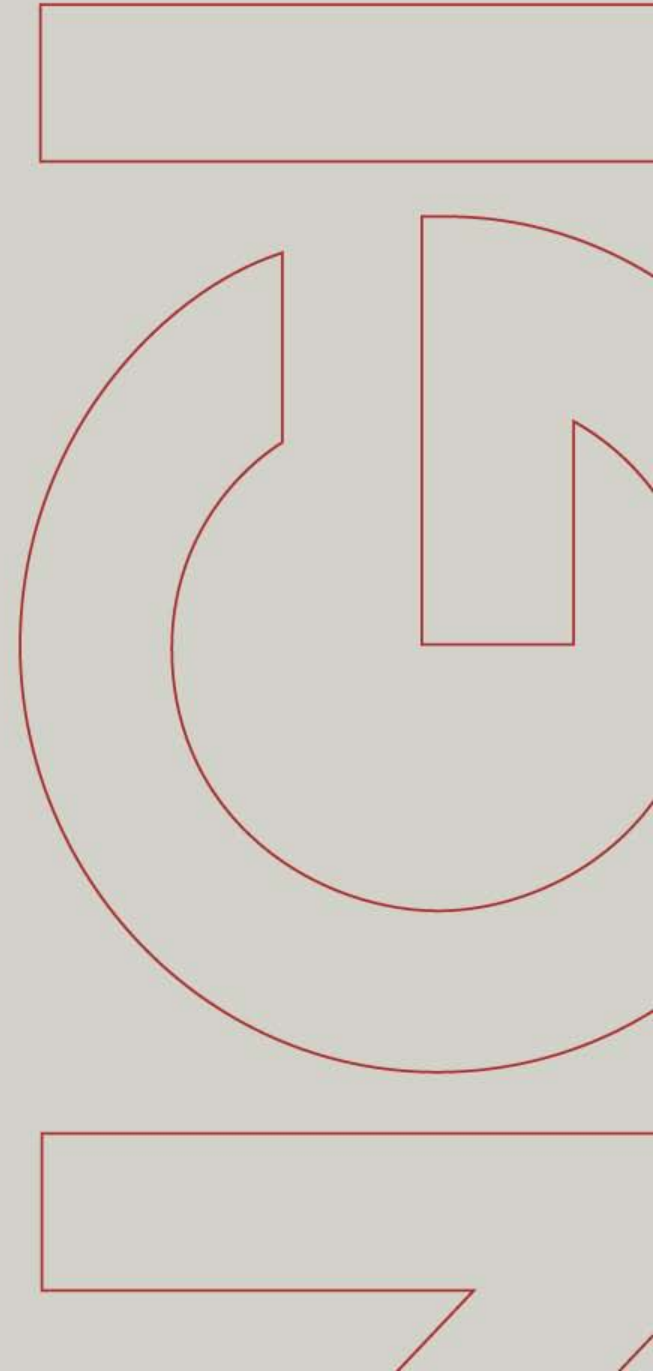


Den norske Peleveiledningen 2005- Pålars bærformåga

Kjell Karlsrud

Teknisk direktør

NGI



Generelt om Peleveiledningen 2005

- Behandler alle aspekter ved prosjektering utførelse og kontroll med pelearbeider
- Tilpasset Eurocode
- Nye metoder for beregning av bærevne av friksjonspeler og delvis også horisontalt belastede peler ble introdusert

PELEVEILEDNINGEN 2005



Norsk Geoteknisk Forening
Den Norske Pelekomité

Kapittel 1	Generelt grunnlag
Kapittel 2	Forundersøkelser
Kapittel 3	Valg av peler
Kapittel 4	Geoteknisk prosjektering
Kapittel 5	Rammede betongpeler
Kapittel 6.1	Stålpeler – Rammede profilstål
Kapittel 6.2	Stålpeler – Rammede stålrør
Kapittel 6.3	Stålpeler – Borede stålrør
Kapittel 7	Stålkjernepeler
Kapittel 8	Mikropeler
Kapittel 9	Plasstøpte peler (pilarer)
Kapittel 10	Trepeler
Kapittel 11	Pelegrupper
Kapittel 12	Utførelse og kontroll av pelearbeider
Kapittel 13	Prøvepeling og prøvebelastning

