

# DS/EN 1997-1 DK NA:2021

## Nationalt anneks til

### Eurocode 7: Geoteknik – Del 1: Generelle regler

---

#### Forord

Dette nationale anneks er en revision af DS/EN 1997-1 DK NA:2020 og erstatter 2020-versionen pr. 1. januar 2021.

Baggrunden for ændringerne er, at alle fundamenter i henhold til DS/EN 1990 DK NA hidtil har skullet indplaceres i CC2, uanset om selve bygværket, som stod på fundamentet, var indplaceret i CC1.

Ændringer i nærværende nationale anneks omfatter således Anneks A.1, hvor teksten:

- *Lav konsekvensklasse, CC1, gælder ikke for geotekniske konstruktioner* er blevet slettet.
- Der er i stedet tilføjet: *Lav konsekvensklasse, CC1:  $K_{FI} = 1,0$*

Noter til tabeller er normative, mens øvrige noter er informative.

Dette NA fastsætter betingelserne for anvendelsen af DS/EN 1997-1 i Danmark for byggeri efter bygningsreglementet. Andre parter, for hvem bygningsreglementet ikke er gældende, kan sætte dette NA i kraft med en henvisning hertil.

I dette NA er angivet:

- Nationale valg samt oversigt over samtlige punkter, hvor der kan foretages nationale valg
- Beskrivelse af de nationale valg
- Supplerende (ikke-modstridende) information, som kan være til hjælp for brugeren af DS/EN 1997-1
- Informative Annekser som erstatter de tilsvarende informative annekser i DS/EN1997-1, eller som er gjort normative i Danmark.

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

Punkt	Emne	Valg
2.1(8)P	<b>Projekteringskrav</b> Måden, hvorpå disse minimumskrav er overholdt, kan være angivet i det nationale anneks.	De nationale minimumskrav er angivet i nationalt anneks C, D, K og L.
2.4.6.1(4)P	<b>Regningsmæssige værdier for laster</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.2, A.3, A.4 og A.6.
2.4.6.2(2)P	<b>Regningsmæssige værdier af geotekniske parametre</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.2, A.3, A.4 og A.6.
2.4.7.1(2)P	<b>Brudgrænsetilstande - Generelt</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.2, A.3.1, A.4 og A.6.
2.4.7.1(3)	<b>Brudgrænsetilstande - Generelt</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.7.
2.4.7.1(4)	<b>Brudgrænsetilstande - Generelt</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.2, A.3.1, A.4 og A.6.
2.4.7.1(5)	<b>Brudgrænsetilstande - Generelt</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
2.4.7.1(6)	<b>Brudgrænsetilstande - Generelt</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.

Punkt	Emne	Valg
2.4.7.2(2)P	<b>Eftervisning af statisk ligevægt (EQU)</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.2.
2.4.7.3.2(3)P	<b>Regningsmæssige lastvirkninger</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
2.4.7.3.3(2)P	<b>Regningsmæssig modstand</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
2.4.7.3.4.1(P)	<b>Dimensioneringsmetoder - Generelt</b> NOTE 1 - Anvendelsesmåden af ligning (2.6) og (2.7) og den bestemte dimensioneringsmetode, der skal anvendes, kan være angivet i det nationale anneks.	NOTE 1 - Anvendelsesmåden af ligning (2.6) og (2.7) refererer i DK til dimensioneringsmetode 3.
2.4.7.4(2)	<b>Eftervisningsprocedure og partialkoefficienter for løftning</b>  (2) Supplerende modstand mod løftning kan også behandles som en stabiliserende, permanent lodret last ( $G_{stb;d}$ )  Paragraffen svarer til indholdet i 10.2(2)P, som er ændret i rettelsesblad DS/EN 1997-1/AC:2010, og bør derfor lyde:  (2) Hvis det er tilladt ifølge det nationale anneks, kan modstand mod løftning i form af friktions- eller forankringskræfter også behandles som en stabiliserende permanent lodret last ( $G_{stb;d}$ )	Det er ikke tilladt at behandle modstand mod løftning i form af friktions- eller forankringskræfter som en stabiliserende permanent lodret last ( $G_{stb;d}$ ).
2.4.7.4(3)P	<b>Eftervisningsprocedure og partialkoefficienter for løftning</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.4.
2.4.7.5(2)P	<b>Eftervisning af modstand mod brud på grund af strømning i jord (HYD)</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.5.

Punkt	Emne	Valg
2.4.8(2)	<b>Anvendelsesgrænsetilstande</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.7.
2.4.9(1)P	<b>Grænseværdier for fundamentsbevægelser</b> De tilladte fundamentsbevægelser kan være angivet i det nationale anneks.	De tilladte fundamentsbevægelser er angivet i anneks H og i det nationale tillæg til anneks H.
2.5(1)	<b>Dimensionering ud fra erfaringsregler</b> I det nationale anneks kan der være refereret til sådanne konventionelle og generelt konservative regler.	Konventionelle og generelt konservative regler er angivet i nationalt anneks C, D, K og L.
7.6.2.2(8)P	<b>Brudbæreevne baseret på statiske belastningsforsøg</b> Værdierne af korrelationsfaktorerne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af korrelationsfaktorerne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.2.
7.6.2.2(14)P	<b>Brudbæreevne baseret på statiske belastningsforsøg</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
7.6.2.3(4)P	<b>Brudbæreevne baseret på jordparametre</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
7.6.2.3(5)P	<b>Brudbæreevne baseret på jordparametre</b> Værdierne af korrelationsfaktorerne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af korrelationsfaktorerne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.2.
7.6.2.3(8)	<b>Brudbæreevne baseret på jordparametre</b> Hvis denne alternative fremgangsmåde benyttes, kan det være nødvendigt at rette de i anneks A anbefalede værdier af partialkoefficienterne $\gamma_b$ og $\gamma_s$ med en modelfaktor større end 1,0. Værdien af modelfaktoren kan være angivet i det nationale anneks.	Der benyttes ikke en modelfaktor i DK.

Punkt	Emne	Valg
7.6.2.4(4)P	<b>Brudbæreevne baseret på dynamisk prøvebelastning</b> Værdierne af partialkoefficienten og korrelationsfaktorer kan være angivet i det nationale anneks.	Værdier af partialkoefficienten og korrelationsfaktorer er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1 og A.3.2.
7.6.3.2(2)P	<b>Trækbæreevne baseret på pælebelastningsforsøg</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
7.6.3.2(5)P	<b>Trækbæreevne baseret på pælebelastningsforsøg</b> Værdierne af korrelationsfaktorerne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af korrelationsfaktorerne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.2.
7.6.3.3(3)P	<b>Trækbæreevne baseret på jordparametre</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
7.6.3.3(4)P	<b>Trækbæreevne baseret på jordparametre</b> Værdierne af korrelationsfaktorerne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af korrelationsfaktorerne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.2.
7.6.3.3(6)	<b>Trækbæreevne baseret på jordparametre</b> Hvis denne alternative fremgangsmåde benyttes, kan det være nødvendigt at rette den i anneks A anbefalede værdi af partialkoefficienten $\gamma_{s,t}$ med en modelfaktor større end 1,0. Værdien af modelfaktoren kan være angivet i det nationale anneks.	Modelfaktoren er i DK 1,0, når den analytiske metode til bæreevnebestemmelse i nationalt anneks L lægges til grund for beregningen.
8.4(6)P	<b>Dimensionerings- og udførelshensyn</b> Metoden til bestemmelse af den nødvendige frie længde kan være angivet i det nationale anneks.	For UPL er i nationalt anneks A, afsnit A.4 8(P) og NOTE 1 hertil angivet krav og vejledning til bestemmelse af den fri længde.

Punkt	Emne	Valg
8.4(7)P	<b>Dimensionerings- og udførelshensyn</b> Kriterierne for, hvornår det er nødvendigt at kontrollere gruppevirkningen, kan være angivet i det nationale anneks.	Kriterierne for kontrol af gruppevirkningen er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.4, pkt. (7)P og (8)P. Kravene til gruppeprøvning er anført i DS/EN ISO 22477-5:2018, afsnit 6.7.
8.5.1(1)P NOTE 1	<b>Dimensionering af grænsetilstande for ankre - Generelt</b> Værdien af $\gamma_{Serv}$ kan være angivet i det nationale anneks.	Værdien af $\gamma_{Serv}$ er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.6, tabel A.6-1 NA.
8.5.1(1)P NOTE 3	<b>Dimensionering af grænsetilstande for ankre - Generelt</b> Det forudsættes i kapitel 8, at alle partialkoefficienter og korrelationsfaktorer for anvendelsesgrænsetilstande er 1, medmindre der specifikt indgår symboler. Værdier for yderligere partialkoefficienter og korrelationsfaktorer for anvendelsesgrænsetilstande kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne for partialkoefficienter og korrelationsfaktorer i anvendelsesgrænsetilstanden og ulykkesgrænsetilstanden er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.7.
8.5.1(2)P NOTE 1	<b>Dimensionering af grænsetilstande for ankre – Generelt</b> Det nationale anneks kan angive, om en separat vurdering af ankerets anvendelsesgrænsetilstand er nødvendig.	En separat vurdering af ankerets anvendelsesgrænsetilstand er ikke påkrævet, da godkendelsesprøvningen relateres til $E_{ULS;d}$ , jf. (8.13), hvorfor effekten af forspænding i anvendelsestilstanden er dækket ind.
8.5.1(2)P NOTE 2	<b>Dimensionering af grænsetilstande for ankre – Generelt</b> Det nationale anneks kan anføre, om eftervisning af brudgrænsetilstanden og anvendelsesgrænsetilstanden skal foretages hver for sig eller ved en kombineret fremgangsmåde.	Godkendelsesprøvningen relateres til $E_{ULS;d}$ , jf. (8.13), hvorfor effekten af forspænding i anvendelsestilstanden er dækket ind.
8.5.2(1)P	<b>Geoteknisk modstandsevne i brudgrænsetilstanden</b> Den anvendte testmetode til bestemmelse af den målte modstandsevne og antallet af forsøg $n$ kan være angivet i det nationale anneks.	Den anvendte testmetode og antallet af forsøg $n$ er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.6, tabel A.6-2 NA

