beregningen.
8.5.2(2)P	<p>Regningsmæssige værdier for udtrækningsmodstand bestemt ud fra forsøgsresultater Værdien af partialkoefficienten kan være angivet i det nationale annekse.</p>	Værdien af partialkoefficienten er angivet i nationalt annekse A, tabel A.12.

8.5.2(3)	<p>Regningsmæssige værdier for udtrækningsmodstand bestemt ud fra forsøgsresultater</p> <p>Note 8.5.2(3) gælder for de forankringstyper, der ikke individuelt kontrolleres ved hjælp af godkendelsesprøvning. Hvis der benyttes en korrelationsfaktor ξ_a, skal den være baseret på erfaring eller være angivet i det nationale anneks.</p>	<p>Note 8.5.2(3) gælder for alle forankringstyper. Værdien af korrelationsfaktoren ξ_a er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.3.4.</p>
8.6(4)	<p>Beregning af anvendelsesgrænsetilstand</p> <p>Værdien af modelfaktoren kan være angivet i det nationale anneks.</p>	<p>Der er ikke angivet en værdi for en modelfaktor i DK. Der henvises til nationalt anneks A, afsnit A.6.</p>
11.5.1(1)P	<p>Stabilitetsberegning for skråninger</p> <p>Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.</p>	<p>Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, tabel A.3 og A.4, for såvel permanente som midlertidige situationer.</p>
A.2	<p>Partialkoefficienter til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstande (EQU)</p>	<p>Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer er angivet i nationalt anneks A, tabel A.1 og A.2.</p>
A.3.1	<p>Partialkoefficienter for last (γ_F) eller lastvirkning (γ_E)</p>	<p>Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer er angivet i nationalt anneks A, tabel A.3.</p>
A.3.2	<p>Partialkoefficienter for jordparametre (γ_M)</p>	<p>Partialkoefficienter er angivet i anneks A, tabel A.4.</p>
A.3.3.1	<p>Partialkoefficienter for direkte fundering</p> <p>Partialkoefficienter for direkte fundering.</p>	<p>Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) for direkte fundering benyttes ikke i DK, jf. nationalt anneks A, tabel A.5.</p>

A.3.3.2	Partialkoefficienter for pælefundamenters modstandsevne	Partialkoefficienter for pælefundamenters modstandsevne er angivet i nationalt annek A, tabel A.6, A.7 og A.8.
A.3.3.3	Korrelationsfaktorer for pælefundamenter	Korrelationsfaktorer for pælefundamenter er angivet i nationalt annek A, tabel A.9, A.10 og A.11.
A.3.3.4	Partialkoefficienter for modstandsevne af forspændt forankring Partialkoefficienter for modstandsevne af forspændt og ikke-forspændt forankring.	Partialkoefficienter for modstandsevne af forspændt og ikke-forspændt forankring er angivet i nationalt annek A, tabel A.12 samt pkt. A.3.3.4, (2)P og (3)P sammen med korrelationsfaktorer til udledning af karakteristiske værdier ud fra henholdsvis statistiske belastningsforsøg og jordparametre bestemt ved geotekniske undersøgelser.
A.3.3.5	Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af støttekonstruktioner	Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af støttekonstruktioner benyttes ikke i DK, jf. nationalt annek A, tabel A.13.
A.3.3.6	Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af skråninger og totalstabilitet	Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af skråninger og totalstabilitet benyttes ikke i DK, jf. nationalt annek A, tabel A.14.
A.4	Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL)	Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL) er angivet i nationalt annek A, tabel A.15 og A.16 samt i pkt. A.4(3)P.
A.5	Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for hydraulisk hævnning (HYD)	Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for hydraulisk hævnning (HYD) behandles i DK som (UPL).

Nationale valg

Anneks A - normativt

Partialkoefficienter og korrelationsfaktorer for brudgrænsetilstande og anvendelsesgrænsetilstande

A.1 Partialkoefficienter og korrelationsfaktorer

(1)P Partialkoefficienterne γ for brudgrænsetilstande og anvendelsesgrænsetilstande i permanente og midlertidige situationer og korrelationsfaktorerne ξ for pælefunderinger og forankringer i alle situationer er anført i dette anneks.

(2)P Partialkoefficienterne for jordparametre γ_M og modstandsevne γ_R samt korrelationsfaktorer ξ for pælefunderinger og forankringer er angivet for de dimensioneringstilfælde, hvor sikkerhedsvurderingen skal gennemføres med nedre regningsmæssige værdier. Såfremt sikkerhedsvurderingen skal gennemføres med øvre regningsmæssige værdier, skal anvendes reciprokke værdier af de angivne partialkoefficienter og korrelationsfaktorer.

A.2 Partialkoefficienter til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstande (EQU)

Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer er angivet i nationalt anneks A, tabel A.1 og A.2.

(1)P Til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstanden (EQU) skal følgende faktorer for lasterne γ_F anvendes:

$\gamma_{G;dst}$ for destabiliserende, ugunstige permanente laster

$\gamma_{G;stb}$ for stabiliserende, gunstige permanente laster

$\gamma_{Q;dst}$ for destabiliserende, ugunstige variable laster

$\gamma_{Q;stb}$ for stabiliserende, gunstige variable laster.

Konsekvensfaktoren K_{FI} afhænger af konsekvensklassen:

Høj konsekvensklasse, CC3: $K_{FI} = 1,1$

Middel konsekvensklasse, CC2: $K_{FI} = 1,0$

Lav konsekvensklasse, CC1, gælder ikke for geotekniske konstruktioner.

Lastkombinationsfaktoren ψ_0 , jf. EN 1990.

Tabel A.1 - Partialkoefficienter for last (γ_F)

Last	Symbol	Værdi
Permanent ^{1) 2)}		
Ugunstig ^a	$\gamma_{G;dst}$	$1,1 \cdot K_{FI}$
Gunstig ^b	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Variabel, dominerende, ugunstig ^a	$\gamma_{Q;dst}$	$1,5 \cdot K_{FI}$
Variabel, øvrige, ugunstig ^a	$\gamma_{Q;dst}$	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$
^a Destabiliserende ^b Stabiliserende ¹⁾ De karakteristiske værdier af permanente laster multipliceres med $\gamma_{G;dst}$, hvis belastningen er ugunstig, og med $\gamma_{G;stb}$, hvis den er gunstig. ²⁾ Kilder til permanent last er tyngden af primære konstruktionsdele, ballast, ikke-bærende vægge og gulvbelægninger, inklusive afretningslag, jord og grundvand.		

(2)P Til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstanden (EQU) skal følgende partialkoefficienter for jordparametre γ_M benyttes.