Denne presentasjonen konsentrerer seg om bæreevne av friksjonspeler

- Noen tanker om bæreevne for spissbærende peler på berg

Sidefriksjon i sand- Peleveil. 1991

$$R_{s;k} = \tau_{s;k} \cdot A_s$$

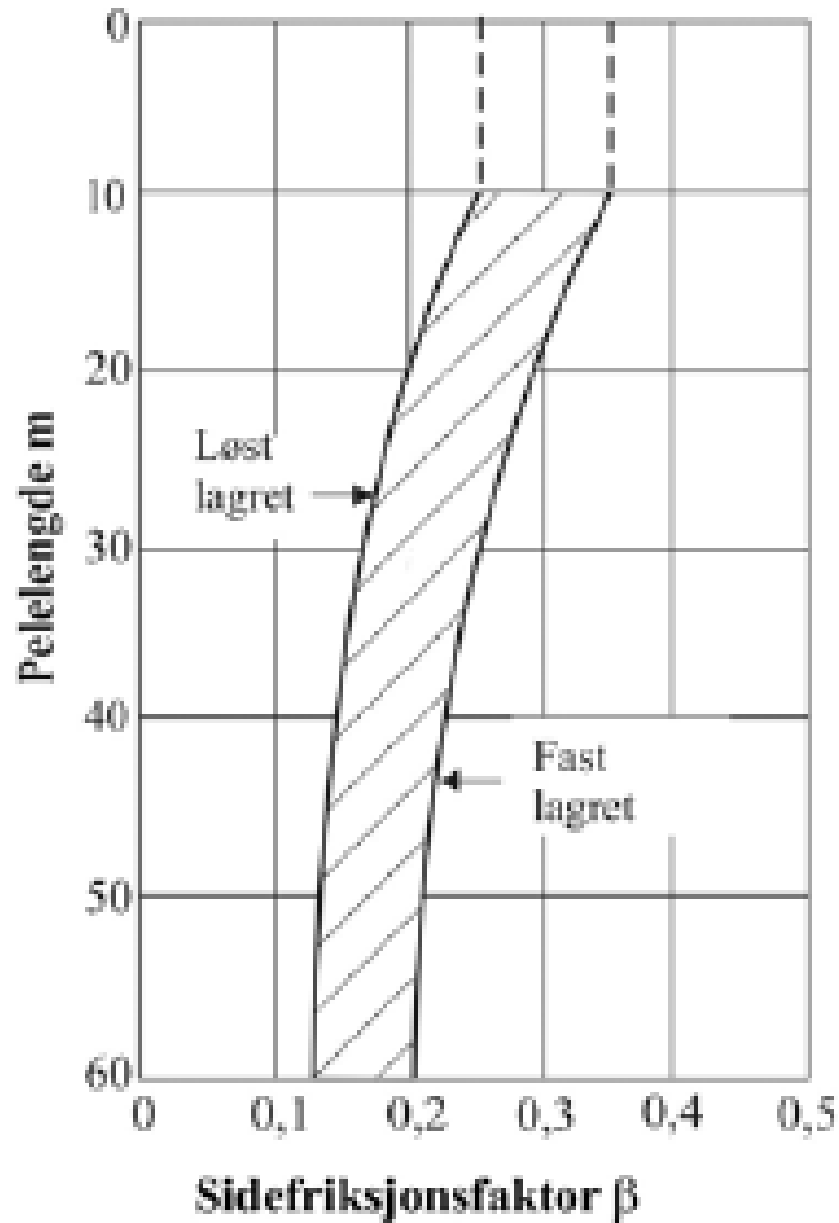
A_s = pelens overflateareal

$\tau_{s;k} = \beta \cdot \sigma'_{v0}$ = karakteristisk sidefriksjon

β = sidefriksjonsfaktor

σ'_{v0} = midlere vertikal effektivspenning langs pelen

Sidefriksjon Peleveil. 1991



Spissmotstand sand- Peleveil. 1991

$$R_{b;k} = q_{b;k} \cdot A_b$$

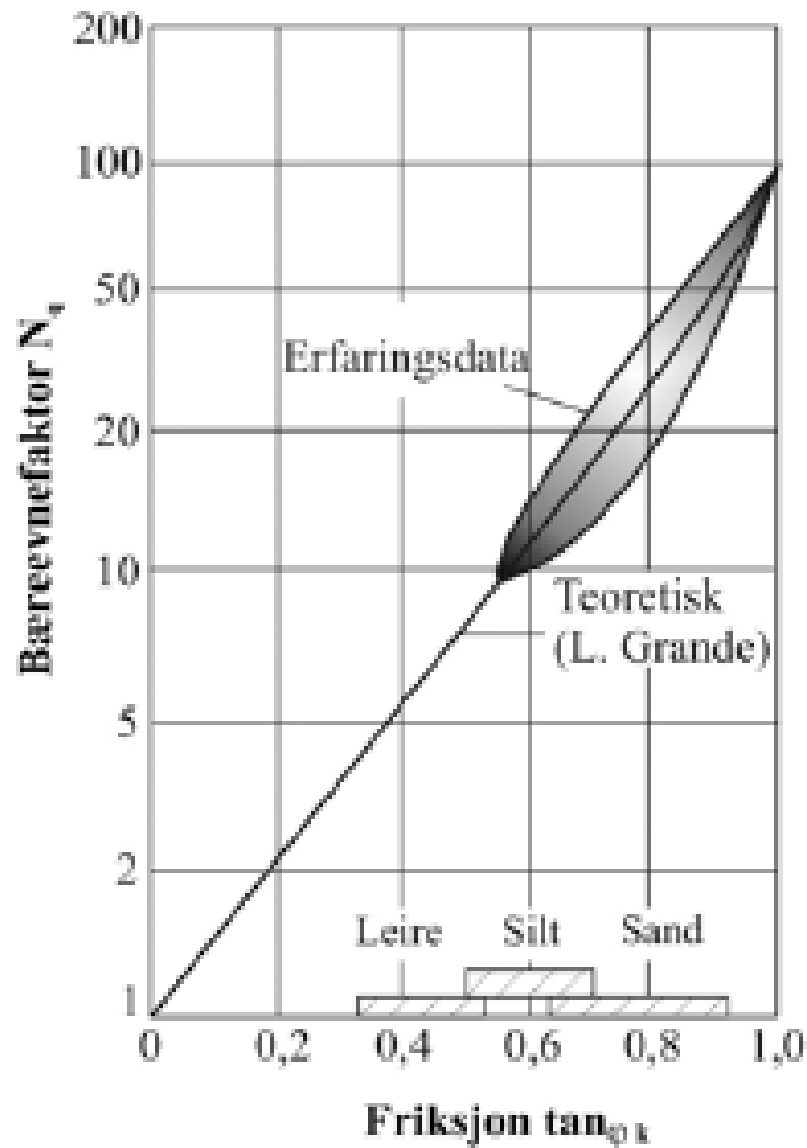
A_b = spissareal

$q_{b;k} = N_q \cdot \sigma'_{v0b}$ = karakteristisk bæreevne ved spiss

N_q = bæreevnefaktor

σ'_{v0b} = vertikal effektivspenning ved pelespiss

Spissmotstand Peleveil. 1991

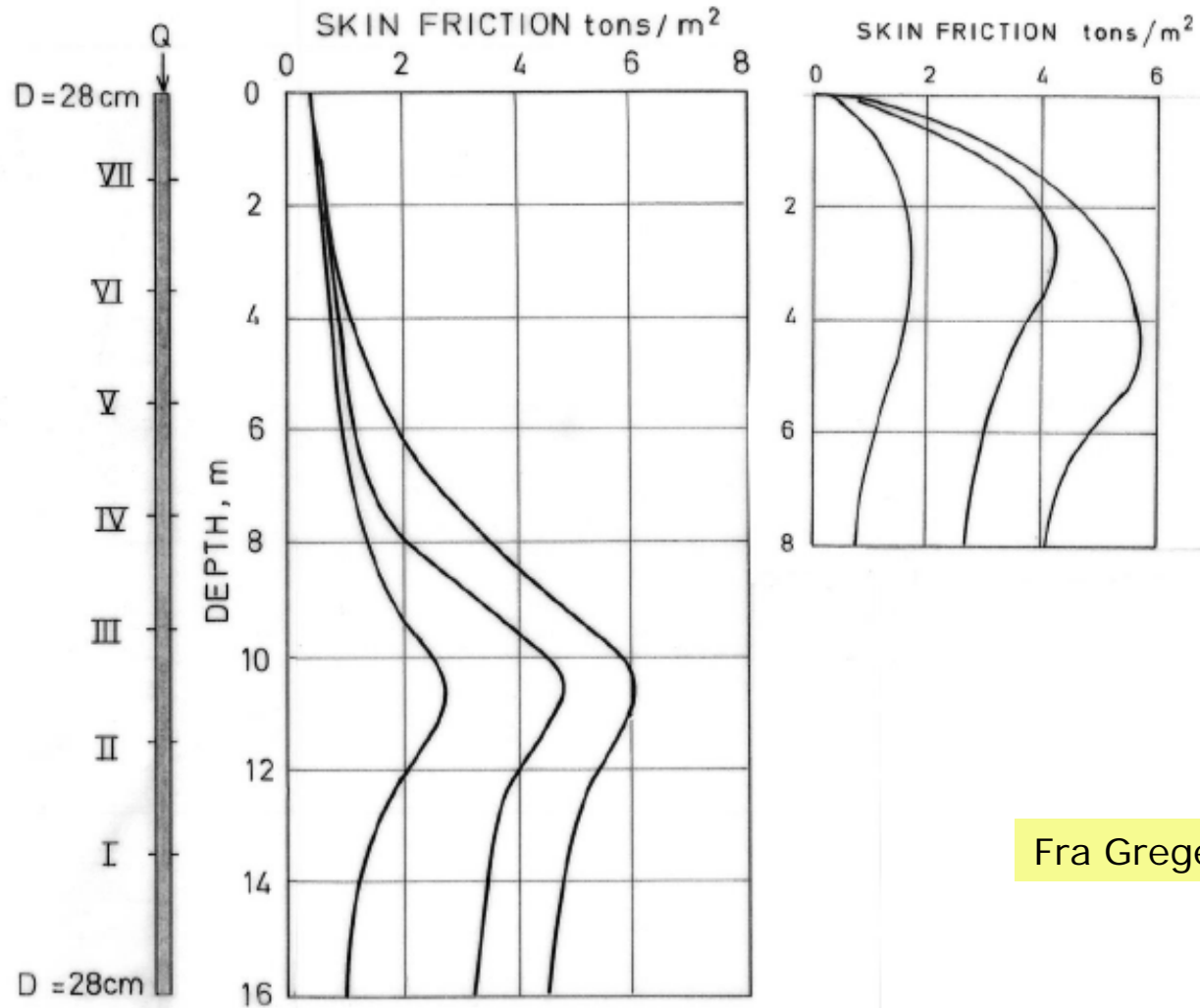


Faktorer som påvirker bæreevne i sand

- In-situ vertikal effektivspenning, σ'_{v0}
- Relativ lagringstetthet, D_r og OCR
- Type sand (veiledningen forutsetter kvartssand)
- Lengden av pel som er rammet
- Type installasjon (ramming, pressing, vibrering..)
- Åpen eller lukket ende under ramming
- Type pelemateriale
- Tid fra installasjon til belastningsforsøk
- Type belastning (trykk/strekk, hastighet/tid)



Peleforsøk Holmen, Drammen (1969)



Fra Gregersen et al, 1973)

Ny metode i Peleveiledningen er basert innsamling og bearbeiding av stort antall peleforsøk som er publisert i Norge og utlandet

