



Statens vegvesen

# E18 Retvet - Vinterbro

## Reguleringsplan

Notat

Geotekniske materialparametere - Retvet



## FORORD

Statens vegvesen utarbeider i samarbeid med Ski og Ås kommuner grunnlag for reguleringsplan for ny E18 på strekningen Retvet – Vinterbro i Akershus. Vegen planlegges som motorveg med fire felt og er ca. 16 km totalt, hvorav 7 km i Ski og 9 km i Ås kommune.

Grunnlaget utarbeides av Statens vegvesen Region øst med Lisa Steinnes Rø som planleggingsleder. Elin Bustnes Amundsen er prosjektansvarlig. En konsulentgruppe med Asplan Viak som hovedkonsulent bistår i arbeidet. Eivind Aase er oppdragsleder for konsulentgruppen.

Grunnlaget for reguleringsplanen består blant annet av en samling arbeidsnotat/rapporter som belyser ulike fagtema.

Dette arbeidsnotatet omhandler temaet geotekniske materialparametere ved Retvet. Notatet er utarbeidet av Multiconsult ASA.

## NOTAT

OPPDRAG	<b>E18 Retvet-Vinterbro</b>	DOKUMENTKODE	125103-RIG-NOT-007-6
EMNE	Tolking av materialparametere, Profil 16 000 – 17 500	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Asplan Viak</b>	OPPDRAGSLEDER	Magnus Hagen Brubakk
KONTAKTPERSON	Eivind Aase	SAKSBEHANDLER	Idun Holsdal
KOPI		ANSVARLIG ENHET	1012 Oslo Geoteknikk Bygg & Infrastruktur

## SAMMENDRAG

Statens vegvesen region øst (SVRØ) planlegger ny E18 Retvet-Vinterbro. Multiconsult AS er engasjert av Asplan Viak som geoteknisk rådgiver i forbindelse med arbeidet med reguleringsplan for strekningen. Basert på utførte grunnundersøkelser, er det i følgende notat etablert geotekniske styrkeparametere for vurdering av lokal- og områdestabilitet ved profil 16000-17500.

**Rev. 01:** Notatet er oppdatert for supplerende grunnundersøkelser og kommentarer fra tredjepartskontroll.

## 1 Innledning

Statens vegvesen region øst (SVRØ) planlegger ny E18 Retvet-Vinterbro. E18 Retvet-Vinterbro er nordligste parsell av ny E18 Østfold; Vinterbro-Ørje. Prosjektet omfatter 17.5 km ny firefelts motorveg, deriblant to tunneler.

Multiconsult AS er engasjert av Asplan Viak som geoteknisk rådgiver i forbindelse med arbeidet med reguleringsplan for strekningen.

Basert på utførte grunnundersøkelser, er det i følgende notat etablert geotekniske styrkeparametere for vurdering av lokal- og områdestabilitet ved profil 16000-17500.

## 2 Topografi

Fra PR. 16000 og til PR. 16800 går planlagt E18 over terreng som heller mot nord-øst. Sonderinger i området viser at berget heller på tilsvarende måte. Videre fra PR. 16800 er terrenget relativt flatt ett par hundre meter, før trasen går inn i en sør-/vestvendt bergskjæring.

## 3 Referanser

### 3.1 Regelverk, forskrifter, standarder og veiledning

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjekteringen, og for geoteknisk prosjektering gjelder dermed:

/1/ NS-EN 1990-1:2002+NA:2008 (Eurokode 0)

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	03.09.2015	Suppl. gr.und. og kommentarer fra 3. partskontroll innarbeidet	Idun Holsdal	Magnus Brubakk	Odd Arne Fauskerud
00	09.04.2014	Utarbeidet	Magnus Brubakk	Odd Arne Fauskerud	Odd Arne Fauskerud

## Tolking av materialparametere

- /2/ NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (Eurokode 7)
- /3/ Retningslinjer nr. 2/2011 "Flaum- og skredfare i arealplanar" med vedlegg.
- /4/ NIFS-Rapport nr. 14-2014: «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer»

I tillegg benyttes relevant informasjon, metodikk og empirisk materiale fra:

- /5/ Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 Geoteknisk prosjektering i vegbygging

### 3.2 Andre referanser

- /6/ Multiconsult, 125103-RIG-RAP-002\_rev02, Geoteknisk datarapport 2
- /7/ Kjell Karlsrud 2003 "Tolking og fastlegging av jordartsparemetre – Karakteristisk jordprofil" NGF-Kurs 2003.
- /8/ Berre, T., Apparatur og prosedyrer i laboratoriet for å bestemme skjærfasthet av leire, Rapport 56103-26. 1983, NGI Oslo.

## 4 Geotekniske data

Dette kapittelet presenterer utførte grunnundersøkelser og geotekniske data fra det aktuelle området, evaluering av disse og valg av materialparametere som grunnlag for geotekniske beregninger/analyser. Tolking og valg av materialparametere er forankret i NS-EN 1997-1: 2004-NA:2008 (/1/) og SVV HB V220 (/5/).

### 4.1 Geotekniske undersøkelser

Multiconsult har utført grunnundersøkelser i forbindelse med arbeidet med reguleringsplan for strekningen Retvet-Vinterbro (ref. /6/). Borplan for området mellom profil 16000 – 17500 er vist på Figur 4-1 og i vedlegg 1.

I det gitte området er det utført 43 totalsonderinger, tatt opp 8 prøveserier, utført 3 CPTU og satt ned 6 piezometer. I tillegg til rutineundersøkelser på samtlige opptatte prøver, er det utført 6 aktive treaks.

### 4.2 Grunnvannsnivå/poretrykk

Det er satt ned 6 piezometer i området. Piezometerene er satt ned to og to med forskjellig dybde. Se borplan (Figur 4-1 eller vedlegg 1) for plassering.

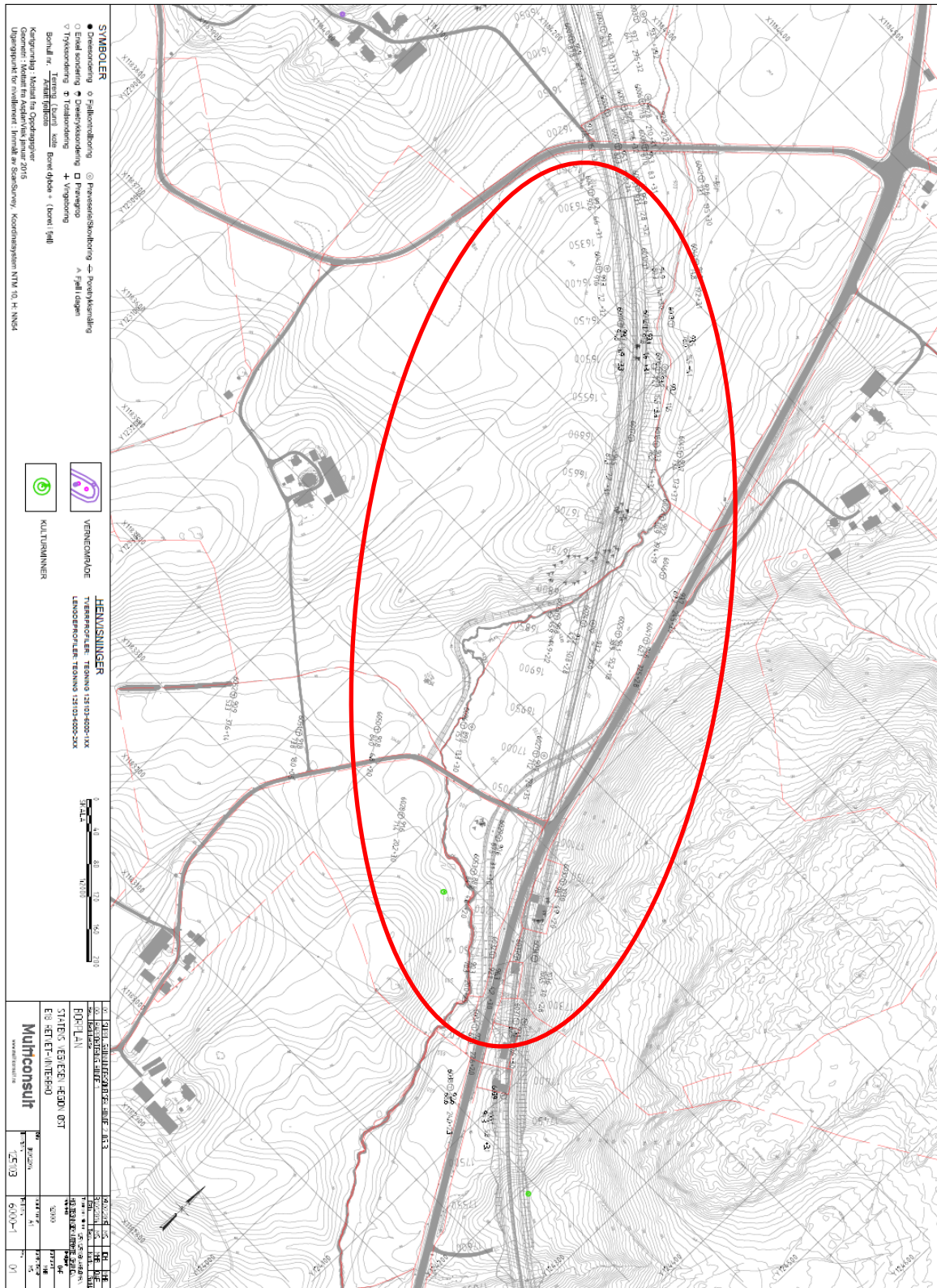
Det ble først etablert hydrauliske poretrykksmålere i 2 punkt. Disse viste tendens til poreovertrykk, og det ble det installert elektrisk poretrykksmålere. Det er etablert elektriske målere til 5 m og 13 m dybde i punkt 6023. Avlesning av disse viser ca. 1 m overtrykk i forhold til hydrostatisk poretrykk med GV i terreng.

