

**NGF-seminar Rica Hell Stjørdal  
24. og 25. august 2010**

**Tolkning av måleverdier fra CPTU  
Metoder, muligheter og begrensninger**

**Dr. ing. Arne Åsmund Skotheim  
Seniorrådgiver Geovest-Haugland AS**

# Tolkningsmetoder

- Egenutviklede regneark/programmer eller innkjøpt programvare som CPT-pro eller CONRAD (SGI).
- De fleste aktører bruker egenutviklede løsninger. "Vet hva man gjør".

# En tolkning må sees i sammenheng med utførelse og kvalitet

- Filter/metning
  - Kalibrering/slitasje
  - Plassering av sondering i forhold til allerede utførte boringer
  - "Forsøksbetinget" sug
  - Type utstyr/sonde
  - Vertikalitet
  - Temperaturutjevning/drift.
- Innledningsvis er det derfor hensiktsmessig å se på noen av disse faktorene, og jeg velger da å ta utgangspunkt i utstyr og prosedyrer som vi benytter i Geovest-Haugland.

# Utstyr

- Geovest-Haugland anskaffet trykksonderingsutstyr i 1994 (Geotech)
- Kun akustisk logging de første årene - Tidvis problem med datatap → Forbedret
- Nå: 2 operative Geotech-rigger med Geotech CPTU-sonder med dobbelt sett logging på begge
- Akustisk logging + Memo-cone → Tap av data ikke forekommet → Sikre kvaliteten
- PC/Geologger → borerne oppdager umiddelbare problemer under CPTU-sonderingene
- Elektronisk oversendelse av CPTU-rådata fra borelaget umiddelbart etter kjørt forsøk medfører at saksbehandleren kan vurdere forsøket mens boreenheten er på stedet, og eventuelt beordre supplerende forsøk i en posisjon.

# Forsøksutførelse

- Håndbok 015 fra Statens vegvesen (Feltundersøkelser)
- Melding nr 5 fra Norsk Geoteknisk Forening (Veiledning for utførelse av trykksondering)
- Eventuelle vesentlige avvik fra prosedyrene skal anmerkes av boremannskapet under oppdraget.

# Forsøksutførelse

- En sondering må ikke utføres for nærme allerede utført(e) boring(er) ved posisjonen. Minsteavstand 2 m eller 20 ganger borhulldiameteren i nabohull.
- Viss minimumsavstand ikke bare nødvendig i ved terreng/sjøbunn. Hvis sonderingen går skjevt, kan en likevel komme for nærme tidligere hull (land / sjø).
- Eksempel på dette finnes.

# Metning

- Vi benytter normalt sonder med spaltefilter, plassert bak selve konen (u2)
- Metning: Normalt frostvæske for trykk-kammeret og syrefritt silikonfett for kanalene
- Rare poretrykksdata → Supplerende CPTU heller enn andre metningsmedium som f. eks. gelatin
- Metningsproblem: Ved fast topplag over mye bløtere/løse lag
  - Supplerende CPTU-sondering ved samme posisjon, gjerne ved å øke forboringsdybden slik at sonderingen starter opp i det løse/bløtere laget.
  - Eller vente "noen" minutter etter at fastlaget er passert før en penetrerer videre ned.

# Sonderingskvalitet

- Kvalitetsoppfølging varierer nok en god del mellom aktørene:
  - Opplegg og utførelse av kvalitetskontrollen
  - Graden av dokumentasjon av denne.
- Per i dag ikke automatisert kontroll av kvaliteten i programmer eller tolkningsregneark (Geovest-Haugland)
- Manuell/visuell kvalitetskontrollen via tolkningsregneark
  - Umiddelbart elektronisk oversendelse til saksbehandler → Viktig ledd i kvalitetssikringen
- Behov for å strømlinjeforme dokumentert kvalitetskontroll på en bedre måte; her har vi sett flere ulike varianter fra de ulike aktører.
  - Revidert NGF-melding nr 5 har klare anvisninger



# Tolkning – regneark og program

- Egenutviklet regnearkverktøy (excel) primært
  - Aktørene benytter i betydelig grad samme tolkningformler ("state-of-the-art")
  - I det etterfølgende velger jeg for enkelthets skyld å ta utgangspunkt i "våre" regneark.
- I Geovest-Haugland: Første versjon laget i 1996-1997, og siden er de utviklet "dynamisk" og stegvis over tid
- Vi har brukt dem på en lang rekke prosjekter  
→ Vi "vet" hva vi gjør
- CONRAD → Vurdert men ikke anskaffet
- CPT-pro (fra GeoSoft) siden 2008  
→ Brukt noe, men ikke som primærtolkningsverktøy

# Våre generelle regnearkløsninger

- CPT 2010 (Regneark 1)
- CPT Var 2010 (Regneark 2)
- Dissipasjon 1999 (Regneark 3)

# Regneark 1 - CPT 2010

- Primært utviklet og vedlikeholdt av vår seniorrådgiver dr. ing. Torgeir Døssland
- Deler sonderingsdybden inn i 10 lag eller intervall primært ut fra qt-variasjonen med dybden
- Jordartstype og jordparametre bestemmes for hvert enkelt lag/intervall
- Inkluderer flere makroer som "styrer" tolkningen.

# Jordartsklassifisering - CPT 2010

- Ifølge  $q_t$ - $B_q$  metode etter Robertson et al (1990)
- Ifølge  $q_t$ - $F_r$  metode etter Robertson et al (1990)
- Ifølge  $q_t$ - $B_q$  metode etter Senneset et al (1989); kalt NTH-metoden. Dette er en videreutvikling av  $N_m$ - $B_q$  metoden etter Senneset et al (1982).
- Det fins mange andre klassifiseringsmetoder omtalt i internasjonal faglitteratur, og noen av disse har vært prøvd i enkelte prosjekter. Men per i dag er ingen av disse innbakt i regnearket.

# Eff.spenn.baserte styrkeparametre a og $\varphi$ - CPT 2010

- Den såkalte NTH-metoden etter Senneset et al (1982, 1985, 1989) og Sandven (1990)
- Plastifiseringsvinkelen ( $\beta$ ) må gis inn som input. Kan være vanskelig parameter å anslå. I en del tilfeller har vi vært nødt til å benytte (betydelig) lavere  $\beta$ -verdier enn anbefalt for å få rimelige friksjonsvinkler ( $\varphi$ ) for rimelige attraksjoner (a).

# Udrenert skjærstyrke ( $s_u^c$ ) – CPT 2010

- $N_{kt}$ ,  $N_{ke}$  og  $N_{\Delta u}$  etableres som funksjon av  $B_q$  iht til Lunne et al(1997)
- Per i dag ligger en lineær funksjon av typen  $N_{ij}=a+b*B_q$  inne.
- $b=0 \rightarrow$  Konstante  $N_{ij}$  verdier uavhengig av  $B_q$ .
- $a \neq 0$  og  $b \neq 0 \rightarrow B_q$ -avhengig  $N_{ij}$

Nå: Følgende funksjoner inne som beste estimat (andre kan velges):

$$\begin{aligned} N_{kt} &= 19-12.5*B_q \\ N_{ke} &= 16-14.5*B_q \\ N_{\Delta u} &= 1+9*B_q \end{aligned}$$

# Udrenert skjærstyrke ( $s_u^C$ ) – CPT 2010

- Aktiv udrenert skjærstyrke ( $s_u^C$ ) tolkes deretter ut på vanlig måte; dvs. som

$$\begin{aligned} s_u^C &= (q_t - \sigma_{v0}) / N_{kt} \\ s_u^C &= (q_t - u) / N_{ke} \\ s_u^C &= \Delta u / N_{\Delta u} \end{aligned}$$

- Profil for direkte ( $s_u^{DSS}$ ) og passiv udrenert skjærstyrke ( $s_u^E$ ) blir deretter vanligvis etablert som henholdsvis 2/3 (eventuelt 0,7) og 1/3 (eventuelt 0,4) av tolket  $s_u^C$ , hvis da ikke relevante skjærforsøk som viser andre verdier blir utført i det aktuelle prosjektet.

## Setningsparametre (M, m) – CPT 2010

- Modul (M) og modultall (m) tolkes primært etter metoder av Lunne et al (1997) og Sandven (1990)
- De tolkede verdier blir kritisk vurdert med hensyn til forventede verdier ut fra erfaring, og ofte gir dette rimelig størrelsesorden på disse parametrene.



# Presentasjon – CPT 2010

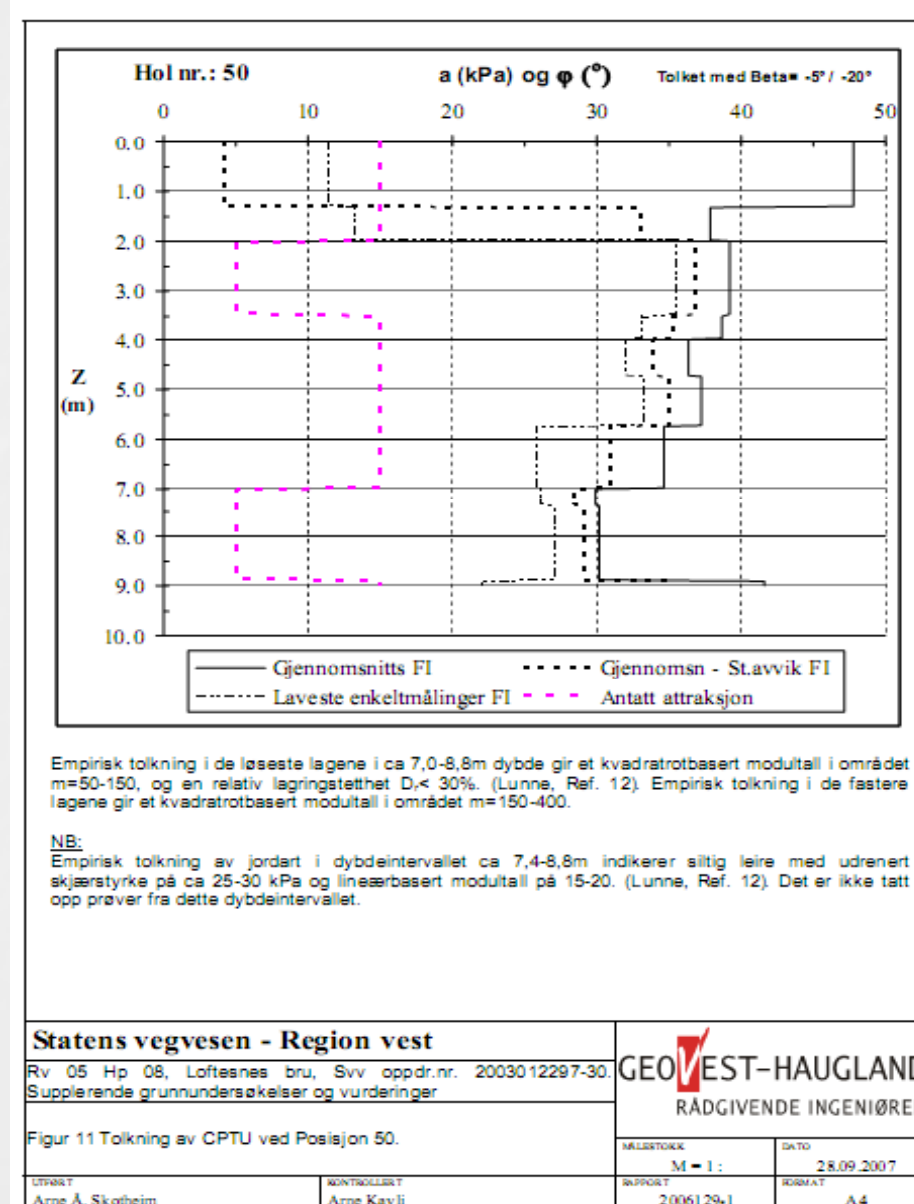
- En rekke kurver mot dybde inne som standard.