C.J.Frimann Clausen har stått for dette i samarbeide med NGI (Clausen et al, 2005)

Ny metode er basert på bestemmelse av sandens egenskaper ut fra CPT

Relativ lagringsfasthet **skal** bestemmes ved uttrykket

$$D_r = 0,4 \cdot \ln[q_c / (22 \cdot (\sigma'_{v0} \cdot \sigma_a)^{0.5})]$$

q_c = målt spissmotstand ved trykksondering

σ'_{v0} = in-situ effektiv vertikal effektivspenning

σ_a = atmosfærisk ref. trykk (= 100 kPa)

Sidefriksjon i sand- Peleveil. 2005

$$\tau_{s;k} = z/z_t \cdot F_\sigma \cdot \sigma_a \cdot F_{Dr} \cdot F_{last} \cdot F_{spiss} \cdot F_{mat}$$

z = Dybde under terreng

z_t = Pelespissens dybde under terreng etter ferdig ramming

$$F_{\sigma} = (\sigma'_{vo} / \sigma_a)^{0,25}$$

$$F_{Dr} = 2,1 \cdot (D_r - 0.1)^{1,7}$$

$$F_{last} = 1,0 \text{ for strekk og } 1,3 \text{ for trykk}$$

$$F_{spiss} = 1,0 \text{ for pel rammet åpen og ikke har} \\ \text{plugget under ramming;}$$

$$F_{spiss} = 1,6 \text{ for lukket pel eller fra det nivå} \\ \text{pelen har plugget under ramming}$$

$$F_{mat} = 1,0 \text{ for stål og tre og } 1,2 \text{ for betong}$$

Karakteristisk sidefriksjonen skal være begrenset nedad til en verdi tilsvarende:

$$\tau_{s;k} = 0,1 \cdot \sigma'_{vo}$$

Spissmotstand

For pel som er rammet lukket:

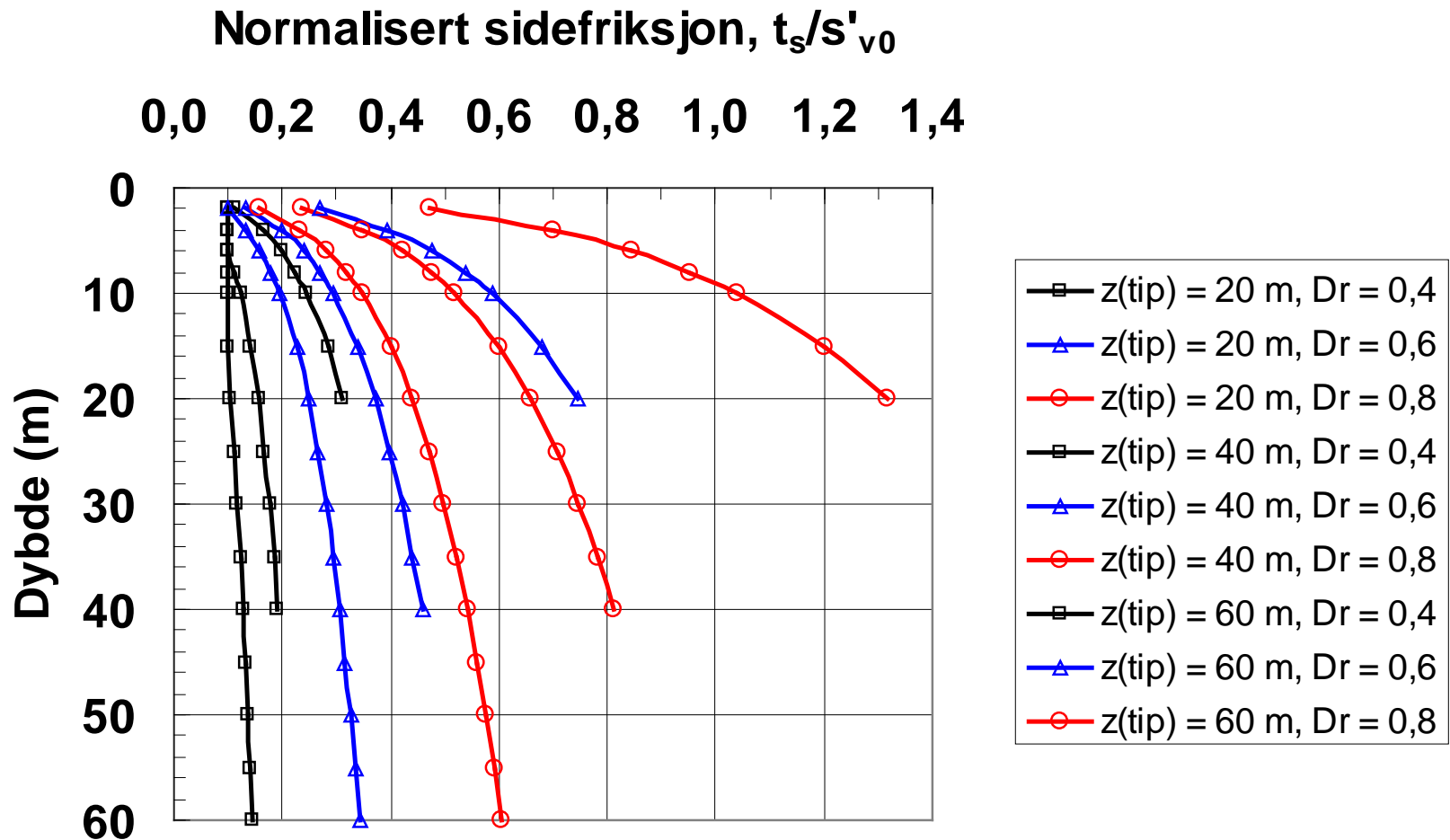
$$q_{b;k} = 0,8 \cdot q_{CPT} / (1 + D_r^2)$$