For tolking er det lagt inn 10 kPa overtrykk i hele profilet.

### 4.3 Dybde til berg

Utførte totalsonderinger viser at dybden til berg varierer fra ca. 55m til berg i dagen. Sonderingene viser at bergforløpet er bratt i enkelte områder og størst dybder til berg er registrert i elvetraséen.

Tolking av materialparametere



Figur 4-1 Borplan, /6/

## 5 Evaluering av geotekniske parametere

### 5.1 Generelt

Tolking og valg av materialparametere er forankret i NS-EN 1997-1: 2004-NA:2008 (/1/) og SVV HB V220 (/2/).

Fra SVV HB V220:

Når det gjelder karakteristiske styrke- og deformasjonsparametere for jord og berg angir NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 punkt 2.4.5.2.(2)P at den karakteristiske verdien av en geoteknisk parameter skal velges som et forsiktig anslag for den verdien som har betydning for grensetilstanden.

Ved valg av parametere skal det utvises forsiktighet med å utnytte styrke som er betinget av store deformasjoner.

### 5.2 Karakerisering av jord

Løsmassene på strekningen består i hovedsak av svært bløt, sensitiv og siltig leire under et 1-2m tykt tørrskorpelag. Det er stedvis påvist kvikkleire i prøveseriene fra 3m dybde. De to CPTU ene som er kjørt dypere enn 15m viser kvikkleire/sensitiv leire fra ca. 22m dybde. Det samsvarer godt med utførte totalsonderinger i området. Sør for PR. 17150 og øst for dagens E18, består løsmassene av fast leire og morene over berg.

### 5.3 Tyngdetetthet (romvekt)

Målt tyngdetetthet,  $\gamma$ , for leire/siltig leire varierer ligger mellom ca. 17,4 og 20,8 kN/m<sup>3</sup>. Med støtte i erfaringsverdier fra HB V220 /5/ (leire, leirig silt og silt) legges en gjennomsnittsverdi på 19 kN/m<sup>3</sup> til grunn for beregninger og tolking av CPTU. I de deler av tolkingen der det er hensiktsmessig, er det i midlertid lagt inn lag med ulik tyngdetetthet basert på prøveseriene.

### 5.4 Udrenert skjærfasthet

Det er etablert 2 designprofil for udrenert skjærstyrke for området. Et profil er etablert med bakgrunn i undersøkelser utført vest for Audenbølveien ved PR 16200 og det andre profilet er etablert på bakgrunn av undersøkelser utført mellom Thingstadgulbekken og Bergerveien omkring PR 16800 -PR 17000

#### 5.4.1 Generelt

Etablering av skjærfasthetsprofiler er basert på følgende:

- Utførte laboratorieforsøk (enaks-, konus- og treaksialforsøk) (/6/)
- Tolking av utførte CPTU forsøk (/6/)
- Tilsynelatende forkonsolideringstrykk for norske marine leirer (/7/)
- Minimumsverdier for forholdet mellom udrenert skjærfasthet og effektivt overlagingstrykk for norske leirer (/8/)
- Empiriske sammenhenger for normalisert udrenert skjærfasthet i overkonsolidert leire (/7/)

For valg av designlinje for skjærfasthet er det lagt størst vekt på treaksialforsøk med tilfredsstillende kvalitet og CPTU-sonderinger i anvendelsesklasse 1. Der det er ulikheter mellom tolket verdi av  $c_{uA}$  fra treaksialforsøk og CPTU i tilsvarende dybde, er tolket  $c_{uA}$  fra treaksialforsøket vektlagt. Skjærfasthetsprofil fra CPTU- og treakstolkning er valgt og deretter sammenstilt med skalerte verdier funnet i rutineundersøkene og empiriske verdier/ erfaringsverdier. Designlinje for skjærfasthet er valgt på grunnlag av sammenstillingen.

## Tolking av materialparametere

Der det i utledning av karakteristisk skjærfasthet er basert på korrelasjoner med bruk av blokkprøver (CPTU-tolking og SHANSEP), er skjærfasthet for designlinje redusert med 15 % /3/. I dybder der det ikke er utført CPTU er designlinje valgt med støtte i empiriske verdier/erfaringsverdier.

#### 5.4.2 Laboratorieforsøk

Verdier for udrenert skjærfasthet basert på enaks- og konusforsøk benyttes i våre vurderinger som verdier for direkte skjærfasthet ( $c_{u,D}$ ). Enaks-, konus og treaksialforsøk plottes mot dybde for vurdering av skjærfasthetsprofiler. Udrenert skjærfasthet fra konus- og enaksialforsøk plottes direkte basert på fra prøveserier /6/.

Ved tolking av  $c_{u,A}$  fra aktive treaksialforsøk er det valgt å ta ut verdier ved "peak" tøyning. Tolkede verdier for  $c_{u,A}$  fra treaksialforsøk fra hele området (fra flere forskjellige undersøkelser) er vist i /6/.

Tabell 5-1  $c_{u,A}$  fra treaksforsøk ( tatt ut ved "peak" tøyning)

Borpunkt	Dybde [m]	$c_{u,A}$ [kPa]	Peak [%]	de/d0	Kvalitet
6027	6.6	23.5	1.0	0.055	God
6024	8.5	32.5	0.4	0,085	Dårlig
6026	8.7	31.5	1.5	0.105	Dårlig
6006	9.45	26	0.5	0.165	Veldig dårlig
6027	10.6	35	1.2	0.092	Dårlig
6006	14.45	44	1.0	0.245	Veldig dårlig

Det er i alt utført 6 treaksialforsøk i området. Massene er til dels meget sensitive og inneholder lag av silt og sand, og det kan derfor være utfordrende å oppnå god kvalitet på treaksialprøvene. Enkelte av treaksialforsøkene er også tatt i større dyp. Flere av prøvene viser dårlig kvalitet ved klassifisering etter porettall (/5/). Samtidig viser flere av prøvene ett tydelig sprøbrudd og brudd ved små tøyninger som også er en indikasjon på et godt forsøk. Resultatene fra treaksialforsøkene er derfor ikke vektlagt mest ved tolking av skjærfasthetsprofil, men brukt til sammenligning

For konsolidering av prøven ble det antatt grunnvann under terreng for alle treaksialforsøkene. Da nye poretrykkmålinger viser at reelt poretrykk er ca. tilsvarende 1 m over terreng, tilsvarer konsolideringstrykket prøven ble påført effektivspenning ved dybde dypere enn prøvedybden. I vurdering av skjærfasthetsprofil er derfor treaksforsøket flyttet ned dybden med tilsvarende  $p'_0$  prøven ble konsolidert for. I diagram for vurdering av skjærfasthetsprofilene er treaksialforsøkene tegnet inn i opprinnelig dybde (sort markør) og i justert dybde (grå markør).

Det er ikke kjørt passive forsøk. Det vil si at et anisotropiforhold uttrykt ved forholdet mellom aktiv og passiv udrenert skjærfasthet må baseres på erfaringstall. Dette er videre behandlet i kap 5.4.5.