- γ_ϕ for tangens til friktionsvinklen
- γ_c for effektiv kohæsion
- γ_{cu} for udrænet forskydningsstyrke
- γ_{qu} for simpel trykstyrke
- γ_γ for rumvægt.

Tabel A.2 – Partialkoefficienter for jordparametre (γ_M)

Jordparameter	Symbol	Værdi
Friktionsvinkel ^a	γ_ϕ	1,2
Effektiv kohæsion	γ_c	1,2
Udrænet forskydningsstyrke	γ_{cu}	1,8
Simpel trykstyrke	γ_{qu}	1,8
Rumvægt	γ_γ	1,0
^a Denne faktor gælder for $\tan \phi$		

A.3 Partialkoefficienter til eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande

A.3.1 Partialkoefficienter for last (γ_F) eller lastvirkning (γ_E)

Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer er angivet i nationalt annek A, tabel A.3.

(1)P Til eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande skal sæt A1 og sæt A2 af følgende partialkoefficienter for last (γ_F) eller lastvirkning (γ_E) benyttes:

- $\gamma_{G;sup}$ for permanente ugunstige laster
- $\gamma_{G;inf}$ for permanente gunstige laster
- $\gamma_{Q,1}$ for dominerende variabel ugunstig last
- $\gamma_{Q,i}$ for øvrige variable ugunstige laster.

Konsekvensfaktoren K_{FI} afhænger af konsekvensklassen:

- Høj konsekvensklasse, CC3: $K_{FI} = 1,1$
- Middel konsekvensklasse, CC2: $K_{FI} = 1,0$

Lav konsekvensklasse, CC1, gælder ikke for geotekniske konstruktioner.

Lastkombinationsfaktoren ψ_0 , jf. EN 1990.

Tabel A.3 – Partialkoefficienter for last (γ_F) eller lastvirkning (γ_E)

Last			Sym- bol	Sæt			
				A1		A2	
				Formel 6.10a	Formel 6.10b	Formel 6.10a	Formel 6.10b
Permanent last ⁴⁾	Tyngde af konstruktionsdele	Ugunstig	$\gamma_{G;sup}$	$1,2 \cdot K_{FI}$ ²⁾	$1,0 \cdot K_{FI}$	$1,2$ ²⁾	1,0
		Gunstig	$\gamma_{G;inf}$	1,0	0,9	1,0	0,9
	Tyngde af jord og grundvand	Ugunstig	$\gamma_{G;sup}$	$1,0 \cdot K_{FI}$	$1,0 \cdot K_{FI}$	1,0	1,0
		Gunstig	$\gamma_{G;inf}$	1,0	1,0	1,0	1,0
Variabel last Bygninger	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	0	$1,5 \cdot K_{FI}$	0	1,5
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	0	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$	0	$1,5 \cdot \psi_0$
Variabel last Broer ¹⁾	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	0	$1,4 \cdot K_{FI}$ ³⁾	0	$1,4$ ³⁾
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	0	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$	0	$1,5 \cdot \psi_0$

Partialkoefficient for lastvirkning (γ_E) er ikke relevant i DK, dvs. kun ligning 2.6a anvendes.

Formel 6.10a og 6.10b er angivet i DS/EN 1990. For detaljer vedrørende partialkoefficienter for laster og lastkombinationsfaktorer henvises til DS/EN 1990 DK NA hhv. DS/EN 1990/A1 DK NA, (STR/GEO) (Sæt B) og (STR/GEO) (Sæt C).

¹⁾ For variabel last på bane- og vejdæmninger, kajer m.m. gælder samme partialkoefficienter som for broer.

²⁾ For broer: $1,25 \cdot K_{FI}$ henholdsvis 1,25.

³⁾ For tunge særtransporter på spor (SW/2): $1,2 \cdot K_{FI}$ henholdsvis 1,2.

⁴⁾ De karakteristiske værdier af alle permanente laster fra en enkelt kilde multipliceres med $\gamma_{G;sup}$, hvis den samlede resulterende lastvirkning er ugunstig, og med $\gamma_{G;inf}$, hvis den samlede resulterende lastvirkning er gunstig. Eksempelvis kan alle laster hidrørende fra konstruktionens egenlast anses for at komme fra én kilde. Det gælder også, hvis der indgår forskellige materialer.

A.3.2 Partialkoefficienter for jordparametre (γ_M)

Partialkoefficienter er angivet i annek A, tabel A.4.

(1)P Til eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande skal sæt $M1$ og sæt $M2$ for følgende partialkoefficienter for jordparametre (γ_M) benyttes:

- γ_ϕ for tangens til friktionsvinklen
- γ_c for effektiv kohæsion
- γ_{cu} for udrænet forskydningsstyrke
- γ_{qu} for simpel trykstyrke
- γ_γ for rumvægt.

Konsekvensfaktoren K_{FI} afhænger af konsekvensklassen:

- Høj konsekvensklasse, CC3: $K_{FI} = 1,1$
- Middel konsekvensklasse, CC2: $K_{FI} = 1,0$

Lav konsekvensklasse, CC1, gælder ikke for geotekniske konstruktioner.

Tabel A.4 – Partialkoefficienter for jordparametre (γ_M)

Jordparameter	Sym- bol	Direkte funde- ring		Pæle og ankre		Jordtryk og stabilitet	
		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
Friktionsvinkel ^a	γ_ϕ	- ^b	1,2	- ^b	- ^b	- ^b	$1,2 \cdot K_{FI}$
Effektiv kohæsion	γ_c	- ^b	1,2	- ^b	- ^b	- ^b	$1,2 \cdot K_{FI}$
Udrænet forskyd- ningsstyrke	γ_{cu}	- ^b	1,8	- ^b	- ^b	- ^b	$1,8 \cdot K_{FI}$
Simpel trykstyrke	γ_{qu}	- ^b	1,8	- ^b	- ^b	- ^b	$1,8 \cdot K_{FI}$
Rumvægt	γ_γ	- ^b	1,0	- ^b	- ^b	- ^b	1,0

^a Denne faktor gælder for $\tan \phi$

^b Er ikke relevant i DK

For direkte fundering, stabilitet og jordtryk anvendes dimensioneringsmetode 3 og kun ligning 2.7a i DK.

Partialkoefficienterne for direkte fundering giver den krævede danske sikkerhed, når bæreevneformlerne i nationalt annek D anvendes.

I geoteknisk kategori 1 skal de angivne partialkoefficienter multipliceres med en modelfaktor $\gamma_s = 1,25$.

I det omfang det dokumenteres, at brudmåden for den undersøgte geotekniske konstruktion er varslet med bæreevnereserve, kan der regnes med $K_{FI} = 1$.

For byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse anvendes partialkoefficienter, hvis værdier fastsættes til $(\gamma_M)^\alpha$, hvor α er et tal, for hvilket det gælder, at $0 \leq \alpha \leq 1$. Når et svigt indebærer risiko for personskade, eller hvor der er risiko for beskadigelse af tredjemands bygninger og/eller trafikerede vej- og banearealer, eller vil medføre store samfundsmæssige konsekvenser, skal der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 1$.

Note - Når et svigt af byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse ikke indebærer alvorlige konsekvenser, kan der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 0,5$ eller - hvis omstændighederne taler for det - svarende til α -værdier endnu nærmere $\alpha = 0$ (partialkoefficient 1,0).

A.3.3 Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R)

A.3.3.1 Partialkoefficienter for direkte fundering

Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) for direkte fundering benyttes ikke i DK, jf. nationalt annek A, tabel A.5.

(1)P For direkte fundering og eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande skal sæt $R1$, $R2$ eller $R3$ for følgende partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) benyttes:

$\gamma_{R,v}$ for bæreevne

$\gamma_{R,h}$ for glidningsmodstand.

Tabel A.5 - Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) for direkte fundering

Modstands- evne	Symbol	Sæt		
		$R1$	$R2$	$R3$
Bæreevne	$\gamma_{R,v}$	-	-	-
Glidning	$\gamma_{R,h}$	-	-	-
$R1$, $R2$ og $R3$ er ikke relevante, fordi ligning 2.7a anvendes i DK.				

A.3.3.2 Partialkoefficienter for pælefundamenters modstandsevne

Partialkoefficienter for pælefundamenters modstandsevne er angivet i Nationalt Anneks A, tabel A.6, A.7 og A.8.

(1)P For pælefundamenter og eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske grænsetilstande (GEO) skal sæt $R1$, $R2$, $R3$ eller $R4$ af følgende partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) benyttes:

- γ_b for spidsmodstand
- γ_s for overflademodstand af trykpåvirkede pæle
- γ_t for total/kombineret modstandsevne af trykpåvirkede pæle
- $\gamma_{s;t}$ for overflademodstand af trækpåvirkede pæle.

Table A.6 - Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) for rammede pæle

Modstandsevne	Symbol	Sæt			
		$R1$	$R2$	$R3$	$R4$
Spids	γ_b	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Overflade (tryk)	γ_s	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Total/kombineret (tryk)	γ_t	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Overflade (træk)	$\gamma_{s;t}$	- ^b	1,3	- ^b	- ^b

^b er ikke relevant i DK

For pæle anvendes dimensioneringsmetode 2 og kun ligning 2.7b i DK.

I geoteknisk kategori 1 skal de angivne partialkoefficienter multipliceres med en modelfaktor $\gamma_s = 1,25$.

For byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse anvendes partialkoefficienter, hvis værdier fastsættes til $(\gamma_R)^\alpha$, hvor α er et tal, for hvilket det gælder, at $0 \leq \alpha \leq 1$. Når et svigt indebærer risiko for personskaade, eller hvor der er risiko for beskadigelse af tredjemands bygninger og/eller trafikerede vej- og banarealer, eller vil medføre store samfundsmæssige konsekvenser, skal der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 1$.

Note - Når et svigt af byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse ikke indebærer alvorlige konsekvenser, kan der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 0,5$ eller - hvis omstændighederne taler for det - svarende til α -værdier endnu nærmere $\alpha = 0$ (partialkoefficient 1,0).

Tabel A.7 - Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) for borede pæle

Modstandsevne	Symbol	Sæt			
		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>
Spids	γ_b	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Overflade (tryk)	γ_s	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Total/kombineret (tryk)	γ_t	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Overflade (træk)	$\gamma_{s;t}$	- ^b	1,3	- ^b	- ^b

^b er ikke relevant i DK

For pæle anvendes dimensioneringsmetode 2 og kun ligning 2.7b i DK.

I geoteknisk kategori 1 skal de angivne partialkoefficienter multipliceres med en modelfaktor $\gamma_s = 1,25$.

Bæreevnen for borede pæle skal bestemmes i henhold til angivelserne i nationalt anneks L.

For byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse anvendes partialkoefficienter, hvis værdier fastsættes til $(\gamma_R)^\alpha$, hvor α er et tal, for hvilket det gælder, at $0 \leq \alpha \leq 1$. Når et svigt indebærer risiko for personskaade, eller hvor der er risiko for beskadigelse af tredjemands bygninger og/eller trafikerede vej- og banarealer, eller vil medføre store samfundsmæssige konsekvenser, skal der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 1$.

Note – Når et svigt af byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse ikke indebærer alvorlige konsekvenser, kan der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 0,5$ eller - hvis omstændighederne taler for det - svarende til α -værdier endnu nærmere $\alpha = 0$ (partialkoefficient 1,0).

Tabel A.8 - Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) for continuous flight auger (CFA) pæle

Modstandsevne	Symbol	Sæt			
		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>
Spids	γ_b	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Overflade (tryk)	γ_s	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Total/kombineret (tryk)	γ	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Overflade (træk)	γ_{st}	- ^b	1,3	- ^b	- ^b

^b er ikke relevant i DK

For pæle anvendes dimensioneringsmetode 2 og kun ligning 2.7b i DK.

I geoteknisk kategori 1 skal de angivne partialkoefficienter multipliceres med en modelfaktor $\gamma_s = 1,25$.

Bæreevnen for CFA-pæle skal bestemmes som for borede pæle i henhold til angivelserne i nationalt annek L.

For byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse anvendes partialkoefficienter, hvis værdier fastsættes til $(\gamma_R)^\alpha$, hvor α er et tal, for hvilket det gælder, at $0 \leq \alpha \leq 1$. Når et svigt indebærer risiko for personskade, eller hvor der er risiko for beskadigelse af tredjemands bygninger og/eller trafikerede vej- og banearealer, eller vil medføre store samfundsmæssige konsekvenser, skal der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 1$.

Note - Når et svigt af byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse ikke indebærer alvorlige konsekvenser, kan der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 0,5$ eller - hvis omstændighederne taler for det - svarende til α -værdier endnu nærmere $\alpha = 0$ (partialkoefficient 1,0).

A.3.3.3 Korrelationsfaktorer for pælefundamenter

Korrelationsfaktorer for pælefundamenter er angivet i nationalt annek A, tabel A.9, A.10 og A.11.

(1) P Til eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande skal følgende korrelationsfaktorer ξ benyttes til udledning af den karakteristiske modstandsevne af aksialt belastede pæle:

- ξ_1 for middelværdierne af de målte modstandsevner i statiske belastningsforsøg
- ξ_2 for minimumværdierne af de målte modstandsevner i statiske belastningsforsøg
- ξ_3 for middelværdierne af modstandsevnerne beregnet ud fra jordparametre bestemt ved geotekniske undersøgelser
- ξ_4 for minimumværdierne af modstandsevner beregnet ud fra jordparametre bestemt ved geotekniske undersøgelser
- ξ_5 for middelværdierne af de målte modstandsevner i dynamiske belastningsforsøg
- ξ_6 for minimumværdierne af de målte modstandsevner i dynamiske belastningsforsøg.