For pel som rammes åpen brukes det minste av følgende:

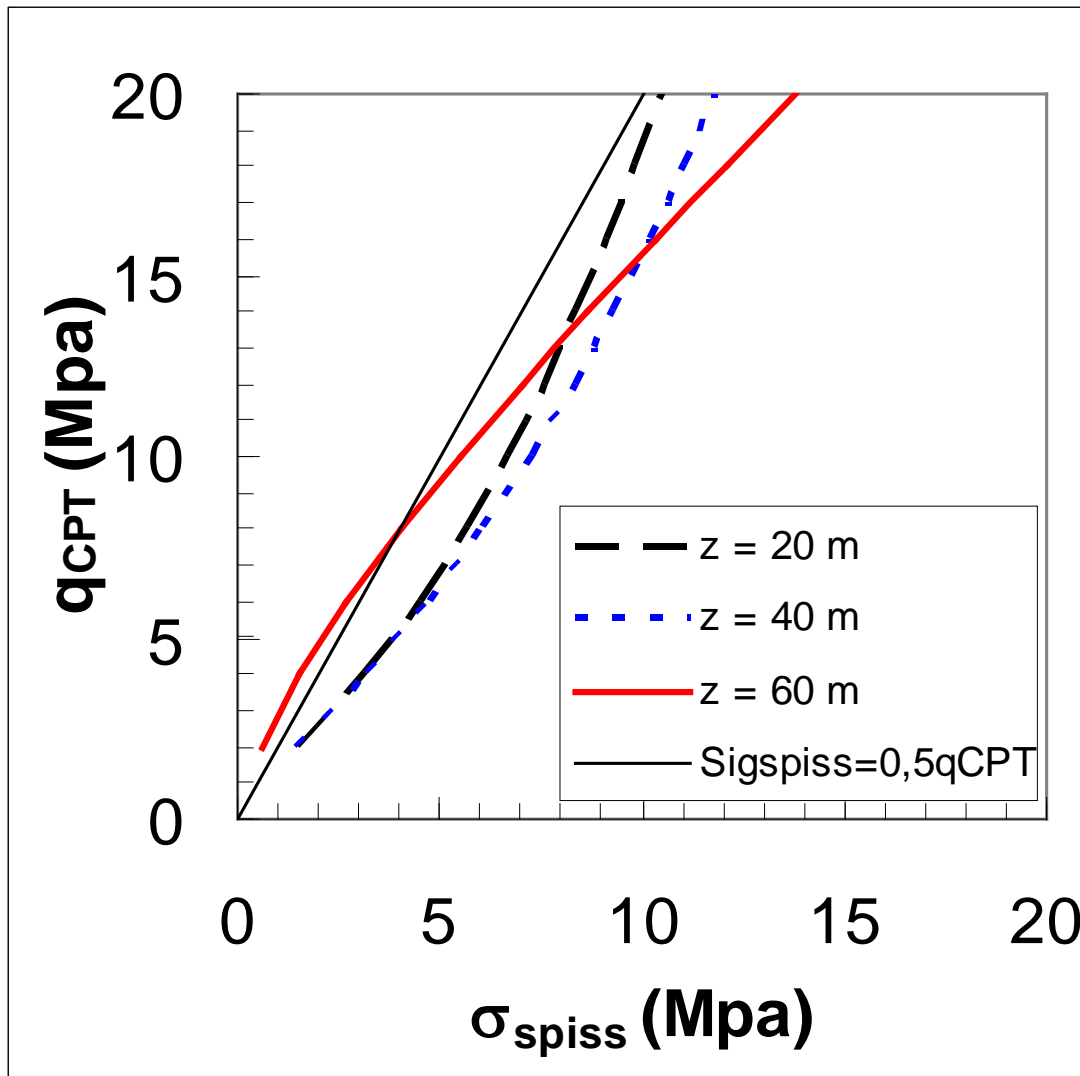
$$q_{b;k} = 0,7 \cdot q_{CPT} / (1 + 3D_r^2) \text{ regnet over hele pelens tverrsnitt}$$