Normalt nøyer en seg med å presentere profil for  $s_u^C$  og/eller  $a\&\phi$  mot dybde, samt et sammendragsark med nøkkelresultater.

- Profilene for  $s_u^C$  og/eller  $a\&\phi$  kan inneholde både en beste gjennomsnittskurve, en middelkurve minus  $k^*$  standardavvik og en laveste tolket kurve.

Men ofte presenteres kun middelkurven, og eventuelt en karakteristisk kurve ("forsiktig anslått middelvei").

# Loftesnes bru – Tolkning med Regneark CPT 2010



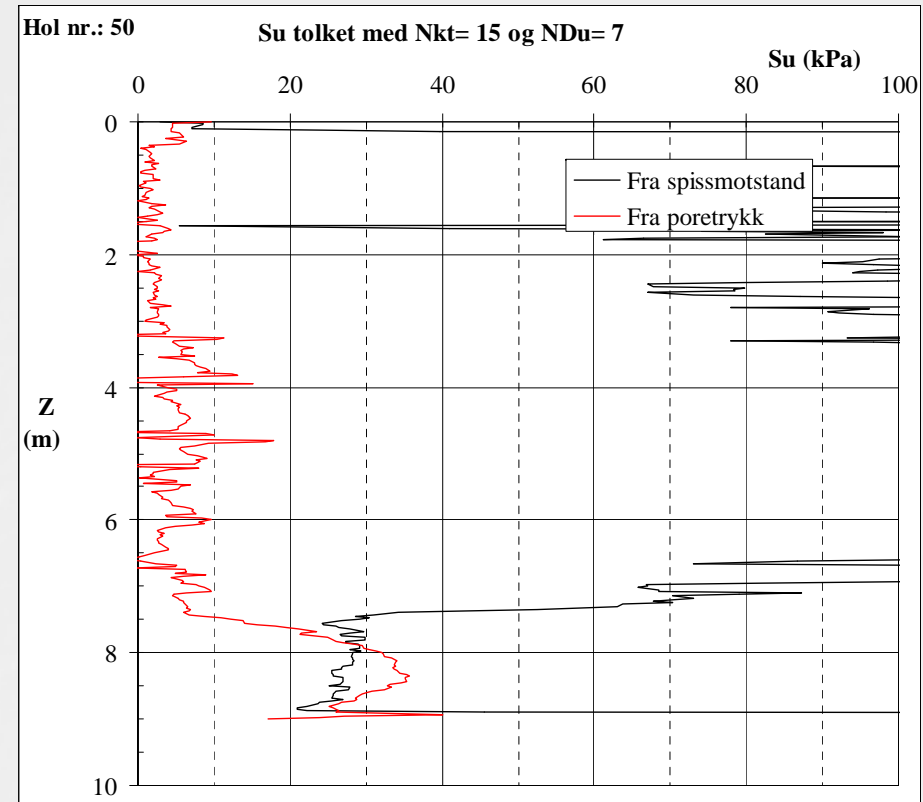
# Loftesnes bru – Tolkning med Regneark CPT 2010

## Resultatsammendrag fra trykksondering

Prosjekt: Loftesnes bru

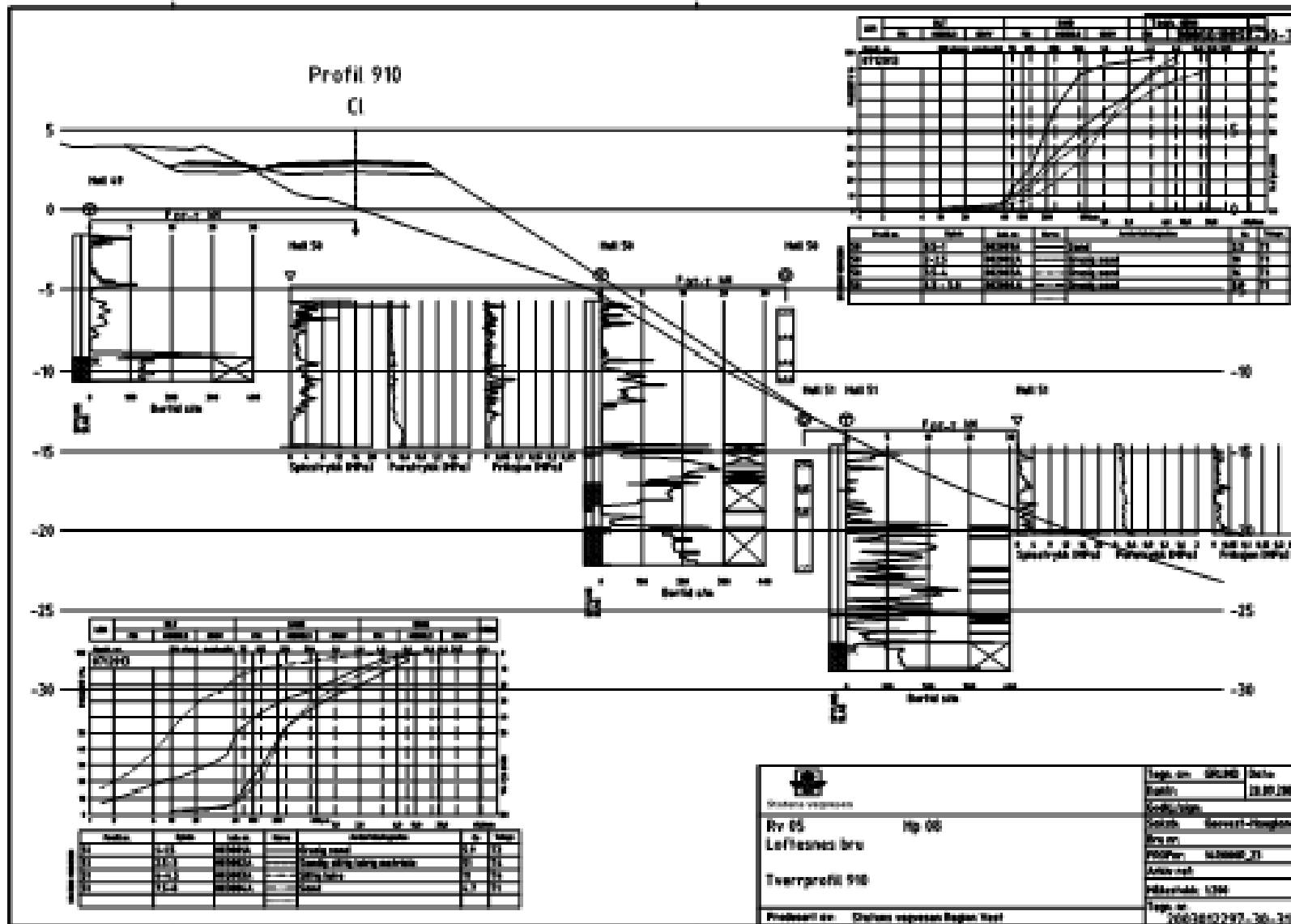
Hull nr. 50

GV-nivå -4.7 (Positiv verdi for GV under terreng, negativ lik vanddyb for sjøboring)



Lag nr.	Dybde		Jordart			S <sub>u mid</sub>	a <sub>antatt</sub>	□ <sub>antatt</sub>	□ <sub>mid</sub>
	topp	bunn	(Etter NTNU)	(Etter T. Lunne)	Qt vs Bq	(kPa)	(kPa)	(°)	(°)
					Qt vs Fr	N <sub>kt=15</sub>			
1	0.000	1.325	Ukjent jordart	Ukjent jordart	Ukjent jordart	176	15	-20	48
2	1.325	2.000	Sand, sandig grus	Grusig sand/sand	Grusig sand/sand	104	15	-20	38
3	2.000	3.500	Sand, sandig grus	Sand/siltig sand	Sand/siltig sand	96	5	-5	39
4	3.500	4.000	Sand, sandig grus	Sand/siltig sand	Sand/siltig sand	212	15	-20	39
5	4.000	4.750	Sand, sandig grus	Sand/siltig sand	Sand/siltig sand	177	15	-20	36
6	4.750	5.750	Sand, sandig grus	Sand/siltig sand	Sand/siltig sand	239	15	-20	37
7	5.750	7.000	Sand, sandig grus	Sand/siltig sand	Sand/siltig sand	173	15	-20	35
8	7.000	7.400	Silt/finsand	Sand/siltig sand	Siltig sand/sandig silt	62	5	-5	30
9	7.400	8.900	Fast leire, siltig	Leire/siltig leire	Leire/siltig leire	26	5	-5	30
10	8.900	9.000	Sand, sandig grus	Sand/siltig sand	Sand/siltig sand	371	15	-20	42

# Loftesnes bru – Profil 910 fra rapport



# Regneark 2 – CPT Var 2010

- Primært utviklet og vedlikeholdt av vår seniorrådgiver dr. ing. Arne Åsmund Skotheim
- Tolkning for hvert dybdenivå med registrering; dvs. for hver 20 eller 25 mm i dybden.
- Det foretas ikke noen inndeling i lag/intervall før etter at tolkningen er ferdig utført.

# Jordartsklassifisering – CPT Var 2010

- Egen prosedyre for jordartsklassifisering ikke implementert per idag.
- Slik tolkning er planlagt å skulle introduseres ved neste revisjon – trolig senere i 2010 eller i 2011.
- Jordartstype og lagdeling bestemmes ut fra samlet vurdering av rådata og tolkede parametre sammen med prøvetaking og erfaring/skjønn.

# Eff.spenn.baserte styrkeparametre a og $\varphi$ – CPT Var 2010

- Den såkalte NTH-metoden etter Senneset et al (1982, 1985, 1989) og Sandven (1990) (dvs. samme direkte metode som i Regneark 1).

# Eff.spenn.baserte styrkeparametre a og $\phi$ – CPT Var 2010

Flere to-trinns-modeller for tolkning der en først tolker ut relativ lagringstetthet ( $D_r$ ), for deretter å tolke ut friksjonsvinkel ( $\phi$ ) via en  $\phi$ - $D_r$  korrelasjon.

Gjeldende versjon av Regneark 2 inkluderer følgende  $D_r$ -formler i Trinn 1:

- Ifølge Kulhawy & Mayne (1990)
- Ifølge Baldi et al (1986) for NC materiale
- Ifølge Baldi et al (1986) for OC materiale
- Ifølge Clausen et al (2005)
- Ifølge Jamiolkowski et al (1985)



# Eff.spenn.baserte styrkeparametre a og $\phi$ – CPT Var 2010

Gjeldende versjon av Regneark 2 inkluderer følgende  $\phi$ - $D_r$  formler i Trinn 2:

- Ifølge Schmertmann (1978), generalisert for effektiv middelspenning basert på diverse publikasjoner
- Ifølge Kleven et al (1986)

Andre  $\phi$ -tolkningsmetoder som f. eks. ifølge Robertson & Campanella (1983); er per i dag ikke innbakt i regnearket.

# Udrenert skjærstyrke ( $s_u^C$ ) – CPT Var 2010

- Samme formuleringer for  $N_{kt}$ ,  $N_{ke}$  og  $N_{\Delta u}$  som for Regneark 1, men med en reduksjonsfaktor på påfølgende tolket  $s_u^C$  for sprøbruddmaterialer som svært sensitive leirer og kvikkleirer.
- $N_{kt}$ ,  $N_{ke}$  og  $N_{\Delta u}$  iht. formler i Karlsrud et al (2005) basert på blokkprøver, med samme reduksjonsfaktor som ovenfor.
  - Alle 3 korrelasjonsvarianter er implementert i regnearket; dvs. OCR relatert til  $B_q$ , OCR relatert til  $\Delta u/\sigma_{v0}'$  og OCR relatert til  $Q_t$ .
  - Øvrige inngangsparametre: Sensitivitet ( $S_t$ ) og plastisitetsindeks ( $I_p$ )
- Profil for direkte ( $s_u^{DSS}$ ) og passiv udrenert skjærstyrke ( $s_u^E$ ) blir deretter etablert som beskrevet ovenfor for Regneark 1.