Tabel A.9 - Korrelationsfaktorer ξ til udledning af karakteristiske værdier ud fra statiske pælebelastningsforsøg (n – antal prøvede pæle)

ξ for $n =$	1	2	3	4	≥ 5
ξ_1	$_{-b}$	$_{-b}$	$_{-b}$	$_{-b}$	$_{-b}$
ξ_2	$_{-b}$	$_{-b}$	$_{-b}$	$_{-b}$	$_{-b}$

^b er ikke relevant i DK

Ved fastlæggelse af den karakteristiske brudbæreevne $R_{c;k}$, ud fra værdier af $R_{c;m}$ målt i ét eller flere pælebelastningsforsøg skal der tages hensyn til variationen i jordbundsforholdene og til indflydelsen af pælenedbringningen. Den karakteristiske brudbæreevne bestemmes som:

$$R_{c;k} = \frac{R_{c;m}}{\xi}$$

hvor

- $\xi = 1,1$ for selve de prøvebelastede pæle
- $\xi = 1,25$ for de øvrige pæle, hvor pælebelastningsforsøgene er repræsentative.

Tabel A.10 - Korrelationsfaktorer ξ til udledning af karakteristiske værdier ud fra jordparametre bestemt ved geotekniske undersøgelser (n – antal testprofiler)

ξ for $n =$	1	2	3	4	5	7	10
ξ_3	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b
ξ_4	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b

^b er ikke relevant i DK

Den karakteristiske brudbæreevne:

$$R_{c;k} = \frac{R_{c;ber}}{\xi}$$

skal udledes af beregningsregler baseret på efterviste sammenhænge mellem resultaterne af statiske belastningsforsøg og resultaterne af mark- eller laboratorieforsøg. Disse beregningsregler skal være udformet på en sådan måde, at brudbæreevnen ved brug af karakteristisk værdi $R_{c;k}$ ikke overstiger den målte brudbæreevne divideret med

$$\xi = 1,5$$

Beregningsreglerne skal være baseret på anerkendt dokumentation. En analytisk metode til bæreevnebestemmelse er angivet i nationalt annek L.

Tabel A.11 - Korrelationsfaktorer ξ til udledning af karakteristiske værdier ud fra rammemodstand (n – antal prøvede pæle)

ξ for $n =$	≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20
ξ_5	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b
ξ_6	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b

^b er ikke relevant i DK

Den karakteristiske brudbæreevne

$$R_{c;k} = \frac{R_{c;m}}{\xi}$$

skal udledes af beregningsregler baseret på efterviste sammenhænge mellem resultaterne af statiske belastningsforsøg. Disse beregningsregler skal være udformet på en sådan måde, at brudbæreevnen ved brug af karakteristisk værdi $R_{c;k}$ i gennemsnit ikke overstiger den målte brudbæreevne divideret med

- $\xi = 1,5$ hvor bæreevnen er baseret på en rammeformel
- $\xi = 1,25$ hvor bæreevnen for den betragtede pæl desuden er analyseret ved stødbølgemålinger
- $\xi = 1,4$ for de pæle, hvor stødbølgemålingen er repræsentativ.

For pæle med spidsen i friktionsjord kan den karakteristiske brudbæreevne bestemmes ved hjælp af "Den Danske Rammeformel", se nationalt annek L, med ξ -værdier som anført.

A.3.3.4 Partialkoefficienter og korrelationsfaktorer for modstandsevne af forspændt og ikke-forspændt forankring

Partialkoefficienter for modstandsevne af forspændt og ikke-forspændt forankring er angivet i nationalt annek A, tabel A.12 samt pkt. A.3.3.4, (2)P og (3)P, sammen med korrelationsfaktorer til udledning af karakteristiske værdier ud fra henholdsvis statiske belastningsforsøg og jordparametre bestemt ved geotekniske undersøgelser.

(1)P For forspændt og ikke-forspændt forankring og eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande skal sæt $R1$, $R2$, $R3$ eller $R4$ for følgende partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) benyttes:

$\gamma_{a;t}$ for midlertidig forankring

$\gamma_{a;p}$ for permanent forankring.

Tabel A.12 – Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af forspændt og ikke-forspændt forankring

Modstands- evne	Symbol	Sæt			
		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>
Midlertidig	$\gamma_{a;t}$	- ^b	1,3	- ^b	- ^b
Permanent	$\gamma_{a;p}$	- ^b	1,3	- ^b	- ^b

^b er ikke relevant i DK

For ankre anvendes dimensioneringsmetode 2 og kun ligning 2.7b i DK.

De angivne partialkoefficienter skal anvendes sammen med korrelationsfaktorer ξ_a anført i (2)P og (3)P.

For byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse anvendes partialkoefficienter, hvis værdier fastsættes til $(\gamma_R)^\alpha$, hvor α er et tal, for hvilket det gælder, at $0 \leq \alpha \leq 1$. Når et svigt indebærer risiko for personskade, eller hvor der er risiko for beskadigelse af tredjemands bygninger og/eller trafikerede vej- og banearealer, eller vil medføre store samfundsmæssige konsekvenser, skal der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 1$.

Note - Når et svigt af byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse ikke indebærer alvorlige konsekvenser, kan der benyttes partialkoefficienter svarende til $\alpha = 0,5$ eller - hvis omstændighederne taler for det - svarende til α -værdier endnu nærmere $\alpha = 0$ (partialkoefficient 1,0).

(2)P Ved fastlæggelse af den karakteristiske forankringsmodstand (brudmodstand) $R_{a;k}$ ud fra værdier $R_{a;m}$ målt i ét eller flere belastningsforsøg skal der tages hensyn til variationen i jordbundsforholdene og til indflydelsen af udførelsesmetoden. Den karakteristiske brudbærevne bestemmes som:

$$R_{a;k} = \frac{R_{a;m}}{\xi_a}$$

hvor

$\xi_a = 1,1$ for selve de prøvebelastede ankre

$\xi_a = 1,25$ for de øvrige ankre, hvor belastningsforsøgene er repræsentative.