Punkt	Emne	Valg
8.5.2(2)P	<p><b>Geoteknisk modstandsevne i brudgrænsetilstanden</b> Grænseværdien for krybetallet (<math>\alpha_{ULS}</math>) eller lasttabet (<math>k_{i;ULS}</math>) kan være angivet i det nationale anneks, som kan specificere, at asymptoten til kurven for krybetal versus last bør anvendes i stedet for en specificeret værdi af <math>\alpha_{ULS}</math>. anbefalede værdier for vedvarende og midlertidige tilstande er anført i tabel A.21.</p>	<p>Definition af brud og grænseværdier for krybetal er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.6, tabel A.6-3 NA.</p>
8.5.2(3)P NOTE 1	<p><b>Geoteknisk modstandsevne i brudgrænsetilstanden</b> Værdien af korrelationsfaktoren <math>\xi_{ULS}</math> kan være angivet i det nationale anneks. anbefalede værdier for vedvarende og midlertidige tilstande er anført i tabel A.20.</p>	<p>Værdien af korrelationsfaktoren <math>\xi_{ULS}</math> er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.6, tabel A.6-2 NA.</p>
8.5.2(3)P NOTE 2	<p><b>Geoteknisk modstandsevne i brudgrænsetilstanden</b> Det mindste antal princip- og egnethedsforsøg <math>n</math>, der skal udføres for at bestemme <math>(R_{ULS;m})_{min}</math>, kan være angivet i det nationale anneks. anbefalede værdier for vedvarende og midlertidige tilstande er anført i tabel A.20.</p>	<p>Det mindste antal princip- og egnethedsforsøg, der skal udføres for at bestemme <math>(R_{ULS;m})_{min}</math>, er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.6, tabel A.6-2 NA.</p>
8.5.2(5)P	<p><b>Geoteknisk modstandsevne i brudgrænsetilstanden</b> Værdien af partialkoefficienten <math>\gamma_{a;ULS}</math> kan være angivet i det nationale anneks. anbefalede værdier for vedvarende og midlertidige tilstande er anført i tabel A.19.</p>	<p>Værdien af partialkoefficienten <math>\gamma_{a;ULS}</math> for vedvarende og midlertidige tilstande er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3 tabel A.3-2 NA for GEO og afsnit A.4, tabel A.4-1 NA for UPL.</p>
8.5.3(1)P	<p><b>Geoteknisk modstandsevne i anvendelsesgrænsetilstanden</b> Den anvendte metode til bestemmelse af den målte modstandsevne og antallet af forsøg <math>n</math> kan være angivet i det nationale anneks.</p>	<p>Metoden til at bestemme <math>P_c</math> er angivet i DS/EN ISO 22477-5:2018, Anneks C, men der er ikke krav herom.</p>

Punkt	Emne	Valg
8.5.3(2)P	<b>Geoteknisk modstandsevne i anvendelsesgrænsetilstanden</b> Værdien af krybetallet ( $\alpha_{SLS}$ ), belastningstab ( $k_{i;SLS}$ ) eller $P_c$ kan være angivet i det nationale anneks. anbefalede værdier er anført i tabel A.21.	Der er ikke angivet nogen værdi for krybetallet ( $\alpha_{SLS}$ ), belastningstab ( $k_{i;SLS}$ ) eller $P_c$ i nationalt anneks, da testmetode 1 skal benyttes, jf. DS/EN ISO 22477-5:2018.
8.5.3(3)P	<b>Geoteknisk modstandsevne i anvendelsesgrænsetilstanden</b> Det mindste antal princip- og egnethedsforsøg $n$ , der skal udføres for at bestemme $(R_{SLS;m})_{min}$ , kan være angivet i det nationale anneks. anbefalede værdier er anført i tabel A.20.	Der er ikke krav om bestemmelse af $(R_{SLS;m})_{min}$ .
8.5.3(4)P	<b>Geoteknisk modstandsevne i anvendelsesgrænsetilstanden</b> Værdien af partialkoefficienten $\gamma_{a;SLS}$ kan være angivet i det nationale anneks. De anbefalede værdier er anført i tabel A.20.	$\gamma_{a;SLS}$ er ikke relevant, da testmetode 1 skal benyttes.
8.6.2(2)P NOTE 1	<b>Test af ankre - Godkendelsesprøvnin-ger</b> Værdien af partialkoefficienten $\gamma_{a;acc;ULS}$ og $\gamma_{a;acc;SLS}$ kan være angivet i det nationale anneks. anbefalede værdier af $\gamma_{a;acc;ULS}$ for vedvarende og midlertidige tilstande og for $\gamma_{a;acc;SLS}$ er anført i tabel A.20.	Værdien af partialkoefficienten $\gamma_{a;acc;ULS}$ er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1, tabel A.3-2 NA, afsnit A.4, tabel A.4-1 NA samt i afsnit A.6, tabel A.6-2 NA. $\gamma_{a;acc;SLS}$ er ikke relevant, da testmetode 1 skal benyttes.
8.6.2(2)P NOTE 2	<b>Test af ankre - Godkendelsesprøvnin-ger</b> Det nationale anneks kan anføre, om prøvelasten ved en godkendelsesprøvnin-ger relateres til den regningsmæssige kraft i brudgrænsetilstanden (8.13) eller til $F_{Serv;k}$ (8.14).	Godkendelsesprøvnin-geren skal relateres til den regningsmæssige kraft i brudgrænsetilstanden (8.13).
8.6.2(3)P NOTE 1	<b>Test af ankre - Godkendelsesprøvnin-ger</b> Grænseværdierne for krybetal/lasttab ved prøvelasten kan være angivet i det nationale anneks. anbefalede værdier for vedvarende og midlertidige tilstande er anført i tabel A.21.	Grænseværdierne for krybetal ved prøvelasten er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.6, tabel A.6-3 NA. Disse er nuanceret efter observations-tid afhængig af jordtype i DS/EN ISO 22477-5:2018, 8.4.3.



Punkt	Emne	Valg
8.6.2(3)P NOTE 2	<b>Test af ankre - Godkendelsesprøvnin- ger</b> Kravet om at kontrollere krybetal/lasttab ved andre specificerede laster, der er mindre end prøvelasten, er valgfrit og kan være angivet i det nationale anneks. Der er ikke givet anbefalede værdier.	Der er ikke krav om at kontrollere krybetal/lasttab ved andre specificerede laster, der er mindre end prøvelasten.
10.2(2)P	<b>Brud ved løftning</b> Tredje sætning: ”Modstanden mod løftning i form af friktions- eller forankringskræfter kan også behandles som en stabiliserende permanent lodret last ( $G_{stb;d}$ )” erstattes af ” Hvis det er tilladt ifølge det nationale anneks, kan modstand mod løftning i form af friktions- eller forankringskræfter også behandles som en stabiliserende permanent lodret last ( $G_{stb;d}$ )” Rettelsen fremgår af rettelsesblad DS/EN 1997-1/AC:2010, men er der fejlagtigt angivet for 10.2(3)	Det er ikke tilladt at behandle modstand mod løftning i form af friktions- eller forankringskræfter som en stabiliserende permanent lodret last ( $G_{stb;d}$ ).
10.2(3)	<b>Brud ved løftning</b> I rettelsesblad DS/EN 1997-1/AC:2010 er som pkt. 23 anført ændringer til 10.2 herunder (citater) <i>I (3):</i> <i>Erstattes hele første afsnit med følgende:</i> ”Hvis det er tilladt ifølge det nationale anneks, kan modstand mod løftning i form af friktions- eller forankringskræfter også behandles som en stabiliserende permanent lodret last ( $G_{stb;d}$ ). NOTE - Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.”	Rettelsen er ved en fejl (i CEN) henført til 10.2(3), men skulle være henført til 10.2(2)P. Den oprindelige tekst: ”(3) I ukomplicerede tilfælde kan kontrol af kræfter i ligning (2.8) erstattes af kontrol af de totale spændinger og porevandstryk.” bevares.

Punkt	Emne	Valg
11.5.1(1)P	<b>Stabilitetsberegning for skråninger</b> Værdierne af partialkoefficienterne kan være angivet i det nationale anneks.	Værdierne af partialkoefficienterne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
A.2	<b>Partialkoefficienter til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstande (EQU)</b>	Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.2.
A.3.1	<b>Partialkoefficienter for last (<math>\gamma_F</math>) eller lastvirkning (<math>\gamma_E</math>)</b>	Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
A.3.2	<b>Partialkoefficienter for jordparametre (<math>\gamma_M</math>)</b>	Partialkoefficienter er angivet i anneks A, afsnit A.3.1.
A.3.3.1	<b>Partialkoefficienter for direkte fundering</b>	Partialkoefficienter for modstandsevne ( $\gamma_R$ ) for direkte fundering benyttes ikke i DK, jf. nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
A.3.3.2	<b>Partialkoefficienter for pælefundamenters modstandsevne</b>	Partialkoefficienter for pælefundamenters modstandsevne er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
A.3.3.3	<b>Korrelationsfaktorer for pælefundamenter</b>	Korrelationsfaktorer for pælefundamenter er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.3.2.
A.3.3.5	<b>Partialkoefficienter for modstandsevne (<math>\gamma_R</math>) af støttekonstruktioner</b>	Partialkoefficienter for modstandsevne ( $\gamma_R$ ) af støttekonstruktioner benyttes ikke i DK, jf. nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
A.3.3.6	<b>Partialkoefficienter for modstandsevne (<math>\gamma_R</math>) af skråninger og totalstabilitet</b>	Partialkoefficienter for modstandsevne ( $\gamma_R$ ) af skråninger og totalstabilitet benyttes ikke i DK, jf. nationalt anneks A, afsnit A.3.1.
A.4	<b>Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL)</b>	Partialkoefficienter og konsekvensfaktorer til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL) er angivet i nationalt anneks A, afsnit A.4.