#### 5.4.3 Empiriske relasjoner

Som støtte i valg av anbefalt skjærfasthet, har vi valgt å se på empiriske sammenhenger for normalisert udrenert skjærfasthet i overkonsolidert leire. Udrenert skjærfasthet er nært relatert til in-situ effektivspenninger og leiras forkonsolideringsgrad gjennom den generelle relasjonen (/7/):

$$\left(\frac{c_u}{p'_0}\right)_{OC} = \left(\frac{c_u}{p'_0}\right)_{NC} \cdot OCR^m$$

Hvor:

## Tolking av materialparametere

$$\left(\frac{c_u}{p'_0}\right)_{OC} = \text{normalisert fasthet for overkonsolidert leire}$$

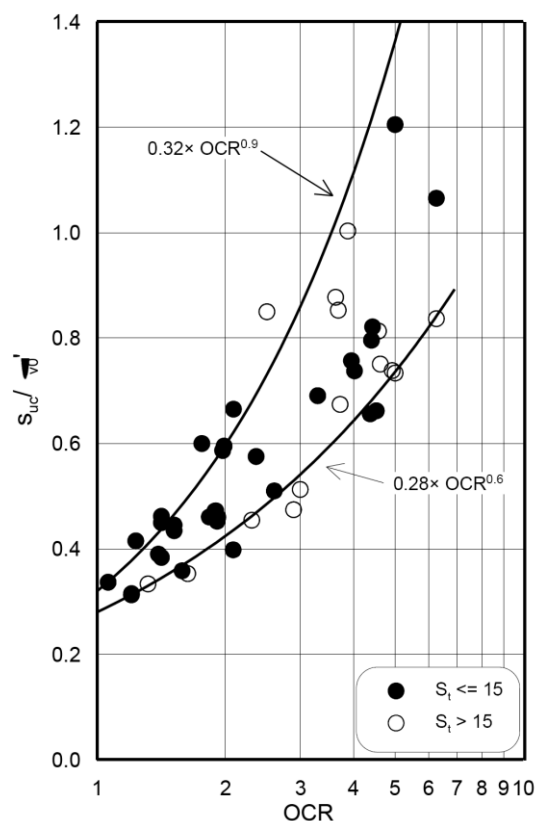
$$\left(\frac{c_u}{p'_0}\right)_{NC} = \text{normalisert fasthet for normalkonsolidert leire}$$

OCR = overkonsolideringsgrad

$$m = 0.85 - \frac{0.2 \cdot I_p}{100}, \text{er farmingsmessig mellom 0.60 og 0.90 for norske leirer}$$

m er beregnet basert på registrert  $I_p$  i opptatt prøveserie. For dette området var henholdsvis minste og største m, 0.81 og 0.84.

Relasjon mellom normalisert udrenert skjærfasthet fra aktive treaksialforsøk mot overkonsolideringsgrad basert på forsøk på blokkprøver er vist i Figur 5-1 (/7/).



Figur 5-1 Normaliserte verdier for  $c_{u;A}/p'_0$  plottet mot OCR (/7/)

Basert på det ovenstående og ødometerforsøk presentert i /6/ velger vi å legge inn følgende to uttrykk som hjelpelinjer ved vurdering av designlinje for  $c_{u;A}$ .

Under er det presentert formler for lavt og høyt estimat av erfaringsverdier for  $c_{u;A}$  basert på empiriske relasjoner presentert over.

$$c_{u;A} = 0.28 \cdot p'_0 \cdot OCR^{0.81} \quad (\text{Lav})$$



## Tolking av materialparametere

$$c_{u,A} = 0.32 \cdot p'_0 \cdot OCR^{0.84} \quad (\text{Høy})$$

Det er stor spredning i utledete skjærfastheter fra konus- og enaksforsøk. Berre (/8/) angir minimumsverdier for forholdet mellom udrenert skjærfasthet og effektivt overlagingstrykk for norske leirer, se /8/. Som nedre grense for udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{u,A}$ , benyttes 0,27 for kvikkleire og 0,29 for ikke kvikkleire.

Tabell 5-2 Erfaringsverdier (minimumsverdier) for  $c_u/p'_0$  i norske leirer (/7/)

Type materiale	$c_u/p'_0$		
	Aktiv treaks.	Direkte skjær	Passiv treaks.
Kvikkleire	0,27	0,16	0,03
Ikke kvikkleire, $I_p = 10-20 \%$	0,29	0,17	0,07

#### 5.4.4 $c_{u,A}$ fra trykksonderinger (CPTU)

Det er utført tre CPTU-sonderinger i området (/6/). CPTU er utført i 6003, 6016 og 6024. Alle sonderingene er klassifisert i anvendelsesklasse 1.

I tolkningsverktøyet for CPTU er det lagt inn hydrostatisk poretrykk tilsvarende GV i terreng. Da tolkning ble utført forelå det begrenset informasjon om poretrykksforholdene i området.

Poretrykkmålinger registrert i ettertid viser at poretrykk i dybden er høyere enn hydrostatisk poretrykk tilsvarende GV i terreng. Det er gjort en generell kontroll på at en differanse i in situ poretrykk på opp mot 20 -30 kPa ikke har store innvirkninger for tolkning av CPTU. Det er derfor ikke ansett som nødvendig å utføre en ny tolkning med bruk av redigert poretrykksprofil, da det vil gi forholdsmessig lite utslag på valg av skjærfasthetsprofil fra CPTU-tolkning.

Multiconsult har et egenutviklet tolkningsverktøy for tolkning og presentasjon av CPTU-sonderinger. Tolkningene er basert på dagens anerkjente metoder. Verktøyet gir blant annet mulighet for tolkning av udrenert skjærfasthet både med hensyn på effektiv spissmotstand ( $q_t - u$ ), netto spissmotstand ( $q_n = q_t - \sigma_{vo}$ ) og poreovertrykk ( $u - u_o$ ).

Det generelle formelgrunnlaget for tolkning er angitt nedenfor:

$$\text{Basert på spissmotstand, } q_n: \quad Su_A = \frac{q_n}{N_{kt}}$$

$$\text{Basert på poreovertrykk, } \Delta u: \quad Su_A = \frac{\Delta u_2}{N_{du}}$$

$$\text{Basert på effektiv spissmotstand, } q'_t: \quad Su_A = \frac{q'_t}{N_{ke}}$$

Tolkningsfaktorene  $N_{kt}$ ,  $N_{ke}$  og  $N_{du}$  kan velges fra empiriske variasjonsområder og korreleres mot poretrykksforholdet  $B_q$  eller laboratorieparameterne  $S_t$  (sensitivitet), OCR (overkonsolideringsforhold) og  $I_p$  (plastisitet) gjennom empiriske sammenhenger basert på treaksialforsøk på blokkprøver. I dette prosjektet er det valgt å korrelere mot poretrykksforholdet  $B_q$ . Da det er  $B_q$  vi har størst og best erfaring med til tolking av tilsvarende løsmasser.

De empiriske korrelasjonene mot  $B_q$  for  $N_{kt}$ ,  $N_{ke}$  og  $N_{du}$  som brukes i tolkningen er angitt nedenfor (fra: Karlsrud m. fl. (1996, 2005), Kirkebø (2006), Sandven (2007))

Tolking av materialparametere

$$N_{kt} = C_1 - C_2 \cdot B_q$$

$$N_{du} = C_3 + C_4 \cdot B_q$$

$$N_{ke} = C_5 - C_6 \cdot B_q$$

I denne tolkingen legger vi hovedvekt på  $N_{du}$ , men støtter oss på  $N_{kt}$  og  $N_{ke}$  i de tilfellene vi ikke har oppnådd tilfredsstillende metning av poretrykksfilter. Erfaringsmessig gir  $N_{du}$  den beste tolkingen av leirmateriale. Dette fordi spissmotstanden normalt vil være lav i bløt leire, som medfører at måleunøyaktighet får stor betydning, mens poreovertrykket vil være høyt (stor verdi) og måleunøyaktighet får erfaringsmessig mindre betydning.

Empirisk variasjonsområde for korrelasjonsfaktorene  $C_1 - C_6$  er vist i Tabell 5-3.

Tabell 5-3 Empirisk variasjonsområde for korrelasjonsfaktorene  $C_1 - C_6$

Formel	Faktor	Korrelasjonsfaktorer		
		Middel kurve	Høy	Lav
$s_{uA} = q_n / (C_1 - C_2 \cdot B_q)$	$C_1$	18.7	20.5	16.5
	$C_2$	12.5	12.1	10
$s_{uA} = \Delta u_2 / (C_3 + C_4 \cdot B_q)$	$C_3$	1.8	2.2	1.0
	$C_4$	7.25	7.7	7.1
$s_{uA} = q'_t / (C_5 - C_6 \cdot B_q)$	$C_5$	13.8	15.6	11.8
	$C_6$	12.5	13.4	11.1

De empiriske korrelasjonene med  $B_q$  er etablert ut fra treaksialforsøk på høykvalitets blokkprøver og representerer peak-verdier for brudd. Det er derfor forventet at tolket  $c_{u;A}$  fra CPTU vil ligge noe over det som framkommer fra treaksialforsøk

Ved uttak av karakteristiske verdier med støtte i CPTU-tolking, innebærer anerkjent praksis at tolket udrenert skjærfasthet fra CPTU normalt reduseres for at designparameterne skal ligge i rimelig avstand fra brudd. Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTU er redusert med 15 % /3/.

I og med at massene er lagdelte med varierende fasthet (og massetype) og stor variasjon i poretrykksrespons mellom lagene, har vi valgt å legge korrelasjonsfaktorene for  $N_{kt}$ ,  $N_{ke}$  og  $N_{du}$  ( $C_1 - C_6$ ) på "middelkurve" og tolker  $c_{u;A}$  med hensyn til alle tre korrelasjonene (med  $N_{kt}$ ,  $N_{ke}$  og  $N_{du}$ ) i CPTU-sonderingene.