(3)P Ved fastlæggelse af den karakteristiske forankringsmodstand (brudmodstand) $R_{a;k}$ ud fra værdier $R_{a;ber}$ bestemt ved beregningsregler skal disse være baseret på efterviste sammenhænge mellem resultater af statiske belastningsforsøg og resultater af mark- og laboratorieforsøg. Den karakteristiske brudbæreevne bestemmes som:

$$R_{a;k} = \frac{R_{a;ber}}{\xi_a}$$

Beregningsreglerne skal være udformet på en sådan måde, at brudbæreevnen ved brug af den karakteristiske værdi $R_{a;k}$ ikke overstiger den målte brudbæreevne divideret med

$$\xi_a = 1,75.$$

(4) Hvor der foreligger dokumenteret erfaring, kan bæreevnen bestemmes på grundlag af beregningsregler efter principperne i nationalt annek L. Særlig opmærksomhed skal dog rettes mod risiko for progressivt brud.

A.3.3.5 Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af støttestrukturer

Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af støttestrukturer benyttes ikke i DK, jf. nationalt annek A, tabel A.13.

(1)P For støttestrukturer og eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande skal de tre sæt $R1$, $R2$ eller $R3$ for følgende partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) benyttes:

$\gamma_{R;v}$ for bæreevne

$\gamma_{R;h}$ for glidningsmodstand

$\gamma_{R;e}$ for jordmodstand.

Tabel A.13 – Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af støttestrukturer

Modstandsevne	Symbol	Sæt		
		$R1$	$R2$	$R3$
Bæreevne	$\gamma_{R;v}$	-	-	-
Glidningsmodstand	$\gamma_{R;h}$	-	-	-
Jordmodstand	$\gamma_{R;e}$	-	-	-
$R1$, $R2$ og $R3$ er ikke relevante, fordi ligning 2.7a anvendes i DK.				

A.3.3.6 Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af skrånninger og totalstabilitet

Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af skrånninger og totalstabilitet benyttes ikke i DK, jf. nationalt annek A, tabel A.14.

(1)P For skrånninger og total stabilitet samt eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande skal partialkoefficienten for jordmodstand ($\gamma_{R,e}$) benyttes.

Tabel A.14 – Partialkoefficienter for modstandsevne (γ_R) af skrånninger og totalstabilitet

Modstandsevne	Symbol	Sæt		
		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Jordens modstands- evne	$\gamma_{R,e}$	-	-	-
<i>R1</i> , <i>R2</i> og <i>R3</i> er ikke relevante, fordi ligning 2.7a anvendes i DK.				

A.4 Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL)

Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL) er angivet i nationalt annek A, tabel A.15 og A.16, samt i pkt. A.4(3)P.

(1)P Til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL) skal følgende partialkoefficienter for last (γ_f) benyttes:

$\gamma_{G;dst}$ for destabiliserende, ugunstige permanente laster

$\gamma_{G;stb}$ for stabiliserende, gunstige permanente laster

$\gamma_{Q;dst}$ for destabiliserende, ugunstige variable laster.

Konsekvensfaktoren K_{FI} afhænger af konsekvensklassen:

Høj konsekvensklasse, CC3: $K_{FI} = 1,1$

Middel konsekvensklasse, CC2: $K_{FI} = 1,0$

Lav konsekvensklasse, CC1, gælder ikke for geotekniske konstruktioner.

Lastkombinationsfaktoren ψ_0 , jf. EN 1990

Tabel A.15 – Partialkoefficienter for laster (γ_f)

Last	Symbol	Værdi
Permanent ^{1) 2)}		
Ugunstig ^a	$\gamma_{G;dst}$	$1,1 \cdot K_{FI}$
Gunstig ^b	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Variabel, dominerende, ugunstig ^a	$\gamma_{Q;dst}$	$1,5 \cdot K_{FI}$
Variabel, øvrige, ugunstig ^a	$\gamma_{Q;dst}$	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$

^a Destabiliserende
^b Stabiliserende
¹⁾ De karakteristiske værdier af permanente laster multipliceres med $\gamma_{G;dst}$, hvis belastningen er ugunstig, og med $\gamma_{G;stb}$, hvis den er gunstig.
²⁾ Kilder til permanent last er tyngden af primære konstruktionsdele, ballast, ikke-bærende vægge og gulvbelægninger, inklusive afretningslag, jord og grundvand.

(2)P Til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL) skal følgende partialkoefficienter benyttes, når modstandsevner er medregnet:

- γ_{ϕ} for tangens til friktionsvinklen
- γ_c for effektiv kohæsion
- γ_{cu} for udrænet forskydningsstyrke
- $\gamma_{s;t}$ for modstandsevne af trækpåvirkede pæle
- γ_a for forankringsmodstand.

Tabel A.16 – Partialkoefficienter for jordparametre (γ_M) og modstandsevner (γ_R)

Jordparameter	Symbol	Værdi
Friktionsvinkel ^a	γ_{ϕ}	1,2
Effektiv kohæsion	γ_c	1,2
Udrænet forskydningsstyrke	γ_{cu}	1,8
Modstandsevne af trækpåvirkede pæle	$\gamma_{s;t}$	1,3
Forankringsmodstand	γ_a	1,3
^a Denne faktor gælder for $\tan \phi'$ Sikkerhedsvurderingen for konstruktioner, hvor tyngden af konstruktionsdele og vand er de dominerende kræfter, kræver særlige overvejelser. Det skyldes blandt andet, at deformationer, revnedannelser og uensartede bundforhold med heraf følgende mulighed for erosion kan bevirke ændringer af vandspejls- og permeabilitetsforhold, som er af afgørende betydning for sikkerheden.		

(3)P Ved rene opdriftsproblemer (fx ved dokker, bassiner og kældre) anvendes enten værdier angivet i tabel A.15 og A.16 eller partialkoefficient $\gamma_{G,stab}=1,0$ på permanent last og partialkoefficient $\gamma_{G,dst}=1,05 \cdot K_{F1}$ på opdriften og ingen adhæsions- eller friktionskræfter på lodrette snitflader. Der skal regnes med ugunstigste, realistiske vandspejl og forsigtigt ansatte egenlaster.

(4) For geotekniske konstruktioner, hvor tyngde af konstruktionsdele og vand er de dominerende kræfter, er det hensigtsmæssigt at konstruktiv vej (eksempelvis ved overløbsarrangementer) at opnå veldefinerede beregningsforudsætninger med tilhørende relativt lille regningsmæssig sikkerhed frem for at kunne eftervise en større regningsmæssig sikkerhed med usikkert fastlagte forudsætninger. Eksempelvis vil konstruktioner almindeligvis ikke kunne sikres mod erosion og løftning på hensigtsmæssig måde alene ved påførelse af partialkoefficienten på vandtryk. Konstruktionen må i stedet beskyttes af konstruktiv vej.

(5)P Anvendes der trækkelementer til delvist sikring mod opdrift, skal gruppevirkningen af trækkelementerne vurderes under anvendelse af samme partialkoefficienter som dem, der gælder for det enkelte trækkelement.

