



Statens vegvesen

E18 Kopstad - Gulli Erfaringer med bruk av vertikale dren

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2496



Region sør
Teknologiavdelingen
Dato: 2007-10-15



Statens vegvesen

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2496

Tittel

E18 Kopstad - Gulli Erfaringer med bruk av vertikale dren

Utarbeidet av

Carl Erik Dahl

Dato:

2007-10-15

Saksbehandler

Carl Erik Dahl

Prosjektnr:

Kontrollert av

Carl Erik Dahl

Antall sider og vedlegg:

19/65

Sammendrag

Rapporten beskriver bruken og erfaringene med prefabrikkerte vertikale dren på en strekning på til sammen 2000 m. Det er brukt vertikale dren av type MEBRA-DRAIN MD 7007. Vertikale dren er satt ned under hele vegbredden på 4-felt ny E18 og under støyvoll. Løsningen ble valgt med bakgrunn i den forholdsvis korte byggetiden og et behov for forbelastning av vegfyllingen, samtidig med at det var god tilgang på sprengstein fra tunneldrivingen nært inn mot det aktuelle området. Forbelastningen ble liggende i en periode på nærmere et år. For bruene langsetter veglinja, så er disse fundamentert på peler, og forbelastningsområdet inn mot disse bruene har ligget i en noe kortere periode. Bak landkarene på bruene er fyllingene bygget opp med bruk av lettklinker eller ekspandert polystyren EPS. Ferdig vegfyllinger er i størrelse 2 - 5 m og støyvollene med største høyde på 5 meter. Forventede setninger var uten bruk av vertikale dren opp mot 60 cm over en periode på flere 10 år. Med bruk av forbelastning på tradisjonelt vis ville det være behov for 2 - 3 år for å få akseptable restsetninger, men samtidig ble en slik løsning usikker med tanke på fyllingshøyde og stabilitet. Forbelastningshøyden/overhøyden på fyllingen har vært i størrelse 1,5 - 2 meter, og på partier er oppfyllingene kontrollert med poretrykksmålere. Bruken av poretrykksmålere har på deler av strekningen vært en nødvendighet med tanke på oppfyllingstakten på fyllingen frem til ferdig fyllingshøyde. Prinsippet med bruk av vertikale dren og forbelastning med overhøyde er at de totale setningene etter forbelastningsperioden skal være større enn de teoretisk beregnede setningene over mange år med kun belastning fra vegfyllingen. Totalt er det satt ned 345 830 lm med vertikale dren. Det er lagt ut en gruspute med tykkelse 30 - 50 cm over et område på 90 000 m², totalt 38 000 m³. Forbelastning og senere fjerning av 100 000 m³ sprengstein. Totale kostnader kr 8 590 000. Dette gir en pris på kr 25/lm vertikale dren eller kr 95/m² forsterket jord.

Summary

Emneord:

Vertikale dren, setninger, stabilitet, poretrykk

INNHOLD

INNLEDNING / PROSJEKTBEKRIVELSE	3
GRUNNFORHOLD	3
VURDERINGER OG VALG AV TILTAK	5
DIMENSJONERING AV VERTIKALE DREN	6
INSTALLASJON AV VERTIKALE DREN	8
KONTROLL	12
AVRENNING AV DRENSVANNET	13
UTLEGGING AV STEINFYLLING MED OVERHØYDE	14
LETTKLINKERFYLLINGER / EPS INN MOT BRULANDKAR	15
BEREGNING AV SETNINGER	16
MÅLING AV PORETRYKK	16
MÅLING AV SETNINGER	17
SLUTTKOMMENTAR	19
REFERANSER	19

VEDLEGG:

1. Oversiktskart E18 Kopstad – Gulli
2. Tverrprofiler /Grunnforhold
3. Ødometerresultater
4. Treksialforsøk
5. Profil for vertikale dren / Mengder
6. Poretrykksmålinger
7. Beregnede setninger / Målte setninger med plate
8. Målte setninger med slangesetningsmåler

INNLEDNING

I forbindelse med bygging av ny 4-felts motorveg E18, på strekningen Kopstad – Gulli er det over en strekning på 2 km utført en løsning med bruk av vertikale dren, kombinert med forbelastning ved at fyllingen er lagt ut med overhøyde. Den aktuelle strekningen ligger på et lavområde med til dels bløte avsetninger av siltig leire og leire. Store deler av området har bløt kvikk leire under et topplag varierende fra 0,5 – 3 meter med noe fastere tørrskorpe.

Eksisterende E18 krysser gjennom det samme området, og ligger stort sett i høyde med sideterrenget. Den planlagte nye traseen vil bli liggende med en fyllingshøyde fra 2 – 5 meter over terreng, og det ble beregnet teoretiske setninger i størrelse opp mot 60 cm over en periode på flere tiår. Under støyvollen inn mot veglinja ville forventede setninger komme opp mot 90 cm. Dybden til fjell eller fast grunn er også stedvis sterkt varierende, med dertil fare for store skjevsetninger på sikt. På den aktuelle strekningen avbrytes vegfyllingen på 3 steder av langsgående bruer fundamentert på pelar til fjell.

Flere setningsreducerende tiltak, som bruk av lettklinker i fylling og undergrunn, kalk- / sementpelar og ekspandert polystyren EPS, ble vurdert. Kostnadmessig ble alle disse løsningene forkastet, da det her var snakk om en forholdsvis lang strekning. En løsning med bruk av en tradisjonell oppfylling med overhøyde og forbelastning var en mulig alternativ løsning, men denne løsningen krevde flere år med forbelastning, uten at man var sikker på å få en god løsning. Denne løsningen krevde også en oppfyllingsplan som tok for lang tid med tanke på poretrykksøkning i grunnen og dermed redusert stabilitet.

Byggetiden på prosjektet var også avgjørende for valget av løsning. Byggetiden tilsa kun en forbelastning over en periode på maksimalt et år. Samtidig var det god tilgang på sprengstein fra tunneldrivingen nært inn mot det aktuelle området.

Løsningen med bruk av vertikale dren og overhøyde, ble beregningsmessig vurdert som en tilfredsstillende løsning. Usikkerheten lå i at man kun hadde et knapt år på seg til forbelastning, og spørsmålet ble om man fikk de forventede setningene over den korte perioden på et år, eller om man trengte lengre tid.

GRUNNFORHOLD

Grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger for det aktuelle området er presentert i geoteknisk rapport oppdrag 99B rapport nr.1, mai 2004, E18 Kopstad – Gulli Parsell 2, Solerød – Gulli, Profil 4400 – 11500. Aktuelle profiler er vist i vedlegg 2.

Profil 7235 - 8100

Området hvor det er valgt en løsning med bruk av vertikale dren er på strekningen profil 7235 – 10150. Strekningen blir avbrutt av 3 langsgående bruer, Tveitenelva Nordre bruer, Tveitenelva Midtre bruer og Eikebergmyra bruer. Tveitenelva Nordre er fundamentert på 25 m lange friksjonspeler, Tveitenelva Midtre er fundamentert på borede stålkjernepeler og Eikebergmyra bruer er fundamentert på betongpeler til fjell.

Grunnundersøkelsene er utført med bakgrunn i en byggeplan, og det er utført omfattende undersøkelser langs hele vegstrekningen med totalsonderinger, vingeboringer og 54-mm prøveserier. Det er utført treaksialforsøk på en prøveserie, og det er kjørt kontinuerlig ødometer på 3 av prøveseriene i tillegg til rutineundersøkelsene. Treaksialforsøkene og ødometer er kun utført i det nordre området frem til profil 8000.

Undersøkelsene viser avsetninger av bløt, siltig leire, leirig silt og leire på hele strekningen frem til profil 8100. Ved profil 7150 kommer linja ut av Hem tunnel, og går gradvis over fra fjell og ut på bløte avsetninger. Her ligger vegen delvis langs Undrumsdalsåsen, og man får en

løsning hvor veien ligger delvis på fjell i innersiden og hvor fjellet stuper bratt ned under de ytterste kjørefeltene. Dette gir fare for store skjevsetninger. På det første partiet hvor linja ligger nært inn mot åsen er det registrert Su-skjærstyrke ned mot 10-12 kN/m², og det er registrert bløt kvikkleire i dybden under 2 – 3 meter. Sensitiviteten på dette partiet er meget høy under det øverste topplaget, og varierer fra 70 – 190 i dybden. Vanninnhold er opp mot 40% og romvekt på 18 – 19 kN/m³. Dette området strekker seg frem til ca profil 8100 ved overgangen til kryssingen av Undrumsdalsbekken og Tveitenelva nordre bruer og i en bredde på 50 – 60 meter ut fra åsen på innsiden. Den forholdsvis høye sensitiviteten og kvikkleire antas å ha blitt dannet gjennom lang tid med bakgrunn i stort vanntilsig fra åsen på innsiden. Jo lenger man kommer ut fra åsen jo bedre blir grunnforholdene. Flere av borepunktene i dette området viser også et artesisk trykk i grunnen. Hele dette første området har økende løsmassetykkelse i dybden, jo mer man kommer ut fra åsen på innsiden. Ved Tveitenelva nordre bruer ved profil 8100 ligger fjelldybden på mer enn 70 m. Det som antas som bløte setningsgivende avsetninger strekker seg i dybden ned mot 30 meter.

Profil 8100 - 8800

Videre fremover i linja frem til profil 8800 er det de samme avsetningene av siltig leire og leirig silt, men med noe varierende fasthet. Fastheten på avsetningene er stort sett noe høyere i dette området med Su-skjærstyrke på 20 – 30 kN/m². Det er her registrert en del innblanding av humus i det øvre topplaget ned mot 4 meter. Det er også funnet humusinnblanding stedvis i større dybde. Massene i dette området har en middels sensitivitet på 10 – 20, og det er ikke registrert kvikk leire ved laboratorieundersøkelsen. Vanninnholdet er 40% og tyngdetetthet i størrelse 17 – 18 kN/m³. Dybden til fjell er 40 – 60 meter og antatt setningsgivende avsetninger ned mot 30 – 40 meter. På dette partiet krysser også linja på nytt over Tveitenelva, med Tveitenelva midtre bruer, og den krysser også her eksisterende E18.

Profil 8800 - 9350

Videre fremover i linja til vegen blir liggende på fjell ved profil 9350, stiger fjellet mer og mer opp. I tverrprofilen i dette området varierer løsmassetykkelsen med store variasjoner, fra 4 – 20 meter. Det er avsetninger av siltig leire og leirig silt med en tendens til bløtere avsetninger fremover i linja. Det er registrert noe humus, og et høyere vanninnhold, opp mot 60%, med romvekt på avsetningene i størrelse 17 – 18 kN/m³. Sensitiviteten i dette området er registrert til opp mot 30, det vil si i overgangen til meget sensitiv. Vanninnholdet ligger også noe over flytegrensen, noe som indikerer meget bløte avsetninger. Anleggsmessig var det her stedvis store problemer med anleggstrafikken, og den bløte leira må betegnes som kvikk. Dette området ligger inn mot høydedraget Eikebergåsen. Den samme tendensen som nevnt tidligere finner man også her, med stor vannstrømming fra det høyereliggende området, og et artesisk trykk i grunnen.

På denne strekningen passerer veglinja under høyspentledningene inn til Vestfold kraft. På deler av strekningen er det valgt en løsning med bruk av lettklinker som en masseutskifting ned til 1,5 meter og lettklinker under overbygningen, på grunn av problemer med sikkerhetsavstand mellom riggen for nedsetting av vertikale dren og høyspentledningene.

Profil 9350 - 10150

Vegen kommer her inn på et område hvor den ligger på fjell, før den så går ut på Eikebergmyra, og Eikebergmyra bruer ved profil 9800. Partiet på hver side av brua har bløte avsetninger av siltig leire, med stedvis noe sand det øvre laget. Det er registrert noe humusinnhold i de øverste 4 – 5 meter. Vanninnholdet er i størrelse 40 – 50 %, med romvekt på 17 – 18 kN/m³. Sensitiviteten er middels, i størrelse 10 – 20, og Su – skjærstyrke i tørrelse 10 – 20 kN/m². Det vil si bløte avsetninger. Dybden til fjell er her 10 – 20 meter, og stedvis er det noe grove masser over fjell.