# Udrenert skjærstyrke ( $s_u^C$ ) – CPT Var 2010

Når det gjelder  $s_u^C$ -tolkning, fremholder Karlsrud et al (2005) at deres  $N_{\Delta U}$  formulering basert på OCR relatert til  $Q_t$  er beste og mest konsistente variant. 3 spørsmål til dette:

- Korrelasjonene i Karlsrud et al (2005) er hovedsakelig fra sonderinger med ENVI-sonder, ikke Geotech-sonder som vi benytter i Geovest-Haugland.

Vi har ikke kjennskap til studier som belyser om dette betyr noe overhode, eller eventuelt hvor mye.

- Korrelasjonene i Karlsrud et al (2005) er hovedsakelig etablert ut fra sonderinger i et visst antall marine norske leirer.

Gyldig for vesentlig avvikende typer leirer?

- Gyldigheten av tolket  $s_u^C$  basert på  $N_{\Delta U}$ -formuleringer i Karlsrud et al (2005) for fastere leirer med relativt høy OCR ( $OCR > 10$ ) der  $B_q$  samtidig er lav?

Slik vi oppfatter det, er grunnlagsdataene begrenset til leirer med  $OCR < 6-7$ .

# Udrenert skjærstyrke ( $s_u^c$ ) – CPT Var 2010

## Geovest-Haugland:

- I en del tilfeller gir tolkninger via  $N_{kt}$  og  $N_{\Delta u}$  relativt stort sprik.
- Hvis det er åpenbart at det er leire eller siltig leire som forefinnes, og spesielt hvis dette er dokumentert via representativ prøvetaking, stoler vi ofte mer på  $N_{kt}$  enn på  $N_{\Delta u}$  tolkningen.
- Spesielt gjelder dette hvis vi ut fra geologi, tidligere undersøkelser og/eller andre sonderinger føler oss rimelig sikker på at grunnen er betydelig overkonsolidert.

# Setningsparametre (M, m) – CPT Var 2010

- Som for Regneark 1, men med tolkning for hver måledybde.

# Andre parametre – CPT Var 2010

- Leire: OCR og  $p_c'$  inklusiv SHANSEP-tilpasninger

Sand : OCR og  $p_c'$  tolkning ikke innbakt i 2010-versjonen

→ Usikre/upålitelige (primær årsak)

- Leire:  $S_t$  ifølge Schmertmann (1978), Rad og Lunne (1986) og Robertson og Campanella (1988)

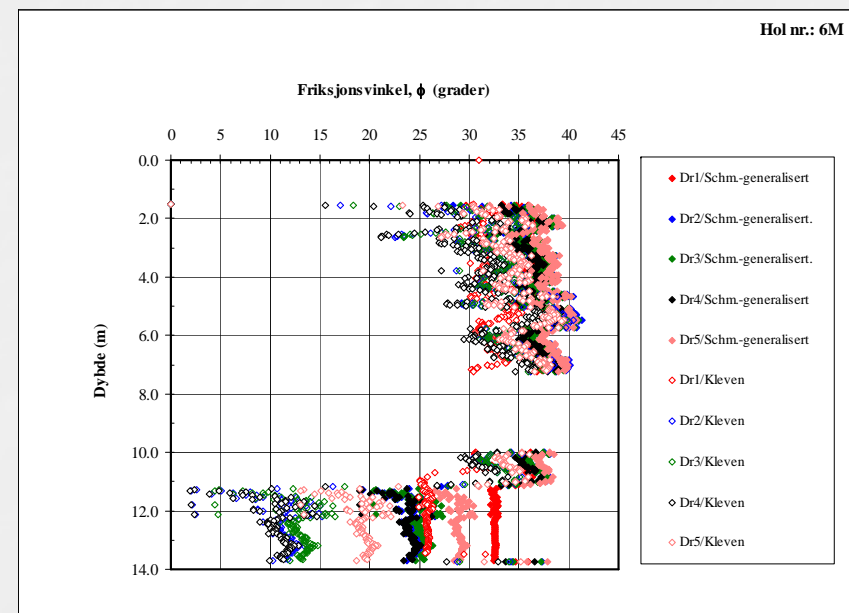
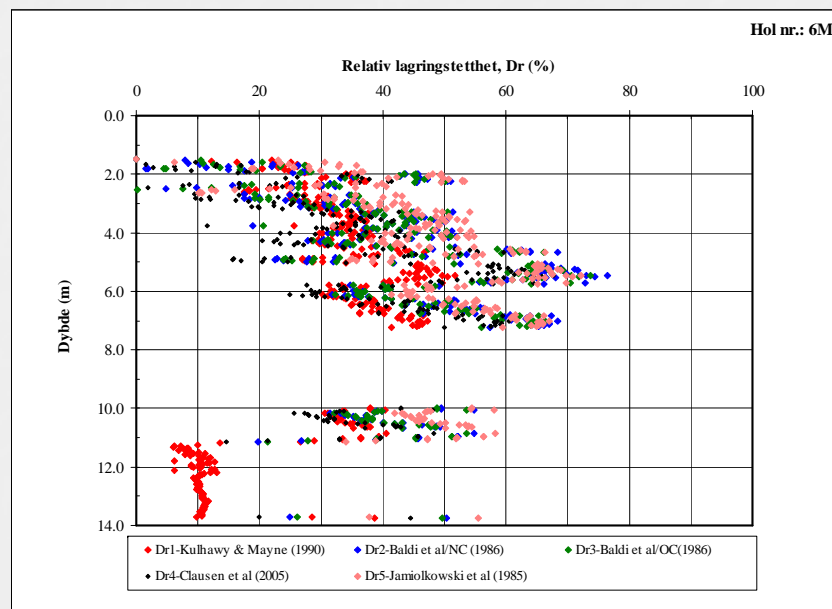
# Presentasjon – CPT Var 2010

- En rekke kurver mot dybde inne som standard
- Normalt nøyer en seg med å presentere profil for  $s_u^C$  og/eller  $a\&\varphi$  (NTH-metode) og/eller  $D_r\&\varphi$  for aktuelle to-trinnsmetoder.
- Normalt presenteres middelkurver og/eller karakteristiske kurver.

# Figur 4 Oppdrettanlegg i Sør-Trøndelag Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

Grunnforhold: Sand → Leirig silt/siltig leire → Sand/grus

Totalsondering: Tilnærmet null bormotstand

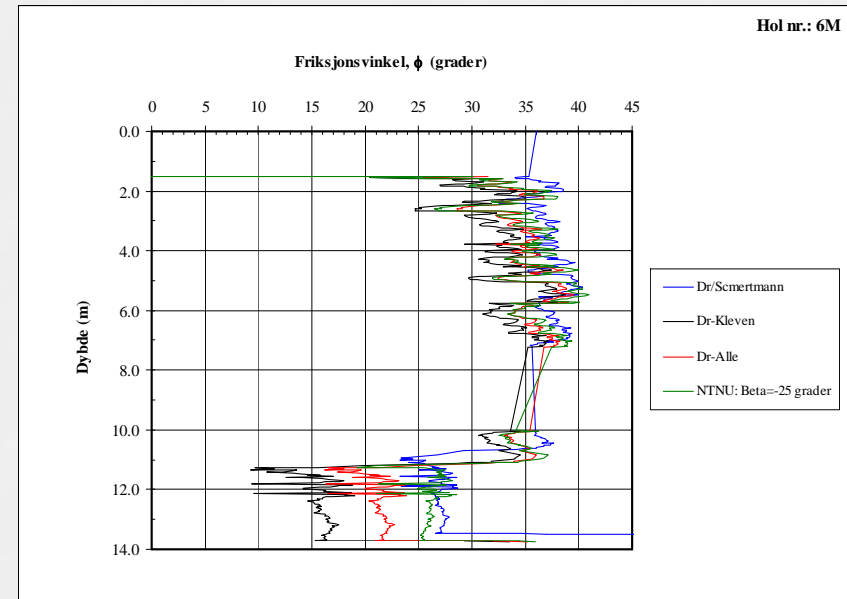
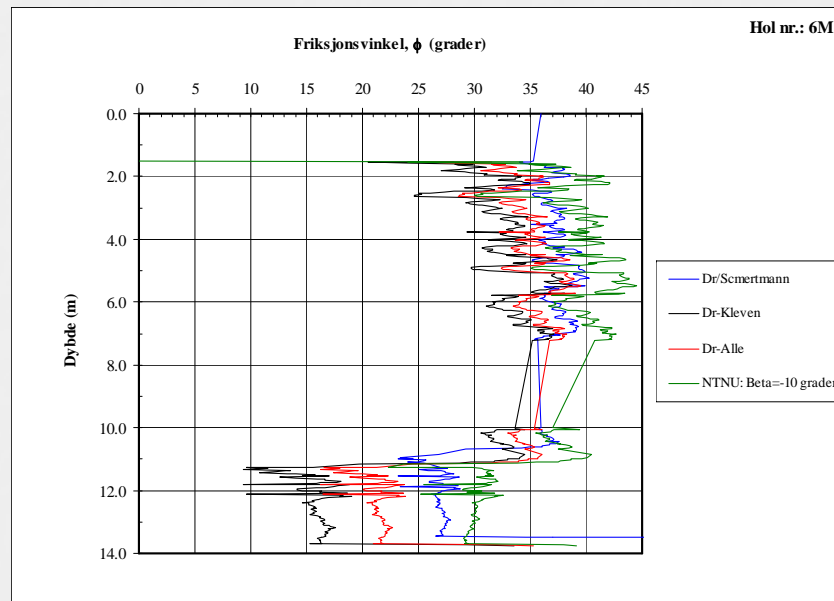


Korrelasjoner av typen  $D_r \rightarrow \phi$ .



# Figur 5 Oppdrettanlegg i Sør-Trøndelag Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

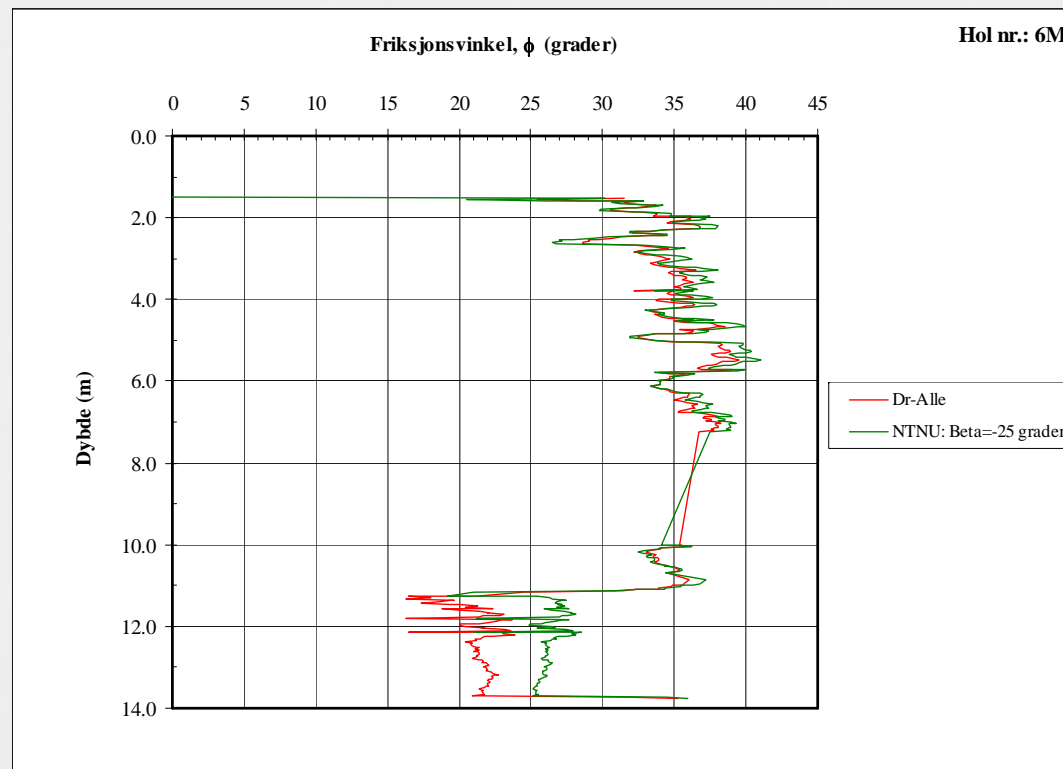
Korrelasjoner av typen  $D_f \rightarrow \phi$  sammenlignet med tolkning med NTNU-metoden.  
Middelkurver.