Punkt	Emne	Valg
A.5	<b>Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for hydraulisk hævning (HYD)</b>	Partialkoefficienter til eftervisning af grænsetilstand for hydraulisk hævning (HYD) behandles i DK som (UPL), jf. nationalt annek A, afsnit A.5.
A.6	<b>Partialkoefficienter, korrelationsfaktorer, grænsekriterier for brud- og anvendelsesgrænsetilstande samt antal princip-/egnethedsforsøg for ankre</b>	Partialkoefficienter, korrelationsfaktorer, grænsekriterier for brud- og anvendelsesgrænsetilstande samt antal princip-/egnethedsforsøg for ankre er angivet i nationalt annek A, afsnit A.6.

## 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.7	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.7.

Anneks	Emne	Valg
C	Jordtryk	Nyt nationalt anneks der behandler nogle principielle danske forhold vedrørende jord- og vandtryk på vægge.
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.
H	Deformation af konstruktion	Supplement vedr. almindelige husbygningskonstruktioner er givet i tillæg til anneks H.
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 A samt ovennævnte Anneks C, D, K og L er normative. Anneks H er informativt.

## Nationale valg

### Anneks A - normativt

#### Partialkoefficienter og korrelationsfaktorer for brudgrænsetilstande og anvendelsesgrænsetilstande

##### A.1 Partialkoefficienter og korrelationsfaktorer

(1)P Partialkoefficienterne ( $\gamma$ ) for brudgrænsetilstande og anvendelsesgrænsetilstande i permanente og midlertidige situationer og korrelationsfaktorerne ( $\xi$ ) for pælefunderinger og forankringer i alle situationer er anført i dette anneks.

(2)P Partialkoefficienterne for jordparametre ( $\gamma_M$ ) og modstandsevne ( $\gamma_R$ ) samt korrelationsfaktorer ( $\xi$ ) 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.

NOTE 1 - Partialkoefficienterne gælder for jordparametre fastlagt under hensyntagen til de i DS/EN 1997-1, 3.3.6(1)P anførte betragtninger.

Konsekvensfaktoren  $K_{FI}$  afhænger af konsekvensklassen:

Høj konsekvensklasse,	CC3:	$K_{FI} = 1,1$
Middel konsekvensklasse,	CC2:	$K_{FI} = 1,0$
Lav konsekvensklasse,	CC1:	$K_{FI} = 1,0$

Lastkombinationsfaktoren  $\psi_0$ , jf. DS/EN 1990 DK NA.

## A.2 Partialkoefficienter til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstande (EQU)

(1)P Partialkoefficienter ( $\gamma$ ) og konsekvensfaktorer ( $K_{FI}$ ) er angivet i tabel A.2-1 NA.

(2)P Til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstanden (EQU) skal anvendes de i tabel A.2-1 NA angivne partialkoefficienter for last ( $\gamma_F$ ) og for jordparametre ( $\gamma_M$ ).

**Tabel A.2-1 NA Partialkoefficienter for EQU-dimensionering**

Partialkoefficienter for last			$\gamma_F$	
Permanent last	Tyngde, generelt <sup>1)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G;dst}$	$1,1 \cdot K_{FI}$
		Gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9
	Tyngde af jord og (grund)vand, geotekniske konstruktioner <sup>2)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G;dst}$	$1,1 \cdot K_{FI}$
		Gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Variabel last	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	$1,5 \cdot K_{FI}$
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$
Trafiklast Broer <sup>3)</sup>	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	$1,4 \cdot K_{FI}$ <sup>5)</sup>
	Ikke-dominerende	Ugunornstigt	$\gamma_{Q,i}$	$1,4 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$
<b>Partialkoefficienter for jordparametre</b>			<b><math>\gamma_M</math></b>	
Friktionsvinkel <sup>7)</sup>			$\gamma_\phi$	1,2
Effektiv kohæsion			$\gamma_{c'}$	1,2
Udrænet forskydningsstyrke			$\gamma_{cu}$	1,8
Simpel trykstyrke			$\gamma_q$	1,8
Rumvægt			$\gamma_\gamma$	1,0

- 1) Konstruktionslast, der omfatter alle former for permanent egenlast, se 2.1 i DS/EN 1991-1-1
- 2) Last fra tyngde af jord og (grund)vand, der påvirker den geotekniske konstruktion som geoteknisk last, se 1.5.2.1 i DS/EN 1997-1 og A.3.1(2)P, NOTE i DS/EN 1997-1 DK NA:2021
- 3) For trafiklast på anlægskonstruktioner (fx bane- og vejdæmninger, kajer m.m.) gælder samme partialkoefficienter som for broer
- 5) For tunge særtransporter på spor (SW/2):  $1,2 \cdot K_{FI}$  hhv. 1,2
- 7) Den angivne partialkoefficient gælder for  $\tan \phi$

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

### A.3.1 Partialkoefficienter for last ( $\gamma_F$ ) eller lastvirkning ( $\gamma_E$ ), for jordparametre ( $\gamma_M$ ) og for modstandsevne ( $\gamma_R$ )

(1)P Partialkoefficienter ( $\gamma$ ) og konsekvensfaktorer ( $K_{FI}$ ) er angivet i tabel A.3-1 NA for direkte fundering, jordtryk og stabilitet og i tabel A.3-2 NA for pæle og ankre.

(2)P Til eftervisning af strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande skal dimensioneringsmetode 3 anvendes med:

Kombination: (A1\* eller A2<sup>†</sup>) "+" M2 "+" R3

og med de i tabel A.3-1 NA og A.3-2 NA angivne partialkoefficienter for last ( $\gamma_F$ ), for jordparametre ( $\gamma_M$ ) og for modstandsevne ( $\gamma_R$ ), samt en faktor ( $\gamma_0$ ) på partialkoefficient for styrkeparametre og bæreevner for konstruktionsmaterialer, jf. DS/EN 1992 – DS/EN 1996 og DS/EN 1999.

NOTE – Konstruktionslast, der henføres til geoteknisk last, skal tillægges partialkoefficienter som gældende for ”Tyngde, generelt”.

(3) Lastkombination 1-5 i tabel A.3-1 NA og A.3-2 NA er rettet mod alle typer geotekniske konstruktioner, hvor lasten udgøres af kombinationer af konstruktionslast, jordtryk og/eller vandtryk. Undersøgelsen refererer her til ligningerne:

- (2.6a) med regningsmæssig lastvirkning  $E_d = E\{\gamma_F F_{rep}; X_k/\gamma_M; a_d\}$
- (2.7a) med regningsmæssig modstand  $R_d = R\{\gamma_F F_{rep}; X_k/\gamma_M; a_d\}$
- (2.7b) med regningsmæssig modstand  $R_d = R\{\gamma_F F_{rep}; X_k; a_d\}/\gamma_R$

NOTE 1 - I alle 5 lastkombinationer skal partialkoefficienterne for styrkeparametre og bæreevne for konstruktionsmaterialer jf. DS/EN 1992 – DS/EN 1996 og DS/EN 1999 påføres faktoren  $\gamma_0$ . For jordparametre og modstandsevner er  $\gamma_0$  indeholdt i de angivne partialkoefficienter  $\gamma_M$  og  $\gamma_R$ .

NOTE 2 - Lastkombination 5 anvendes ved eftervisning af STR for konstruktionsmaterialer, som indgår i geotekniske konstruktioner. I denne eftervisning benyttes de sædvanlige partialkoefficienter for konstruktionsmaterialerne anført i de respektive konstruktionsnormer påført faktoren  $\gamma_0$ . Partialkoefficient for jordparametre og modstandsevne i jorden er 1,0 i lastkombination 5. Denne lastkombination vil typisk være dimensionsgivende for geotekniske konstruktioner, hvor vandtryk udgør en væsentlig del af lasten.

(4)P Partialkoefficienterne for direkte fundering og pælefundering giver den krævede danske sikkerhed, når bæreevneformlerne i nationalt anneks D henholdsvis L anvendes.

(5)P Partialkoefficienter for pæle og ankre skal benyttes i kombination med korrelationsfaktorer i afsnit A.3.2.

(6)P I geoteknisk kategori 1 skal de angivne partialkoefficienter for jordparametre og modstandsevne multipliceres med en modelfaktor  $\gamma_s = 1,25$ .

(7) For byggegrubeindfatninger, midlertidige udgravninger og andre geotekniske konstruktioner under udførelse anvendes partialkoefficienter, hvis værdier fastsættes til  $(\gamma_M)^\alpha$  og  $(\gamma_R)^\alpha$ , hvor  $\alpha$  er et tal, for hvilket det gælder, at  $0 \leq \alpha \leq 1$ .

(8)P Når et svigt indebærer risiko for alvorlige konsekvenser, eller hvor der er risiko for beskadigelse af tredjemands ejendom eller vil medføre store samfundsmæssige konsekvenser, skal der benyttes partialkoefficienter svarende til  $\alpha = 1,0$ . Konstruktioner i CC3 projekteres med  $\alpha = 1,0$ .

NOTE – Til tredjemands ejendom hører bl.a. omliggende grunde, bygninger og ledningsanlæg af enhver art samt trafikerede vej- og banarealer.

(9) Når et svigt af geotekniske konstruktioner under udførelse ikke falder ind under 8(P), kan der benyttes partialkoefficienter svarende til  $\alpha = 0,5$  eller - hvis omstændighederne taler for det - svarende til  $\alpha$ -værdier endnu nærmere  $\alpha = 0$  (partialkoefficient 1,0).