VURDERINGER OG VALG AV TILTAK

Med grunnundersøkelsene, fyllingenes størrelse og krav til setninger og stabilitet, ble det gjort vurderinger om hva som her var en optimal løsning rent geoteknisk på denne strekningen. Eksisterende vegtrase for E18 gjennom området ligger stort sett i terrenghøyde eller med en lav fyllingshøyde. Området på vestsiden av den nye traseen har stedvis store problemer med oppdemming av vann fra Tveiten elva/bekken, hvor store arealer ligger under vann. Tidvis har denne oppdemmingen gått inn mot og noe over eksisterende veg. Dermed var det et ønske om å legge den nye vegtraseen flere meter høyere over hele strekningen. Dette også med bakgrunn i stigningen som kommer lenger sør opp mot Gulli.

Vegfyllinger med konvensjonelle tunge fyllmasser, uten noen setningsreducerende tiltak var den enkleste i forhold til driften av anlegget, hvor man kunne ta sprengstein direkte ut fra tunneldrivingen av Hem tunneler på nordsiden av det aktuelle området. Som beskrevet i avsnittet under grunnforhold, så er det til dels bløte avsetninger stort sett på hele den aktuelle strekningen. En konvensjonell oppfylling ville gi store setningsvariasjoner, med største forventede setninger opp mot 60 cm under vegfyllingen. Under støyvollen opp mot 90 cm. I tillegg antas det at støyvollen ville virke ytterligere inn på setningene i området av vegfyllingen inn mot støyvollen. Setningene ved denne løsningen ville i tillegg kunne komme over flere tiår. Konklusjonen var at en geoteknisk løsning/tiltak var her nødvendig, men denne løsningen måtte også sees i forhold til den korte byggetiden på kun 3 år fra start til ferdigstilling av vegen.

Alternative løsninger

- 1 Konvensjonell oppfylling med sprengstein, og i tillegg legge opp en overhøyde som en forbelastning. Denne løsningen var en grei løsning som et utgangspunkt, men satte en del begrensninger i forhold til stabiliteten. Selve vegfyllingen ligger på store deler av strekningen med en oppfylling som gir en noe lav stabilitet og fare for utglidninger. Den planlagte vollen inn mot vegen forsterket dette problemet ytterligere. Dermed ble oppfyllingstakten med poretrykkskontroll avgjørende for ikke å bruke denne løsningen. Det var god tilgang på sprengsteinsmasser, men det var samtidig ikke mer tilgang enn at overhøyden måtte begrenses til 2 meter. For å få god effekt av denne løsningen var det behov for en forbelastning over en periode på 3 - 4 år, men fortsatt ville man få uakseptable primærsetninger. I tillegg var denne løsningen ikke aktuell med tanke på den korte byggetiden, hvor en forbelastning maksimalt kunne ligge et år. Vegfyllingen skulle legges ut, med stedvis begrensning på oppfyllingstakten i forhold til stabilitet. Overhøyden skulle så på plass, over en strekning på nærmere 2 km og senere fjernes.
- 2 Stabilisering av grunn med kalk- /sementpeler
Det er vurdert et rutenett på 1,2 x 1,2 m x 20 meter i dybden, lik den løsningen og tetthet som er brukt på Tønsbergpakken og ringveg nord. Bruker som utgangspunkt det samme arealet som er brukt for sandfilter ved bruken av vertikale dren. Kalk- /sementpeler, 1150 kr/m². Pris 100 mill. Det er da her ikke tatt med mulig behov for noe forbelastning.
- 3 Bruk av lettklinker med masseutskifting 1,5 m i undergrunn og 1,5 m i fyllingen over terreng, for å få en setningsfri / kompensert løsning. Stedvis må lettklinkerfyllingen økes. Dette er det ikke tatt høyde for. Bruker som utgangspunkt det samme arealet som er brukt for sandfilter ved bruken av vertikale dren. Lettklinker 300 kr/m³. Pris 80 mil.

- 4 Oppbygging av fyllingene med EPS, 350kr/m³. Plate kommer i tillegg.
Antar snitthøyde på 2,5 meter. Pris 70 mil.
- 5 Stabilisering av grunn med vertikale dren og oppfylling med sprengstein.
Inkludert forbelastning, avlastning og gruspute.
Vertikaldren 9,80 kr/lm. 345 830 lm vertikaldren. 3 389 000.-
Gruspute 30–50 cm. 90 000 m² / 38 000 m³ / 92 kr/m³. 3 496 000.-
Forbelastning utlegging/fjerning 100 000m³ / 17 kr/m³. 1 700 000.-
Totalkostnad **8 590 000.-**

Dette gir en kostnad på 95 kr/m² forsterket jord og 25kr/lm vertikale dren

Med grove beregninger på de forskjellige løsningene var det her ingen tvil om hvilken løsning som skulle velges. Løsningen med bruk av vertikale dren var en klart kostnadsbesparende løsning.

DIMENSJONERING AV VERTIKALE DREN

Dimensjonering av vertikaldren ble utført etter Statens vegvesen Håndbok188, Veg på bløt grunn, kap. 8.

Konsolideringskoeffisienten C_v ble valgt med bakgrunn i flere ødometerforsøk tatt i det nordre området på partiet profil 7235 – 8100. Det var et ønske om å kjøre ødometerforsøk fra de øvrige områdene, men tidsmessig press på prosjektet medførte at dette ikke ble utført.

En oversikt over resultatene fra ødometerforsøkene er vist på vedlegg 3. Som man her ser så er konsolideringskoeffisienten varierende med verdier fra 3 – 32 m²/år. 70% av verdiene lå i området pluss/minus 10 m²/år, og de høyeste verdiene lå først og fremst i topplaget på 2 – 3 meter. $C_v = 8\text{m}^2/\text{år}$ ble valgt som midlere representativ konsolideringskoeffisient.

For de største dybdene på avsetningene ble det beregningmessig for setningene satt en begrensning i dybden på 28 meter. Dette med bakgrunn i den forholdsvis lave høyden på ferdig veg etter at forbelastning fjernes. Den største høyden på veien ligger i et område hvor setningsberegningene har gått helt ned til fjell på 20 meter. Det ble brukt vertikale dren av typen MEBRA-DRAIN MD 7007. For å begrense det store omfanget av dren ble installasjonsdybden satt til fjell eller maksimalt 20 meter. Drenene ble satt i hele vegbredden for 4-felt ny E18 og under støyvollen.

Dimensjonering

Setningsbergningen gir 55cm primærsetninger for et valgt parti med en fyllingshøyde på 2,5 m. for $q_u=50$ kpa (ferdig veg uten dren). Med en overhøyde på 1,5 meter blir det primærsetninger på 75cm for $q_u=80$ kpa (ferdig veg uten dren). Under støyvollen blir primærsetningene på 90 cm for $q_u=100$ kpa. Se geoteknisk profil 7900 og 8000, vedlegg 2,2 og 2.3

Drensvei $H=20$ m (ensidig drenering). Drensvei for beregning av setninger uten vertikale dren. $C_v = 8\text{m}^2/\text{år}$ (valgt). Belastningstid/liggetid på forbelastning = 10 mnd (0,83 år) = t

$U_h = 90\%$ konsolideringsgrad (valgt) \rightarrow Tidsfaktor $T = 1,15$ år (fig. 8.2 side 134)
 $T \cdot C_v = 1,15 \cdot 8 = 9,2 \text{ m}^2$ (utenfor kurve fig.8.3) Det vil si at det er behov for en drensavstand på >3 m om man her bruker fig 8.3

Prøver med $U_h = 100\%$ (99%) konsolideringsgrad (valgt) \rightarrow Tidsfaktor $T = 0,5$ år
 $T \cdot C_v = 0,5 \cdot 8 = 4,0 \text{ m}^2 \rightarrow 2,2 \text{ m}$ drensavstand (fig. 8.3 side 135)

Prøver med en kortere forbelastningstid/liggetid

Liggetid = 6 mnd $U_h = 99\%$ konsolidering $\rightarrow T = 0,3$ år $T \cdot C_v = 0,3 \cdot 8 = 2,4 \rightarrow 1,7 \text{ m}$

 Ved ønsket forbelastningstid/liggetid på 10 mnd, så gir dette en drensavstand som er større enn 3m om man velger 90% konsolideringsgrad. Ved 99% konsolideringsgrad gir dette en nødvendig drensavstand på 2,2m. Med en liggetid på kun 6 mnd og 99% konsolidering, så gir dette en drensavstand på 1,7m.

Velger å bruke en beregning med kortere drensavstand og lavere konsolideringsgrad enn det som er nødvendig i henhold til håndbok 188 - for å være på den sikre siden

Velger liggetid 10 mnd (0,83 år), konsolideringsgrad på 90% og drensavstand 2,0 meter

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H^2} = \frac{8 \cdot 0,83}{20^2} = 0,017 \quad (\text{tidsfaktor}) \rightarrow U_v = 16\% \quad (\text{fig. 8.4 side 136})$$

$$U_m \text{ (midlere konsolideringsgrad)} = U_h + U_v - U_h \cdot U_v = 0,90 + 0,16 - 0,90 \cdot 0,16 = 0,92$$

Beregnete setninger med overhøyde = 75 cm

Beregnete setninger uten overhøyde/ forbelastning = 55 cm

Setningene som opptrer i forbelastningsperioden bør være noe større enn de som kommer med den permanente lasten og gi en overkonsolidering i forhold til denne på 5 – 10 %

$75 \text{ cm} \cdot 0,92(U_m) = 69 \text{ cm}$, det vil si en overkonsolidering på 14 cm (69 – 55). (25% over)

Beregning med en laver konsolideringsgrad

Med en konsolideringsgrad på 80 %, samme liggetid på 10 mnd og samme drensavstand på 2.0 meter $\rightarrow U_m = 0,80 + 0,16 - 0,80 \cdot 0,16 = 0,83$.

Beregnete setninger med overhøyde = 75 cm

$75 \text{ cm} \cdot 0,83(U_m) = 62 \text{ cm}$. Det vil si fortsatt en overkonsolidering på 7 cm (13% over)

Beregnete setninger under støyvoll = 90 cm

$U_m = 0,92 \rightarrow 90 \cdot 0,92 = 83 \text{ cm}$. Det vil si 14 cm mer enn under vegen (83 – 69).

Antar en påvirkning fra støyvollen ned 45° under vegen, og at den gir liten innvirkning på vegen.

INSTALLASJON AV VERTIKALE DREN

Levering og installasjon av vertikale dren ble utført av BAT Geosystem AB gjennom hovedentreprenøren på parsell 2, Kopstad – Gulli, Reinertsen anlegg A/S.

Arbeidet i marka startet med utlegging av gruspute 12. oktober 2004, nedsetting av vertikale dren startet 27. oktober og ble avsluttet 11. januar 2005. Dette gir i snitt ca 7000 lm vertikale dren pr dag. Matjordlaget med tykkelse 20 – 30 cm ble tatt av og doset ut til siden i slake ranker på utsiden av planlagt støyvoll. Gruspute ble lagt ut med oppstart i det nordre området inn mot Hem tunnelene. Kravet i håndbok 188 tilser at det bør brukes et filterlag / gruspute på minst 50 cm. Grusputen skal tjene som arbeidsplattform for riggen ved dreinsinstallasjonen. Da det dreide seg om store arealer og dertil stort volum med gruspute ble det bestemt å forsøke med kun 30 cm. Grusputa skulle også tjene som drenering av porevannet som kom opp og måtte ha tilfredsstillende avløp. Her ble vannet ført ut mot vestsiden og derfra ledet ut i Undrumsdalsbekken. Til grusputa/filterlaget ble det brukt en fraksjon på 0-32 mm, hvor finstoffet 0-4 ble fjernet før utleggelse. Massene til filterlaget ble kjørt ut på trauret med dumper, og så doset ut til riktig tykkelse. Dette arbeidet gikk forholdsvis bra, men man merket tidlig at det stedvis ble problemer med bæreevnen fordi tykkelsen på grusputa var noe tynn. Dumperen beveget seg ut på grusputa uten problemer, men riggen for vertikaldren hadde stedvis problemer med bæring.

Stedvis ble tykkelsen på grusputa økt til 50 – 60 cm. Det ble også lagt ut noe filterduk og bruk av kjørelemer. Problemene med grusputa og tykkelsen på denne var først og fremst i områdene som grunnforholdsmessig hadde de bløteste avsetningene. Det vil si i området frem til profil 8100 og i området inn mot Eikebergåsen ved profil 9100 – 9300. Konklusjonen ble at man skal være forsiktig med å redusere den anbefalte tykkelsen på 50 cm. Dette kan gjøres der hvor tørrskorpa/topplaget har noe tykkelse. Problemene kan likevel oppstå der toppmassene består av siltige materialer. Her får man fort en ”pumpende” effekt fra riggen.