$c_{u;A}$  er derfor i våre tolkninger av CPTU tolket med følgende empiriske sammenhenger:

$$s_{uA} = \frac{q_n}{N_{kt}} = \frac{q_n}{(C_1 - C_2 \cdot B_q)} = \frac{q_n}{(18,7 - 12,5 \cdot B_q)}$$

$$s_{uA} = \frac{\Delta u_2}{N_{du}} = \frac{\Delta u_2}{(C_3 + C_4 \cdot B_q)} = \frac{\Delta u_2}{(1,8 + 7,25 \cdot B_q)}$$

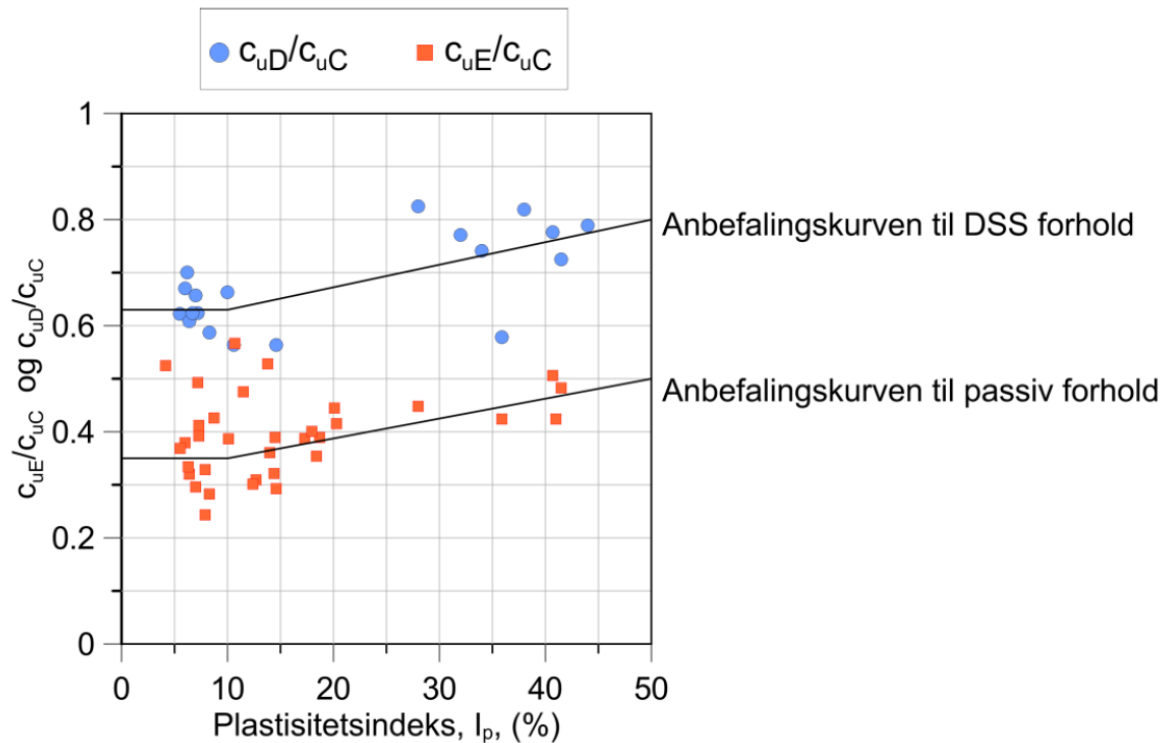
$$s_{uA} = \frac{q'_t}{N_{ke}} = \frac{q'_t}{(C_5 - C_6 \cdot B_q)} = \frac{\Delta u_2}{(13,8 - 12,5 \cdot B_q)}$$

## Tolking av materialparametere

Korrelasjonene i forhold til  $B_q$  er etablert ved forsøk på leirer med typiske  $B_q$  – verdier i området 0,5-0,9. De etablerte korrelasjonene blir mer unøyaktige ved  $B_q$ - verdier utenfor dette området.

### 5.4.5 Anisotropiforhold

Vi har få holdepunkter fra utførte undersøkelser for å fastlegge forholdet mellom aktiv, passiv og direkte udrenert skjærfasthet (det er kun utført aktive treaksialforsøk). I henhold til NIFS Rapport nr .14 (/4/) kan man, dersom stedsspesifikke data ikke foreligger, basert på målt  $I_p$ , benytte anisotropiforhold presentert i Figur 5-2 og Tabell 5-4.



Figur 5-2 Omforent anbefaling av anisotropifaktorer /4/.

$I_p$	$c_{uD}/c_{uC}$	$c_{uE}/c_{uC}$
$I_p \leq 10 \%$	0,63	0,35
$I_p > 10 \%$	$0,63+0,00425*(I_p -10)$	$0,35+0,00375*(I_p -10)$

Tabell 5-4 Omforent anbefaling av anisotropifaktorer etter /4/.

For det aktuelle området har vi målt  $I_p$  varierende fra 3.9 til 21.8 %, men ligger i hovedsak rundt 15%. Basert på NIFS rapport nr. 14, får vi et anisotropiforhold rundt:

$$c_{u;D}/c_{u;A} = 0.65$$

$$c_{u;P}/c_{u;A} = 0.37$$

Tolking av materialparametere

#### 5.4.6 Skjærfasthetsprofil basert på BP 6003

Utførte grunnundersøkelser og empiriske data presentert over gir grunnlag for å etablere skjærfasthetsprofil for området. Profilet er etablert med bakgrunn i undersøkelsene utført vest for Audenbølveien ved PR 16200. Skjærfastheten er tolket fra mest relevante prøveserier, der beliggenhet og prøveforstyrrelse er vurdert.

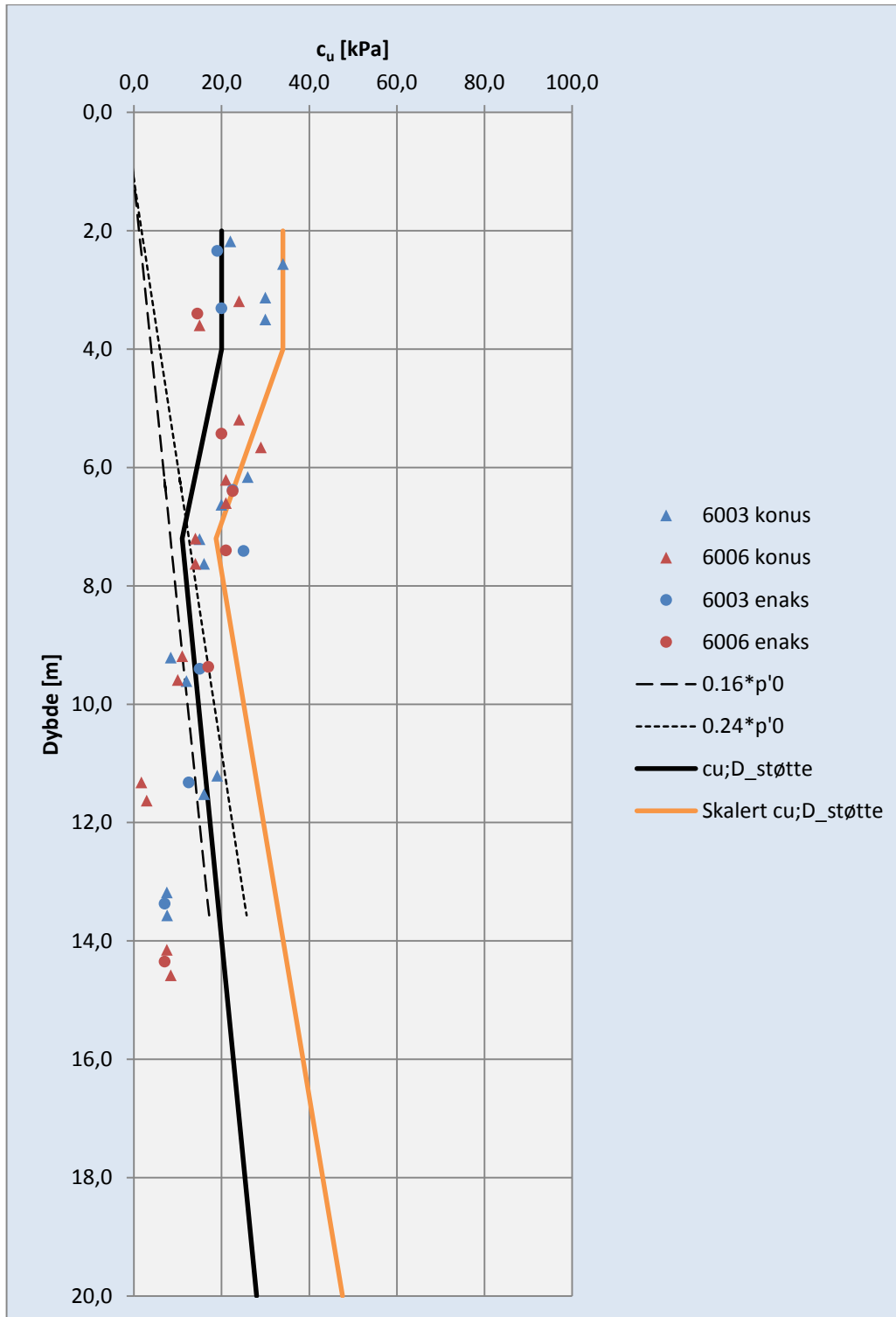
På bakgrunn av etablerte poretrykkmålere og utførte målinger er det etablert et poretrykkprofil med 10 kPa overtrykk for området. Poretrykkprofilet er benyttet for bestemmelse av  $p'0$  som videre er benyttet for å bestemme empiriske verdier. I tolkning av CPTU er det benyttet poretrykk tilsvarende hydrostatisk poretrykk med grunnvann i terreng, se avsnitt 5.4.4.