**Tabel A.3-1 NA Partialkoefficienter for STR/GEO-dimensionering: Direkte fundering, jordtryk og stabilitet**

Dimensioneringsmetode			3					
Grænsetilstand			STR/GEO				STR	
Lastkombination			1	2	3	4	5	
Partialkoefficienter for last ref. ligning (2.6a) <sup>8)</sup>			$\gamma_F$	A1* eller A2 <sup>†</sup>				
Permanent last <sup>6)</sup>	Tyngde, generelt <sup>1)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G;sup}$	$1,2 \cdot K_{FI}^{4)}$	$1,0 \cdot K_{FI}$	$1,2^{4)}$	1,0	1,0
		Gunstig	$\gamma_{G;inf}$	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
	Tyngde af jord og (grund)vand, geotekniske konstruktioner <sup>2)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G;sup}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		Gunstig	$\gamma_{G;inf}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Variabel last	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	0	$1,5 \cdot K_{FI}$	0	1,5	0
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	0	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$	0	$1,5 \cdot \psi_0$	0
Trafiklast Broer <sup>3)</sup>	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	0	$1,4 \cdot K_{FI}^{5)}$	0	$1,4^{5)}$	0
	Ikke-dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	0	$1,4 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$	0	$1,4 \cdot \psi_0$	0
Partialkoefficienter for jordparametre ref. ligning (2.7a)			$\gamma_M^{9)}$	M2				
Friktionsvinkel <sup>7)</sup>			$\gamma_\varphi$	1,2		$1,2 \cdot K_{FI}$		1,0
Effektiv kohæsion			$\gamma_c$	1,2		$1,2 \cdot K_{FI}$		1,0
Udrænet forskydningsstyrke			$\gamma_{cu}$	1,8		$1,8 \cdot K_{FI}$		1,0
Simpel trykstyrke			$\gamma_q$	1,8		$1,8 \cdot K_{FI}$		1,0
Rumvægt			$\gamma_\gamma$	1,0		1,0		1,0
Partialkoefficienter for modstandsevne ref. ligning (2.7b)			$\gamma_R^{9)}$	R3				
Direkte fundering			$\gamma_b$	-		-		-
Jordtryk og stabilitet			$\gamma_{R,e}$	-		-		-
Faktor på partialkoefficient for styrkeparametre og bæreevne for konstruktionsmaterialer jf. DS/EN 1992 – DS/EN 1996 og DS/EN 1999			$\gamma_0$	1,0	1,0	$K_{FI}$	$K_{FI}$	$1,2 \cdot K_{FI}^{4)}$

- 1) Konstruktionslast, der omfatter alle former for permanent egenlast, se 2.1 i DS/EN 1991-1-1
- 2) Last fra tyngde af jord og (grund)vand, der påvirker den geotekniske konstruktion som geoteknisk last, se 1.5.2.1 i DS/EN 1997-1 og A.3.1(2)P, NOTE i DS/EN 1997-1 DK NA:2021
- 3) For trafiklast på anlægskonstruktioner (fx bane- og vejdæmninger, kajer m.m.) gælder samme partialkoefficienter som for broer
- 4) For broer:  $1,25 \cdot K_{FI}$  hhv. 1,25

- 5) For tunge særtransporter på spor (SW/2):  $1,2 \cdot K_{FI}$  hhv. 1,2
- 6) 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 egenvægt anses for at komme fra én kilde.
- 7) Den angivne partialkoefficient gælder for  $\tan \varphi$ .
- 8) Jævnfør også DS/EN 1990 ligning (6.10a) og (6.10b)
- 9) For jordparametre og modstandsevner er  $\gamma_0$  indeholdt i de angivne partialkoefficienter  $\gamma_M$  og  $\gamma_R$ .

**Table A.3-2 NA Partialcoefficients for STR/GEO-dimensioning: Pile and anchors**

Dimensioneringsmetode			3					
Grænsetilstand			STR/GEO				STR	
Lastkombination			1	2	3	4	5	
Partialcoefficients for load, ref. (2.6a) <sup>8)</sup>			$\gamma_F$	A1* eller A2 <sup>†</sup>				
Permanent last <sup>6)</sup>	Tyngde, generelt <sup>1)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G;sup}$	$1,2 \cdot K_{FI}^{4)}$	$1,0 \cdot K_{FI}$	$1,2^{4)}$	1,0	1,0
		Gunstig	$\gamma_{G;inf}$	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
	Tyngde af jord og (grund)vand, geotekniske konstruktioner <sup>2)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G;sup}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		Gunstig	$\gamma_{G;inf}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Variabel last	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	0	$1,5 \cdot K_{FI}$	0	1,5	0
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	0	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$	0	$1,5 \cdot \psi_0$	0
Trafiklast Broer <sup>3)</sup>	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	0	$1,4 \cdot K_{FI}^{5)}$	0	$1,4^{5)}$	0
	Ikke-dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	0	$1,4 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$	0	$1,4 \cdot \psi_0$	0
Partialcoefficients for soil parameters ref. ligning (2.7a)			$\gamma_M^{9)}$	M2				
Friktionsvinkel <sup>7)</sup>			$\gamma_\phi$	-	-	-	-	-
Effektiv kohæsion			$\gamma_c$	-	-	-	-	-
Udrænet forskydningsstyrke			$\gamma_{cu}$	-	-	-	-	-
Simpel trykstyrke			$\gamma_q$	-	-	-	-	-
Rumvægt			$\gamma_\gamma$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Partialcoefficients for resistance ref. ligning (2.7b)			$\gamma_R^{9)}$	R3				
Spidsmodstand af trykpåvirkede pæle			$\gamma_b$	1,3	$1,3 \cdot K_{FI}$	-	-	-
Overflademodstand af trykpåvirkede pæle			$\gamma_s$	1,3	$1,3 \cdot K_{FI}$	-	-	-
Total/kombineret modstandsevne af trykpåvirkede pæle			$\gamma_t$	1,3	$1,3 \cdot K_{FI}$	-	-	-
Overflademodstand af trækpåvirkede pæle			$\gamma_{s;t}$	1,3	$1,3 \cdot K_{FI}$	-	-	-
Ankre, brudbæreevne			$\gamma_{a;ULS}$	1,3	$1,3 \cdot K_{FI}$	-	-	-
Ankre, godkendelsesprøvning			$\gamma_{a;acc,ULS}$	1,3	$1,3 \cdot K_{FI}$	-	-	-
Faktor på partialkoefficient for styrkeparametre og bæreevne for konstruktionsmaterialer jf. DS/EN 1992 – DS/EN 1996 og DS/EN 1999			$\gamma_0$	1,0	1,0	$K_{FI}$	$K_{FI}$	$1,2 \cdot K_{FI}^{4)}$

1) - 9) Se tabel A.3-1 NA.

## A.3.2 Korrelationsfaktorer for pælefundamenter

### A.3.2.1 Korrelationsfaktorer $\xi$ til udledning af karakteristiske værdier ud fra statiske pælebelastningsforsøg

(1)P 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 pæledbringningen. 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  
jf. DS/EN 1997-1, 7.5.2 og 7.6.2.2.

### A.3.2.2 Korrelationsfaktorer $\xi$ til udledning af karakteristiske værdier ud fra jordparametre bestemt ved geotekniske undersøgelser

(1)P 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 beregnede eller målte brudbæreevne divideret med

$\xi = 1,5$ , hvor bæreevnen er baseret på en geostatisk beregning

$\xi = 1,25$ , hvor bæreevnen for den betragtede pæl desuden er analyseret ved stødbølgemålinger, som støtter den geostatiske beregning

$\xi = 1,4$  for de pæle, hvor stødbølgemålingen er repræsentativ i relation til bl.a. pæledimension, installationsmetode og jordbundsforhold.

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

(3)P Bæreevne for borede pæle skal bestemmes i henhold til angivelserne i nationalt annek L.

NOTE - Bæreevne for CFA-pæle skal bestemmes som for borede pæle.

### A.3.2.3 Korrelationsfaktorer $\xi$ til udledning af karakteristiske værdier ud fra rammemodstand

(1)P Den karakteristiske brudbæreevne:

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

skal udledes af beregningsregler baseret på efterviste sammenhænge mellem resultaterne af statiske belastningsforsøg og resultater fra indramning. 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 i relation til bl.a. pæledimension, installationsmetode og jordbundsforhold.

(2) For pæle med spidsen i friktionsjord kan den karakteristiske brudbæreevne bestemmes ved hjælp af “Den Danske Rammeformel”, se nationalt anneks L, med  $\xi$ -værdier som anført.

### A.3.2.4 Tidseffekter

(1) Tidseffekter må kun tages i regning, når disse er dokumenteret på det aktuelle byggefelt. Ekstrapolationen skal ske ved logaritmisk fremskrivning, som foretages på grundlag af mindst to målinger udført med mindst 7 dages mellemrum, hvoraf den første tidligst må udføres 1 døgn efter indramningen. Ekstrapolationen må maksimalt føres 4 uger frem efter indramningstidspunktet med mindre der foreligger relevant dokumentation for den fortsatte bæreevnetilvækst.

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

(1)P Partialkoefficienter ( $\gamma$ ) og konsekvensfaktorer ( $K_{FI}$ ) er angivet i tabel A.4-1 NA og A.4-2 NA.

(2)P Til eftervisning af grænsetilstand for løftning (UPL), hvor der indgår trækelementer, eller hvor der medregnes stabiliserende forskydningsspændinger på siden af konstruktionen eller i lodrette snit i jorden, skal anvendes de i tabel A.4-1 NA angivne partialkoefficienter for last ( $\gamma_F$ ), for jordparametre ( $\gamma_M$ ) og for modstandsevner ( $\gamma_R$ ).

**Tabel A.4-1 NA Partialkoefficienter for UPL-dimensionering**

Partialkoefficienter for last			$\gamma_F$	Værdi
Permanent last	Tyngde, generelt <sup>1)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G;dst}$	$1,1 \cdot K_{FI}$
		Gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9
	Tyngde af jord og (grund)vand, geotekniske konstruktioner <sup>2)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G;dst}$	$1,1 \cdot K_{FI}$
		Gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Variabel last	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	$1,5 \cdot K_{FI}$
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$
Trafiklast Broer <sup>3)</sup>	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	$1,4 \cdot K_{FI}$ <sup>5)</sup>
	Ikke-dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	$1,4 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$
Partialkoefficienter for jordparametre			$\gamma_M$	Værdi
Friktionsvinkel <sup>7)</sup>			$\gamma_\phi$	1,2
Effektiv kohæsion			$\gamma_c$	1,2
Udrænet forskydningsstyrke			$\gamma_{cu}$	1,8
Partialkoefficienter for modstandsevne			$\gamma_R$	Værdi
Modstandsevne af trækpåvirkede pæle			$\gamma_{s,t}$	1,3
Ankre, brudbæreevne			$\gamma_{a,ULS}$	1,3
Ankre, godkendelsesprøvning			$\gamma_{a,acc,ULS}$	1,3

- 1) Konstruktionslast, der omfatter alle former for permanent egenlast, se 2.1 i DS/EN 1991-1-1
- 2) Last fra tyngde af jord og (grund)vand, der påvirker den geotekniske konstruktion som geoteknisk last, se 1.5.2.1 i DS/EN 1997-1 og A.3.1(2)P, NOTE i DS/EN 1997-1 DK NA:2021
- 3) For trafiklast på anlægskonstruktioner (fx bane- og vejdæmninger, kajer m.m.) gælder samme partialkoefficienter som for broer
- 5) For tunge særtransporter på spor (SW/2):  $1,2 \cdot K_{FI}$  hhv. 1,2
- 7) Den angivne partialkoefficient gælder for  $\tan \phi$ .