Bilde 1. Grusputa blir lagt ut, etter at topplaget av matjord er fjernet



Bilde 2. Grusputa er ferdig lagt ut i området for vegfyllingen og støyvoll. Matjorden er lagt i ranker på utsiden av området for planlagt støyvoll



Bilde 3. Vertikale dren er ferdig installert i et rutenett på 2 x 2 meter. Drenene kappes jevnt med grusputas overflate eller helst noe over.

Værmessig var man svært heldig. Hele den første perioden frem til 15. november var det lange perioder med pent vær og lite nedbør. Kulde og noe snø kom midtveis i november og man fikk samtidig noe tele i topplaget. Der hvor grusputa var lagt ut var det bare noe frosset i gruslaget. Selv etter 2 – 3 uker med kulde. Prøvegraving gjennom grusputa viste ingen eller svært lite tele i grunnen. Heller ikke i områdene der det ble lagt ut gruspute etter en stund med kulde, ble det problemer med nedsetting av dren.

Tilbakemelding fra entreprenøren gikk noe på at grusputen var for tynn, men for det meste skapte ikke dette problemer, bortsett fra de nevnte områdene. Når det gjaldt nedføringen av

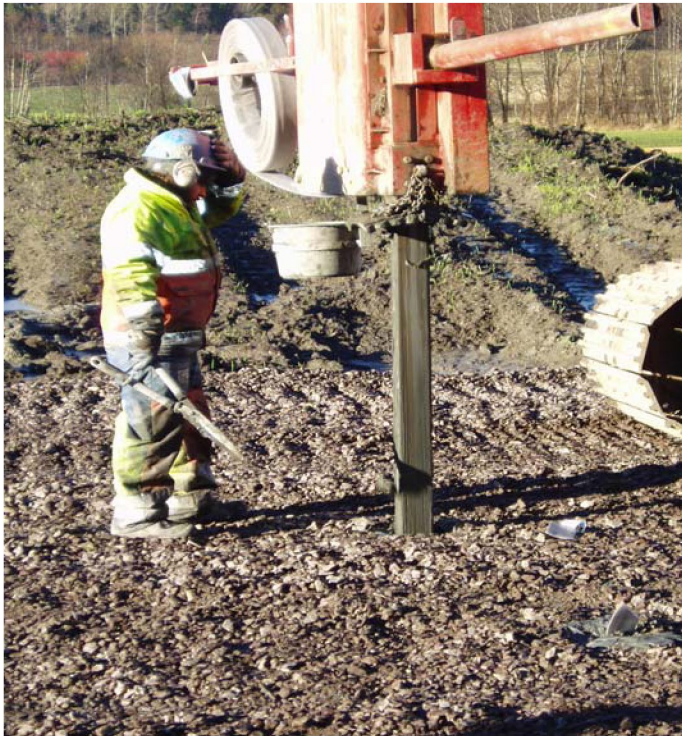
selve drenet og forankringen av disse så ble det noe uenigheter. Det er normalt å ha behov for vanntank i beredskap, for spyling og rengjøring av drensstikka et par ganger om dagen. Med kvikkleire er det ikke uvanlig at spyling må utføres noe oftere. Her var det også behov for spyling /vanntrykk for å få forankring av drenene i riktig dybde. Når vanntrykket ble satt på idet stikka ble trukket opp, gav dette et lite mottrykk slik at forankringsplaten holdt seg på plass. Uten vannspyling/vanntrykk fulgte forankringsplate og dren med stikka opp igjen. Dette ble akseptert i det som var beskrevet som de meget bløte områdene. Problemet var at entreprenøren mente at de måtte bruke vannspyling hele tiden også i de områdene som var beskrevet som fastere, og ikke kvikk, og entreprenøren mente at dette ikke fullt ut var avdekket gjennom de borer og undersøkelser som lå til grunn for den geotekniske rapporten og opplysninger for øvrig i anbudsgrunnlaget. Dette ga fremdriftsmessige konsekvenser som følge av avvikende grunnforhold. Fra byggherrens side ble dette avvist med begrunnelse i at områdene med meget bløt kvikkleire var beskrevet i geoteknisk rapport. Utover dette var grunnforholdene godt dokumentert, og det var ikke noe som indikerte at dette skulle bli et problem. Den geotekniske rapporten beskrev heller ingen ting om hvorvidt vannspyling var nødvendig eller ikke. Den beskrev kun grunnforholdene, og byggherren mente at det ble gjort en undervurdering av grunnforholdene og en svært ambisiøs fremdriftsplan. Det ble derfor ikke gitt noe tillegg utbetaling for de nevnte problemene.

På partiet profil 8400 – 8750, hvor eksisterende E18 krysset nytt vegområde på skrå, ble det utført en løsning hvor nedsettingen av de vertikale drenene ble satt så nært inn som mulig mot eksisterende trase, og hvor de avsluttende drenene inn mot vegen ble satt ned med en helling 4:1. Når omleggingen av eksisterende E18 ble lagt om som en lokalveg, ble det utført en forbelastning i eksisterende E18 trase med en overhøyde som planlagt, men at overhøyden her ble økt med 1,5 meter.

Før oppstart var det utarbeidet en tabelloversikt med profil, dybde på dren, bredde i profilet, antall dren i profilet og yteravstand høyre / venstre side i profilet. Se vedlegg 5. Totalt ble det installert 345 831 m vertikale dren og lagt ut 38 000 m³ grus som pute/drenslag. Utlegging av forbelastning og fjerning av denne 100 000 m³. Dette gir en pris på 25 kr /lm vertikale dren og 95 kr/m² forsterket jord.



Bilde 4. Første oppfylling til 2 meter er lagt ut.



Bilde 5. Nedsetting av vertikale dren. Drensstikka på vei ned. Legg merke til saksa som blir brukt til å kappe drenet.



Bilde 6. Nedsetting av vertikale dren. Legg merke til vannslangen som er koblet til tårnet / drensstikka. Vannet blir brukt til spyling og rengjøring av drensstikka ved behov. I dette tilfellet ble vannspylingen også brukt for å få forankring av drenene i riktig dybde, på grunn av meget bløt kvikkleire.

KONTROLL



Bilde 7. Det ble brukt poretrykksmålere i forbindelse med kontroll av stabiliteten ved oppfyllingen

Poretrykksmålere ble installert for registrering av poretrykket under nedsetting av vertikale dren og måling av poretrykksøkning når fyllingene ble lagt ut.

På områdene med de dårligste grunnforholdene ble det satt en begrensning på fyllingshøydene og disse ble lagt ut lagvis med kontroll av poretrykket. Første fyllingshøyde var 2 meter for vegfyllingen. Noe høyere for vollen på utsiden i og med at terrenget var noe hellende. Største fyllingshøyde i det nordre området var på 5 meter i et bekkedrag, og her ble det i tillegg satt krav til lukking av bekk og noe motfylling.

Poretrykksmålere ble satt ned i området under støyvollen i profilene 7250,7300,7400 og 7600 i dybdene 5–15 meter. Dette var det nordre området hvor det var påvist meget sensitiv leire. I tillegg ble det plassert målere i bakkant av landkarene på Eikebergmyra bruer, profil 9300 og 9900.

Oppfølging av setningsutviklingen ble utført med slangesetningsmålere i profilene 7400, 7900,



8000, 8400. Slangesetningsmålerne ble lagt på det utlagte gruslaget for vertikale dren, og det ble pakket grus rundt slangen. Slangen ble lagt fra foten av støyvollen i den ene siden til foten av fyllingsskråningen i motsatt side av vegen.

Det ble brukt et PE rør 50 x 4,6 mm, på rull. Lengden på hver utlagte slange/rør var i størrelse 50 – 75 meter.

Bilde 8. Måling av setninger med slangesetningsmåler.

Slangesetningsmålerne ble installert som et supplement til tradisjonelle setningsmålere med plate og stang. Dette var en stålplate med størrelse 0,8 x 0,8, tykkelse 8 mm og med et 25 mm



påsveiset rundtjern. Platen ble plassert på grusputen/drenslaget. Rundt jernet ble det plassert et 4" varerør fylt med grus. Disse målerne ble plassert i høyre og venstre side av vegfyllingen hver 100 m. Noen av målerne kom inn mot brukonstruksjoner, og i avslutning på fyllingene og måleresultatene ga feilaktige opplysninger.

Bilde 9.
Tradisjonell setningsmåler med plate og stang, plassert på ferdig utlagt gruspute.

AVRENNING AV DRENSVANNET

Avrenning av drensvannet fra de vertikale drenene sammen med overflatevann ble ledet gjennom den utlagte grusputen og ut mot vestsiden. Her var det etablert en mindre grøft med en pukkstreng pakket inn i fiberduk. Denne grøften hadde utløp sydover til Tveitenelva. I tillegg til drensvannet fra de vertikale drenene var det også stedvis i området frem til profil 8100 en tilførsel fra borepunkter med artesiske trykk. Vannet som kom fra disse borehullene ble ikke tettet eller ledet bort på noe vis i etterkant. Sannsynligvis kommer det fortsatt noe vann fra disse borehullene, men dette vannet ledes i så fall ut under grusputa og ut i avskjærende grøfter/drenering under den ferdige veien.

Vannet fra tunneldrivingen på prosjektet ble pumpet ut til containere /slammavskiller og derfra til et sedimentasjonsanlegg/basseng før det rant ut i elva. For Hem tunneler, på nordsiden av området for de vertikale drenene, ble dette vannet pumpet ut på grusputa og ikke til et sedimentasjonsbasseng. Det var dermed store mengder med vann fra tunnel, vertikaldren og et tilsig fra et artesiske trykk som rant gjennom grusputa i det nordre området som var 900 m langt og 50 meter bredt. I utløpet til elva ble det jevnlig tatt prøver av vannet på verdiene for suspendert stoff, ammonium, nitrat og surhetsgraden (pH). Dette var et krav i forbindelse med utslippet fra tunneldrivingen. Det var her helt tydelig at grusputa som hadde avrenning fra drenene fungerte like tilfredsstillende som et sedimentasjonsbasseng.

På de øvrige områdene med vertikale dren var det ikke noen spesiell løsning for kontroll av avrenningen fra drenene, men det antas at det vannet fikk en avrenning fra overflaten og ut mot Tveitenelva som går gjennom og på siden av veganlegget.

UTLEGGING AV STEINFYLLING MED OVERHØYDE

Vegfyllingen med forsterkningslag ble lagt ut med en tykkelse lik høyden på ferdig veg, og i tillegg ble det lagt en overhøyde med de samme materialene, som var sprengt stein fra tunneldrivingen på nordsiden. Det ble satt krav til at steinstørrelsen ikke skulle være større enn 50 % av fyllingshøyden, uten at dette helt ble overholdt. Etter forbelastningsperioden ble overhøyde og nødvendig tykkelse på forsterkningslaget fjernet og knust ned til riktige materialstørrelse før ny overbygning ble lagt ut.

Største høyde på den trinnvise oppfyllingen var 2 meter, og det ble jevnlig utført kontroll med poretrykket.

Det var ikke satt noen tid for hvor lenge hvert enkelt oppfyllingstrinn skulle ligge, men kun at det var poretrykksutviklingen som ble det avgjørende for hvor raskt man skulle fylle opp til ferdig forbelastningshøyde. Hele tiden var det et merkbart press fra entreprenøren om å fylle opp raskest mulig.

De senere års utvikling når det gjelder anleggsmaskiner og størrelsen/tyngden av disse, er at det har det vært en kraftig økning i bruk store og tunge maskiner, som dumpere og gravemaskiner.

Erfaringen man har fått på de siste veganleggene som er bygget, er at bruken av store og tunge anleggsmaskiner kan skape store problemer når det gjelder bæreevne og stabilitet når veglinja ligger i bløte avsetninger og kvikkleire.

Bidraget fra de til dels tunge maskinene har vel vært noe undervurdert, og denne belastningen var her et viktig moment med tanke på

oppfyllingstakten. Anleggsveien langs veglinja, som ble lagt ut i starten på prosjektet, i området frem til profil 8000, viste tydelig hvor stor denne belastningen kunne være på avsetninger av bløt kvikkleire. En stor dumper med fullt lass og i stor fart ga nærmest en bølgende bevegelse av topplaget. Også området ved profil 9200 – 9300, inn mot Eikeberåsen var et problemområde når det gjaldt de store anleggsmaskinene. Kanskje ikke så rart med tanke på at en fullastet dumper kan komme opp i en totalvekt på 70 tonn. De største gravemaskinene er nå oppe i en totalvekt på 90 tonn.