Erfaring: Ofte lave  $\beta$  for å ende opp med friksjonsvinkler "som vi tror på".

# Figur 6 Oppdrettanlegg i Sør-Trøndelag Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

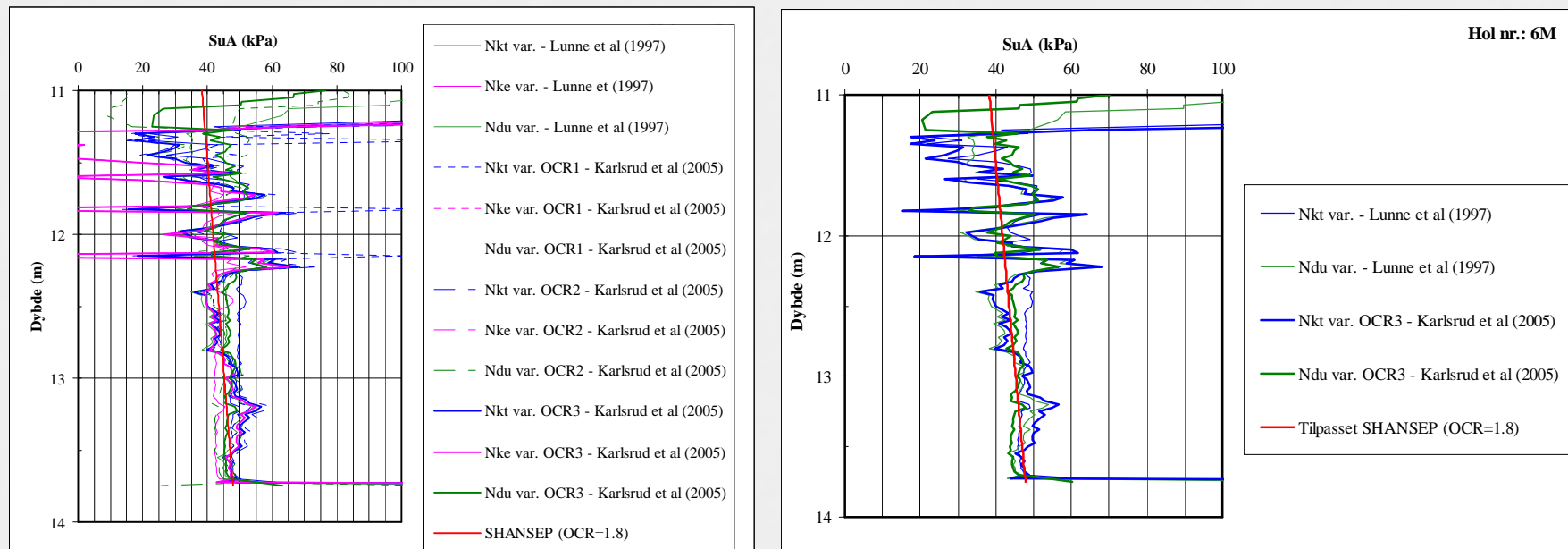
Korrelasjoner av typen  $D_r \rightarrow \phi$  sammenlignet med tolkning med NTNU-metoden.



Rimelig godt grunnlag for å bestemme karakteristiske drenerte styrkeparametre

# Figur 7 Oppdrettanlegg i Sør-Trøndelag Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

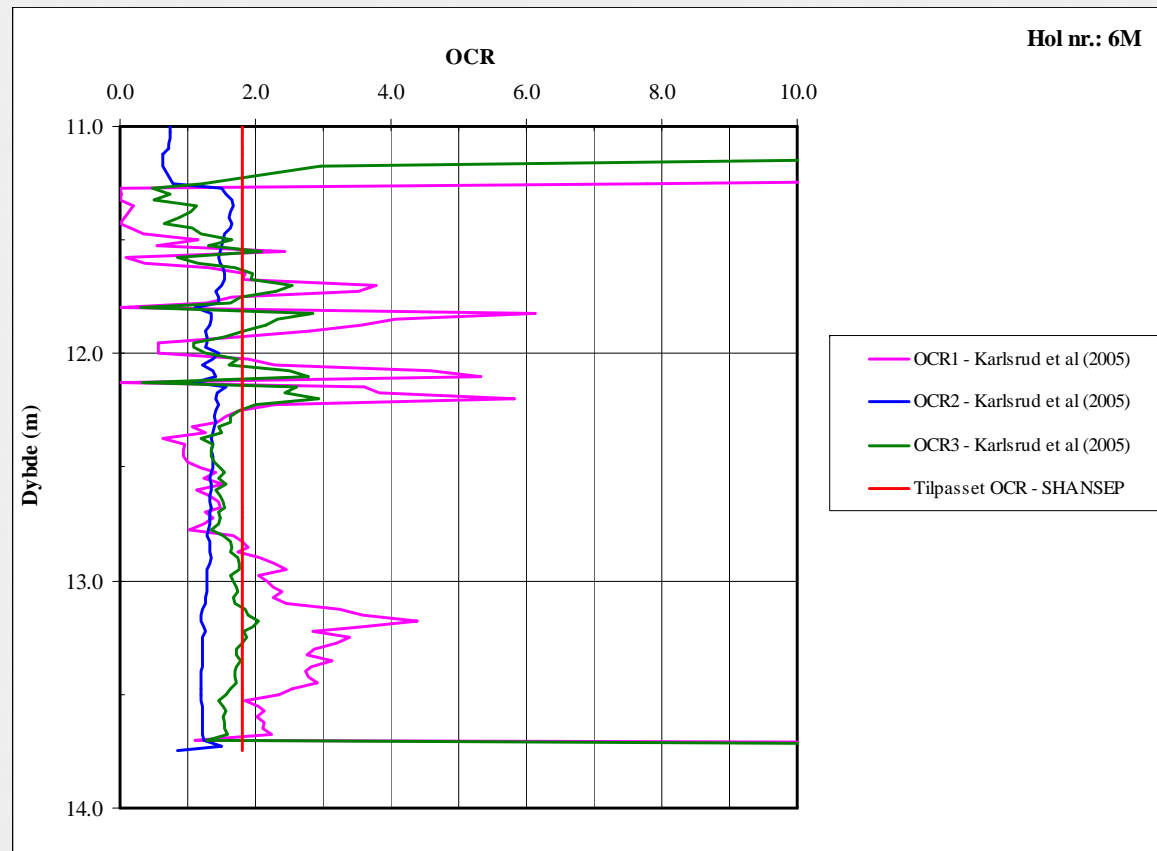
Tolkning av aktiv skjærstyrke (ingen reduksjon) i lag av siltig leire/leirig silt



Relativt liten spredning

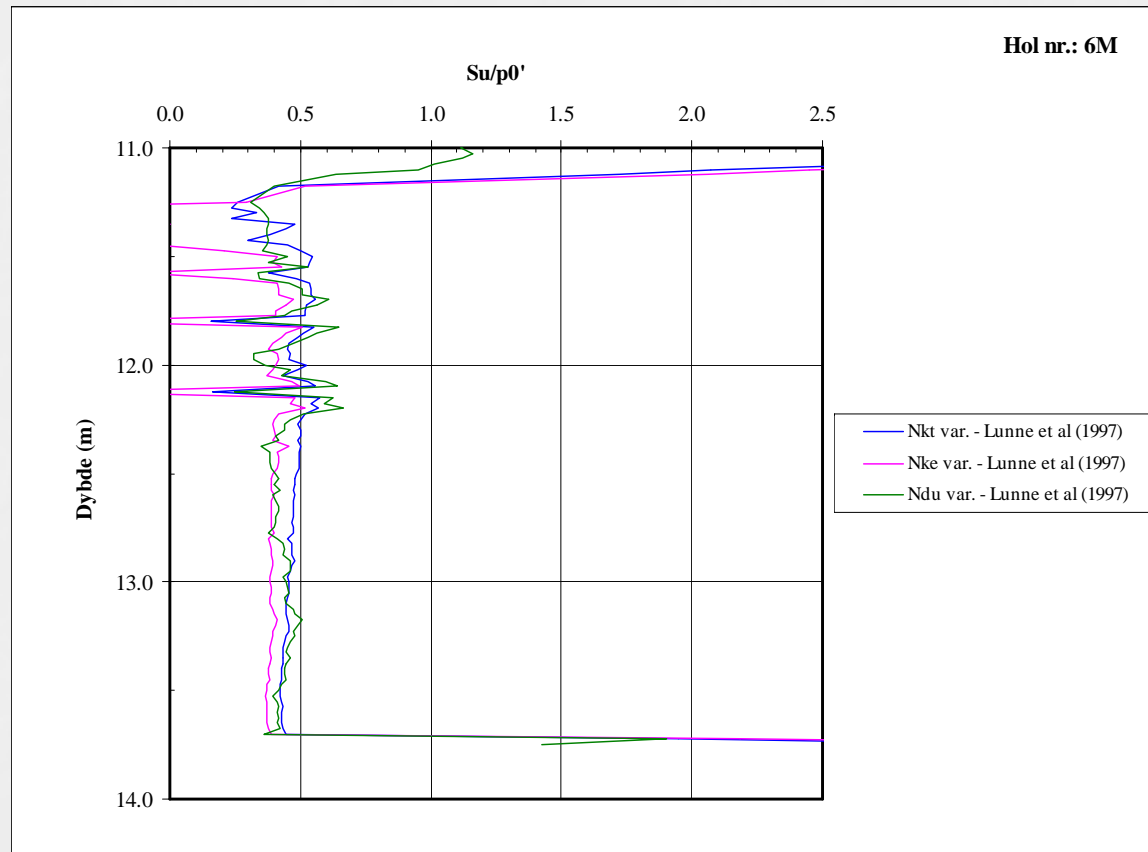
# Figur 8 Oppdrettanlegg i Sør-Trøndelag

## Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)