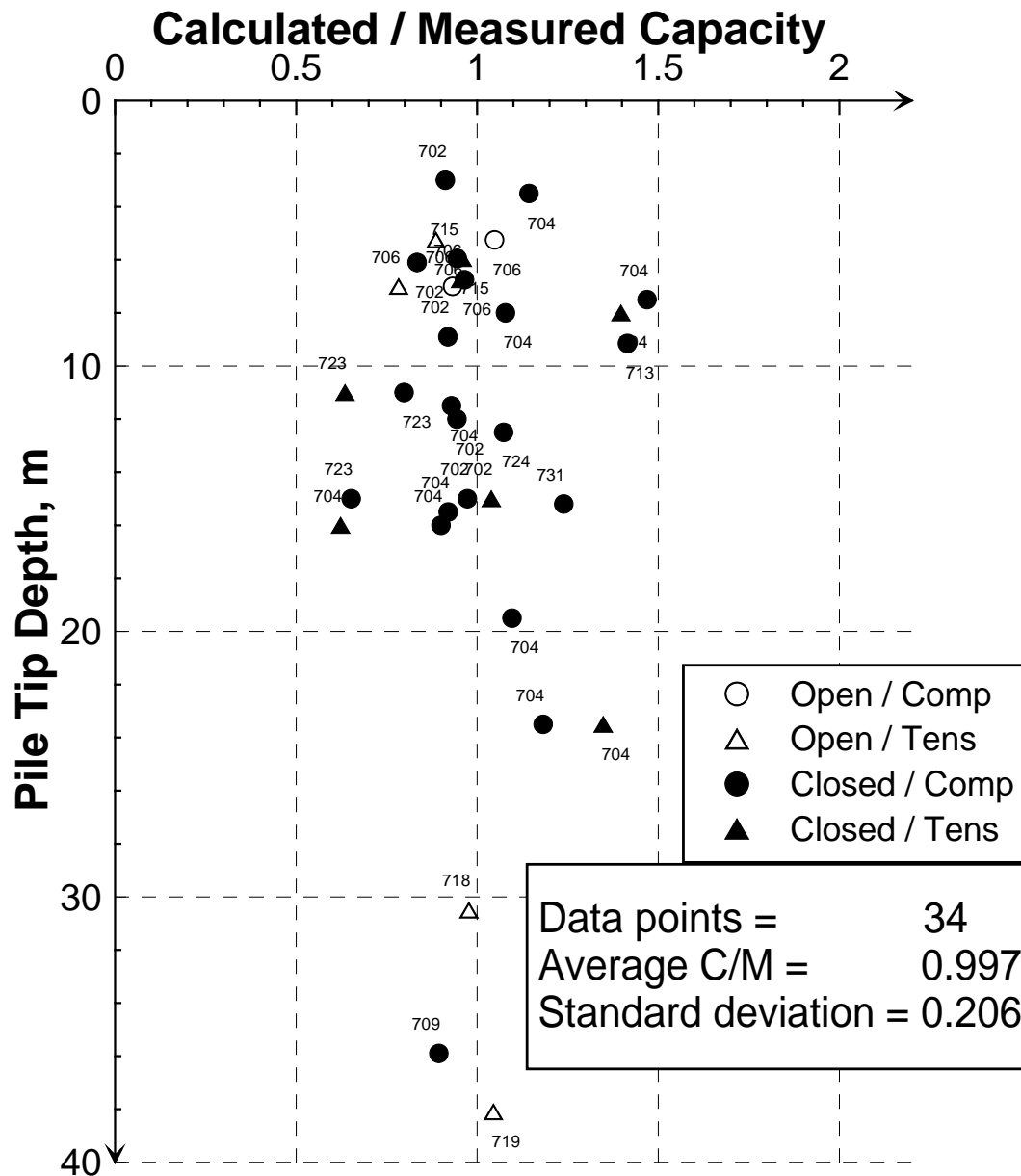
eller summen av lokal spissmotstand mot pelens vegg og innvendig friksjon

Effekt av pelelengde og Dr på sidefriksjon



Bæreevne av spiss i relasjon CPT



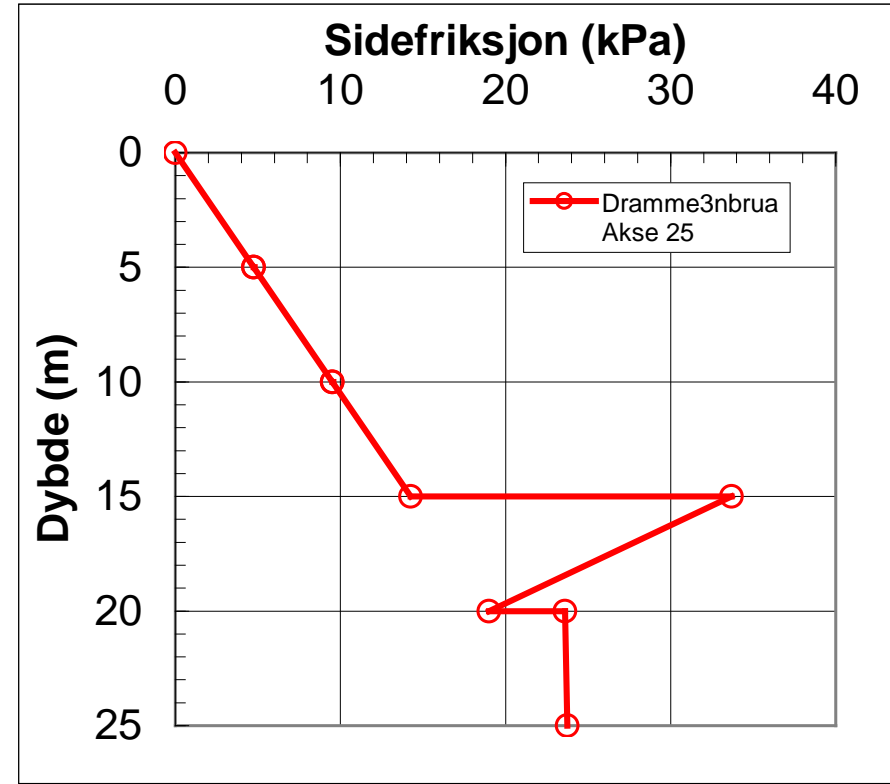
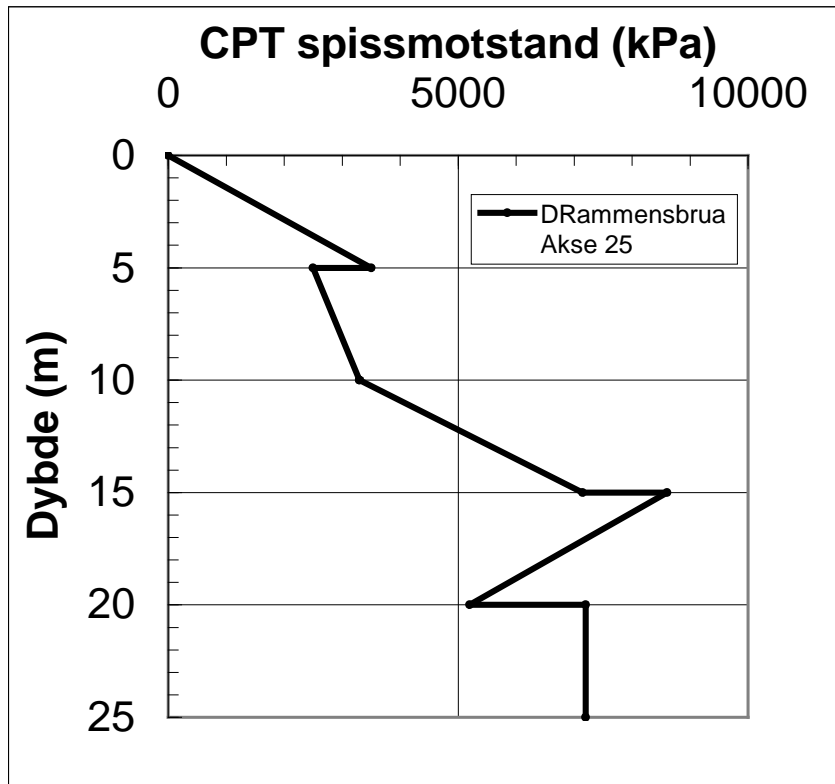