Dette er størrelser som man må ha stor fokus på i de geotekniske vurderingene for fremtiden.



LETTKLINKERFYLLINGER / EPS INN MOT BRULANDKAR

Området hvor det er valgt en løsning med bruk av vertikale dren er på strekningen profil 7235 – 10150. Strekningen blir avbrutt av 3 langsgående bruer, Tveitenelva Nordre bruer, Tveitenelva Midtre bruer og Eikebergmyra bruer. Tveitenelva Nordre er fundamentert på 25 m lange friksjonspeler, Tveitenelva Midtre er fundamentert på borede stålkjernepeler og Eikebergmyra bruer er fundamentert på betongpeler til fjell.

Ved nedsetting av vertikale dren ble disse ført helt frem til landkarfundamentene under vegfyllingen og forbelastningen ble lagt ut så nært ut mot Tveitenelva som mulig rent stabilitetsmessig. Fyllingen ble så liggende over en periode som ble noe kortere enn den tiltenkte forbelastningsperioden.

Ved pelerammingen ble fyllingene fjernet så langt det var nødvendig tilbake for å få rammet pelene og samtidig med tanke på påhengskrefter på pelene fra fyllingen.

For bruene Tveitenelva Nordre og Midtre ble det utført en masseutskifting bak landkarene fra underkant fundament, 10 meter bakover og avsluttet med en helling 1:2 i lengderetningen.

Lettklinker ble lagt til underkant overbygning og med en tykkelse på 3 – 3,5 meter.

For Eikebergmyra bruer ble det utført tilvarende løsning med bruk av vertikale dren, men her ble det valgt en løsning med bruk av EPS – ekspandert polystyren. EPS ble lagt fra underkant fundament på landkaret i hele fyllingshøyden under overbygningen, 10 meter bakover og avsluttet med en helling 1:3 i lengderetningen. Det ble valgt en løsning med EPS med bakgrunn i at fyllingshøyden på 5 meter var noe større enn bak de andre bruene.

I tillegg til løsningen med lette masser ble det også lagt ut en avlastningsplate bak landkarene som setningsutjevner.

Når det gjelder nedsetting av vertikale dren inn mot landkarene bør man være klar over hvilken utvikling man får på setningene. Setter man vertikale dren inn mot landkarene som blir fundamentert på peler, er det den beste løsningen at man klarer å gjennomføre forbelastningen i hele området hvor man har satt dren, før man fjerner deler av fyllingen i forbindelse med plearbeidene og oppføring av landkaret. Bli ikke forbelastningsperioden gjennomført tilstrekkelig som planlagt vil dette medføre setninger i etterkant når vegfyllingen bygges inn mot landkaret. Det er viktig å ha fokus på mengden av lette masser i bakfyllingen, slik at de lette massene legges bakover og overlapper det området som har fått den riktige forbelastningen.

I forbindelse med nedsetting av vertikale dren på den søndre brua, Eikebergmyra bruer, ble det i et område hvor det var satt ned vertikale dren, ikke forbelastet eller deler av området lite forbelastet. Dette med bakgrunn i noe hellende terreng og dårlig stabilitet.

Bak landkarene er fyllingene her bygget opp som planlagt med EPS, i hele fyllingshøyden under overbygningen. Problemet var imidlertid at EPS- fyllingene burde vært justert ytterligere noen meter bakover og inn i området som hadde fått riktig forbelastning. Resultatet ble, at etter at fyllingen var bygget opp i riktig høyde, fikk man setninger i størrelse opp mot 15 cm i overgangspartiet mellom EPS- fyllingen og området med vertikale dren som har fått riktig forbelastning. Imidlertid kom disse setningene før vegåpningen og vegdekket ble justert opp. Men dette viser at man bør ha fokus på hvor man setter drenene. Setningene hadde før eller senere kommet, men da over meget lang tid. Faren nå er at belastningstiden dette området har fått er noe kort i forhold til det som var satt som minimum belastningstid på de vertikale drenene, og at man mest sannsynlig vil få ytterligere setninger på dette partiet.

På de øvrige bruene ble det utført en forbelastning mye nærmere landkaret før fjerning av fyllingen i forbindelse med nedsetting av peler. Her synes det også som om de lette massene med lettklinker dekker overgangen mot de vertikale drenene mye bedre.

Bak Tveitenelva Midtre ble det utført en masseutskifting som beskrevet over. På sydsiden av bruene er det i tillegg utført en masseutskifting og bruk av noe lettklinker også i selve

vegfyllingen på et parti videre sydover fra brua. Dette ble utført med som en alternativ løsning til nedsetting av vertikale dren, med bakgrunn i at sikkerhetsavstanden til kraftledningene som krysser veglinja på dette stedet, var for liten for riggen som satt ned drenene.

BEREGNING AV SETNINGER

Vurderingene av setningenes størrelser er kun basert på forventede primærsetninger δ_p , og det er kun disse som antas å være registrert under setningsmålingene. Utviklingen av det målte poretrykket fulgte i grove trekk utviklingen på de målte setningene, det vil si reduksjonen av poreovertrykket Δu ved utpressing av porevannet. Initialsetningene δ_i som oppstår i oppfyllingsfasen og skyldes forskyvninger av kornskjelettet i leira, antas å inngå som en del av primærsetningen δ_p og er avsluttet når poreovertrykket har utjevnet seg, dvs. $\Delta u = 0$, eller ved tilnærmet null setningshastighet. Sekundærsetningene δ_s er et krepfenomen i etterkant av de målte primærsetningene hvor mineralkornene i leira finner en tettere lagringsform. Det er ikke tatt høyde for disse, men det vil i etterkant av de målte primærsetningene være en oppfølging over noe tid for å prøve å fange opp disse, men dette kan være setninger som kommer over meget langt tid. Primærsetningene kommer mye raskere med bruk vertikale dren enn ved en normal belastning på terrenget. Det antas derfor at også sekundærsetningene/krypsetningene vil inntre raskere. Ved krypsetningene vil også noe porevann presses ut av leira og vertikaldrenene vil medføre at man har kortere drensvei også i denne situasjonen.

Regneprogrammet for setninger som er brukt er TID-XLS, utarbeidet av Statens vegvesen. Det er brukt en belastning på terrenget med en virkning som er konstant i dybden = q_u , med bakgrunn i at det beregningmessig ble satt en begrensning i dybden på 28 meter som setningsgivende. På kortere dybder til fast grunn eller fjell antas dette å være en riktig modell i forhold til den totale bredden på oppfyllingsområde, som er i størrelse opp mot 50 meter. $C_v = 8 \text{ m}^2/\text{år}$ ble valgt som midlere representativ konsolideringskoeffisient. For beregning av langtidsetninger etter primærsetningene er det valgt tidsmotstandstallet $r_s = 400$. For drensveiens høyde er det valgt å bruke en drensvei med ensidig drenering for situasjonen ved beregning av setninger uten dren. Drensveien er satt til maksimalt 20 meter som er lik lengden på de vertikale drenene. Setningene er regnet ut etter modelltype PL (plastisk) og modultallet m er valgt varierende fra 15 – 25. Referansetid t_r er satt = 0 år

MÅLING AV PORETRYKK

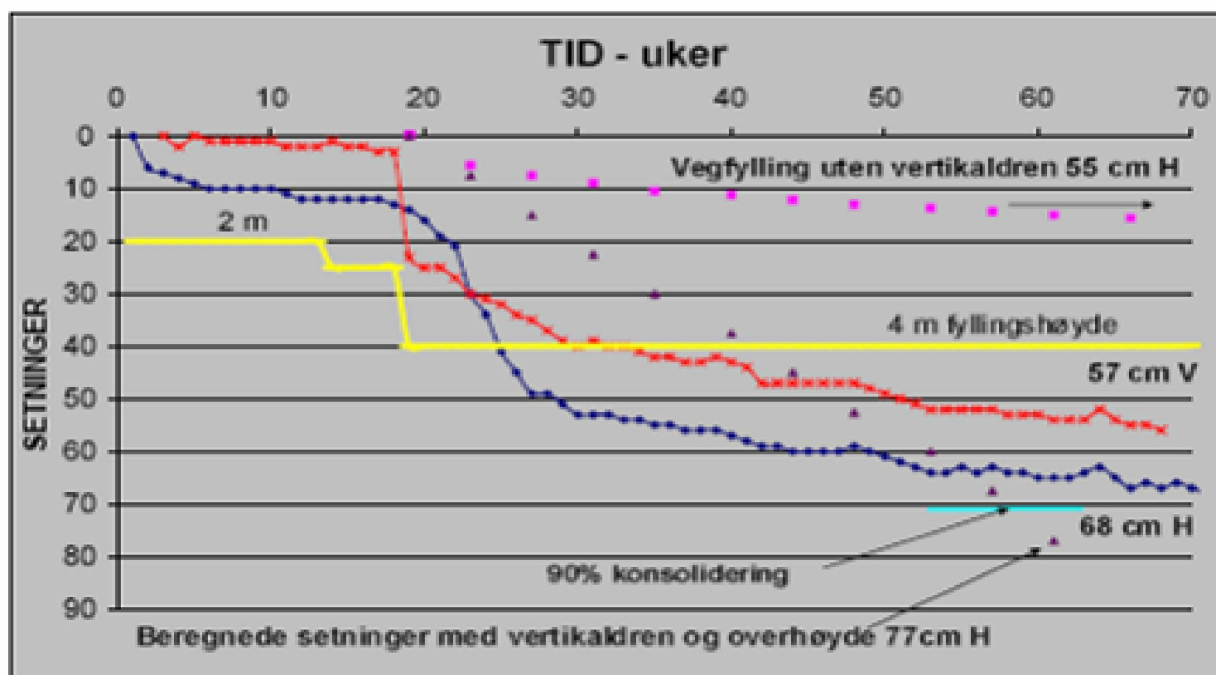
Poretrykksutviklingen ble først og fremst fulgt opp som en kontroll i forhold til stabiliteten ved oppfylling av vegfylling og overhøyde, men det ble også foretatt en kontroll/oppfølging for å se hvordan nedsetting av vertikale dren påvirket poretrykket. Når det gjaldt vertikale dren så ble dette kontrollert i området profil 7200 – 8100. Poretrykksmålerne var av typen membran-piezometer, svingende streng M-603. Målerne stod i dybdene fra 4 – 14 meter og det var 3 målere i hvert punkt. Grunnvannstand i området stod i størrelse 0,5 – 1,0 meter under terreng. Det var omtrent hydrostatisk fordelt i målepunktet i profil 7600, mens i de øvrige målepunktene som lå noe nærmere høydedraget på innsiden, syntes det å være noe poreovertrykk i dybden under 5 – 6 meter. Ved nedsetting av vertikale dren < 1 meter fra målepunktene var økningen i poretrykk relativ beskjeden, og det var først i måledybden 8 – 14 meter at man målte en økning på 10 – 15 kN/m². Det synes også som om poreovertrykket ble raskt redusert med en drenering til drenene. Det var her kun snakk om noen dager før det kunne registreres at det var gått tilbake eller var nedadgående.

Ved utlegging av vegfyllingene for det første oppfyllingsnivået på 2 meter kom poretrykksøkningen raskt og det tok 1 – 2 mnd før det igjen hadde gått tilbake til det opprinnelige trykket. Økningen var i størrelse 10 - 25 kN/m². Ved neste økning til 4 meter var økningen på poretrykket opp mot 50 kN/m², se vedlegg 6. Den siste utjevningen av poretrykksøkningen, syntes å gå parallelt med utviklingen på setningene. Det var klare variasjoner i størrelsen på økningen av poretrykket med samme fyllingshøyde. Muligens kan dette ha sammenheng med at målerne ikke var plassert i lik avstand fra de vertikale drenene. Denne forskjellen så man også ved at det var variasjoner i forhold til poretrykksøkningen ved nedsetting av drenene. Der hvor vertikaldrenene var satt ned nært inn mot poretrykkmålerne synes det som om poretrykksøkningen var lavere. Det antas at noe av poretrykket avtar raskt på grunn av innvirkningen av den korte drensveien til vertikaldrenene.

MÅLING AV SETNINGER

Oppfølging av setningsutviklingen ble utført med slangesetningsmålere som ble lagt på det utlagte gruslaget for de vertikale drenene, og det ble pakket grus rundt slangen. Slangen ble lagt fra foten av støyvullen i den ene siden til foten av fyllingsskråningen i motsatt side av vegen.