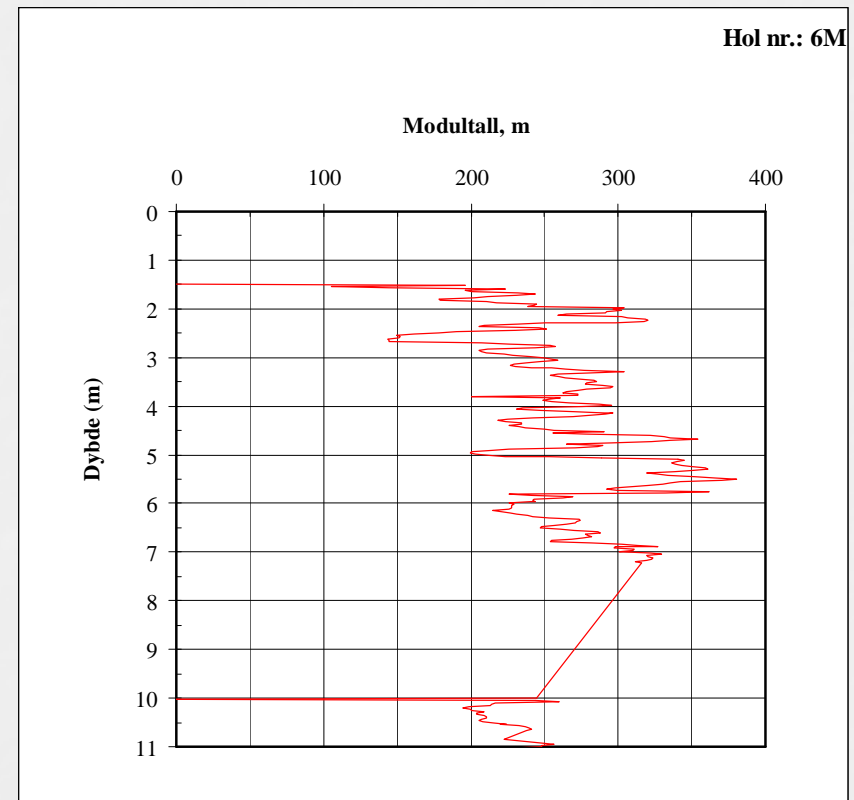
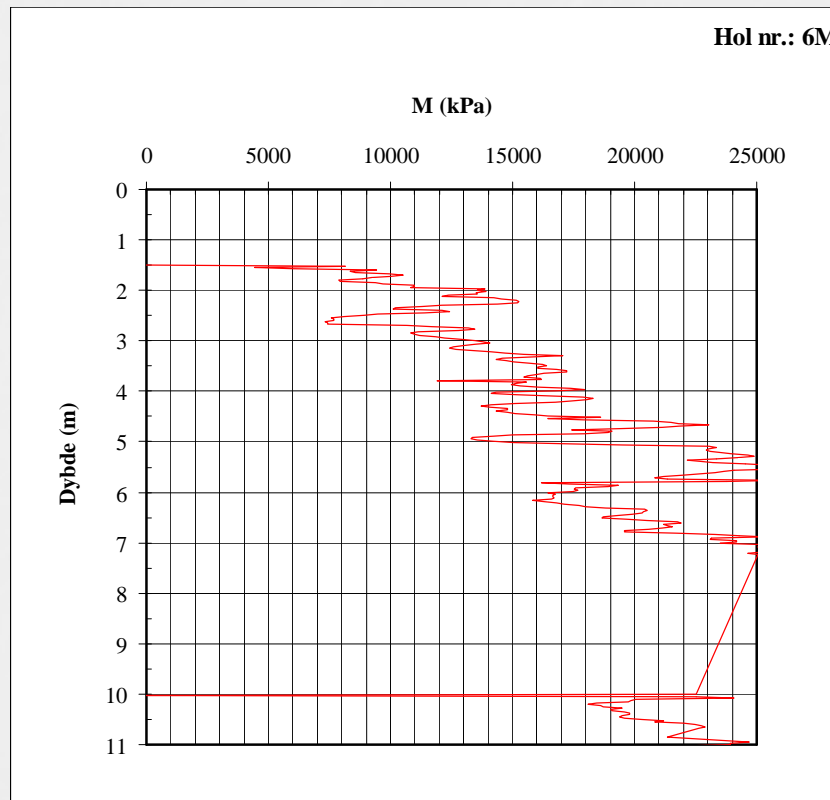
Betydelig spredning ofte → Rimelig her (OCR=1.8)

# Figur 9 Oppdrettanlegg i Sør-Trøndelag Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)



# Figur 10 Oppdrettanlegg i Sør-Trøndelag. Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

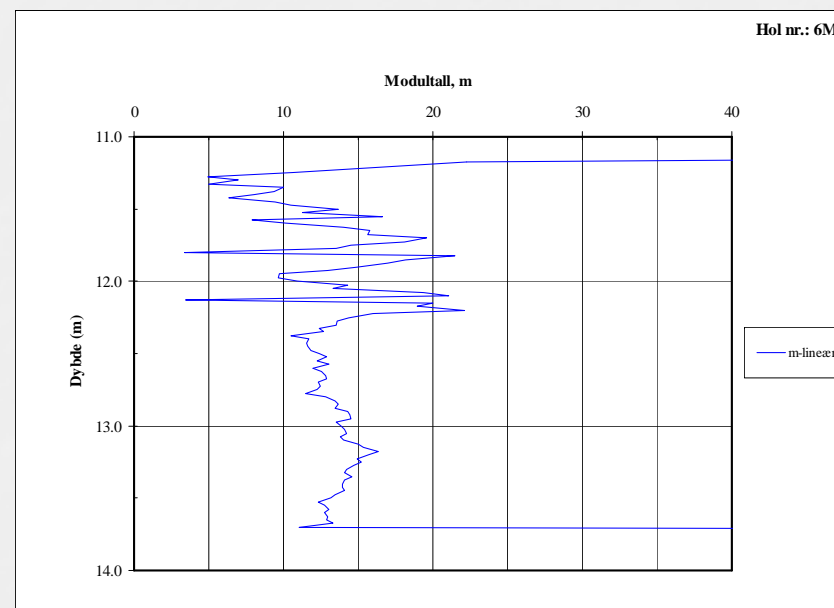
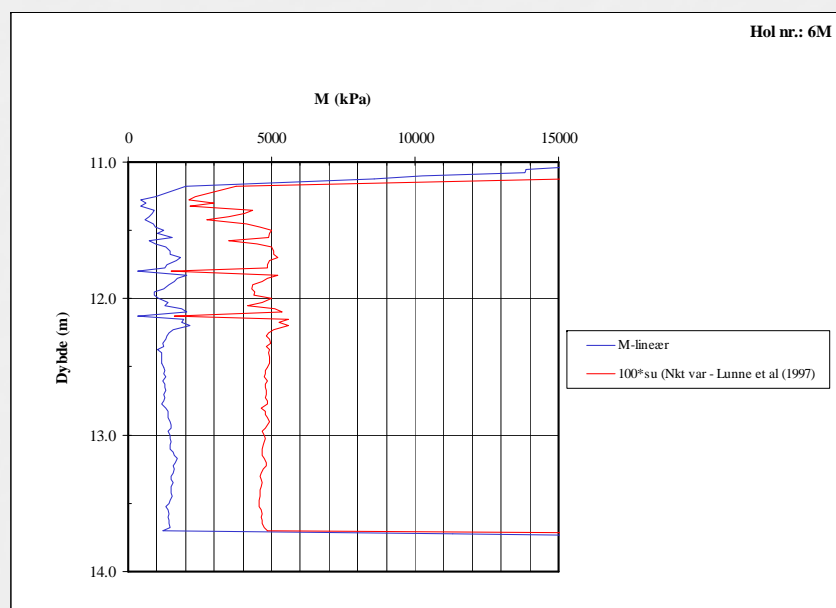
## Kvadratrotmodul-tilpasning



Erfaring: Gir rimelige moduler og modultall (ofte)

# Figur 11 Oppdrettanlegg i Sør-Trøndelag. Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

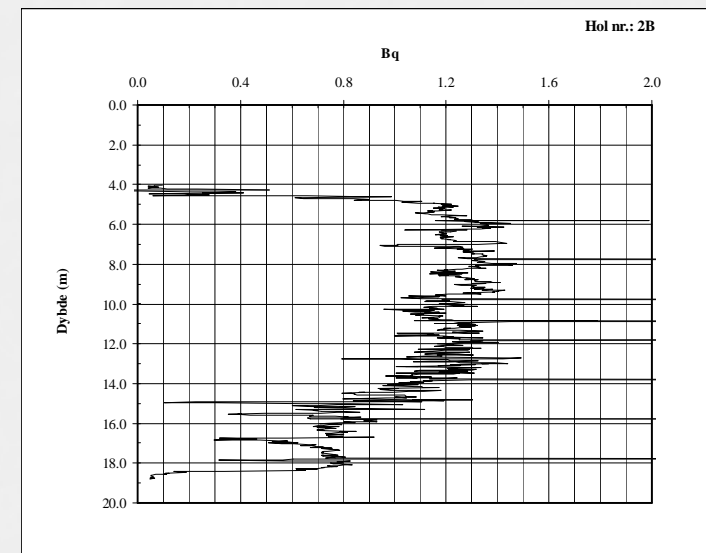
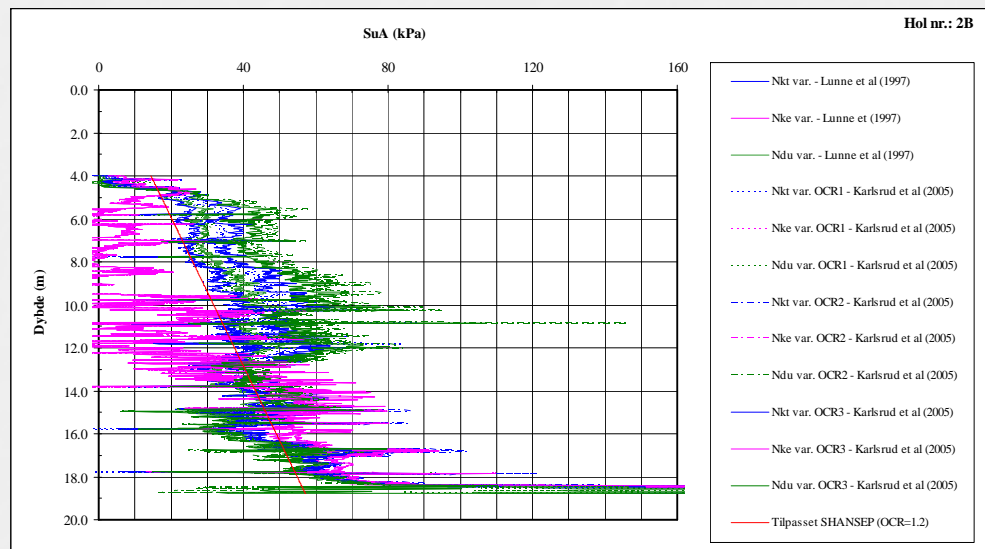
## Lineærmodul-tilpasning



Erfaring: Gir noe lave moduler og modultall (ofte)

# Figur 12 Skole/idrettshall i Romsdal. Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

Grunnforhold: Sand→Kvikkleire→Leire (Slitig)

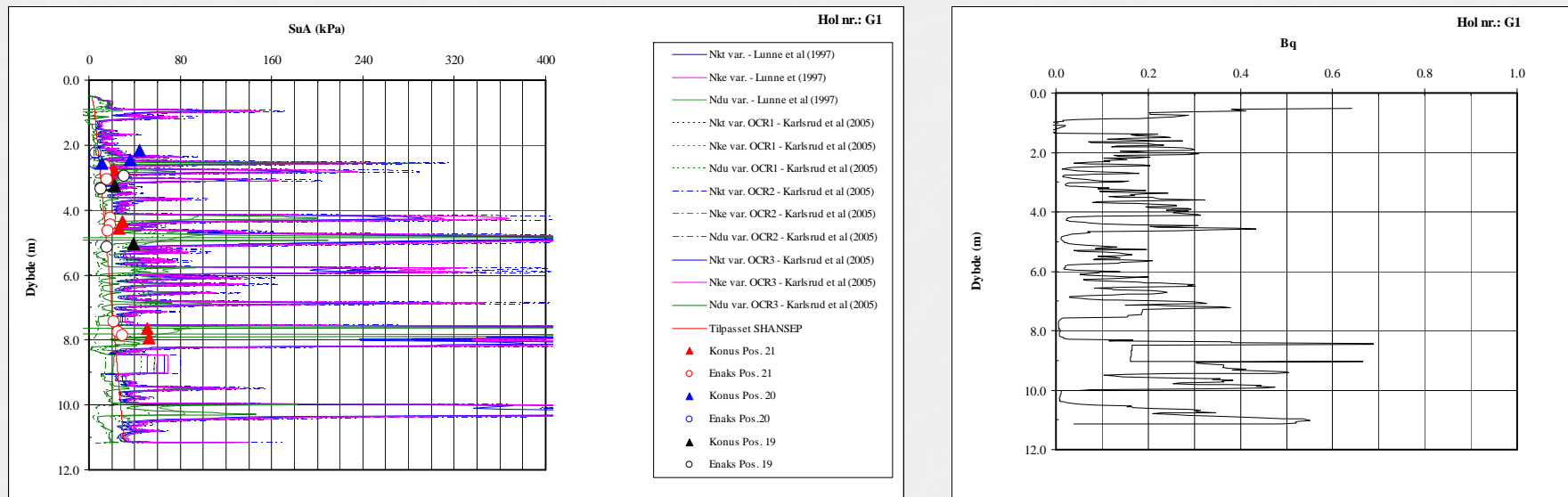


Kvikkleire→15% styrkereduksjon introdusert  
 $N_{ke}$ =tvilsom i kvikkleirerlaget→vraket  
 $B_q > 1.0$  i kvikkleirelaget (som regel)



# Figur 13 Områdestabilitet i Møre og Romsdal Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

Grunnforhold: Lagdelt med siltig leire, kvikkleire, sand og silt.