##### Rutineundersøkelser

Figur 5-3 viser resultater fra indeksdata (enaks og konus) fra prøveserier utført i området, samt valgt støtteprofil for  $c_{u,D}$ . Fra 7m dybde er støtteprofil for  $c_{u,D}$  lagt på mellom erfaringsverdier tilsvarende  $0.16 \cdot p'0$  og  $0,24 \cdot p'0$ . Årsaken til at enkelte av resultatene fra 10-12 m dybde viser svært lav skjærfasthet er prøveforstyrrelse, og det er derfor sett bort fra disse resultatene for bestemmelse av skjærfasthetsprofil.

Det er også vist støtteprofil skalert til tilsvarende aktiv skjærfasthet for videre sammenligning ved bestemmelse av designprofil.

Tolking av materialparametere



Figur 5-3  $c_{u,D}$  basert på rutineundersøkelser

## Tolking av materialparametere

CPTU og treksialforsøk

Figur 5-4 nedenfor viser tolket aktiv udrenert skjærfasthet  $c_{u,A}$  fra CPTU-sonderinger sammen med tolket  $c_{u,A}$  fra utførte aktive treksialforsøk (ref. kap. 5.4.2, kap.5.4.4 og /5/). CPTU-en utført i BP 6003, treksialforsøk er tatt fra BP 6006.

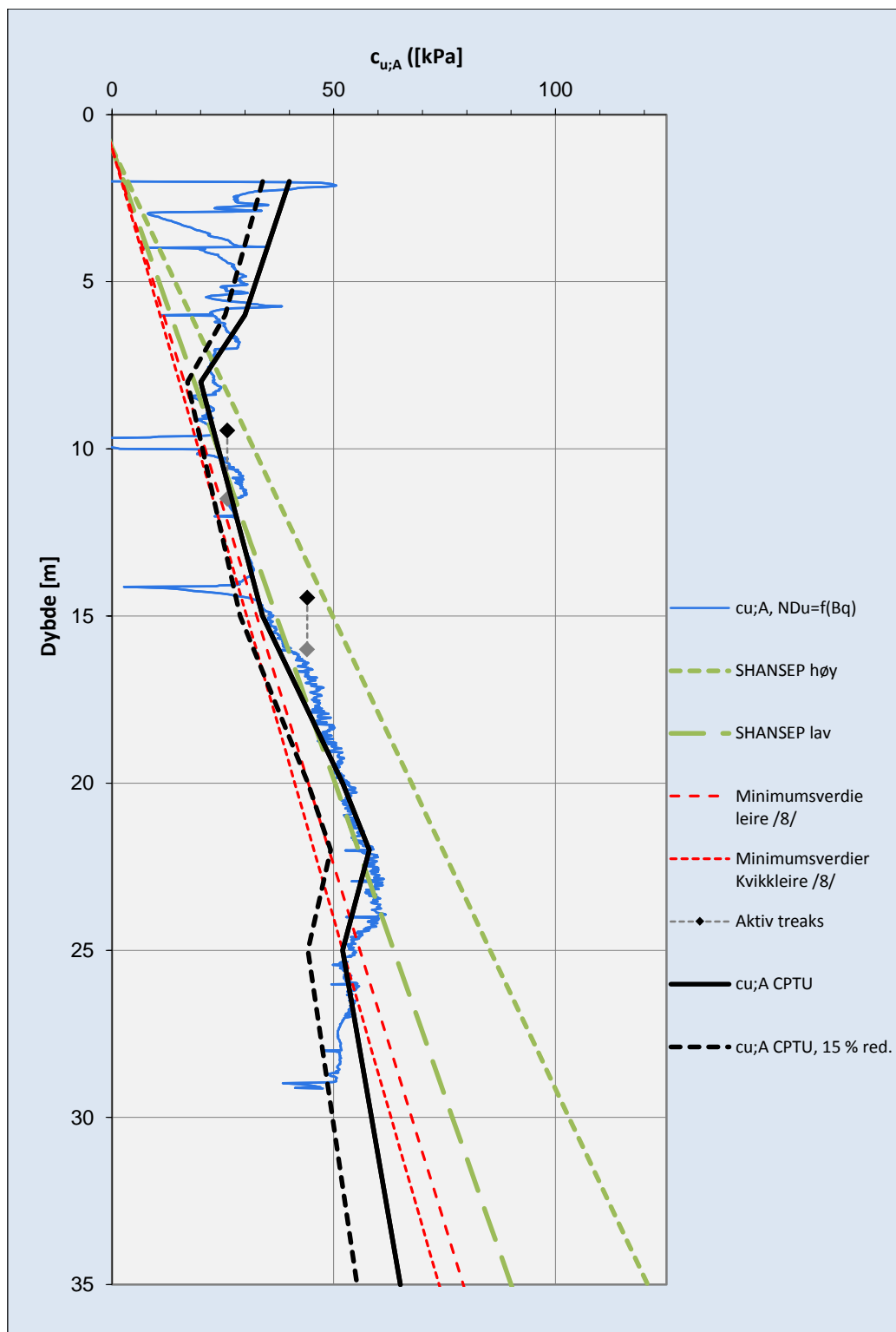
De to treksialforsøkene viser ikke tilfredsstillende kvalitet og er kun brukt som sammenligningsgrunnlag. Forsøkene ble konsolidert med noe for høy konsolideringsspenning, og er dybde i for tolkning av skjærfasthetsprofil er derfor justert, se også avsnitt 5.4.2. Justert dybde er markert med grå markør i Figur 5-4 og Figur 5-5.

CPTU-en viser dårlig poretrykksrespons ned til ca. 5 m dybde, og bør ikke vektlegges i bestemmelse av endelig designprofil. Fra 5 m dybde viser sonderingen god poretrykksrespons, og tolkning av skjærfasthet er basert på korrelasjon med  $N_{du}$  i hele profilet.

Fra 7 m dybde viser tolkning av CPTU-en  $B_q > 0,9$ , noe som er typisk for sensitive leire og som igjen fører til urealistisk lave verdier for  $N_{du}$ . I tolkningsprogrammet er her  $N_{du}$  justert til 10. CPTU-sonderingen viser, som totalsonderingen, meget bløte masser fra ca. 22m dybde. Mellom 8 og 22 m dybde tilsvarer tolkning fra CPTU omtrent SHANSEP lav.

Der profilet for skjærfasthetslinja er basert på CPTU-tolkningen det lagt inn en 15 % reduksjon i skjærfasthet (stiplet linje).

Tolking av materialparametere



Figur 5-4  $c_{u;A}$  basert på CPTU og aktiv treks

## Tolking av materialparametere

Valgt  $c_{u;A}$ -designprofil

Figur 5-5 viser sammenstilling av  $c_{u;A}$  tolket fra CPTU og treaksialforsøk,  $c_{u;A}$  skalert fra valgt  $c_{u;D}$  og valgt  $c_{u;A}$ -designprofil.

Designprofilet er valgt tilsvarende 15 % redusert -linja fra tolkning av CPTU/treaks fram mot 22 m. Fra 22 m dybde er designlinja rettet mot og langs minimumsverdier for kvikkleire.