(3) Ved rene opdriftsproblemer, dvs. konstruktioner, som ikke er omfattet af A.4(2)P, kan anvendes de i tabel A.4-2 NA angivne partialkoefficienter for last ( $\gamma_F$ ) under forudsætning af, at drivende vandtryk er begrænset af overløbsarrangementer.

NOTE 1 - For geotekniske konstruktioner, hvor tyngde af konstruktionsdele og vand er de dominerende kræfter, er det hensigtsmæssigt ad 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 brug af partialkoefficient på vandtryk. Konstruktionen må i stedet beskyttes ad konstruktiv vej.

NOTE 2 - Overløbsarrangementer kan anordnes som en kombination af overløb via overkant af eller åbninger i vægge og/eller overløb via svanehalse gennem gulvkonstruktion. Der skal sikres fornøden kapacitet, både hvad angår mængder og fordeling hen over konstruktionen, ved anordning af dræn og bortledningselementer. Overløbsvand indgår som stabiliserende element og må ikke bortpumpes, før vandtrykket igen er stabiliseret i et acceptabelt niveau.

**Table A.4-2 NA Partialkoefficienter for UPL dimensionering,**

- Gælder kun for konstruktioner, hvor vandtryk er begrænset ved overløbsarrangementer
- Der må ikke medregnes trækkelementer eller stabiliserende forskydningsspændinger

Partialkoefficienter for last			$\gamma$	Værdi
Permanent last	Tyngde, generelt <sup>1)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G,dst}$	$1,0 \cdot K_{FI}$
		Gunstig	$\gamma_{G,stab}$	1,0
	Tyngde af jord og (grund)vand, geotekniske konstruktioner <sup>2)</sup>	Ugunstig	$\gamma_{G,dst}$	$1,05 \cdot K_{FI}$
		Gunstig	$\gamma_{G,stab}$	1,0
Variabel last,	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	$1,5 \cdot K_{FI}$
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	$1,5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$
Trafiklast Broer <sup>3)</sup>	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	$1,4 \cdot K_{FI}^{5)}$
	Ikke-dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	$1,4 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$

- 1) Konstruktionslast, der omfatter alle former for permanent egenlast, se 2.1 i DS/EN 1991-1-1
- 2) Last fra tyngde af jord og (grund)vand, der påvirker den geotekniske konstruktion som geoteknisk last, se 1.5.2.1 i DS/EN 1997-1 og A.3.1(2)P, NOTE i DS/EN 1997-1 DK NA:2021
- 3) For trafiklast på anlægskonstruktioner (fx bane- og vejdæmninger, kajer m.m.) gælder samme partialkoefficienter som for broer
- 5) For tunge særtransporter på spor (SW/2):  $1,2 \cdot K_{FI}$  hhv. 1,2.

(4)P Ved rene opdriftsproblemer skal der regnes med ugunstigste, realistiske vandspejl og forsigtigt ansatte egenlaste.

NOTE - Modsætningen til det rene opdriftsproblem er opdrift, der indgår i andre problemstillinger, som fx stabilitetsanalyser og dimensionering af fundamenter, hvor opdrift på jord og konstruktionselementer henføres til strukturelle (STR) og geotekniske (GEO) grænsetilstande.

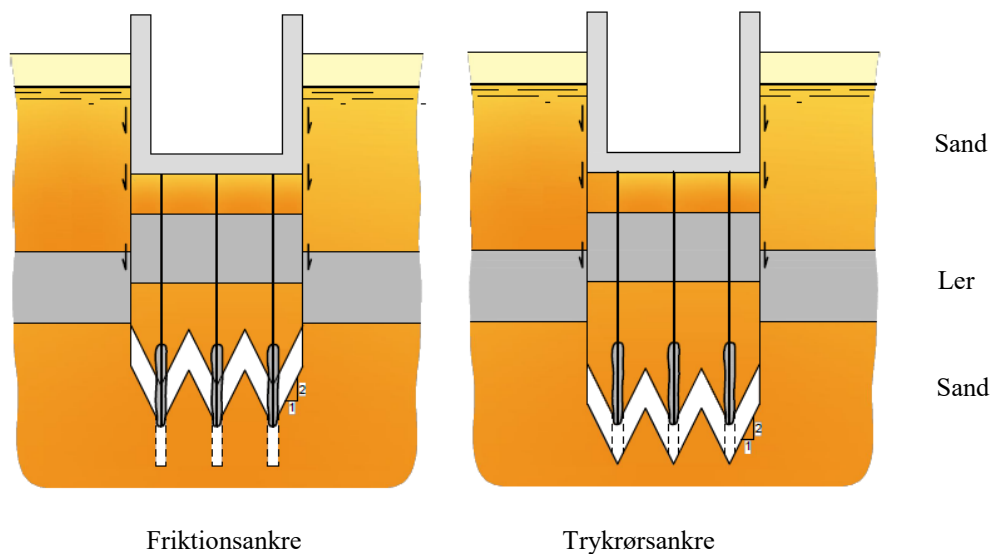
(5)P Hvis der til opnåelse af statisk ligevægt tilføjes et trækkelement, skal dette trækkelement dimensioneres svarende til den regningsmæssige kraft, der mangler for opnåelse af statisk ligevægt.

(6)P Ved bestemmelse af det ved trækkelementerne fastholdte jordvolumen (gruppewirkning) skal der tages hensyn til den mulige fordeling af disponibel overflademodstand langs trækkelementerne,

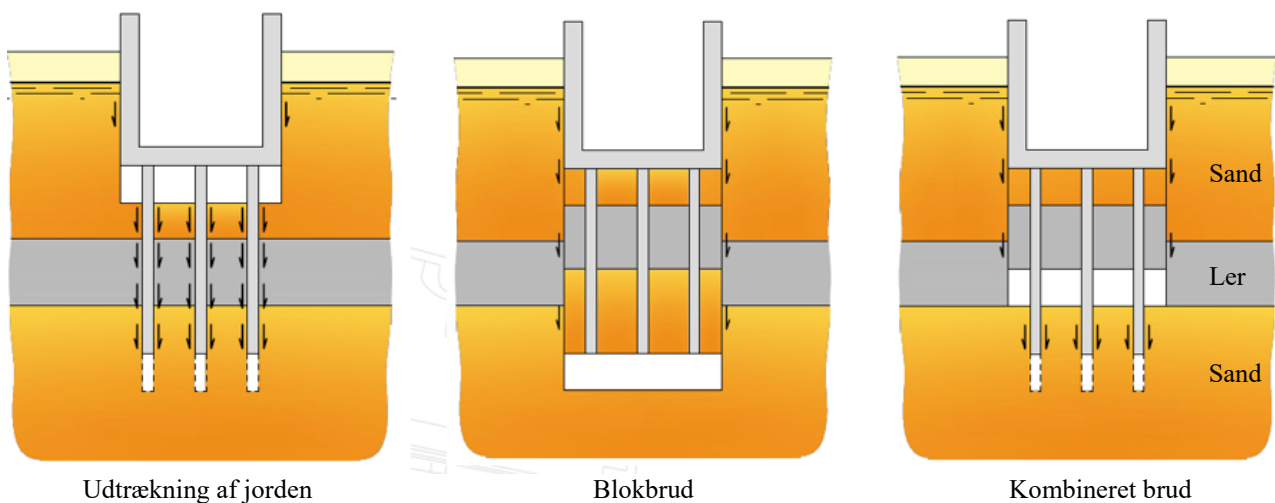
og det skal godtgøres, at tyngden af det stabiliserende jordvolumen kan fordeles til gruppen af træk-elementer ved fornøden indre modstand i jordlegemet.

(7)P Spidskoten for trækkelementer i UPL skal bestemmes på baggrund af den kritiske brudmekanisme.

NOTE 1 – For jordankre er det god praksis, at der ved bestemmelse af jordvolumenet tages udgangspunkt i en keglestub med hældning 1:2 (vandret:lodret), der for traditionelle friktionsankre har dybdepunkt midt i forankringszonen, idet der qua den frie længde kun kan overføres kræfter til jorden langs forankringslængden. Ved trækprøvningen af friktionsankre svarer den øvre grænse for den tilsyneladende fri længde  $L_{app}$  netop til midte af forankringszonen. Som følge af den anerkendte ikke lineære fordeling af stabiliserende forskydningspåspændinger langs forankringslængden, kan det ved betragtning af gruppevirkning på den sikre side antages, at forankringskraften er overført til jorden ved midte af forankringszonen. For trykrørsankre kan tages udgangspunkt i ankerfoden idet ankerkraften beviseligt føres til ankerfoden, inden overførsel til jorden. For definition af friktions- og trykrørsankre henvises til DS/EN 1537 og/eller DS/EN ISO 22477-5.



NOTE 2 - For trækpæle i lagdelt jord vil en kombineret brudmåde med løft af lerlag og sandlag over dette som en blok (forudsætter fornøden overflademodstand i lerlaget), samtidig med udtrækning af pælene af det underliggende sandlag, ofte være kritisk. Opmærksomheden henledes på, at overflademodstanden på pælene i det underliggende sandlag reduceres som følge af aflastningen af overlejringsstrykket, når blokken løftes.