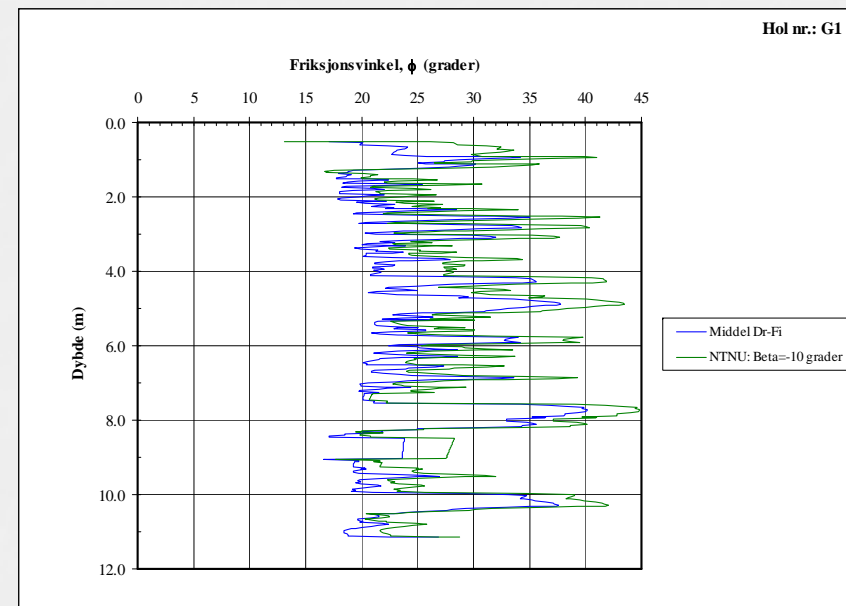
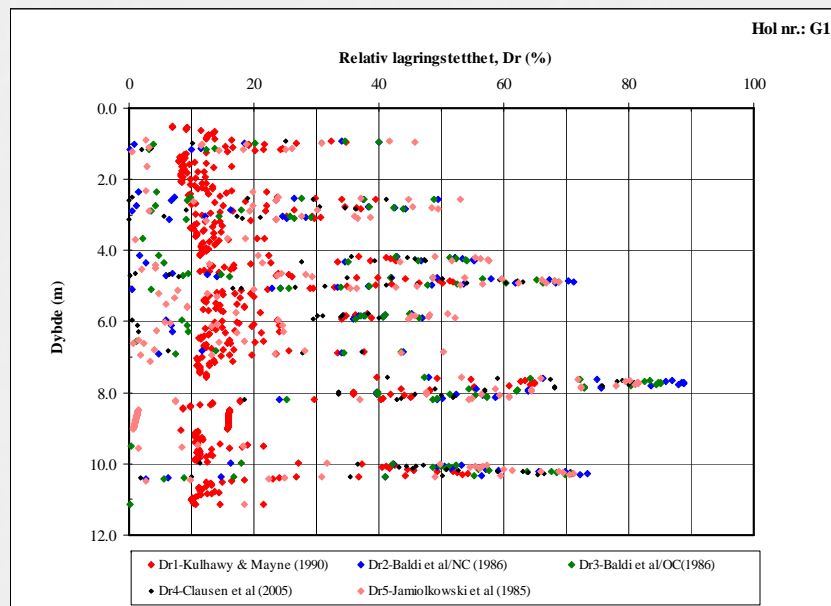
Flagring

Kvikkleirelag → 15% styrkereduksjon introdusert

$B_q \ll 1.0$  i kvikkleirelag (tynne lag/sandlinser?)

# Figur 14 Områdestabilitet i Møre og Romsdal Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2010)

Grunnforhold: Lagdelt med siltig leire, kvikkleire, sand og silt.



Flagring her : Brukbar grunnlag  
Mere flagring: Vanskelig tolkning(?)

# Figur 15 Offshore Manifold - Lab.målt og CPTU-tolket $S_t$ med Regneark 2 (CPT Var 2005, eldre versjon).

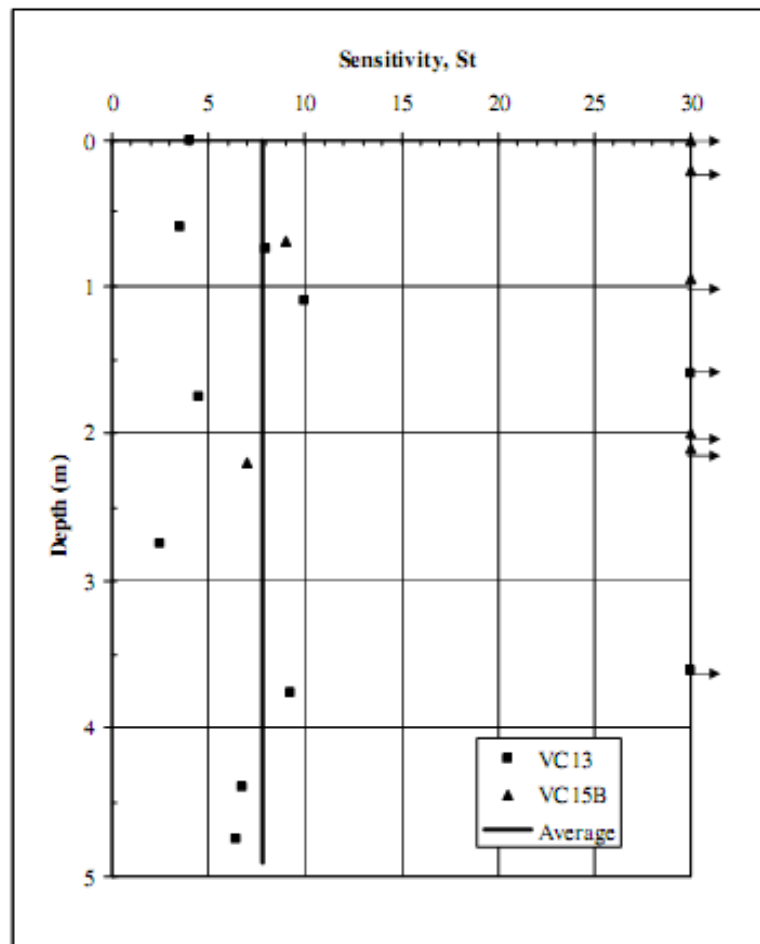


Figure A1.5 – Sensitivity ( $S_t$ ) versus depth determined with small laboratory hand vane. 0-5 m.

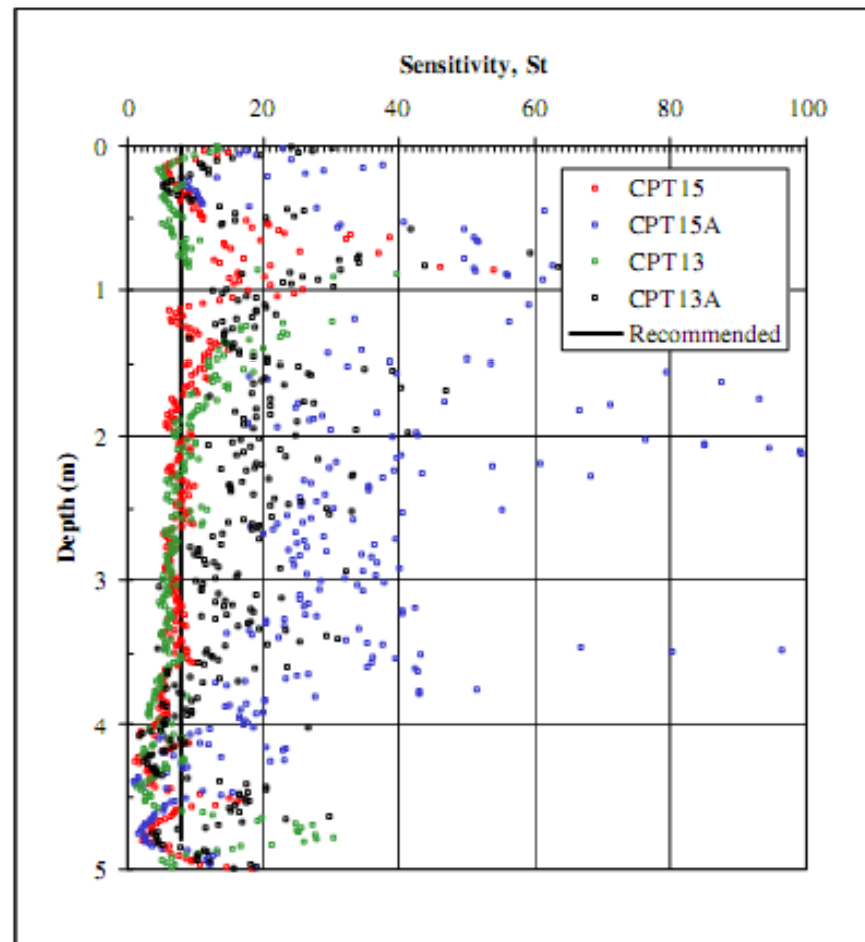
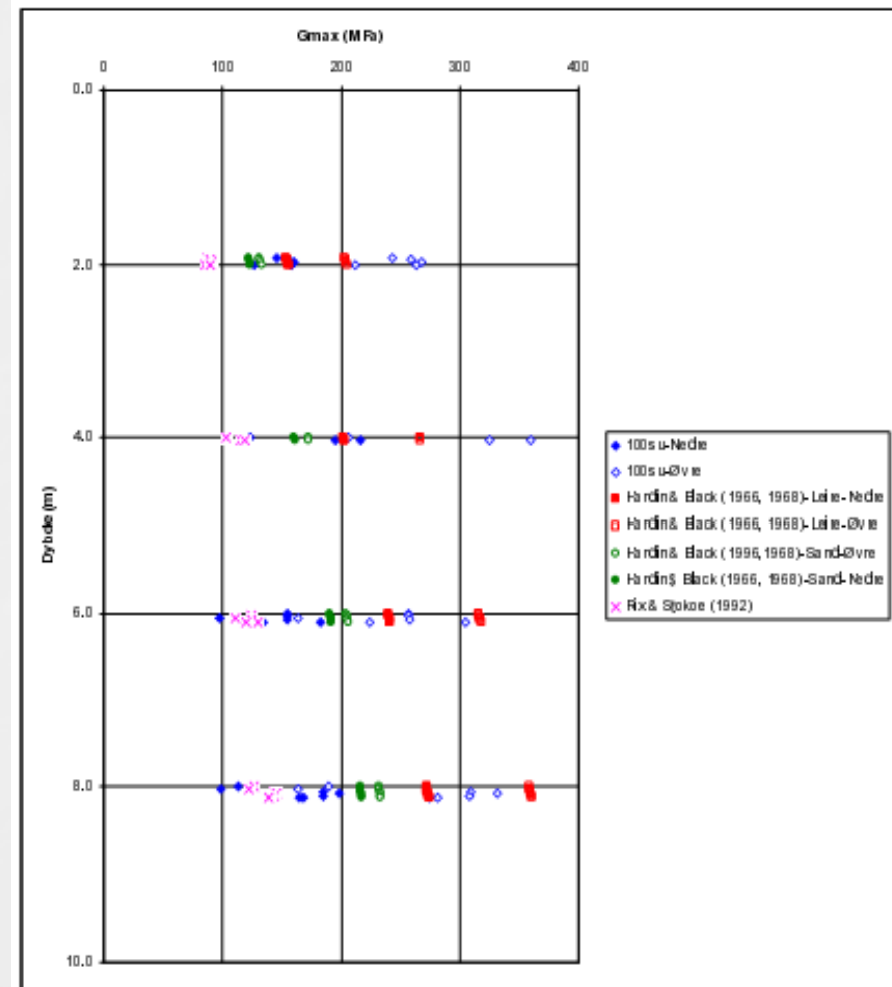
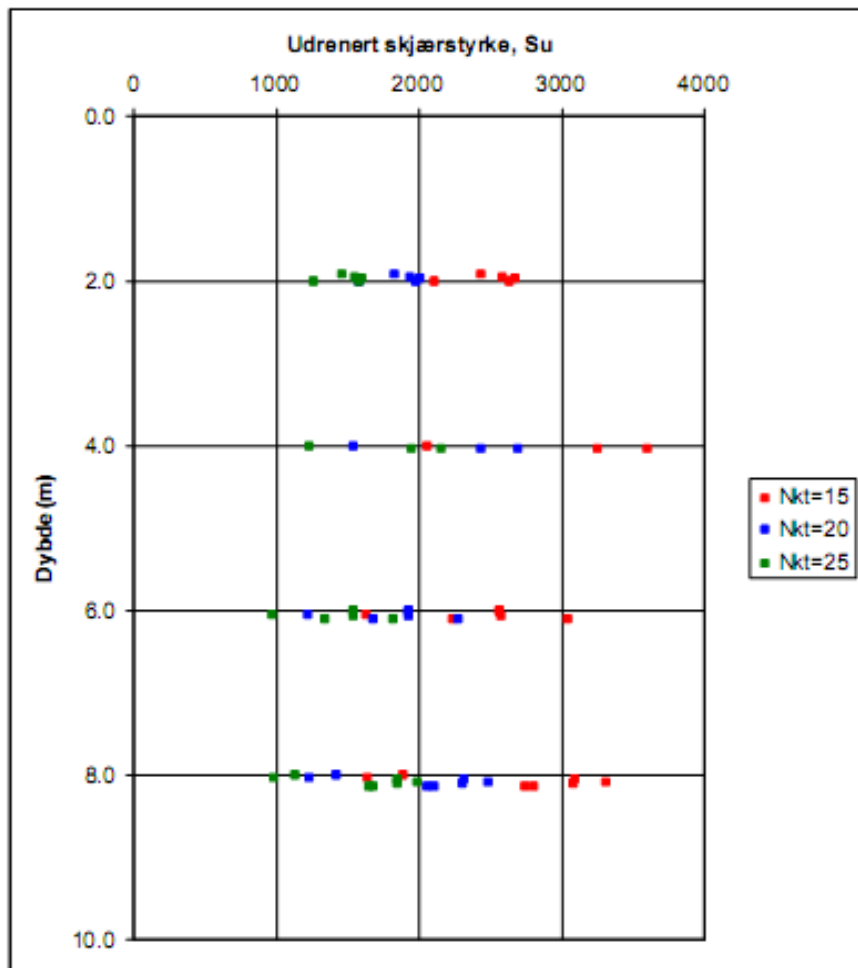