A.5 Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for hydraulisk hævnning (HYD)

Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for hydraulisk hævnning (HYD) behandles i DK som (UPL).

(1)P Hydraulisk hævnning (HYD) behandles i DK som (UPL).

Note - Piping og erosion kræver særlige overvejelser.

Supplerende (ikke-modstridende) information

Punkt	Emne	Valg
2.4.7.3.4.4	Dimensioneringsmetode 3	NOTE 2 gælder i DK også for bestemmelse af jordtryk.
7.6.2.2(9)	Brudbæreevne baseret på statiske belastningsforsøg	Angivelserne er ikke gældende i DK.
7.6.2.3(7)	Brudbæreevne baseret på jordparametre	Angivelserne er ikke gældende i DK.
A.6	Partialkoefficienter, korrelationsfaktorer og modelfaktorer til eftervisning af anvendelsesgrænsetilstande og ulykkesgrænsetilstande.	Partialkoefficienter, korrelationsfaktorer og modelfaktorer til eftervisning af anvendelsesgrænsetilstande og ulykkesgrænsetilstande er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.6.

A.6 Partialkoefficienter, korrelationsfaktorer og modelfaktorer til eftervisning af anvendelsesgrænsetilstande og ulykkesgrænsetilstande

(1)P Ved undersøgelse af anvendelsesgrænsetilstande og ulykkesgrænsetilstande anvendes partialkoefficienter $\gamma_M=1,0$ for jords og konstruktionsmaterialers styrke- og deformationsparametre. For pæle og ankre anvendes partialkoefficienter $\gamma_R = 1,0$ og korrelationsfaktorer $\xi = 1,0$. Regningsmæssige lastværdier fastlægges i henhold til EN 1990 (tabel A.1.3).

(2) Modelfaktorer for kraften i anvendelsesgrænsetilstanden bør fastlægges på baggrund af en interaktionsanalyse med varierende stivhed for jord, ankre og konstruktion. Værdien af modelfaktoren fastlægges således, at der altid er en sikkerhed på ankermodstanden svarende til sikkerheden i brudgrænsetilstanden.

(3) Lastkombinationsfaktoren ψ_0 , ψ_1 og ψ_2 i EN 1990 skal benyttes, dog under hensyntagen til lastens varighed og jordens egenskaber.

Anneks	Emne	Valg
D	Direkte fundering. Analytisk metode til bæreevneberegning	Bæreevneformler, der sammen med partialkoefficienterne for direkte fundering giver den krævede danske sikkerhed, er angivet i nationalt anneks D.
K	Særlige forhold ved geotekniske undersøgelser og parametre	Særlige danske forhold ved geotekniske undersøgelser er angivet i nationalt anneks K.
L	Pælefundering - Analytisk metode til bæreevnebestemmelse	En analytisk metode til bestemmelse af pæles bæreevne er angivet i nationalt anneks L.

Anneks D - informativt

Direkte fundering - Analytisk metode til bæreevneberegning

D.1 Generelt

(1) Den regningsmæssige lodrette bæreevne, R_d , af et fundament undersøges for såvel udrænet som drænet brud.

(2) Der tages hensyn til virkningerne af følgende:

- jordens styrke, generelt repræsenteret ved de regningsmæssige værdier af c_u , c' og φ'
- excentricitet og hældning af regningsmæssige laster
- formen, dybden og hældningen af fundamentet
- jordoverfladens hældning
- vandtryk og hydrauliske gradienter
- jordens uensartethed, især lagdeling.

(3) En generel definition af bæredygtige aflejringer kan ikke angives. Eksempler på aflejringer, der ikke uden særlige foranstaltninger kan betragtes som bæredygtige, er gytje, tørv, postglacialt ler, muld, ukontrolleret fyld og omgravet eller frossen jord.

(4) Frostsikker dybde for fundamenter kan i DK normalt sættes til 0,9 m for almindeligt byggeri og 1,2 m for fritstående konstruktioner. Dybden kan reduceres ved opvarmning eller isolering.

(5) Ved fundering på ler med $I_p > 15\%$ kan udtørring og vandopsugning give anledning til betydelige lodrette og vandrette bevægelser, som kan imødegås ved anvendelse af forstærket fundering (ekstra funderingsdybde, armering) og ved restriktioner vedrørende bevoksning i nærheden af funderingen.

D.2 Analytisk metode

D.2.1 Symboler benyttet i anneks D

(1) Følgende symboler er benyttet i anneks D.

$A' = B' \times L'$ det regningsmæssige, effektive fundamentsareal

b de regningsmæssige værdier af faktorerne for fundamentets hældning, med indekserne c , q og γ

B fundamentsbredde

B' den effektive fundamentsbredde

e excentriciteten af kraftresultanten, med indekserne B og L

i lastens hældningsfaktorer, med indekserne kohæsion c , overfladelast q og rumvægt γ

L fundamentslængde

L' den effektive fundamentslængde

m eksponent i formler for hældningsfaktoren i

- N bæreevnfaktorer, med indekser for c , q og γ
 q overlejringstryk eller overfladelast i niveau med fundamentets underkant
 q' den regningsmæssige effektive overfladelast i niveau med fundamentets underkant
 s formfaktorer for fundamentsarealet, med indekser for c , q og γ
 V den lodrette last
 α hældningen af fundamentsunderkanten med vandret
 δ friktionsvinkel i grænsefladen mellem konstruktion og jord
 γ' den regningsmæssige effektive rumvægt af jorden under fundamentsniveau
 θ retning af vinklen H .

D.2.2 Udrænedede forhold

(1) Den regningsmæssige bæreevne beregnes ved hjælp af:

$$R/A' = (\pi + 2) c_{u;d} b_c s_c i_c + q \quad (\text{D.1})$$

med de dimensionsløse faktorer for:

- hældningen af fundamentsunderkanten:

$$b_c = 1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2}$$

- formen af fundamentet:

$$s_c = 1 + 0,2(B'/L')$$

- lastens hældning på grund af en vandret last H :

$$i_c = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A'c_{u;d}}} \right)$$

hvor $H \leq A'c_{u;d}$

D.2.3 Drænedede forhold

(1) Den regningsmæssige bæreevne kan beregnes ved hjælp af:

$$R_d/A' = c'_d N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (\text{D.2})$$

Med de regningsmæssige værdier for dimensionsløse faktorer for:

- bæreevnen:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'_d} \tan^2(45 + \varphi'_d / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'_d$$

$$N_\gamma = 1/4 \left((N_q - 1) \cos \varphi'_d \right)^{3/2} \text{ forudsat } \delta \geq \varphi'_d / 2 \text{ (ru underlag)}$$

- hældningen af fundamentalsunderkanten:

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi'_d)$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \tan \varphi'_d)^2$$

- formen af fundamentet:

$$s_q = s_c = 1 + 0,2 (B' / L')$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 (B' / L')$$

- hældningen af lasten på grund af vandret last H :

$$i_\gamma = i_q^2$$

$$i_q = i_c = \left(1 - \frac{H_d}{V_d + A' c'_d \cot \varphi'_d} \right)^2$$

Anneks K - informativt

Særlige forhold ved geotekniske undersøgelser og parametre

K.1 Generelt

(1) Aflejringer liggende under faste, sen-glaciale eller ældre aflejringer er ofte karakteriseret ved gode styrke- og deformationsegenskaber. Vigtige undtagelser er:

- sen-glaciale allerødaflejringer
- interglaciale hav- og moseaflejringer
- sprækket ler, hvor undtagelsen relaterer sig til normale konstruktionsmæssige laster
- lerarter karakteriseret ved $I_p > 15\%$, hvor undtagelsen relaterer sig til sæsonmæssige variationer i vandindhold (vegetation)
- kridt og kalk knust af isen eller nedbrudt (opløst) af nedsivende overfladevand ("skorste-ne").

(2) Ved en geologisk vurdering af optagne jordprøver eller på stedet besigtigede jordlag skal det sikres, at undersøgelsen har konstateret alle betydende jordlag, herunder specielt:

- stærkt sætningsgivende aflejringer af gytje (dynd), tørv, postglaciale ler, muld, ukontrolleret fyld og omgravet jord
- kvældende leraflejringer
- skredfarlige aflejringer.

Undersøgelsen skal normalt mindst føres ned i faste sen-glaciale eller ældre aflejringer. Er det ikke muligt, skal undersøgelsen føres så dybt, at dybereliggende lag ikke kan have nogen væsentlig indflydelse på konstruktionens sikkerhed mod brud eller dens bevægelse og deformationer.

K.2 Projektundersøgelser

(1) Projektundersøgelser omfatter forskellige former for geofysiske undersøgelser, mekaniske sonderinger, prøveboringer eller gravninger med prøveoptagning, vingeforsøg og pejlinger af frie vandspejl, poretryksmålinger, prøvepumpninger og laboratorieundersøgelser. Laboratorieundersøgelserne omfatter geologisk vurdering og jordartsbeskrivelse, klassifikationsforsøg samt mere specielle forsøg til bestemmelse af styrke, deformationsegenskaber, permeabilitet, geotekniske forhold etc. Projektundersøgelser kan hensigtsmæssigt opdeles i tre faser:

- Placeringsundersøgelser, der typisk vil omfatte enkelte, spredte undersøgelsespunkter (boringer, CPT mv.) med henblik på skitse-mæssigt at belyse funderingsforholdene på en given grund. Samtidig kan det undersøges, om der er forurening på grunden. Hensigten med en sådan undersøgelse vil bl.a. være at udpege områder, hvor byggeriet mest hensigtsmæssigt kan placeres.
- Parameterundersøgelser, der typisk vil være undersøgelser til fastlæggelse af funderingsformen for et konkret projekt. De føres sædvanligvis så vidt, at de kan danne grundlag for et funderingsprojekt. Ved forurening vil der i borerne ofte blive optaget prøver til vurdering af miljøforhold.

- Optimeringsundersøgelser, der sædvanligvis udføres med henblik på en økonomisk optimering af et funderingsprojekt. Projektet kan i denne forbindelse med fordel behandles i skærpet funderingsklasse.

(2) Vedr. omfang af projektundersøgelser henvises til EN 1997-2.

K.3 Geotekniske kategorier

(1) Konstruktioner i geoteknisk kategori 1 må ikke indebære risiko for beskadigelse af nabo-bygninger, kloak- og forsyningsledninger, offentlige trafikarealer etc.

(2) Direkte funderede konstruktioner, opfyldninger og gulve kan kun behandles i geoteknisk kategori 1, hvis funderingen sker på faste senglaciale eller ældre aflejringer, der ikke falder ind under de i afsnit K1 nævnte undtagelser.

(3) Følgende er eksempler på konstruktioner eller konstruktionsdele, der kan behandles i geoteknisk kategori 1:

- Let byggeri med maksimal regningsmæssig fundamentalslast 250 kN på enkeltfundamenter og 100 kN pr. m sribefundament, hvortil der ikke stilles særlige krav vedrørende sætningsforholdene.
- 0,30 m og 0,40 m tykke jordtrykspåvirkede, in situ-støbte betonkældervægge i feltstørrelse på indtil henholdsvis 10 m² og 15 m², hvis væggene kun er understøttet på tværvægge og kældergulv, og henholdsvis 15 m² og 20 m², hvis væggene tillige er fastholdt foroven fx ved dæk. Væggene må ikke indeholde vindues- og dørhuller.
- Støttemure og byggegrubeindfatninger med maksimalt 2 m terrænforskel.
- Opfyldninger med maksimal påfyldningshøjde 3 m.
- Ledninger og dræn med lægningsforhold, der tillader standardudførelse efter de respektive normer.
- Opfyldninger på maksimalt 0,6 m af komprimeret sandfyld under gulve.
- Terrændæk og belægninger med udformning og dimensioner fastlagt efter gængse erfaringsregler uden nærmere beregningsmæssige undersøgelser.
- Afgravninger med anlæg større end 1,5 og med maksimal terrænforskel på 4 m.

(4) Den regningsmæssige fundamentalslast i geoteknisk kategori 2 må ikke overstige 5 000 kN på enkeltfundamenter eller 1 000 kN pr. m sribefundament. For direkte funderede konstruktioner må det regningsmæssige fundamenttryk på det effektive areal ikke overstige 1 000 kN/m² i geoteknisk kategori 2.

(5) Hvor et projekt eksempelvis ved udgravning, pæleramning eller grundvandssenkning indebærer risiko for beskadigelse af nabobygninger, kloak- og forsyningsledninger, offentlige trafikarealer eller lignende, skal de geotekniske undersøgelser og beregninger vedrørende nabokonstruktionernes forhold mindst svare til geoteknisk kategori 2, men skal i øvrigt afpasses efter disse konstruktioners art, størrelse og fundering.

(6) Hvis der uden forudgående varsel kan ske varige beskadigelser af konstruktioner eller bærende jordlag ved manglende eller svigtende grundvandssænkings- eller drænanlæg, skal konstruktionen behandles i geoteknisk kategori 3.

(7) Fundering på skrivekridt indeholdende kaviteter og på fedt ler af tertiær oprindelse skal undersøges og behandles i geoteknisk kategori 3.