- Ned mot 8 m er valgt designlinje basert på utførte treaksialforsøk, tolkning av CPTU (med 15 % reduksjon i styrke) og rutineundersøkelser.
- Mellom 8-22 m dybde baseres tolkning på CPTU (med 15 % reduksjon i styrke).
- Fra 22 m dybde ligger designlinje langs minimumsverdier for kvikkleire

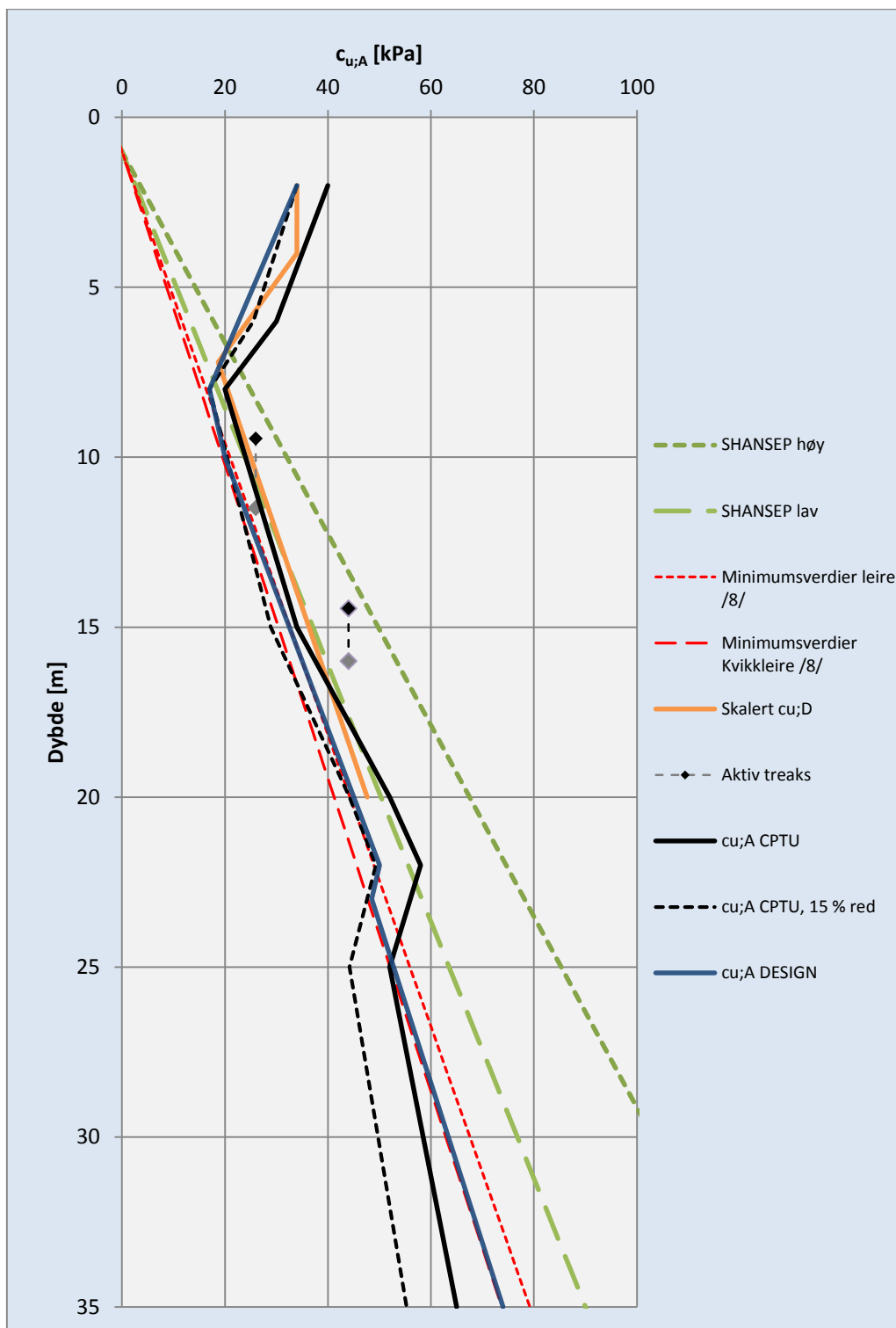
Tabell 5-5 viser valgte verdier for designlinje

Tabell 5-5 Verdier for valgt designlinje

Dybde [m]	$c_{u;A}$ [kPa]
2	34
8	17
10	20
22	50
23	48,5
35	74



Tolking av materialparametere



Figur 5-5  $c_{u;A}$  design

Tolking av materialparametere

#### 5.4.7 Skjærfasthetsprofil basert på BP 6016 og BP 6024

Utførte grunnundersøkelser og empiriske data presentert over gir grunnlag for å etablere skjærfasthetsprofil for området. Profilet er etablert på bakgrunn av undersøkelsene utført mellom Thingstadgulbekken og Bergerveien omkring PR 16800 -PR 17000. Skjærfastheten er tolket fra mest relevante prøveserier, der beliggenhet og prøveforstyrrelse er vurdert.

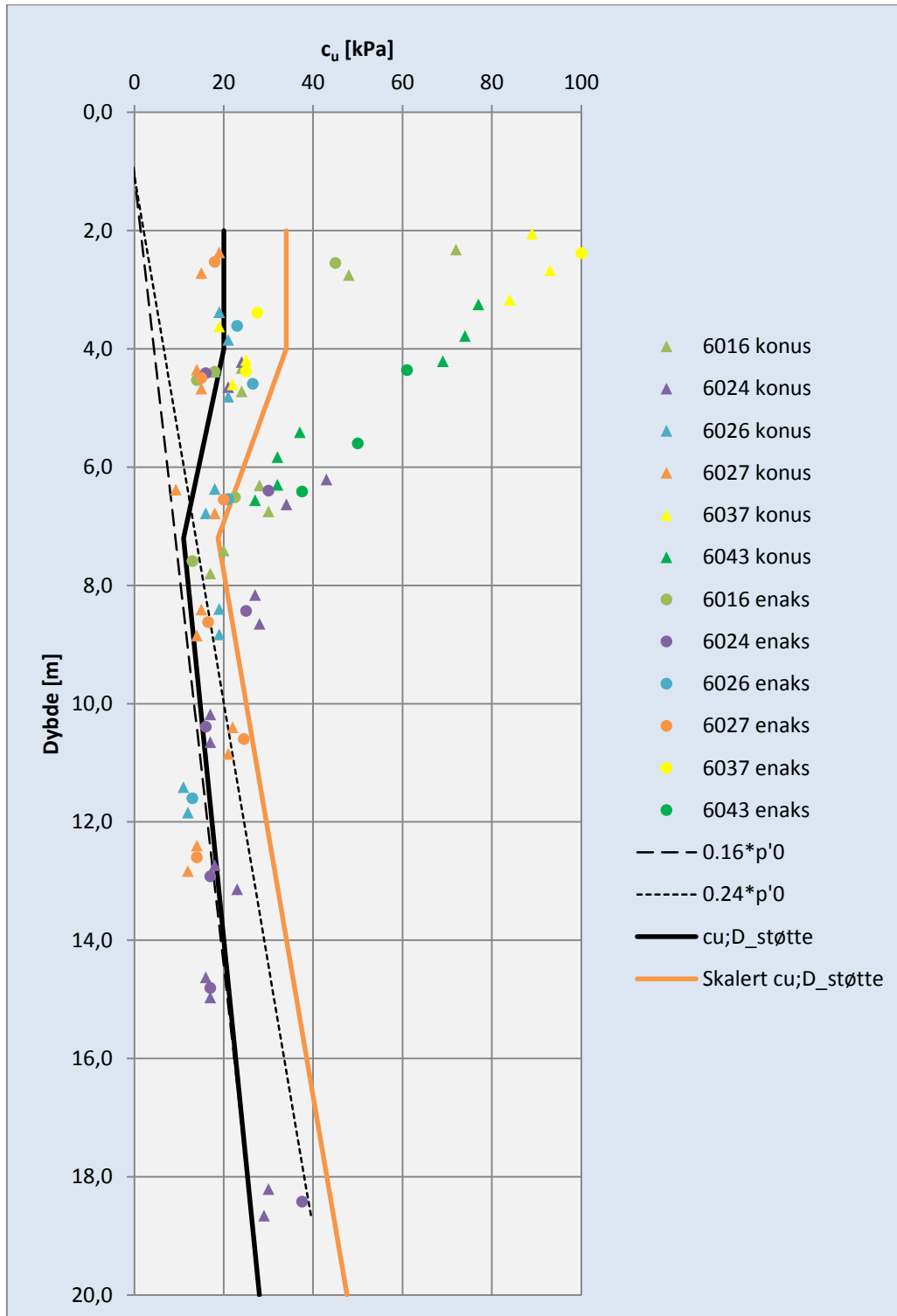
På bakgrunn av etablerte poretrykkmålere og utførte målinger er det etablert et poretrykksprofil med 10 kPa overtrykk for området. Poretrykksprofilet er benyttet for bestemmelse av  $p'0$  som videre er benyttet for å bestemme empiriske verdier. I tolkning av CPTU er det benyttet poretrykk tilsvarende hydrostatisk poretrykk med grunnvann i terreng, se avsnitt 5.4.4.

##### Rutineundersøkelser

Figur 5-3 viser resultater fra indeksdata (enaks og konus) fra prøveserier utført i området, samt valgt støtteprofil for  $c_{u,D}$ . Det er også vist støtteprofil skalert til tilsvarende aktiv skjærfasthet for videre sammenligning ved bestemmelse av designprofil.

Det er utført en rekke rutineundersøkelser på prøver tatt opp fra området. Ned mot 7 m dybde viser resultatene relativt stor spredning i styrke. I øvre del er valgt skjærfasthetsprofil valgt i området hvor lavest styrke fra rutineundersøkelsene er funnet. Fra ca. 8 m dybde tilsvarer valgt designprofil  $0,16 \cdot p'0$ .