Beregnet/
 målt
 kapasitet mot
 peledybde



Eksempel 1- Prøvepel Drammensbrua

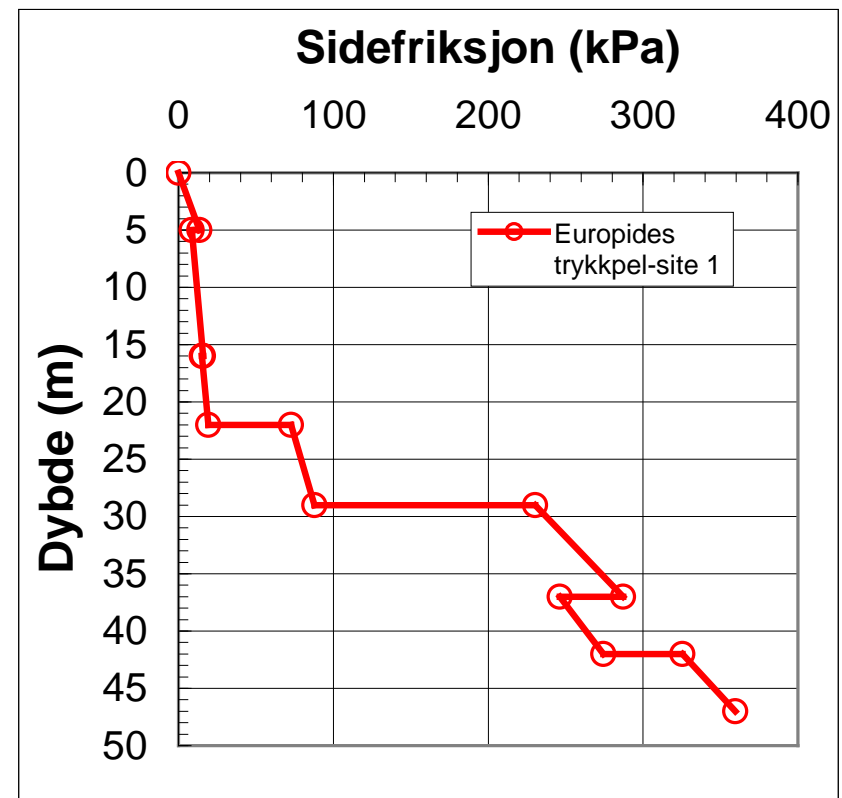
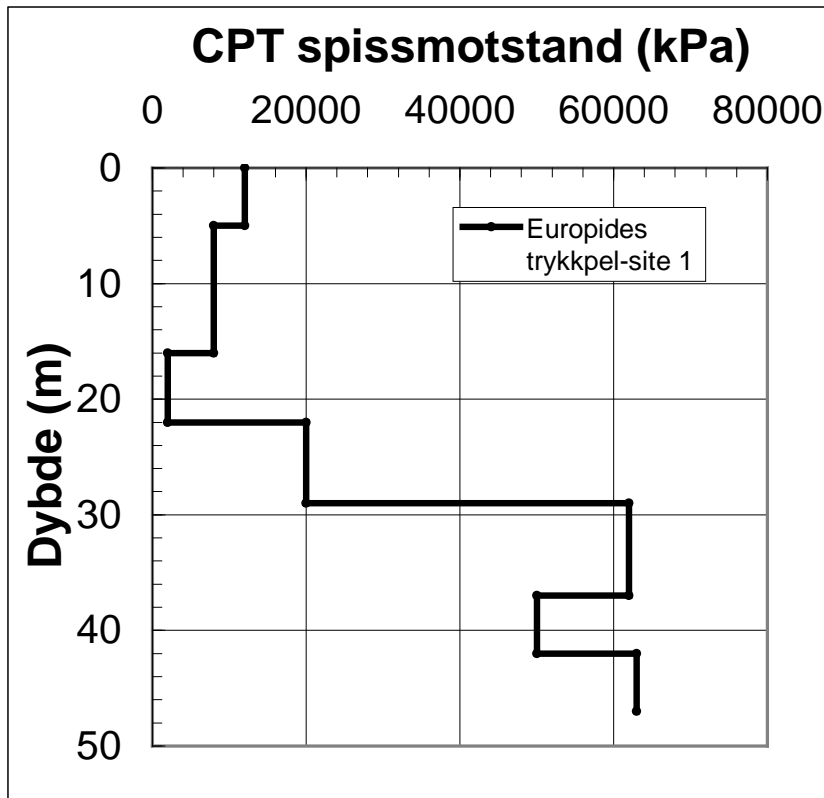
(basert Tvedt og Fredriksen, 2003)



Total bæreevne-prøvepel Drammen

	Peleveil. 2005	Peleveil. 1991	Merknad vedrørende 1991 metode
Sidefriksjon (kN)	790	1360-1660	$\beta = 0,18-0,22$
Spissmotstand (kN)	2390	1600-3200	$N_q = 13-26$
Vekt pel (kN)	60	60	
Total bæreevne (kN)	3120	2900-4800	
Målt bruddlast	3450	3450	90 % regelen

Eksempel 2- Prøvepel Europides prosj. D = 406 mm, t= 33 mm, L= 47 m



Total bæreevne-prøvepel Europides

	Peleveil. 2005	Peleveil. 1991	Merknad vedrørende 1991metode
Sidefriksjon (kN)	13010	3910-4780	$\beta = 0,18-0,22$
Spissmotstand (kN)	4530	3390-6780	$Nq=20-40$
Vekt pel (kN)	100	100	
Total bæreevne (kN)	17440	7800-11460	
Målt bruddlast	19000	19000	

Bæreevne i leire- bakgrunn ny metode

(basert Karlsrud et al, 2005)

- Mange godt instrumenterte peleforsøk 1980-1990 i regi NGI
- Avdekket stor betydning Ip
- Database fra forsøk hele verden etablert
- Nye peleforsøk OPS E39 og Drammensbrua

Bæreevne i leire- Peleveil. 2005

$$Q_k = A_f \cdot \int \tau_{su;k} \cdot dz + 9 \cdot A_b \cdot c_{ub;k}$$

A_f = pelens sideflateareal i jord

$T_{su;k} = \alpha \cdot c_{u;k}$ = karakteristisk udrenert sidefriksjon i en gitt dybde