(8) I aflejringer, hvor permeabiliteten vokser med dybden, skal udgravninger, der går væsentligt under grundvandsspejlet, behandles i geoteknisk kategori 3.

K.4 Geotekniske parametre

(1) Ved plan tøjningstilstand kan friktionsvinklen for sand og grus bestemmes ved at forøge den triaksialt målte friktionsvinkel med 10 %.

(2) Ved aflastning (afgravning og aktivt jordtryk) skal man for sprækket ler og ler med spalteflader regne med $c' = 0$. Ved belastning (bæreevne eller passivt tryk) kan fuldt udviklet brud, specielt for normalkonsoliderede aflejringer, være forbundet med så store deformationer, at de tilsvarende styrkeparametre kun lader sig definere ved anvendelse af deformationsafhængige brudkriterier.

Anneks L - informativt Pælefundering - Analytisk metode til bæreevnebestemmelse

(1) For en prismatisk eller cylindrisk enkeltpæl med spidsen i kohæsionsjord kan den karakteristiske bæreevne bestemmes ud fra:

$$R_{c;k} = \frac{R_{b;ber} + R_{s;ber}}{\xi} \quad \text{for trykpæle}$$

$$R_{t;k} = \frac{R_{s;ber}}{\xi} \quad \text{for trækpæle}$$

hvor

$$R_{b;ber} = 9 c_u A_b \quad \text{i kohæsionsjord}$$

$$R_{s;ber} = \sum_{i=1}^n m r c_u A_{si} \quad \text{i kohæsionsjord}$$

$$R_{s;ber} = \sum_{i=1}^n N_m q'_m A_{si} \quad \text{i friktionsjord}$$

A_b tværsnitsareal

A_{si} overfladeareal i jordlag i

$$N_m = 0,6 \quad \text{for trykpæle}$$

$$N_m = 0,2 \quad \text{for trækpæle}$$

$$m = \begin{cases} 1,0 & \text{for træ} \\ 1,0 & \text{for beton} \\ 0,7 & \text{for stål} \end{cases}$$

(2) For rammede pæle med spidsen i meget fast moræneler kan der erfaringsmæssigt regnes med:

$$R_{b;ber} = 18 c_u A_b$$

(3) Regenerationsfaktoren r vil afhænge af lerets styrke, således at r falder med stigende styrke. Foretages der ikke en nærmere bestemmelse, kan regenerationsfaktoren for kohæsionsjord sættes til $r = 0,4$, når der ikke regnes med større styrker end $c_u = 500 \text{ kN/m}^2$. Ved geostatisk beregning af den negative overflademodstand regnes med $r = 1,0$.

(4) Ved beregning af en pæls spidsmodstand tages der hensyn til styrken i lagene såvel over som under pælespidsniveau.

(5) For rammede pæle med spidsen i friktionsjord er den geostatistiske beregning så usikker, at den ikke bør anvendes til endelig bestemmelse af trykbæreevnen.

(6) For borede, in situ-støbte pæle kan bæreevnen være væsentligt mindre end for tilsvarende rammede pæle. Der må ikke påregnes overflademodstand på mere end 30 % af den tilsvarende rammede pæls overflademodstand eller større regningsmæssig spidsmodstand end 1 000 kN/m², medmindre der foreligger anerkendt dokumentation for at tage en større bæreevne i regning.

(7) Hvis der benyttes rammeformel til at bestemme bæreevnen for trykpåvirkede pæle, skal formlens gyldighed være baseret på enten anerkendt dokumentation eller statiske belastningsforsøg med samme type pæl af tilsvarende længde og tværsnit samt ved lignende jordbundsforhold.

(8) For pæle med spidsen i friktionsjord kan den karakteristiske brudbæreevne bestemmes ved hjælp af "Den Danske Rammeformel".

(9) I geoteknisk kategori 1 tillades "Den Danske Rammeformel" anvendt, når pælespidsen er rammet ned under de sætningsgivende lag.

(10) Den karakteristiske brudbæreevne $R_{c,k}$ af pæle rammet med faldhammer kan bestemmes på grundlag af "Den Danske Rammeformel":

$$R_{c,k} = R_{dyn;k} = \frac{R_{dyn;m}}{\xi}$$

hvor

$$R_{dyn;m} = \frac{\eta h G}{s + 0,5 s_0}$$

$$s_0 = \sqrt{\frac{2\eta h G L_p}{A_b E}}$$

$$\eta = \eta_0 (1 - \mu \cdot \tan \theta)$$

η effektivitetsfaktor

η_0 effektivitetsfaktor ved lodret mægler

μ friktionskoefficient mellem hammer og mægler

θ hældning af mægler

G tyngde af faldhammer

h lodret komponent af faldhøjde

s blivende nedsynkning af pæl pr. slag

L_p pælens længde

A_b pælens tværsnitsareal

E pælens elasticitetsmodul.

Formlen forudsætter, at der for de indgående elasticitetsmoduler anvendes følgende værdier:

Betonpæle $E = 20 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$

Træpæle $E = 10 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$

Stålpæle $E = 210 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$

For pæle kortere end 20 gange sidelængden indsættes middelværdien af den faktiske pælelængde og 20 gange sidelængden i rammeformlen. For træpæle benyttes middeldiameteren ved beregning af arealet A_b . For stålpæle er A_b stålets tværsnitsareal.

(11) Undersøgelse i anvendelsesgrænsetilstanden for mindre pælefunderinger kan sædvanligvis indskrænkes til en undersøgelse af den negative overflademodstands indflydelse på sætningerne, forudsat der ikke under pælespidserne findes stærkt sætningsgivende aflejringer. Undersøgelsen kan gennemføres som en vikarierende beregning, idet følgende kriterium skal være opfyldt:

$$F_{c;d} + F_{neg} \leq \frac{R_{b;ber} + R_{s;ber}}{\sqrt{\xi} \gamma_R}$$

$F_{c;d}$ pælens regningsmæssige aksiale tryklast i brudgrænsetilstanden med kvadratroden af partialkoefficienter for lastkombination STR/GEO uden bidrag fra negativ overflademodstand

F_{neg} pælens regningsmæssige negative overflademodstand med partialkoefficient $\gamma = 1,0$, bestemt som den mindste værdi af overflademodstanden over undersiden af de sætningsgivende lag eller den sætningsgivende last

$R_{b;ber}, R_{s;ber}$ den del af pælens beregnede bæreevne, der hidrører fra lagene under de sætningsgivende aflejringer

ξ korrelationsfaktor i henhold til nationalt annek A, tabel A.9, A.10 og A.11

γ_R partialkoefficient i henhold til nationalt annek A, tabel A.6, A.7 og A.8.

(12) Ved geostatisk beregning af negativ overflademodstand bør der anvendes øvre karakteristiske værdier af jordens styrke.