Tolking av materialparametere



Figur 5-6  $c_{u,D}$  basert på rutineundersøkelser

## Tolking av materialparametere

CPTU og treaksialforsøk

Figur 5-7 viser tolket aktiv udrenert skjærfasthet  $c_{u,A}$  fra CPTU-sonderinger sammen med tolket  $c_{u,A}$  fra utførte aktive treaksialforsøk (ref. kap. 5.4.2, kap.5.4.4 og /5/). CPTU-ene er utført i BP 6016 og 6024, treaksialforsøk er tatt fra BP 6024,6026 og 6027.

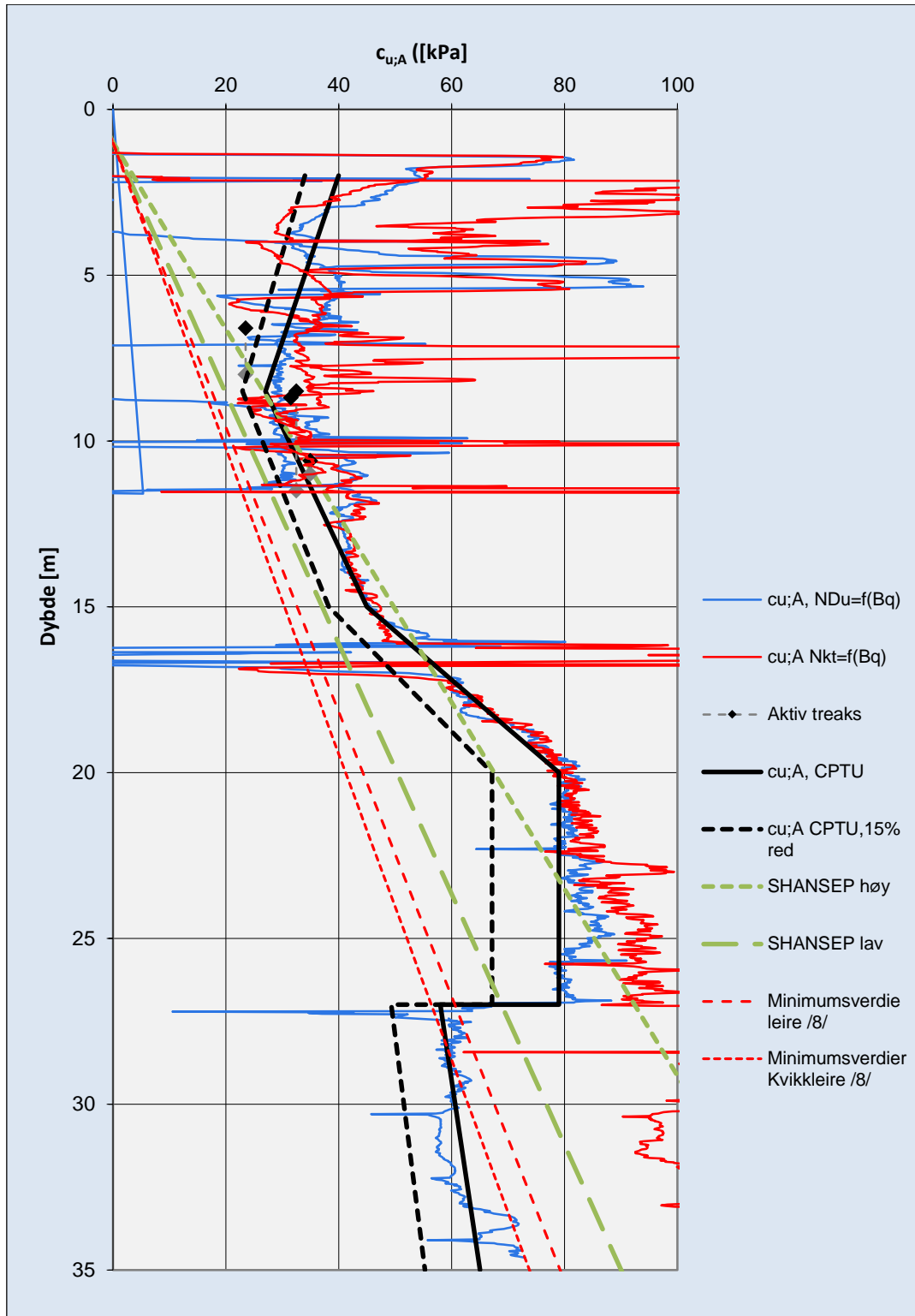
Treaksialforsøket 6,6 m dybde (BP 6027) viser god kvalitet, og er vektlagt i tolkning. De resterende treaksialforsøkene ikke viser tilfredsstillende kvalitet, og disse er derfor kun brukt som sammenligningsgrunnlag. Forsøkene ble konsolidert med noe for høy konsolideringsspenning, dybde i for tolkning av skjærfasthetsprofil er derfor justert, se også avsnitt 5.4.2. Justert dybde er markert med grå markør i Figur 5-7 og Figur 5-8.

CPTU fra 6016 viser god poretrykksrespons i hele dybden. CPTU fra 6024 viser god poretrykksrespons fra ca. 8 m dybde. Tolking av skjærfasthet er basert på korrelasjon med  $N_{du}$  i hele profilet.

Fra 27 m dybde viser tolkning av CPTU-en fra BP 6024  $B_q > 0,9$ , noe som er typisk for sensitive leire og som igjen fører til urealistisk lave verdier for  $N_{du}$ . I tolkningsprogrammet er her  $N_{du}$  justert til 10. CPTU-sonderingen viser, som totalsonderingen, meget bløte masser fra ca. 22m dybde.

Der profilet for skjærfasthetslinja er basert på CPTU-tolkningen det lagt inn en 15 % reduksjon i skjærfasthet (stiplet linje). Tolking av CPTU med 15 % reduksjon stemmer godt med treaksialforsøket i 6,6 m dybde (justert dybde for tolkning).

Tolking av materialparametere



Figur 5-7  $c_{u;A}$  basert på CPTU og aktiv treaks

## Tolking av materialparametere

Valgt  $c_{u;A}$ -designprofil

Figur 5-5 viser sammenstilling av  $c_{u;A}$  tolket fra CPTU og treaksialforsøk,  $c_{u;A}$  skalert fra valgt  $c_{u;D}$  og valgt  $c_{u;A}$ -designprofil.

Designprofilet er valgt tilsvarende 15 % redusert -linja fra tolkning av CPTU/treaks fram mot 27 m. Fra 27 m viser tolkning av CPTU svært lave verdier, og fra 27 m dybde går designlinja langs minimumsverdier for kvikkleire.

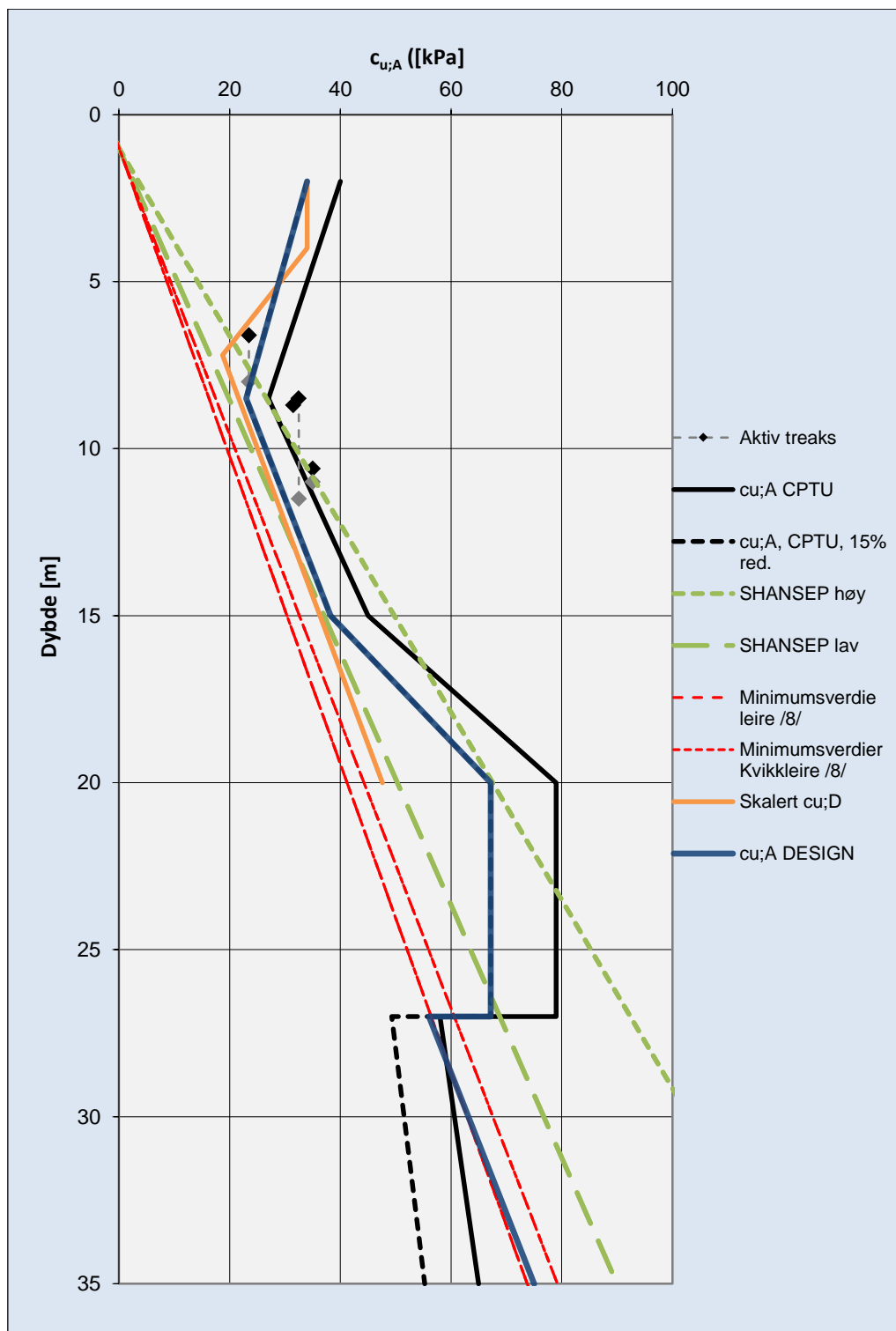
- Ned mot 8 m er valgt designlinje basert på utførte treaksialforsøk, tolkning av CPTU (med 15 % reduksjon i styrke) og rutineundersøkelser.
- Mellom 8-27 m dybde baseres tolkning på CPTU (med 15 % reduksjon i styrke).
- Fra 27 m dybde ligger designlinje langs minimumsverdier for kvikkleire