Slangesetningsmålerne ble installert som et supplement til tradisjonelle setningsmålere med plate og stang. Platen ble plassert på grusputen/drenslaget. Måling og utvikling av setningsforløpet er vist i vedlagte diagrammer, vedlegg 7 og 8.



Figur 1. Setningsutviklingen målt med plate og stang.

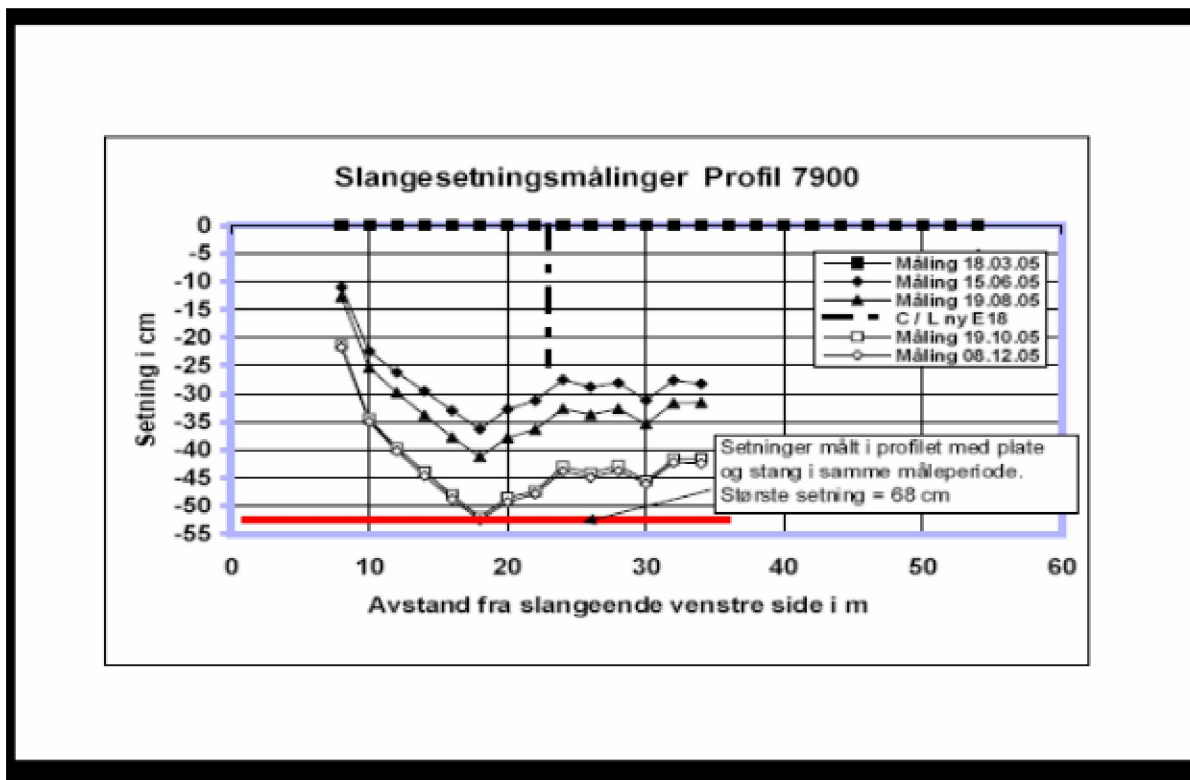
Diagrammet for setningsutviklingen med løsningsplate og stang, viser en teoretisk beregnet setningsutvikling for vegfyllingen uten bruk av vertikale dren og den viser en beregnet setningsutvikling med bruk av vertikale dren og med forbelastning på 10 mnd. På setningsutviklingen med vertikale dren er det markert et punkt som viser 90 % konsolidering (midlere konsolideringsgrad $U = 92\%$).

Ved måling av setningene viste utviklingen en klar tendens til at oppfyllingshøyden må bli større enn 2 meter før man får en økende utvikling av setningene.

Etter 10 -12 mnd ble overhøyden fjernet som planlagt og målingene ble avsluttet. Utviklingen på setningskurven viser en utflating av kurven, men den viser allikevel ikke en klar tendens at setningene er avsluttet. Størrelsen på setningene var teoretisk beregnet i forhold til den ferdige høyden på vegfyllingen, og også hvor store setningene ville bli med en overhøyde på 1,5 – 2,0 meter. Ved bruk av vertikale dren og 90 % konsolidering etter 10 mnd ville man få teoretiske setninger som ligger 25 – 40 % høyere enn kun den ferdige vegfyllingen (etter 20–30 år). Resultatet av setningsmålingene etter 10-12 mnd med vertikale dren og overhøyde viste setninger som ligger fra 7 – 46 % over – se vedlegg 7.

Prinsippet med bruk av vertikaldren og overhøyde, er at de totale setningene etter forbelastningsperioden på 10 mnd skal være større enn teoretisk beregnede totale setninger over mange år med en tradisjonell belastning fra vegfyllingen. Ved fjerning av overhøyden skal man dermed ikke få setninger i ettertid. Selv om man ikke har fått en ferdig konsolidering med vertikale dren og overhøyde, vil setningsutviklingen stoppe eller flate ut til kun mulige små sekundærsetninger/krypsetninger. I profilet 9100 er det målt totale setninger i størrelse 60 cm. Her har man fått en setningsutvikling som er større enn 100% konsolidering (56 cm). I profilet 9900 har man fått 8 % mindre setninger enn forventet med kun vegfylling uten vertikaldren og overhøyde.

Utover disse to målepunktene synes den teoretiske vurderingen av setningen å stemme bra med målingene av setningene så langt. Om man sammenligner slangsetningsmålingene med de måleresultatene som er beskrevet over så viser disse en tilnærmet samme størrelse på setningene innenfor samme måleperiode. Totalt er det registrert ukentlige målinger over en periode på 74 uker. Slangesetningsmålingene er utført i perioden måling uke 15 – 53. Det vil si en kortere periode enn de øvrige setningsmålingene. De største setningene ligger ved slangesetningsmålingene i området midt under vegfyllingen, se vedleg 8.



Figur 2. Setningsutviklingen målt med slangesetningsmåler.

SLUTTKOMMENTAR

Prosjektet har vært meget interessant å følge opp. Omfanget av vertikale dren som er satt ned er til nå det største som er gjennomført i Norge.

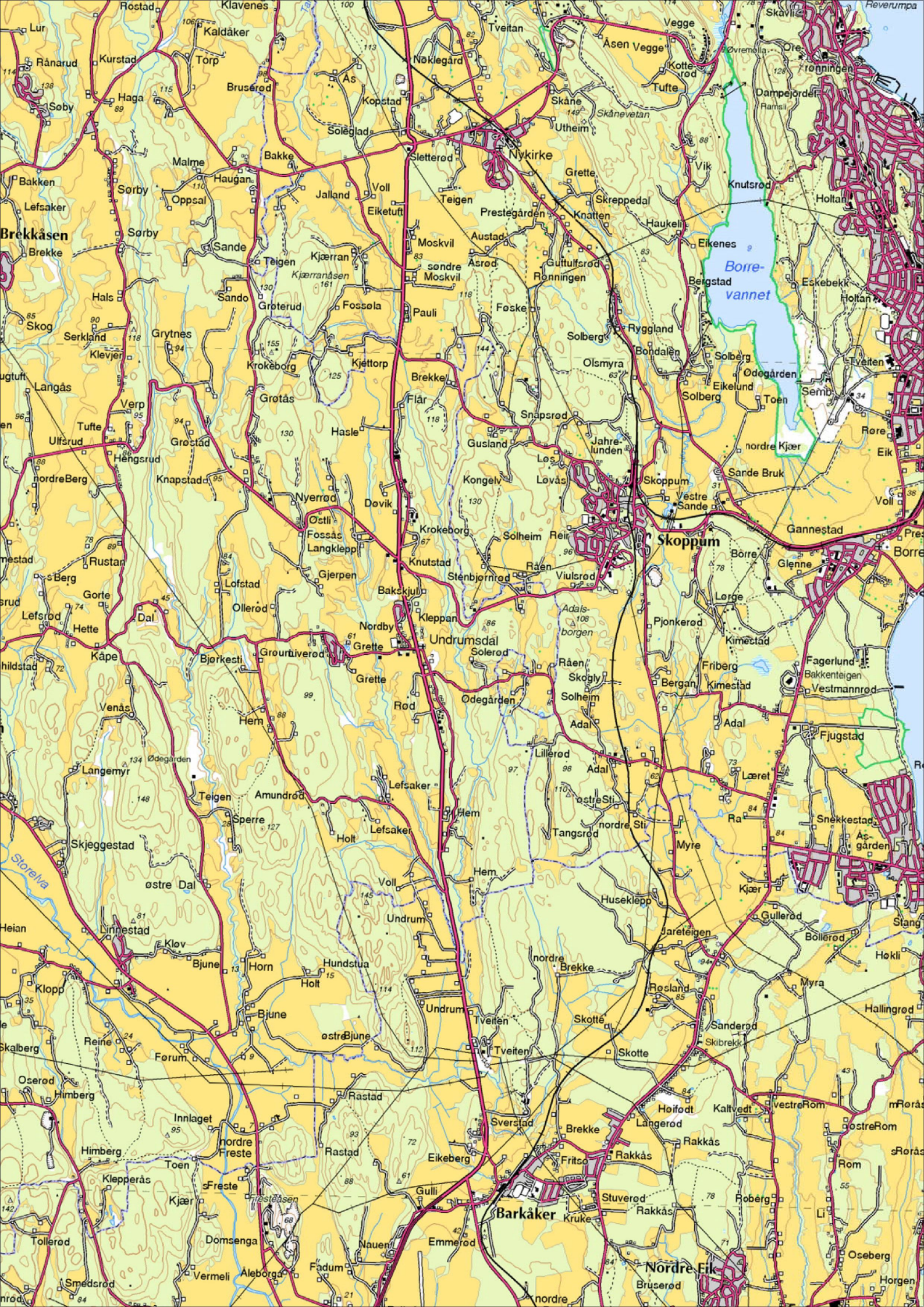
Hele strekningen på lavpartiet som det er brukt vertikale dren på, er et område som ligger med avsetninger av setningsømfintlig materiale. Tidligere eksisterende vegtrase for E18 ligger i hele dette området meget lett i terrenget. Når så ny vegtrase også skulle gå gjennom det samme området, og med en betraktelig heving av veglinja og med støyvoller, måtte man se på nye og bedre fundamenteringsløsninger for å sikre vegen mot fremtidige setninger. Samtidig måtte man også ivareta stabiliteten i anleggsfasen. Strekningen på 2 km veg ble avgjørende for valg av løsning når man samtidig skulle holde kostnadene på et rimelig nivå. I tillegg var man svært presset på tid. Det er tidligere i rapporten gjort en fremstilling på alternative løsninger og valget med å bruke vertikale dren og forbelastning, med en begrenset overhøyde, var egentlig et enkelt valg. Kostnadmessig har man kommet meget gunstig ut i forhold til øvrige mulige løsninger.