(8) Ved beregning af stabiliserende forskydningspændinger mod sider af konstruktionen og i lodrette snit i jorden kan tages udgangspunkt i principperne i DK NA Anneks L.

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

(1)P Ved eftervisning af grænsetilstand for hydraulisk hævnning (HYD) skal anvendes de samme partialkoefficienter som for løftning (UPL), se A.4 i DK NA.

(2)P Sikring imod piping og erosion kræver særlige overvejelser i henhold til DS/EN 1997-1, 10.4 og 10.5.

### A.6 Partialkoefficienter, korrelationsfaktorer, grænsekriterier for brud- og anvendelsesgrænsetilstande samt antal princip-/egnethedsforsøg for ankre

(1)P Til eftervisning af fornøden sikkerhed for jordankre, jf. formel (8.1), i permanente og midlertidige dimensioneringssituationer, hvor effekten af forspændingen undersøges i anvendelsesgrænsetilstanden, påføres den maksimale ankerkraft fundet herved  $F_{Serv;k}$  en lasteffektfaktor  $\gamma_{Serv}$  :

$$F_{Serv;d} = \gamma_{Serv} \cdot F_{Serv;k}$$

**Tabel A.6-1 NA Partialkoefficient for lasteffekt af forspænding i permanente og midlertidige dimensioneringssituationer**

Partialkoefficient for	Ligning	Symbol	Værdi
Lasteffekt af forspænding	(8.3)	$\gamma_{Serv}$	1,0

(2) Effekten af forspændingen bør fastlægges på baggrund af en interaktionsanalyse med respektive stivheder for hhv. jord, ankre og konstruktion.

(3)P Til eftervisning af ankre i brudgrænsetilstandene STR, GEO og UPL i vedvarende og midlertidige dimensioneringssituationer skal følgende partialkoefficient anvendes:

- $\gamma_{a;ULS}$  for  $R_{ULS;k}$

NOTE – De værdier, der skal benyttes for  $\gamma_{a;ULS}$  er angivet i nationalt anneks i A.3 tabel A.3-2 NA for STR/GEO og i nationalt anneks A.4, tabel A.4-1 NA og A.4-2 NA for UPL.

(4)P Ved gennemførelse af test af ankre for vedvarende og midlertidige dimensioneringssituationer i brudgrænsetilstanden og for anvendelsesgrænsetilstande skal følgende korrelationsfaktorer og partialkoefficienter anvendes:

- $\xi_{ULS}$  for  $(R_{ULS;m})_{min}$ ;
- $\gamma_{a;acc;ULS}$  for  $E_{ULS;d}$ ;

**Tabel A.6-2 NA Værdier afhængigt af testmetode for ankre for vedvarende og midlertidige dimensioneringssituationer i brudgrænsetilstanden og anvendelsesgrænsetilstanden**

Symbol	Ligning	Testmetode <sup>a</sup>		
		1	2	3
$\zeta_{\text{ULS}}$	8.6	1,1	-	-
$\gamma_{a;\text{SLS}}$	8.10	N.A.	-	-
$n$ <sup>b</sup>		3 stk. / 2 %	-	-
$\gamma_{a;\text{acc};\text{ULS}}$	8.13	$1,3 \cdot K_{\text{FI}}$ <sup>c</sup>	-	-
$\gamma_{a;\text{acc};\text{SLS}}$	8.14	N.A.	-	-
NOTE – N.A. = ikke relevant. (Not Applicable)				
<sup>a</sup> For en beskrivelse af prøvningsmetoderne se DS/EN ISO 22477-5:2018. Testmetode 1 er obligatorisk. <sup>b</sup> Der skal udføres egnethedsforsøg svarende til mindst 2 % af det forventede antal ankre, dog min. 3 stk. Egnethedsforsøg kan opgraderes til principforsøg, hvis de føres til brud. <sup>c</sup> Partialkoefficienten $\gamma_{a;\text{acc};\text{ULS}}$ påføres $K_{\text{FI}}$ faktoren i lastkombination 3 og 4 i STR/GEO.				

(5)P Ved udførelse af princip- og egnethedsforsøg og godkendelsesprøvninger for vedvarende og midlertidige dimensioneringssituationer i brudgrænsetilstanden og for anvendelsesgrænsetilstande skal ankrene opfylde grænsekriterierne givet i tabel A.6-3 NA.

**Tabel A.6-3 NA Grænsekriterier for princip- og egnethedsforsøg samt godkendelsesprøvninger for vedvarende og midlertidige dimensioneringssituationer i brud- og anvendelsesgrænsetilstande**

Testmetode <sup>a</sup>	Grænse-kriterium	Princip- / egnethedsforsøg		Godkendelsesprøvninger	
		ULS <sup>b</sup> (Formel 8.5)	SLS (Formel 8.8)	ULS <sup>b</sup> (Formel 8.13)	SLS (Formel 8.14)
1	$a_1$	5 mm / 2 mm	N.A.	2 mm	N.A.
2	$k_1$	-	-	-	-
3	$a_3$	-	-	-	-
NOTE – N.A. = ikke relevant. (Not Applicable)					
<sup>a</sup> For en beskrivelse af prøvningsmetoderne se DS/EN ISO 22477-5:2018. Testmetode 1 er obligatorisk. <sup>b</sup> Brud (ved principforsøg) er defineret ved en lodret asymptote i et krybetal versus prøvelast-diagram, eller, hvor en sådan vanskeligt lader sig bestemme, ved et krybetal på 5 mm. I egnethedsforsøg, hvor der per definition ikke tilstræbes brud, er kriteriet et krybetal på ikke over 2 mm ved forlænget observationstid.					

(6) Ved langtidsforsøg (over flere døgn) kan der alternativt til måling af krybning ved fastholdt last benyttes lasttabsmålinger  $\Delta N$  (ved låst anker), som konverteres til ækvivalent krybning  $\Delta s$  på grundlag af en fri længde svarende til den tilsyneladende frie længde  $L_{\text{app}}$  bestemt ved aflastningen i den seneste lastcyklus inden låsning af ankeret.

NOTE 1 – Ækvivalent krybning  $\Delta s = \Delta N \cdot L_{\text{fri}} / (E_t \cdot A_t)$ , hvor  $L_{\text{fri}} = L_{\text{app}}$  og  $\Delta N$  er lasttabet.

NOTE 2 – Lasttabsmålinger kan ikke sammenlignes for jordankre med forskellig fri længde, idet lasttabet er afhængigt af den frie længde.

## A.7 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.
- (2)P For pæle og ankre anvendes partialkoefficienter  $\gamma_R = 1,0$  og korrelationsfaktorer  $\xi = 1,0$ . For effekt af forspænding af ankre i anvendelsesgrænsetilstanden gælder dog nationalt anneks A.6.
- (3)P Regningsmæssige lastværdier fastlægges i henhold til DS/EN 1990 DK NA (tabel A.1.3 DK NA).
- (4)P Lastkombinationsfaktoren  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  og  $\psi_2$  i DS/EN 1990 DK NA skal benyttes, dog under hensyntagen til lastens varighed og jordens konsolideringsegenskaber.

## ANNEKS C – normativt

### C.1 Jordtryk

(1) Jordtryk på konstruktioner tillades bestemt efter plasticitetsteori forudsat, at konstruktionen i dennes brudtilstand deformeres tilstrækkeligt til, at de plasticitetsteoretiske grænseværdier for jordtryk kan udvikles.

NOTE - Vigtige eksempler på konstruktionstyper, hvor bevægelserne i brud muligvis ikke er tilstrækkelige til at udvikle grænseværdier for jordtryk er:

- Vægge med indvendige trykafstivninger (såfremt disse modelleres som eftergivelige)
- Vægge med store normalkræfter som kan svinge ved instabilitet eller søjlevirkning
- Uarmerede vægge
- Vægge med kraftigt forspændte jordankre (såfremt disse modelleres som eftergivelige), især ved flere ankerniveauer

(2) Partialkoefficienterne i tabel A.3-1 NA giver den krævede danske sikkerhed for jordtryks-påvirkede konstruktioner når de tilhørende analyser er baseret på, at:

- Der ved væggen spids - hvor brudfigurene fra for- og bagside mødes - kan forekomme et knæk i brudlinjen. Dette svarer til, at de to brudfigurer ikke nødvendigvis har sammenfaldende rotationscentre.
- Jordens brudfigur kan udgøres af linjebrud, zonebrud eller en kombination heraf

(3) Ruheden mellem konstruktion og den omkringliggende jord (vægfriktionsvinkel  $\delta$  og adhæsion  $a$ ) kan sædvanligvis sættes lig de tilsvarende effektive styrkeparametre for jorden ( $\varphi'$  og  $c'$ ) med mindre overfladen er behandlet med asfalt eller lignende. Det skal dog eftervises, at den grad af ruhed, som benyttes ved jordtryksberegningen, er i overensstemmelse med den lodrette ligevægtsbetingelse for konstruktionen.

(4) Der skal ved undersøgelse af brudgrænsetilstande STR/GEO anvendes den for konstruktionen ugunstigste, realistiske kombination af vandspejl - herunder vandspejlsdifferenser - der kan forekomme.

NOTE 1 - Opmærksomheden henledes i den forbindelse på, at det er vandtrykkene på grænsebrudlinjen, som er styrende.

NOTE 2 - Huller i konstruktionen er sædvanligvis ikke tilstrækkeligt til at hindre, at der kan opbygges vandtryk på grænsebrudlinjen bag konstruktionen.

NOTE 3 - Det bør overvejes, om en tæt væg kan ændre på vandspejlsforholdene fx ved afskæring af den naturlige afstrømning, hvorved der kan opbygges et højtstående vandspejl bag væggen.

NOTE 4 - Vandtryk i kohæsionsjord kan ikke antages fuldt belyst ud fra vandspejlsobservationer i pejlerør. For konstruktioner, der støtter mod kohæsionsjord, bør der normalt forudsættes et vandspejl i oversiden af det støttede materiale, se 9.6 (3) i DS/EN 1997-1.