Tabell 5-6 viser valgte verdier for designlinje

Tabell 5-6 Verdier for valgt designlinje

Dybde [m]	$c_{u;A}$ [kPa]
2	34
8,5	23
15	38
20	67
27	67
27	56
35	75

Tolking av materialparametere



Figur 5-8  $c_{u,A}$  design

## 6 Evaluering av geoteknisk informasjon

Dette kapitlet påpeker sentrale momenter i forhold til den geotekniske informasjonen som foreligger, samt oppsummerer det viktigste forutsetninger og parametere som legges til grunn for geoteknisk prosjektering:

- Det utførte grunnundersøkelsene på området gir et relativt godt grunnlag for vurdering av massenes sammensetning og geotekniske parametre
- De utledede verdiene for geotekniske parametere er i samsvarer med forventede verdier for denne typen masser, jamfør erfaringstall og empiriske relasjoner som beskrevet i kap 5
- Det er registrert poreovertrykk i området som må hensynstas i forbindelse med den geotekniske prosjekteringen

## 7 Oppsummering – geotekniske parametere

Jordparametere som grunnlag for de geotekniske analysene er kvantifisert i form av flere parametere. De viktigste er beskrevet i Tabell 7-1.

Det er etablert et poretrykksprofil  $u(z)$  basert på resultatene fra poretrykksmålere.  $u(z)$  tilsvarer 10 kPa overtrykk i forhold til hydrostatisk poretrykk med grunnvann i terreng for hele profilet.

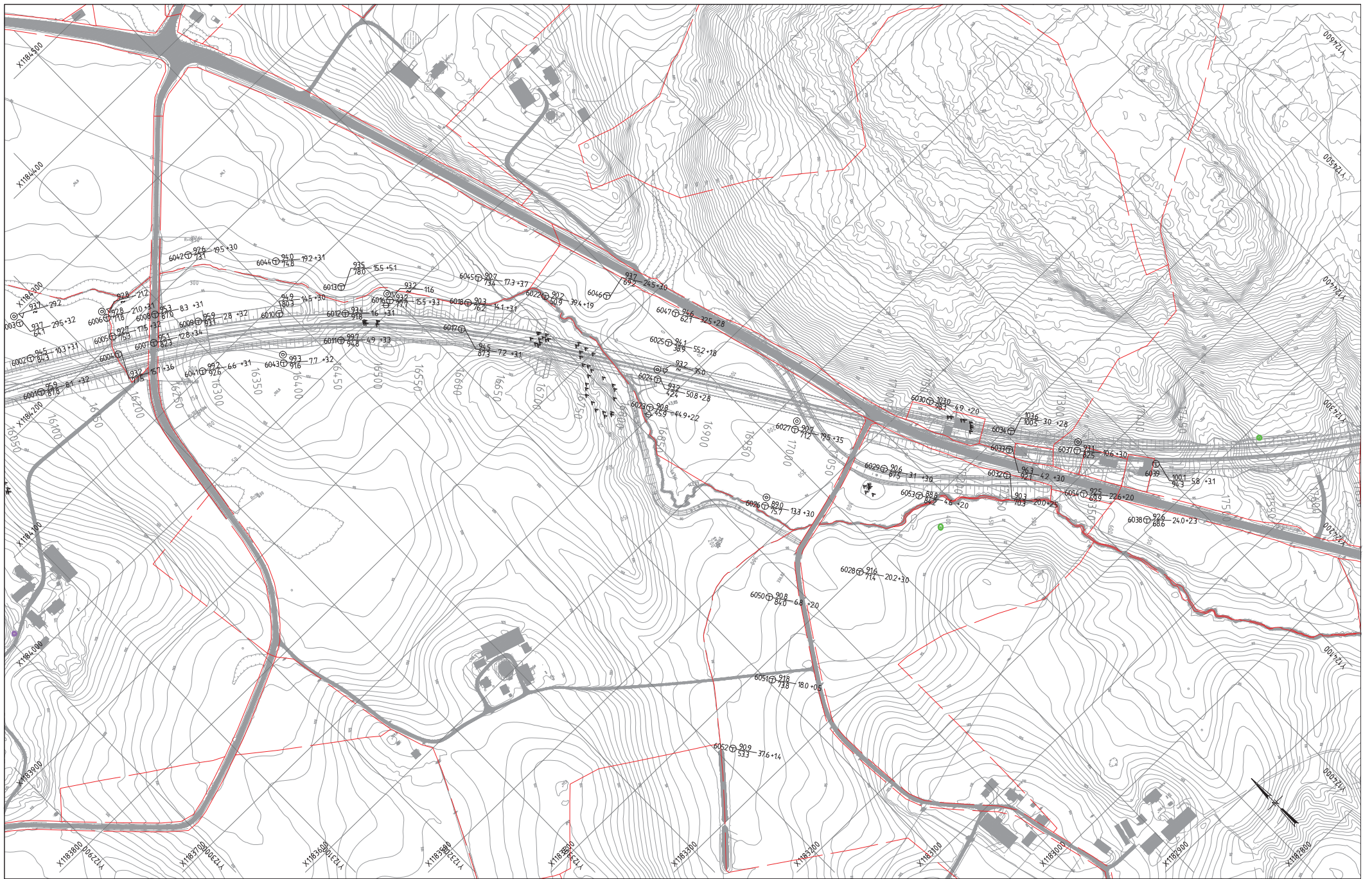
Tabell 7-1 Jordparametere for geotekniske analyser.

Parametertype	Notasjon		Enhet
Indeksparameter:	Romvekt ( $\gamma$ )	19	[kN/m <sup>3</sup> ]
In situ-spenning og spenningshistorie:	Effektivt overlagingstrykk ( $\rho_0'$ ),	$9 \cdot z - u(z)$	[kN/m <sup>2</sup> ]
Skjærfasthet:	Udrenert skjærfasthet ( $c_u$ )	Se Figur 5-5 og Figur 5-8	[kN/m <sup>2</sup> ]

## 8 Vedlegg

1. Borplan grunnundersøkelser





**SYMBOLER**

- Dreiesondering
- ⊕ Fjellkontrollboring
- ⊙ Prøveserie/Skovboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering
- ⊙ Dreietrykkssondering
- Prøvegrop
- ▲ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊕ Vingeboring

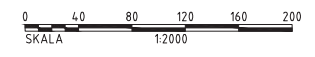
Borhull nr.    Terreng (bunn) kote    Boret dybde + (boret i fjell)  
 Antall fjellkote

Kartgrunnlag : Mottatt fra Oppdragsgiver  
 Geometri : Mottatt fra AsplanViak januar 2015  
 Utgangspunkt for nivåelement : Innmålt av ScanSurvey, Koordinatsystem NTM 10, H: NN54



**HENVISNINGER**

TVERRPROFILER: TEGNING 125103-6000-1XX  
 LENGDEPROFILER: TEGNING 125103-6000-2XX



01	SUPEL GRUNNUNDERSØKELSER RUNDE 2 OG 3	12/02/2018	MS	JOH	MHB
00	RAPPORTERING RUNDE 1	31/01/2014	MS	MHB	DAF
Rev. 1	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontroll	Godk.
BORPLAN		Tegningens filnavn: 125103-ARB-OPR-1 ROV-TEGNINGER\UTFØRTE GRUNNUN			
STATENS VEGVESEN REGION ØST E18 RETVET-VINTERBRO		Skala	12000	Godkjent	DAF
www.multiconsult.no		Dato	31/01/2014	Original format	MHB
		Oppgavnr.	125103	Tegning	MS
			6000-1	Rev.	01