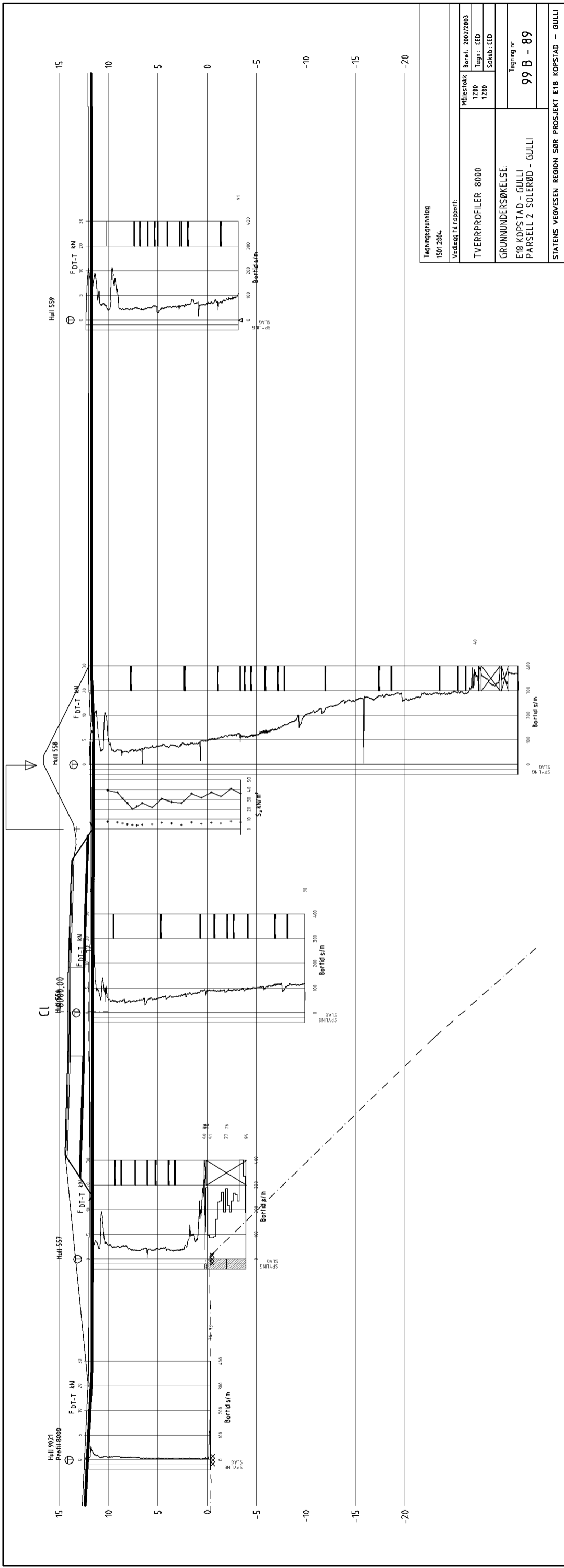
Setningsmessig må det også sies at man i store trekk har truffet meget godt i forhold til teoretisk beregnede setninger, og målte setninger, så langt i ettertid. Man har fått en overkonsolidering i forhold til den ferdige permanente løsningen og setningene synes å ha stoppet opp eller vil være meget små i fremtiden. Dette gjenstår og se, idet man har liten erfaring så langt i forhold til hvordan de vertikale drenene vil påvirke fremtidig porevannsutvikling og stabilisering i avsetningene under vegfyllingen. Løsningen synes også meget gunstig med tanke på at man har 3 langsgående bruer som alle er fundamentert på peler. Løsningen med bruk av lette masser som lettklinker eller EPS- ekspandert polysteren i bakfyllingene synes så langt å fungere bra.

Våren /sommeren 2006 ble overhøyde fjernet ned til underkant forsterkningslag og nytt forsterkningslag med ferdig dekke ble lagt ut. Det er foretatt ytterligere setningsmålinger på de samme punktene som tidligere, det vil si hver 100 meter. Målte setninger, nå nærmere 1,5 år etter at forbelastningen ble avsluttet, synes å være i størrelse 3 – 10 cm.

REFERANSER

- (1) Statens vegvesen, Vegbygging, Håndbok 018, Vegdirektoratet, Oslo 2005.
- (2) Statens vegvesen, veiledning til 018. Veg på bløt grunn. Håndbok 188 - 1995
- (3) Rygg N., Vegbygging på bløt grunn. Intern rapport nr. 1386. Veglaboratoriet. Oslo 1988.
- (4) Vägverket, Vertikaldrenering; Allmenn teknisk beskrivning. Meto der. Publ. 1987:30 Serviceavdelingen, Vag- och Brokonstruktion. Linköping 1989.
- (5) Statens vegvesen, Geoteknikk i vegbygging, Håndbok 016, 4 utgave, Oslo 2006.





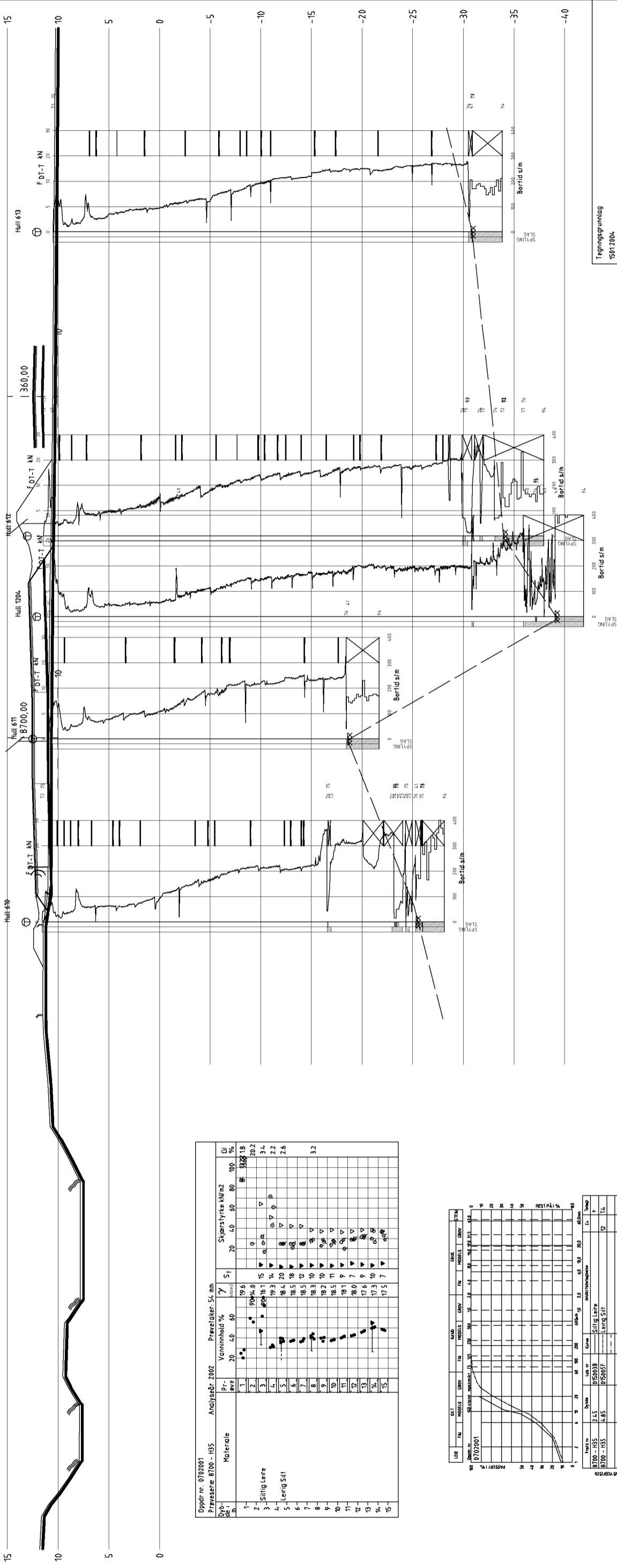
Tegningnummer
15012004

Vedlegg til rapport:

TVERRPROFILER 8000	Målestokk	Beregnet	2007/2003
	1200	Tegnet	EED
GRUNNUNDERSØKELSE: E18 KOPSTAD - GULLI PARSELL 2 SOLERØD - GULLI	Skråb.	EED	
	Tegning nr 99 B - 89		
STATENS VEGVESEN REGION SØR PROSJEKT E18 KOPSTAD - GULLI			

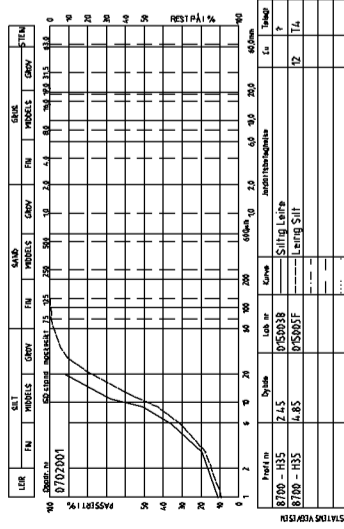
Profil 8700
CI

Profil 360
CI



Oppdr nr. 0792001
Provesene 8700 - H35
Analysebr. 2002
Prøvetaker: Sk. mh

Dybde m	Materiale	Vannhold%		S _t	Skjærstyrke kN/m ²					G _i
		20	40		60	80	100	%		
1		19.6		19.6						18
2		20.4		20.4						20.2
3	Slittig leire	16.1		16.1						3.4
4		19.3		19.3						2.2
5	Leirig silt	18.4		18.4						2.6
6		18.5		18.5						
7		18.5		18.5						
8		18.2		18.2						3.2
9		18.5		18.5						
10		18.1		18.1						
11		18.0		18.0						
12		17.6		17.6						
13		17.3		17.3						
14		17.5		17.5						
15		17.5		17.5						

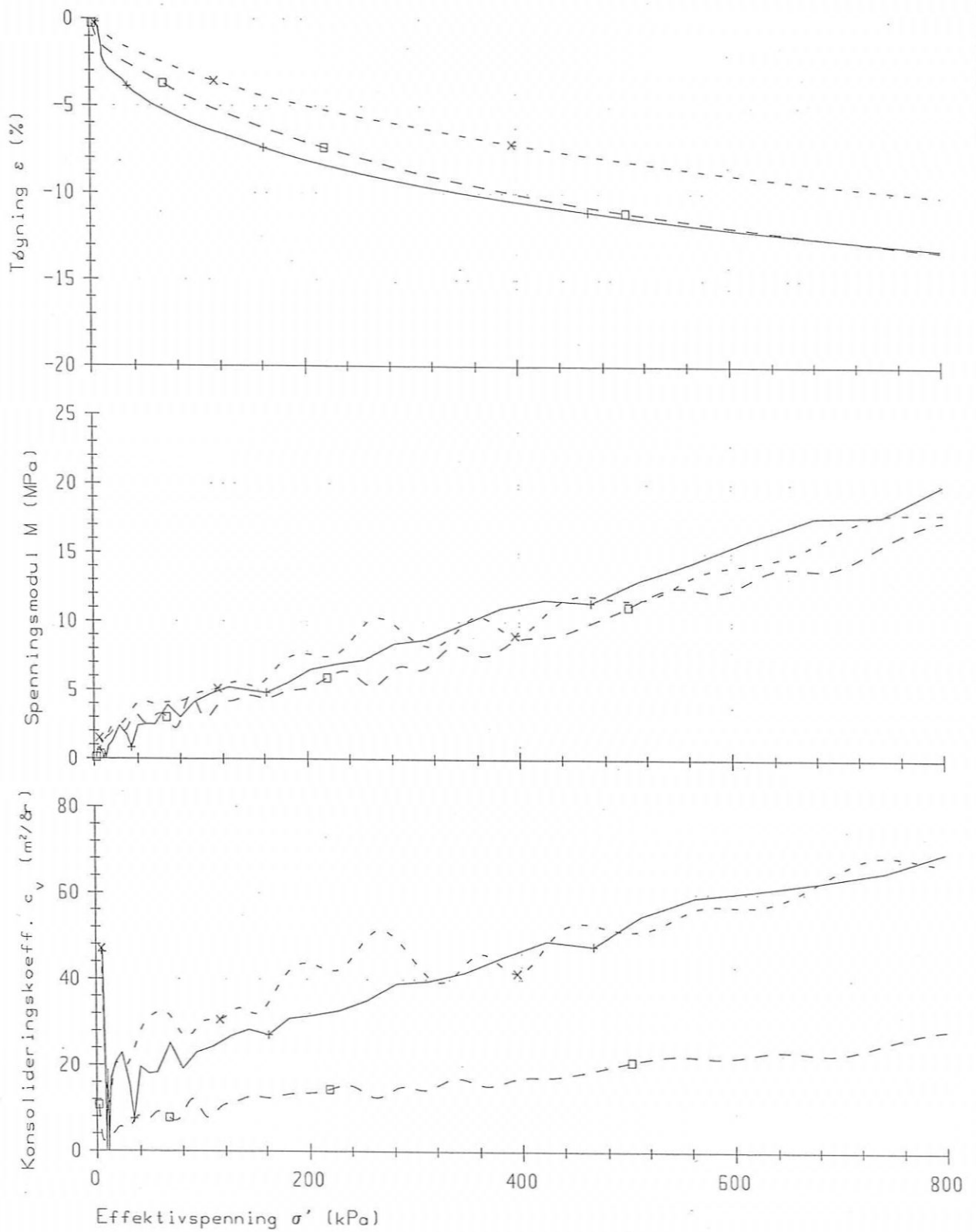


Tegningsgrunnlag		Målestokk	
15812004		1:200	Ber. 2002/2003
Vedlegg til rapport:		1:200	Tegns. CED
TVERRPROFILER 8700		1:200	Sakb. CED
GRUNNUNDERSØKELSE		Tegning nr.	
E18 KOPSTAD - GULLI		99 B - 108	
PARSELL 2 SOLERØD - GULLI		STATENS VEGVESEN REGION SØR PROSJEKT E18 KOPSTAD - GULLI	