Udrenert styrke som skal legges til grunn – Peleveil. 2005

$$c_{u;k} = 1/2(c_{ua} + c_{up}) \quad \text{hvor}$$

c_{ua} = Udrenert styrke fra aktive treaksforsøk

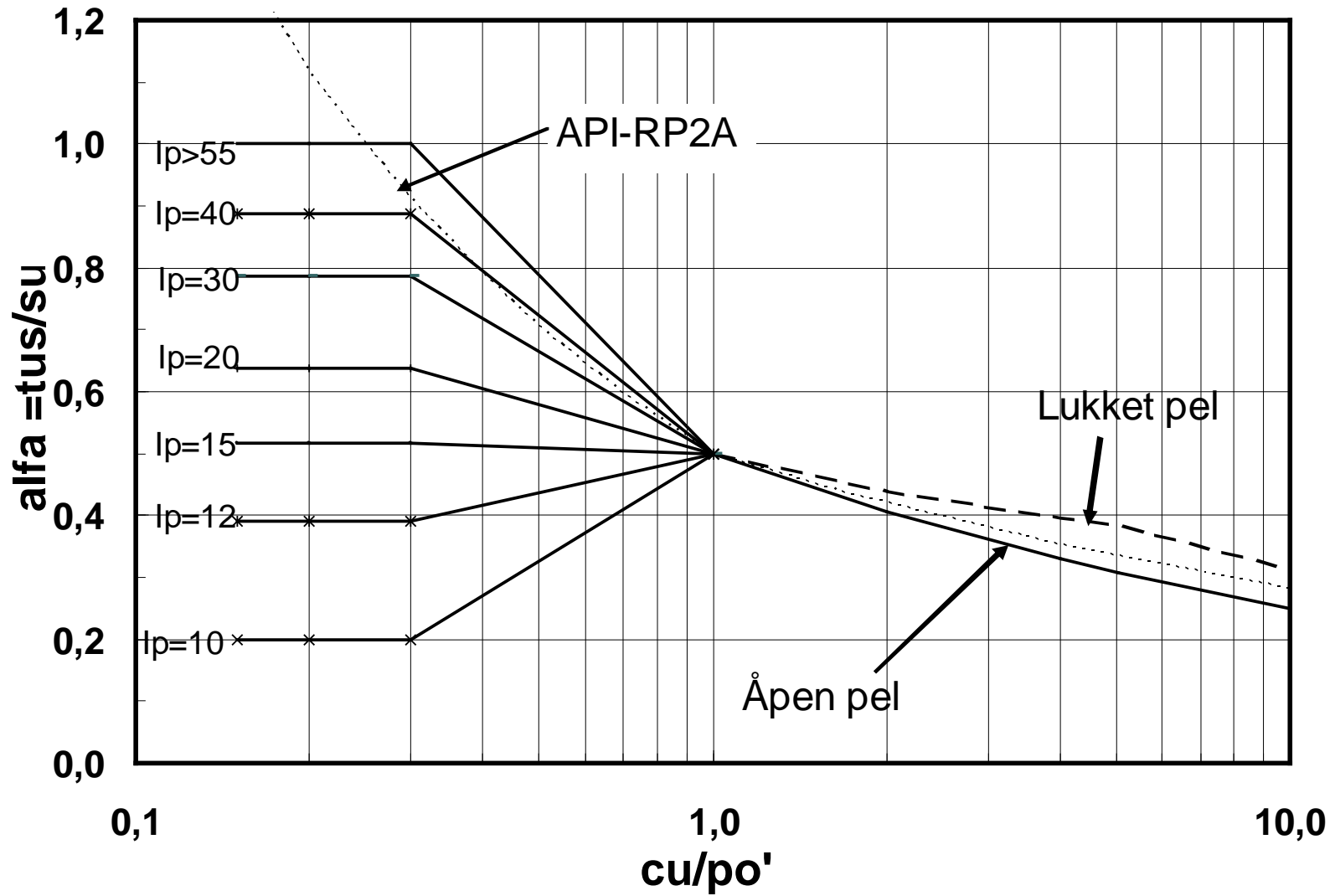
c_{up} = Udrenert styrke fra passive treaksforsøk
eller

$c_{u;k} = c_{ud}$ = Udrenert styrke fra DSS forsøk
eller

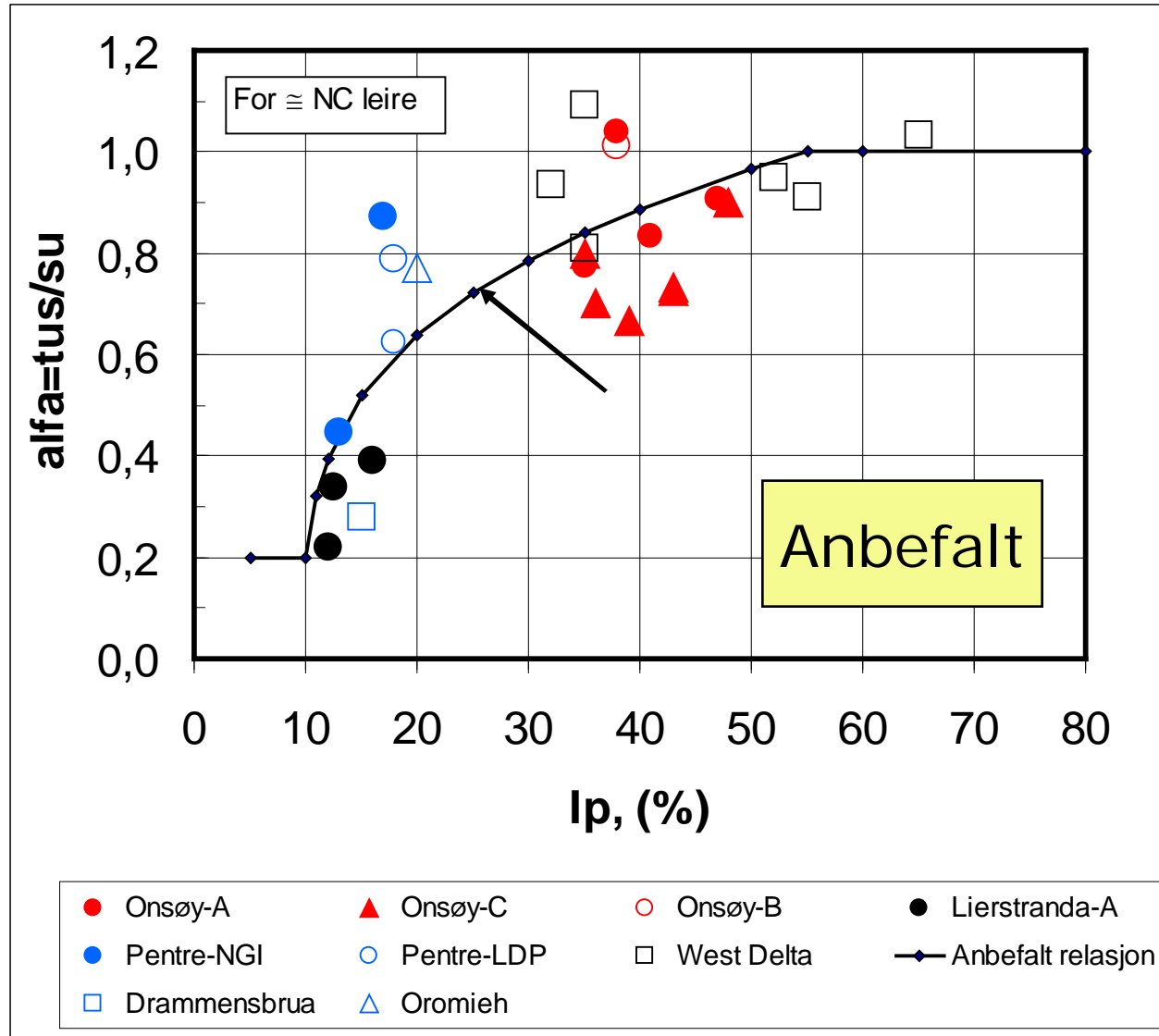
$$c_{u;k} = 1/3(c_{ua} + c_{up} + c_{ud})$$