## Anneks D - normativt

### Direkte fundering - Analytisk metode til bæreevneberegning

#### D.1 Generelt

(1) Den regningsmæssige lodrette bæreevne,  $R_d$ , af et fundament skal vurderes 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  $\phi'$
- Excentricitet og hældning af regningsmæssige laster
- Formen og dybden 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 Generelt vedr. analytisk metode

(1) Følgende symboler er benyttet i anneks D.

$A'$  =  $B' \cdot L'$  det effektive fundamentsareal

$B$  fundamentsbredde

$B'$  den effektive fundamentsbredde

$e$  excentriciteten af kraftresultanten, med indekserne  $B$  og  $L$

$H$  den vandrette komponent af last, parallelt med siden med bredden  $B$

$i$  lastens hældningsfaktorer, med indekserne kohæsion  $c$ , overfladelast  $q$  og rumvægt  $\gamma$

$L$  fundamentslængde

$L'$  den effektive fundamentslængde ( $L' \geq B'$ )

$N$  bæreevnefaktorer, med indekser for  $c$ ,  $q$  og  $\gamma$

$q$  overlejringstryk eller overfladelast i niveau med fundamentets underkant (totale spændinger)

$q'$  overlejringstryk eller overfladelast i niveau med fundamentets underkant (effektive spændinger)

$s$  formfaktorer for fundamentsarealet, med indekser for  $c$ ,  $q$  og  $\gamma$

$V$  den lodrette last

- $\delta$  friktionsvinkel i grænsefladen mellem konstruktion og jord
- $\varphi'$  jordens effektive friktionsvinkel
- $c'$  jordens effektive kohæsion
- $c_u$  jordens udrænedede forskydningsstyrke
- $\gamma'$  jordens effektive rumvægt under fundamentsniveau.

(2) Ligninger for den regningsmæssige lodrette bæreevne angivet i afsnit D.2.2 og D.2.3 gælder for vandret fundamentsunderside og jordoverflade, samme overfladelast på fundamentets sider, dominerende  $H$  parallelt med den korte side med jordens styrke repræsenteret ved de regningsmæssige værdier af  $c_u$ ,  $c'$ ,  $\varphi'$  og  $\gamma'$  som forudsættes konstant i det jordvolumen, der styrer den aktuelle grænsetilstand.

(3) For friktionsjord er den karakteristiske friktionsvinkel  $\varphi'_k = \varphi'_{pl}$  (plan friktionsvinkel), hvor relationen mellem  $\varphi'_{pl}$  og  $\varphi'_{tr}$  fremgår af nationalt annek K.4 (1). For kohæsionsjord er  $\varphi'_k \sim \varphi'_{tr}$ .

(4) De anførte formler for beregning af bæreevnen er gyldige for laster der angriber excentrisk med en excentricitet,  $e$ , der ikke overstiger  $0,3 B$ .

(5) Et fundaments glidningsmodstand skal undersøges i henhold til DS/EN 1997-1, 6.5.3. Såfremt der i beregningen af et fundaments glidningsmodstand indgår påvirkninger ud over lasten, fx i form af passivt jordtryk, skal alle stabiliserende påvirkninger vurderes under hensyntagen til tøjningskompatibilitet.

(6) Når glidningsmodstand indregnes som eneste stabiliserende kraft over for vandret komponent af fundamentslast, og fundamentet ikke er påvirket af tvangstøjninger fra andre kilder, kan der i stedet for kritisk friktionsvinkel (jf. DS/EN 1997-1, 6.5.3 (10)) regnes med jordens effektive friktionsvinkel  $\varphi'$ .

## D.2.2 Udrænedede forhold

(1) Den regningsmæssige bæreevne beregnes ved hjælp af:

$$R_d / A' = (\pi + 2) c_{u,d} s_c i_c + q \quad (D.1)$$

med de dimensionsløse faktorer for:

- formen af fundamentet:  
 $s_c = 1 + 0,2(B' / L')$
- lastens hældning på grund af en vandret last  $H$ :

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

hvor  $H_d \leq A' c_{u,d}$

### D.2.3 Dræned forhold

(1) Den regningsmæssige bæreevne beregnes ved hjælp af:

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

med de regningsmæssige værdier for dimensionsløse faktorer for:

- bæreevnen:

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

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

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

- formen af fundamentet:

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

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

- hældningen af lasten på grund af vandret last  $H_d$  parallelt med siden med bredden  $B'$ :

$$i_\gamma = i_q^2$$

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

## **Tillæg til Anneks H - informativt**

Som supplement til angivelserne i anneks H kan der for almindelige husbygningskonstruktioner som vejledning anføres, at sætninger for direkte udlagte gulve ikke bør afvige fra de omkringliggende vægges sætninger med mere end 5 mm.



## **Anneks K - normativt**

### **Særlige forhold ved geotekniske undersøgelser og parametre**

#### **K.1 Generelt**

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

- Senglaciale allerødaflejringer
- Interglaciale hav- og moseaflejringer
- Sprækket ler med blanke glideflader (slickensides)
- Lerarter karakteriseret ved  $I_p > 15\%$ , hvor undtagelsen relaterer sig til sæsonmæssige variationer i vandindhold (vegetation)
- Kridt og kalk med "skorstene" (nedbrudt/opløst af nedsivende overfladevand).

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

- Stærkt sætningsgivende aflejringer af gytje, tørv, postglaciale ler, muld eller ukontrolleret fyld
- Stærkt kvældende leraflejringer
- Skredfarlige aflejringer.

Undersøgelsen skal normalt mindst føres ned i faste senglaciale 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, poretryksmålninger, prøvepumpninger og laboratorieundersøgelser. Laboratorieundersøgelserne omfatter geologisk vurdering og jordartsbeskrivelse, klassifikationsforsøg samt mere specielle forsøg til bestemmelse af styrke- og deformationsegenskaber, permeabilitet, geokemiske 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 boringerne ofte blive optaget prøver til vurdering af miljøforhold.
- Optimeringsundersøgelser, der sædvanligvis udføres med henblik på en økonomisk optimering af et funderingsprojekt.

(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 nabobygninger, 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 undtagelserne nævnt i afsnit K.1.

(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
- 0,3 m og 0,4 m tykke jordtrykspåvirkede, in situ-støbte betonkældervægge i feltstørrelse på indtil henholdsvis 10 m<sup>2</sup> og 15 m<sup>2</sup>, hvis væggene kun er understøttet på tværvægge og kældergulv, og henholdsvis 15 m<sup>2</sup> og 20 m<sup>2</sup>, 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/m<sup>2</sup> i geoteknisk kategori 2.

(5) Hvor et projekt eksempelvis ved udgravning, pæleramning eller grundvandssænkning 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 grundvandssæknings- eller drænanlæg, skal konstruktionen behandles i geoteknisk kategori 3.

(7) Fundering på skrivekridt indeholdende kaviteter og på fedt ler af Palæogen oprindelse samt andre fede, sprækkede lere med blanke glideflader skal undersøges og behandles i geoteknisk kategori 3.

NOTE - Det er ikke ualmindeligt, at fede miocæne lere indeholder sprækker med blanke glideflader. Undtagelsesvis kan også kvartære lere indeholde sprækker med blanke glideflader.

(8) I aflejringer, hvor permeabiliteten vokser med dybden, skal udgravninger, der går mere end 3 m under det usænkede grundvandsspejl, behandles i geoteknisk kategori 3.

## K.4 Geotekniske parametre

(1) Ved plan tøjningstilstand kan friktionsvinklen,  $\varphi'_{pl}$ , for sand og grus bestemmes ved at forøge den triaksialt målte friktionsvinkel svarende til  $\varphi'_{pl} = (1 + 0,1 I_D) \varphi'_{tr}$ .

NOTE - Når de analytiske metoder lægges til grund for fastlæggelse af en bæreevne for fundamenter i henhold til DS/EN 1997-1 DK NA, Anneks D.2, kan den plane friktionsvinkel anvendes.

(2) Ved aflastning (fx afgravningsskråninger og aktivt jordtryk) skal man for ler af Palæogen oprindelse og for andre fede og meget fede lere med blanke glideflader regne med  $c' = 0$ .

NOTE 1 - Bortset fra ovennævnte lere og andre fede, sprækkede lere med blanke glideflader, kan effektiv kohæsion i jorden tages i regning ved aflastning, når den effektive normalspænding på brudsnittet er positiv (dvs. der må ikke regnes med trækspændinger i jorden i den drænedede tilstand), og når effekten af aflastningen på den effektive kohæsion vurderes. Bemærk, at revner forårsaget af udtørring ikke kan håndteres efter ovenstående, da revnedybden i dette tilfælde ikke er styret af spændingsforholdene i jorden.

NOTE 2 - Den tolkede styrke fra geotekniske laboratorieforsøg bør fastlægges under hensyn til tøjningsniveauet. For triaksiale forsøg anvendes ofte et tøjningsinterval fra 0 til 10 % aksial tøjning, mens man for forskydningsforsøg (Direct Simple Shear) bør anvende et tøjningsinterval fra 0 til 15 % forskydningstøjning.

## Anneks L - normativt Pælefundering

### L.1 Geostatisk beregning

(1) For pæle med spidsen i kohæsionsjord kan den karakteristiske brudbæreevne 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

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

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

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

$A_b$  effektivt spidsareal

$A_{si}$  overfladeareal i jordlag "i"

$N_m = 0,6$  for trykpæle med fortrængning af jord  
(pæle af beton, træ, lukkede stålrør og stålprofiler med propdannelse)

$N_m = 0,3$  for trykpæle med tyndfligede tværsnit  
(stålspunser og stålprofiler uden propdannelse)

$N_m = 0,2$  for trækpæle

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

$c_{ui}$  udrænet forskydningsstyrke i jordlag "i"

$q'_{mi}$  lodret, effektiv spænding midt i jordlag "i"

(2) Såfremt analyserne for spidsmodstand i kohæsionsjord udnytter et areal af pælespidsen større end det tilhørende kontaktareal mellem jord og konstruktionsmateriale, skal det anvendte effektive spidsareal dokumenteres.