**E18 KOPSTAD – GULLI
 PARSELL 2
 SOLERØD – GULLI**

KONTINUERLIG ØDOMETER

Profil	Avsett	Dybde	Jordart	Romvekt kN/m³	Vanninnhold %	Modult m	Po' kPa	Pc' kPa	Cv ved Po' m²/år
7270	70H	2,5	Leirig silt,kvikk	18,9	32,2	20	32	Nc	8
7270	70H	5,5	Leirig silt,kvikk	18,7	34,3	20	58	Nc	32
7270	70H	11,6	Leirig silt,kvikk	18,6	36,5	19	110	Nc	8
7280	25H	2,6	Leirig silt	19,7	27	30	35	Nc	14
7280	25H	6,6	Siltig leire,kvikk	19,6	33	25	73	Nc	6
7280	25H	7,6	Siltig leire,kvikk	18,8	38	25	77	Nc	3
7900	25V	2,7	Siltig leire	18,3	40	20	28	Nc	24
7900	25V	2,7	Siltig leire	18,7	33,7	22	30	Nc	30
7900	25V	5,7	Siltig leire,kvikk	18,8	35,2	20	56	Nc	8
7900	25V	5,7	Siltig leire,kvikk	18,5	35,7	20	54	Nc	10
7900	25V	7,7	Siltig Leire,kvikk	18,5	36,6	20	71	Nc	18
7900	25V	7,7	Siltig leire,kvikk	18,4	38,4	20	70	Nc	14
7900	25V	9,6	Siltig leire,kvikk	18,4	40,6	20	86	Nc	8
7900	25V	9,6	Siltig leire,kvikk	18,2	39,2	20	84	Nc	8



	Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+	7270 70mh	2.5	404D	CRS	leirig silt m/hulrom
x	7270 70mh	5.5	407D	CRS	leirig silt m/hulrom
□	7270 70mh	11.6	413D	CRS	leirig silt kvikk rotrester

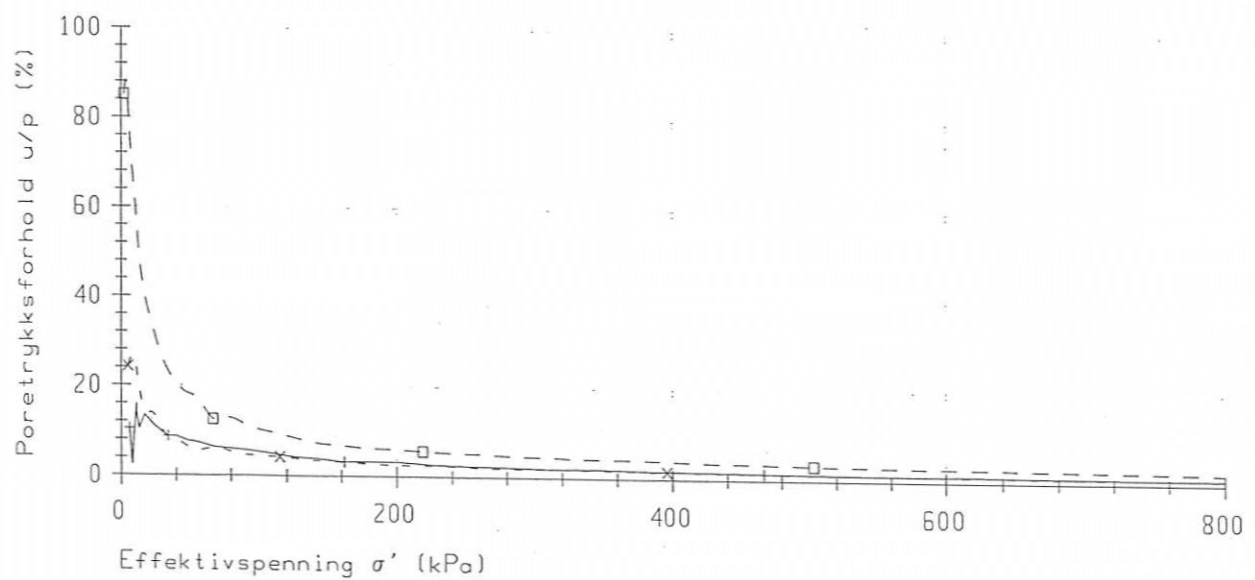
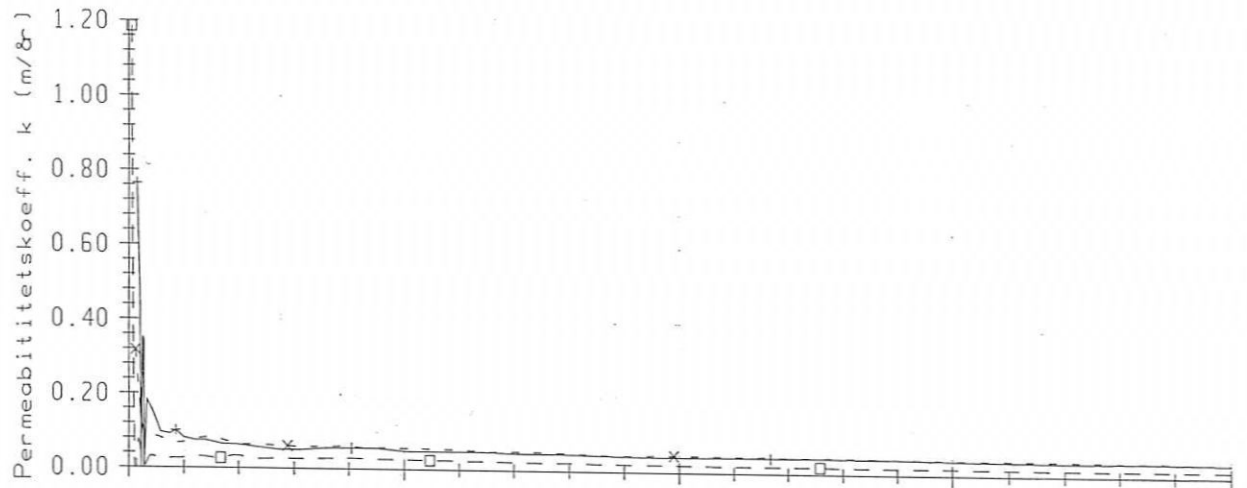
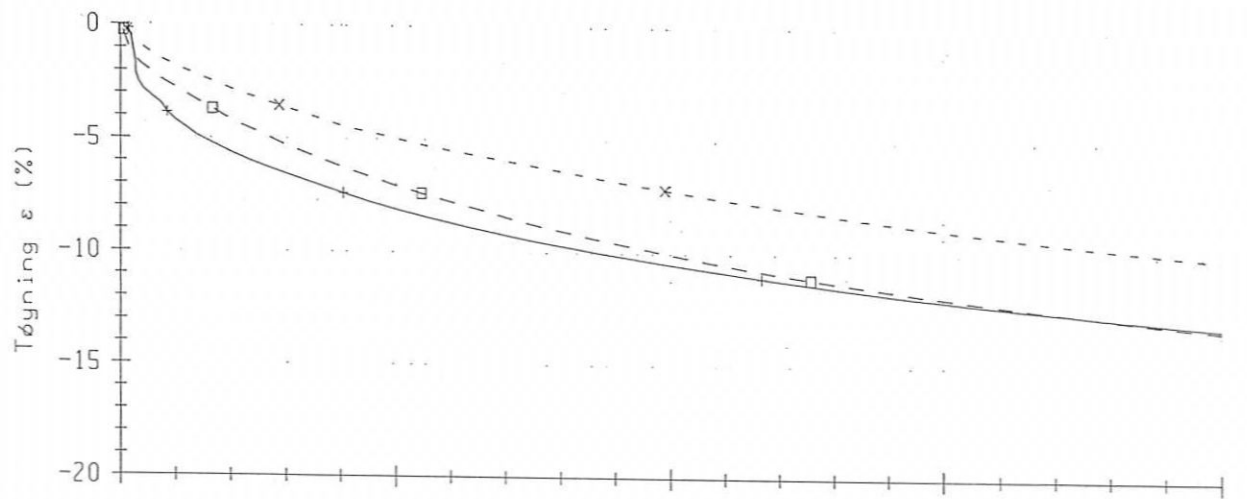
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
Z90186

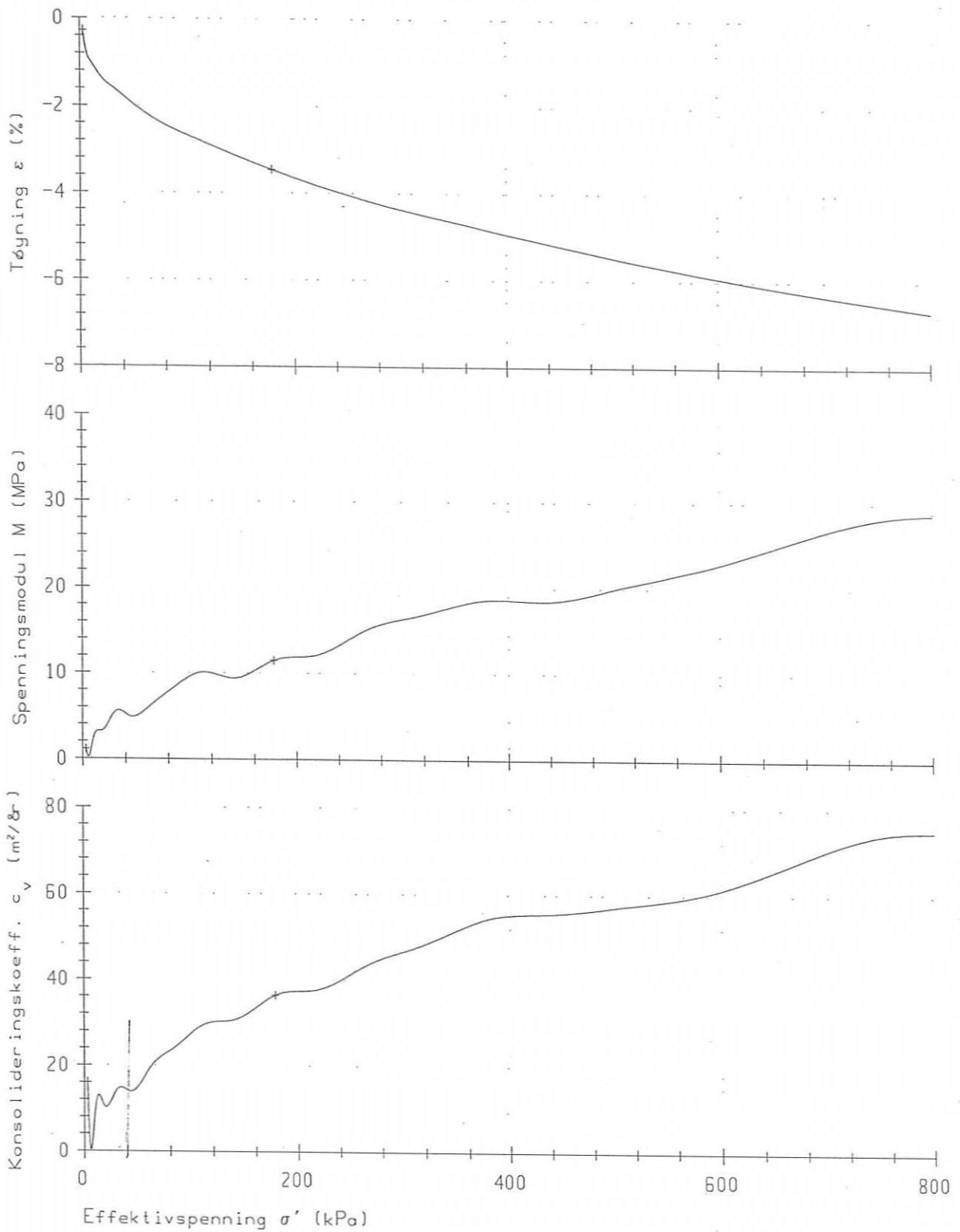
Dato
2002-10-14

Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+ + + 7270 70mh	2.5	404D	CRS	leirig silt m/hulrom
x -x- x 7270 70mh	5.5	407D	CRS	leirig silt m/hulrom
□ □ □ 7270 70mh	11.6	413D	CRS	leirig silt kvikk rotrester

KONTINUERLIG ØDOMETER Veglaboratoriet	Oppdrag Z90186
	Dato 2002-10-14
	Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
7280-25mh	2.6	419E	CRS	leirig silt