Figure A1.6 – Sensitivity ( $S_t$ ) determined from the CPTs applying Rad and Lunne (1986). 0-5 m.

# Andre parametere – CPT Var 2010

- $K_0'$  i en tidligere versjon, men i 2010-versjonen gis kun en antatt  $K_0'$  som input for relevante metoder  
→ Usikre/upålitelige (primær årsak)
- Lav-tøynings-skjærmodul ( $G_{\max}$ ) i en tidligere versjon, men ikke i gjeldende 2010-versjon  
→ Etterspørres meget sjeldent (primær årsak)

# Figur 16 Rotasjonspressefundament - Tolkninger med Regneark 2 (CPT Var 2005, eldre versjon).



# Regneark 3 – Dissipasjon 1999

- Primært utviklet og vedlikeholdt av vår seniorrådgiver dr. ing. Arne Åsmund Skotheim
- Gjeldende versjon er fra 1999.
- Horisontal/radiell konsolideringskoeffisient ( $c_r$ ) og permeabilitetskoeffisient ( $k_r$ ) fra dissipasjonsforsøk i valgte dybdenivå tolkes.
- Kun metoden beskrevet av Senneset et al (1982) er implementert i dette regnearket per i dag
- Andre formuleringer er planlagt å skulle introduseres i neste versjon av regnearket (trolig i 2010)

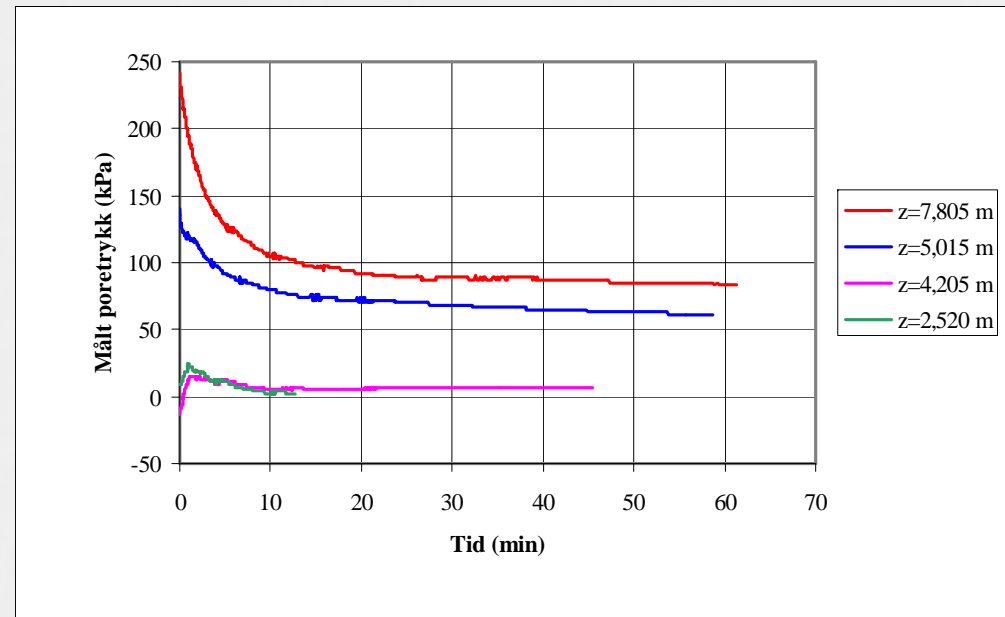
# Figur 17 Avfallsdeponi Hordaland

## Permeabilitet fra empiriske lab.metoder og fra dissipasjonsforsøk.

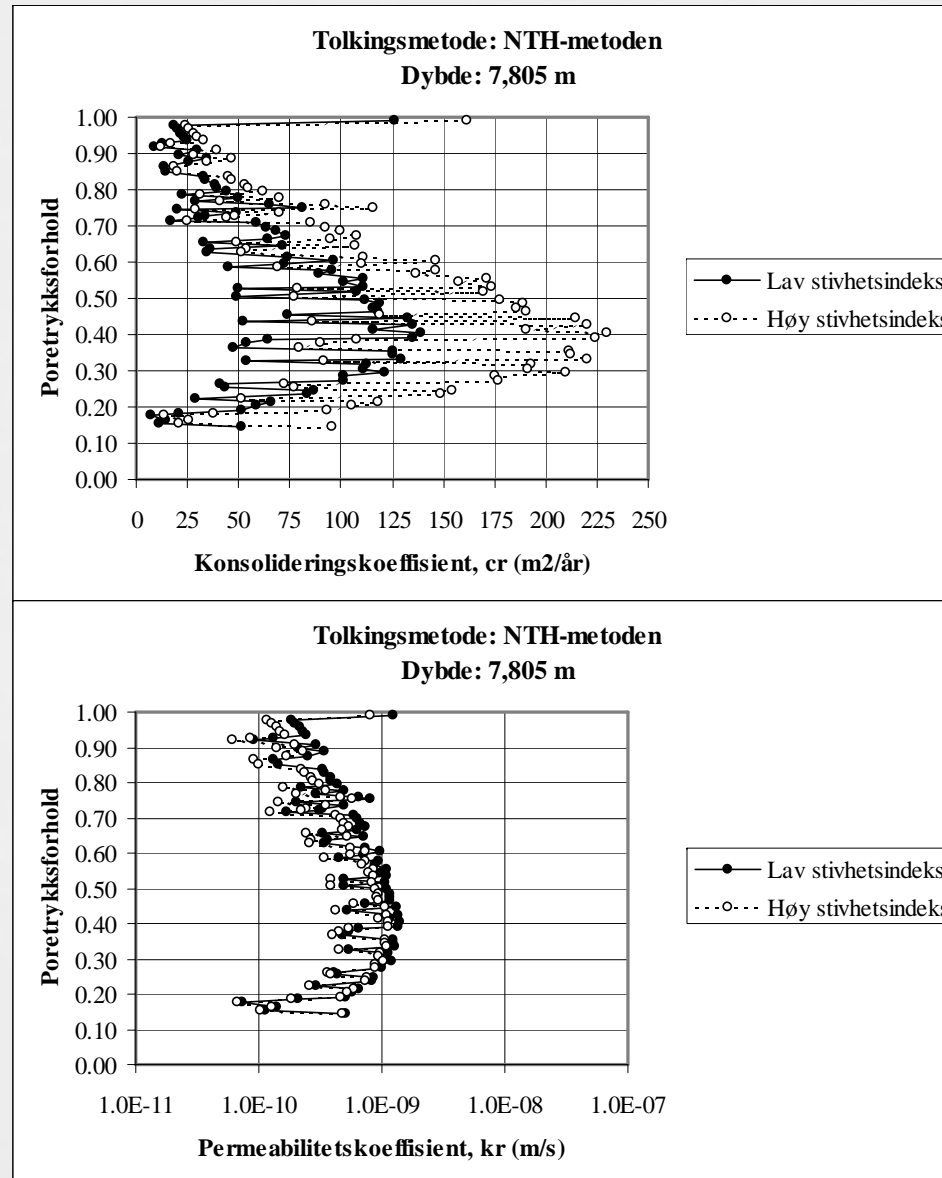
Grunnens permeabilitet er estimert/tolket via 4 metoder:

- (a) Janbus empiriske formel
- (b) Hazens empiriske formel
- (c) Gustavsons empiriske formel
- (d) Tolkning av dissipasjonsforsøk.

De 3 først nevnte metoder er alle basert på korrelasjon mellom permeabilitetskoeffisient ( $k$ ) og Karakteristiske punkt(er) på kornfordelingskurven.



# Figur 18 Avfallsdeponi. Konsolideringskoeff. ( $c_r$ ) og permeabilitetskoeff. ( $k_r$ ) tolket med Regneark 3





# Planlegging av grunnundersøkelser

- Normalt utfører vi totalsondering i en posisjon før evt. CPTU.
- På sjø er det i utgangspunktet tids- og kostnadsbesparende å utføre alle nødvendige undersøkelsestyper før en flytter til neste posisjon.
- For lange vegstrek med fylling i sjø utføres ofte mange totalsonderinger først, for så å velge ut få posisjoner for CPTU-sondering og prøvetaking.
- Ved flere slike grunnboringsoppdrag, der vi eller andre har boret, har null matekraft blitt registrert i betydelige dybdeintervall for et betydelig antall totalsonderinger ved relativt løs/bløt grunn.
- Når null matekraft måles ved en totalsondering vet en egentlig ikke hvor stor bormotstanden er. En vet bare at den ikke er spesielt stor.