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

(4) For rammede pæle med spidsen i hård moræneler, defineret ved  $c_u > 300 \text{ kN/m}^2$ , kan der erfaringsmæssigt regnes med:

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

For  $c_u$  mellem  $150 \text{ kN/m}^2$  og  $300 \text{ kN/m}^2$  kan der interpoleres lineært mellem en faktor 9 og 18.

(5) 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  $r = 1,0$ .

(6) I tilfælde af at pælene påvirkes af negativ overflademodstand i en anvendelsesgrænsetilstand, må der i brudgrænsetilstanden kun medtages bæreevnebidrag fra de lag, hvor der optræder negativ overflademodstand, i den udstrækning, at det kan eftervises, at overflademodstanden i disse lag bliver mobiliseret i brudsituationen.

(7) Bæreevnebidrag skal fastlægges under hensyntagen til virkningen af eventuel forboring for rammede pæle, asfaltering samt opramning.

(8) Ved pælegrupper, hvor der er mulighed for opramning, skal det ved nivellementer til pæletop undersøges, om der sker hævnning af pælene efter ramningen. Overstiger hævnningen en ud fra sætningsforholdene fastlagt grænse, må der enten efterrammes eller ses bort fra spidsmodstanden.

(9) For pæle med spidsen i friktionsjord er en geostatisk beregning af spidsmodstanden så usikker, at den ikke må anvendes til endelig bestemmelse af trykbæreevnen.

(10) For borede, in situ-støbte pæle kan bæreevnen være væsentligt mindre end for tilsvarende rammede pæle. Der må ikke påregnes positiv overflademodstand på mere end 30 % af den tilsvarende rammede pæls overflademodstand eller større regningsmæssig spidsmodstand end  $1000 \text{ kN/m}^2$ , medmindre der foreligger anerkendt dokumentation for at tage en større bæreevne i regning.

(11) Pæle i kalk og kridt kræver særlige tiltag ved vurdering af bæreevnen.

NOTE - Når pæle rammes ned i kalk eller kridt kan strukturen i disse jordarter blive ændret markant, og evt. regeneration i kalken/kridtet kan være usikker. Overflademodstanden kan derfor være uafhængig af tidligere målte styrker. Det kan være nødvendigt at anvende en kombination af geostatisk beregning, bæreevne bestemt på baggrund af rammemodstand, og/eller dynamiske belastningsforsøg korreleret med statiske belastningsforsøg.

## L.2 Den Danske Rammeformel

(1) For pæle med spidsen i friktionsjord, kan den karakteristiske brudbæreevne i tryk,  $R_{c;k}$ , bestemmes ved hjælp af "Den Danske Rammeformel" ud fra:

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

hvor

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

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

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

$\eta$  effektivitetsfaktor

$\eta_0$  effektivitetsfaktor ved lodret mægler

$\mu$  friktionskoefficient mellem hammer og mægler  
( $\mu \approx 0,1 - 0,4$  afhængig af spil, mægler, hammer etc.)

$\theta$  hældning af mægler

$G$  tyngde af faldhammer

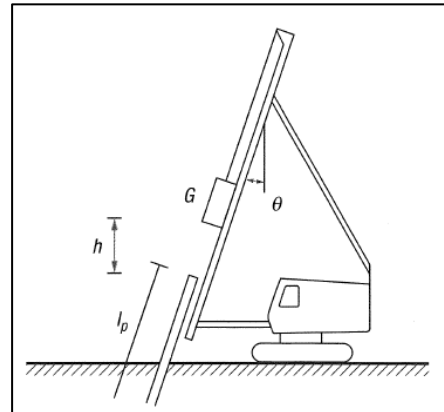
$h$  lodret komponent af faldhøjde

$s$  blivende nedsynkning af pæl pr. slag

$L_p$  pælens længde

$A$  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  $A$ . For stålpæle er  $A$  stålets tværsnitsareal.

(2) Rammemodstanden bestemmes ud fra rammeresultatet ved indramningens afslutning eller efter en kort rammepause.

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

(4) Hvis der benyttes en anden rammeformel end den Danske 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.

### L.3 Anvendelsesgrænsetilstand

(1) Der skal gennemføres en vurdering af anvendelsesgrænsetilstanden for ethvert pælefundament jf. DS/EN 1997-1, afsnit 7.6.4, og i den forbindelse skal der tages hensyn til eventuel negativ overflademodstand og jordlast.

NOTE - Den negative overflademodstand er defineret som overflademodstanden på pæl og fundamentalsider over det niveau, hvor pæle og omgivende jord sætter sig lige meget. Dette niveau kan på den sikre side vælges svarende til underside af de sætningsgivende aflejringer.

(2) For pæle i geoteknisk kategori 1 og 2 samt for spidsbærende pæle som afleverer lasten i aflejringer, der kan karakteriseres som normal sætningsfrie under hensyntagen til pælelast og eventuel opfyldning, kan undersøgelsen af anvendelsesgrænsetilstanden sædvanligvis indskrænkes til en vikarierende brudberegning, 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  $\gamma_R = 1,0$  og korrelationsfaktor  $\xi = 1,0$  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. For pæle i geoteknisk kategori 1 samt for spidsbærende pæle erstattes  $R_{b;ber} + R_{s;ber}$  med  $R_{dyn,m}$  fratrukket eventuel overflademodstand fra de sætningsgivende lag under indramningen.

$\xi$  korrelationsfaktor i henhold til anneks A, afsnit A.3.2

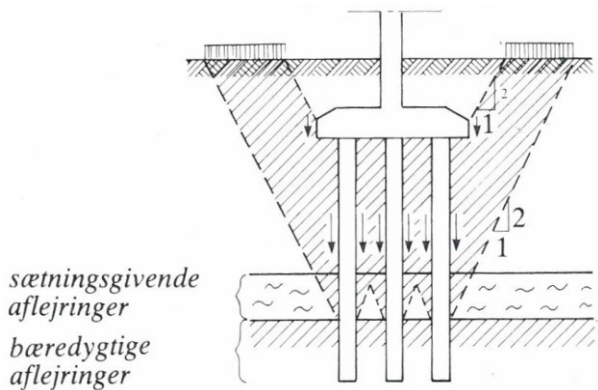
$\gamma_R$  partialkoefficient i henhold til anneks A, tabel A.3-2 NA, A.4-1 NA og A.4-2 NA.

NOTE - Til normale sætningsfrie aflejringer regnes sædvanligvis senglaciale og ældre aflejringer. Men der er flere vigtige undtagelser – fx senglaciale blødbundsaflejringer, interglaciale hav- og moseaflejringer samt fedt og meget fedt ler og kridt.

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

NOTE – Den maksimale negative overflademodstand kan bestemmes som den mindste af følgende to værdier:

- den geostatisk beregnede overflademodstand i aflejringerne over de ikke-sætningsgivende lag
- den sætningsgivende last inden for det volumen, som nedadtil afgrænses af flader, der hælder 1:2 med lodret, og som går gennem pæletværsnittes skæring med de ikke-sætningsgivende lag. Der skal kun medregnes den del af den sætningsgivende last, som svarer til de sætninger, der vil fremkomme i de sætningsgivende lag efter pælens nedføring.



(4) Negativ overflademodstand kan erfaringsmæssigt reduceres ved asfaltering af pælestykket i og over de sætningsgivende lag. For betonpæle støbt i glat forskalling og påført 1 mm bitumen med penetration 70-100 under kontrollerede (tørre) forhold kan den geostatisk beregnede negative overflademodstand (jf. ovenstående) i en anvendelsesgrænsetilstand antages reduceret til mindre end 10 kN pr. m<sup>2</sup> betonoverflade. Der bør dog ikke uden nærmere undersøgelse regnes med mindre end 25 % af den fulde værdi på grund af risikoen for at beskadige bitumenlaget under nedramningen.

NOTE - Virkningen af asfalteringen afhænger af, hvor hurtigt forskydningsspændingerne langs med bitumenlaget bygges op. De angivne retningslinjer for dens virkning gælder kun, når spændingerne bygger langsomt op i forbindelse med at den omgivne jord sætter (eller hæver) sig og fx ikke for forskydningsspændinger fra dynamisk last (herunder stødbølgemålinger).

(5) Specifikation af bitumen i henhold til DS/EN 12591.

## L.4 Ramning

(1) For alle nedrammende pæle skal rammearbejdets forløb registreres i en rammejournal, som skal indeholde alle relevante oplysninger om ramningen (pælenummer, -type og -dimension, rambuktype, hammertype, -tyngde og -faldhøjde, anvendelse af dykker, terrænkote, spidskote ved ramningens afslutning samt noter vedrørende specielle forhold, som rammepauser, mistanke om knækket pæl, topknusning etc.).

(2) En pæleramning bør normalt indledes med prøveramninger på ca. 5-10 % af pæleantallet (dog mindst 2-3 pæle) med registrering af hele rammeforløbet. Prøvepæle bør placeres nær de geotekniske forundersøgelsespunkter. For de øvrige pæle er det i reglen tilstrækkeligt at registrere rammeforløbet på den sidste del af ramningen - typisk over de sidste 1-2 m. Ved brug af dykker, skal rammeforløbet registreres både før og efter dykkeren er påsat.

(3) Pælen skal nedbringes på en sådan måde, at den ikke beskadiges.



NOTE - Risikoen for at beskadige pælen under ramningen kan reduceres væsentligt ved ikke at anvende større effektiv faldhøjde  $\eta h$  eller mindre forhold mellem tyngden af hammer ( $G$ ) og tyngden af pæl ( $G_p$ ) end de nedenfor angivne værdier:

	max $\eta h$	min $G/G_p$
- pæle af armeret beton	ca. 1 m	ca. 0,8
- pæle af stål	ca. 2 m	ca. 1,5
- pæle af træ	ca. 4 m	ca. 1,0

(4) Ved »hård« ramning (svarende til  $s < 0,1 s_0$ ) skal ramningen indstilles for at undgå beskadigelse af pælematerialet.

(5) »Blød« ramning af betonpæle svarende til færre end 10 slag pr. 0,2 m nedsynkning skal undgås, om nødvendigt ved at nedsætte faldhøjden. Kravet gælder dog ikke, hvis pælen helt eller delvist synker ved sin egen og hammerens tyngde.