CPTU korrelasjoner (Karlsrud et al, 2005),
kan anvendes for å bestemme styrkene

Bestemmelse av α - verdi

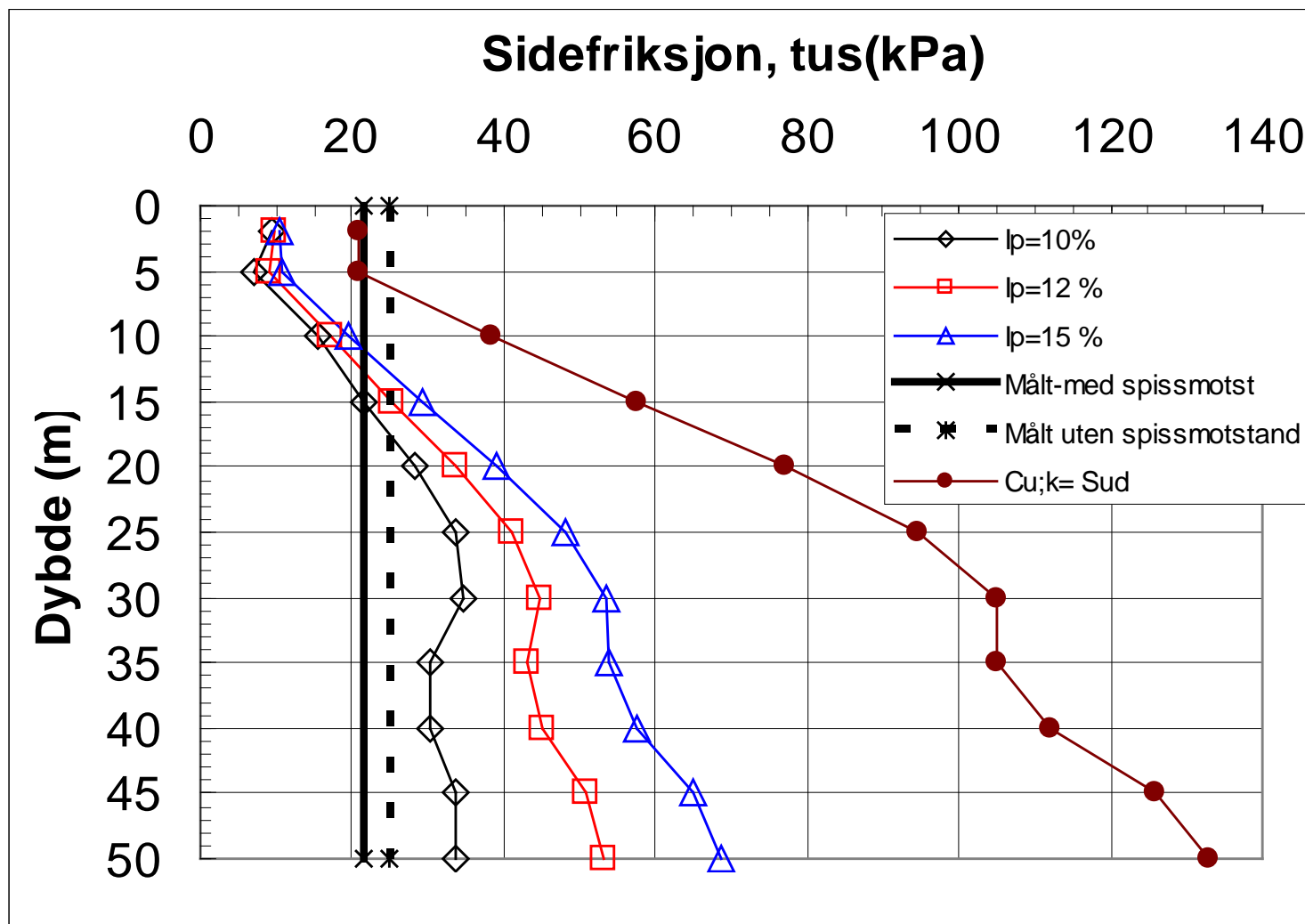


Effekt av I_p for tilnærmet NC leire



Eksempel 3- Prøvepel i leire, Børsea

D = 406 mm, t = 12,5 mm, L = 50 m, Siltig leire $\omega \approx 30\%$



Eksempel 3- Prøvepel i leire, Børsa

	Peleveil 2005, $I_p=10$	Peleveil 1991
Friksjon (kN)	1720	4200
Spiss (kN)	221	221
Vekt pel (kN)	185	185
Totalt	2126	4606
Målt	1770	1770

Lang-tids økning av bæreevne

$$R_k(t) = R_k(100) \{ 1 + \Delta 10 \log_{10}(t/t_{100}) \}$$

$R_k(100)$ er karakteristisk kapasitet ved $U = 95\%$
eller minimum 100 dager

$$\Delta 10 = 0.1 + 0.4 \left(1 - I_p / 50 \right) \text{OCR}^{-0.8}$$

$\text{OCR} = \sigma'_c / \sigma'_{v0} = \text{Overkonsolideringsgrad}$

$\sigma'_c = \text{Leiras forkonsolideringstrykk}$

Et omfattende forsøksprogram initiert av NGI er under utførelse for å bestemme effekt av "ageing" på bæreevne av peler i både sand og leire



En ny revisjon av Peleveiledningen er under arbeide, vil være klar i November 2011

Nye elementer det arbeides spesielt med:

- Knekning av peler
- Bæreevne av spissbærende peler til fjell
- Noe revisjon av bæreevne i leire