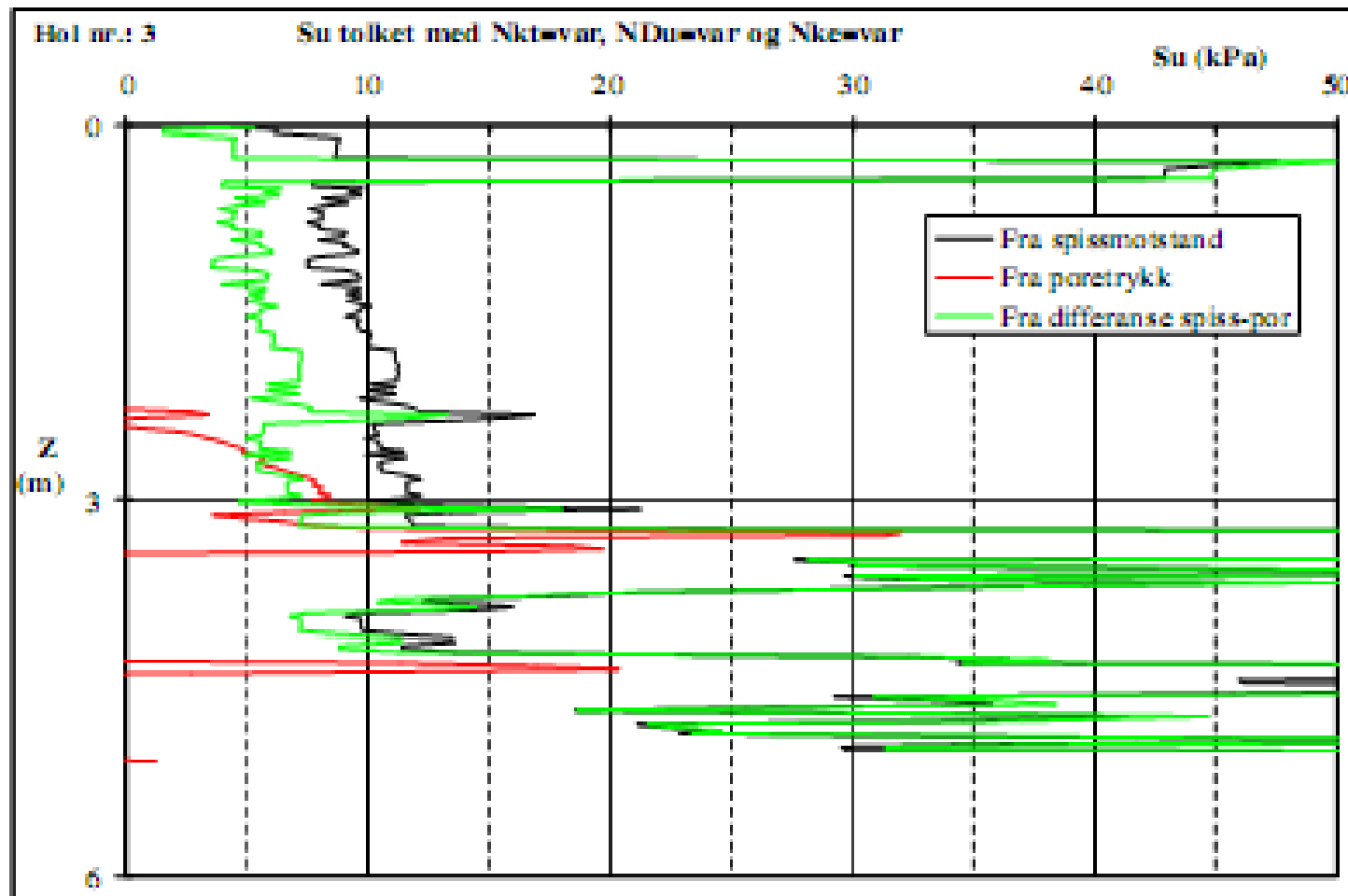
# Planlegging av grunnundersøkelser

- Er standard prosedyre for kjøring av totalsondering god nok eller optimal, både generelt og spesielt ved slike tilfeller?
- Vi tok følgende bestemmelse for 1-2 år siden: Vi utfører totalsondering etter andre ustandardiserte prosedyrer på utvalgte prosjekter der enten null-matekraft-problemet opptrer eller der matekraften er svært lav, da for egen regning/kostnad uten å belaste oppdragsgiver.
- Så langt har disse forskningspregede undersøkelsene gitt flere interessante resultater, også rent tolkningsmessig ved å anvende tilpasset CPTU-basert tolkningsverktøy. Etter planen skal vi utføre flere slike undersøkelser før vi samler opp og dokumenterer erfaringene.

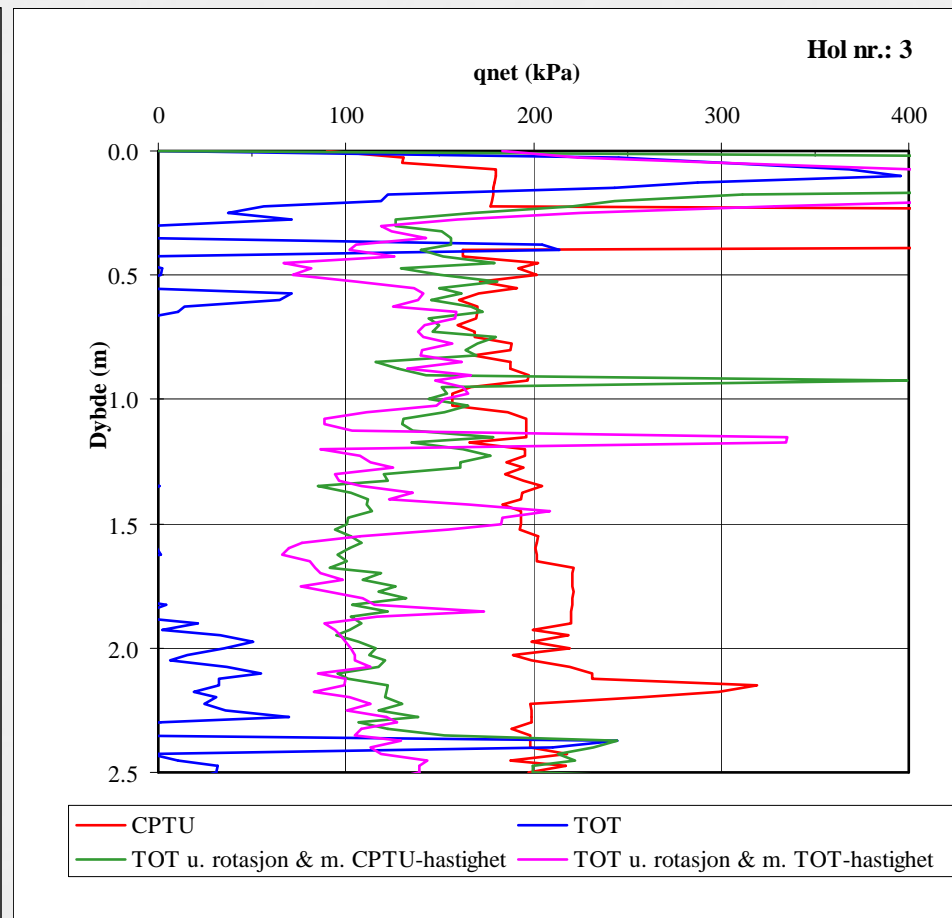
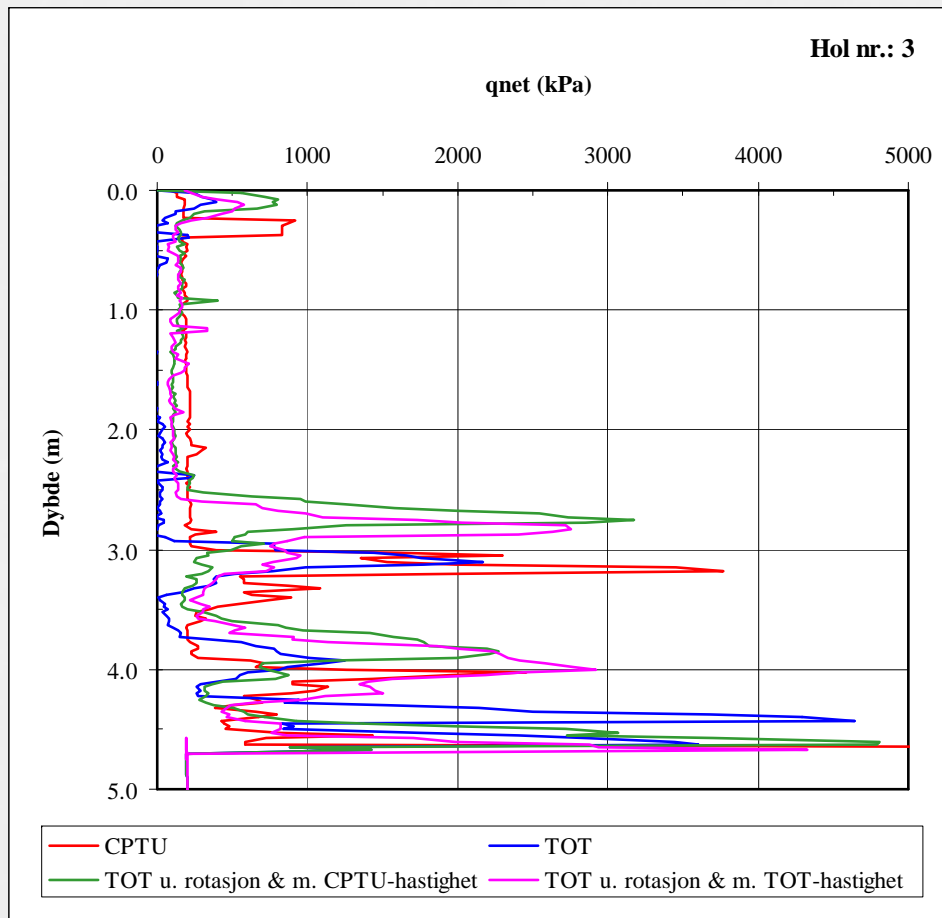


# Figur 19 Grunnundersøkelse for molo – Resultater for Posisjon nr 3.

Figur 2 Tolkning av CPT Hull 3



# Figur 20 Grunnundersøkelse for molo – Resultater for Posisjon nr 3



# Potensiale og utviklingsmuligheter

- Mye litteratur om CPTU, både nasjonalt og internasjonalt. Mange tolkningmodeller.
- For en praktiserende rådgiver er det relativt krevende å holde seg ajour  
→ Viktig at institusjoner som NGI, NTNU/SINTEF og Statens vegvesen gir føringer.
- Videre utvikling av mer pålitelig tolkningverktøy samt av selve utstyret er sentralt.
- CPTU-sondering er viktig for å skaffe til veie gode jordparametre i prosjekt med sand-silt-leire, og bruken vil ventelig øke ytterligere ved slike grunnforhold.
- For bruk i mer grusige masser og i egnede faste morener/moreneleirer trengs mer robust og kraftig CPTU-sonde.
- Ved grunnundersøkelser på sjøen er det et potensiale for forbedringer både operasjonelt og utstyrmessig, og derav kostnadmessig. Dette gjelder både ved boring fra dekk og ved bruk av sjøbunnsjekker; det siste kan bli aktuelt også for "near-shore" grunnundersøkelser i nær framtid.