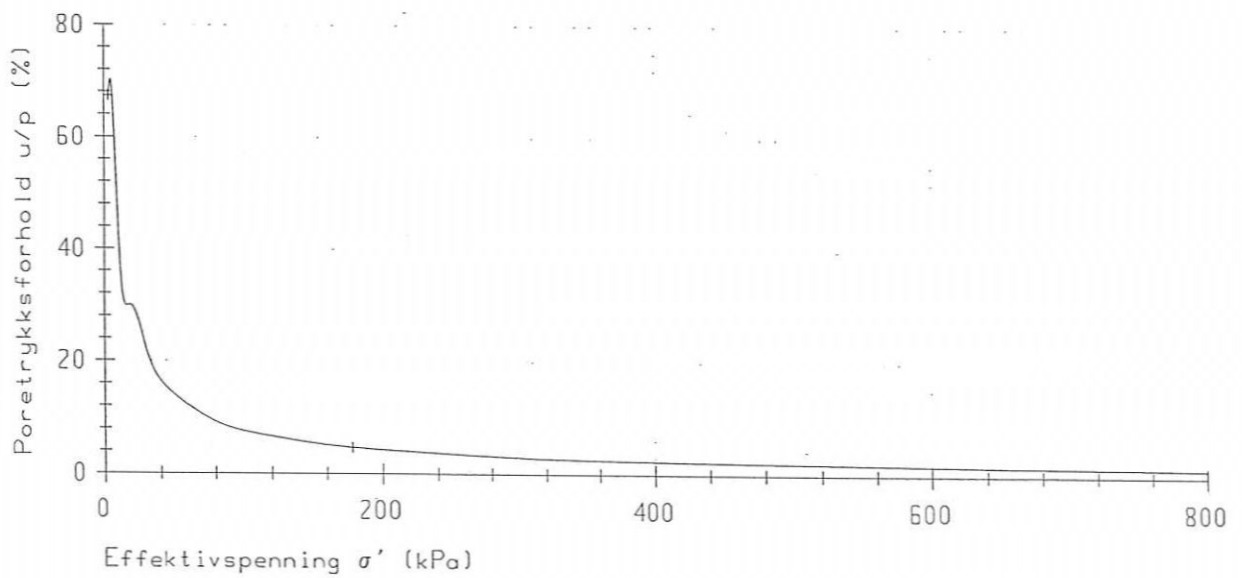
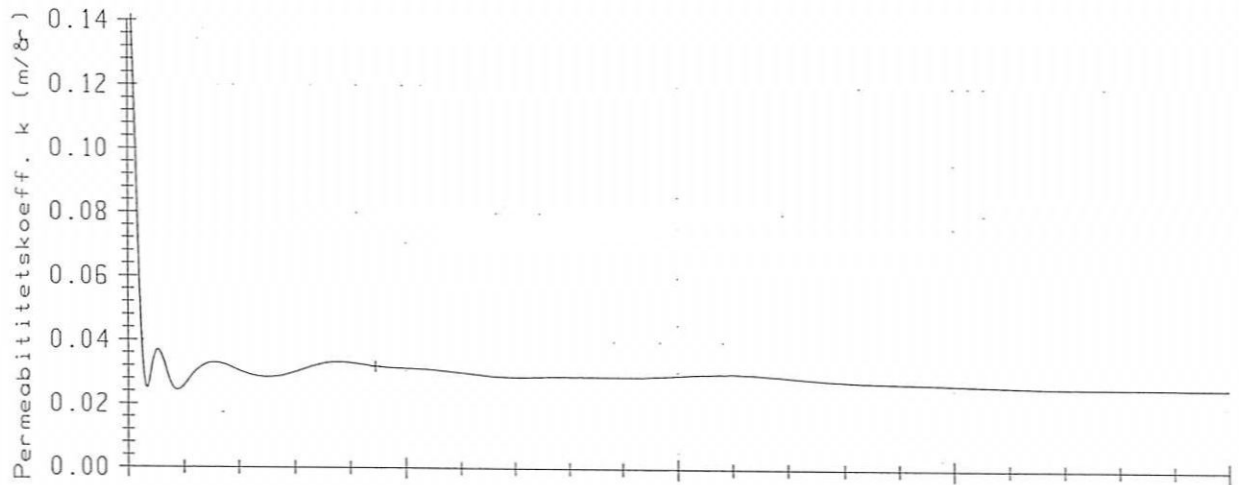
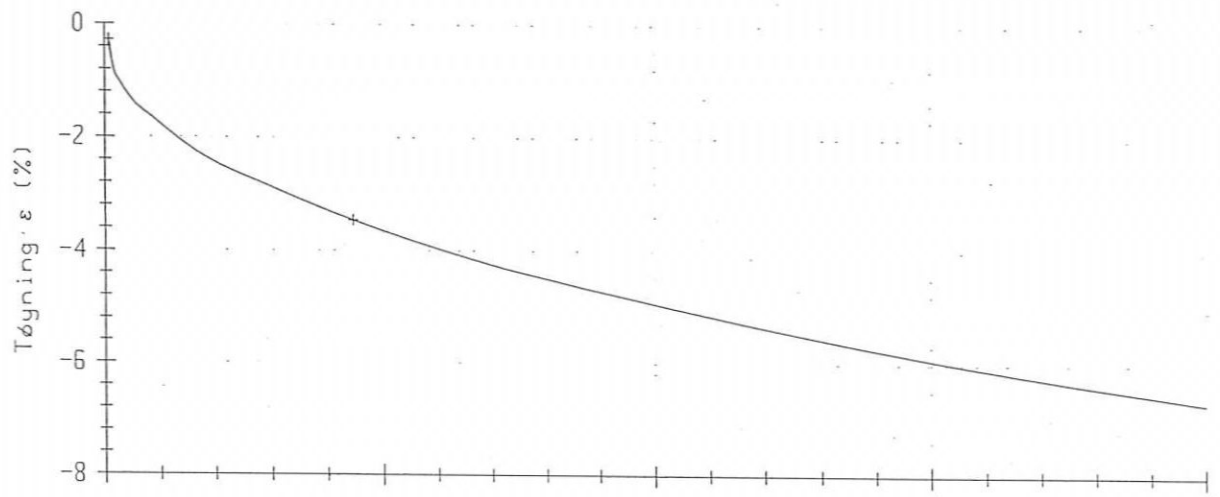
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
Z90186

Dato
2002-10-18

Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
7280-25mh	2.5	419E	CRS	leirig silt

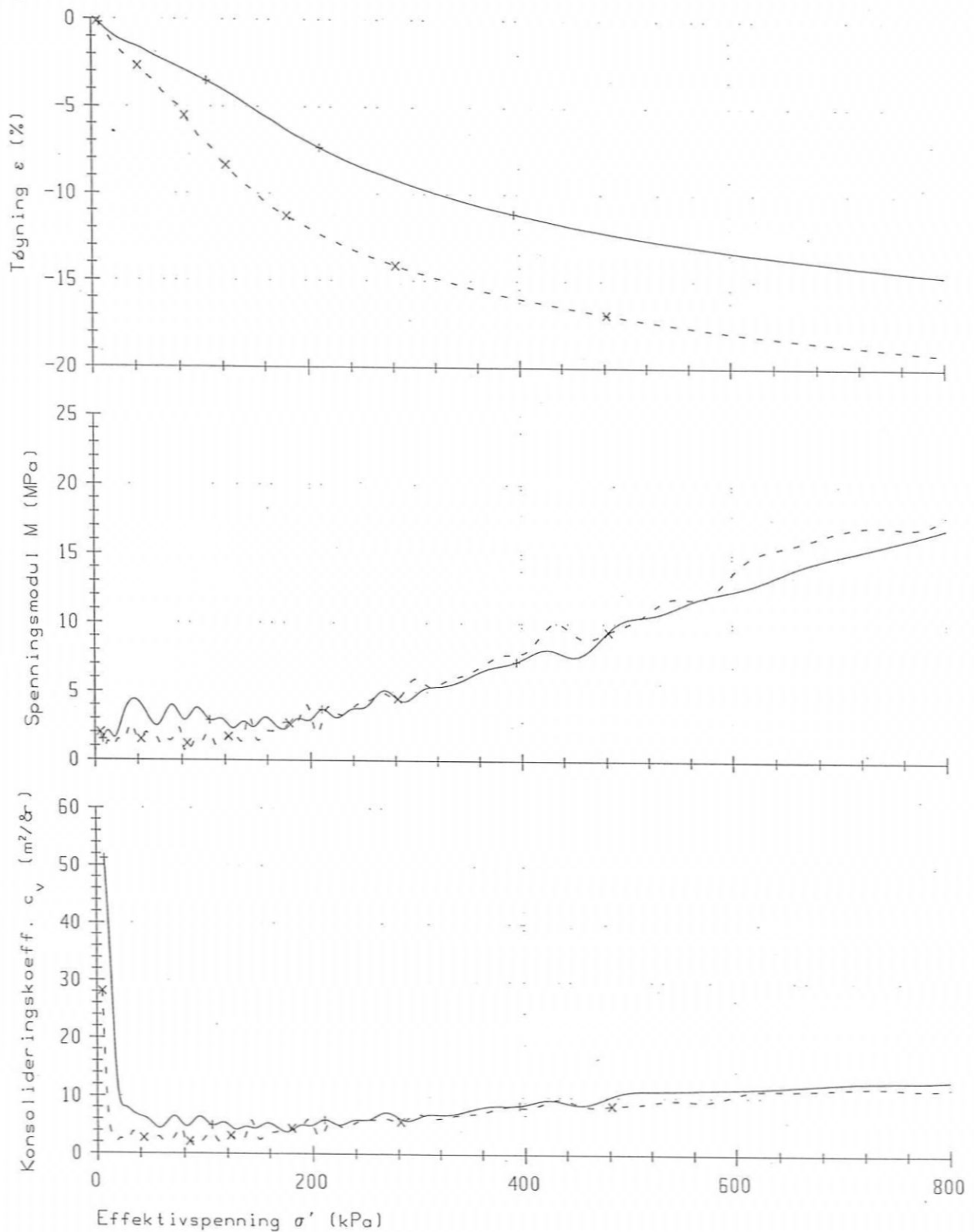
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
Z90186

Dato
2002-10-18

Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+ + + 7280 25mh	6.6	423D	CRS	siltig leire kvikk
* -x- * 7280 25mh	7.6	424E	CRS	siltig leire kvikk

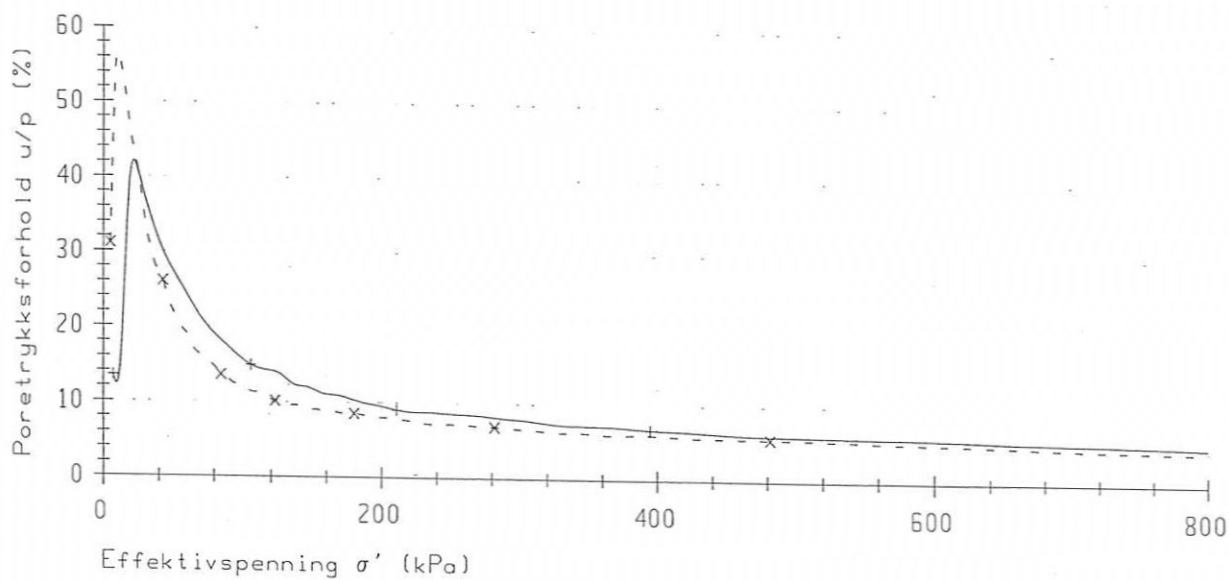
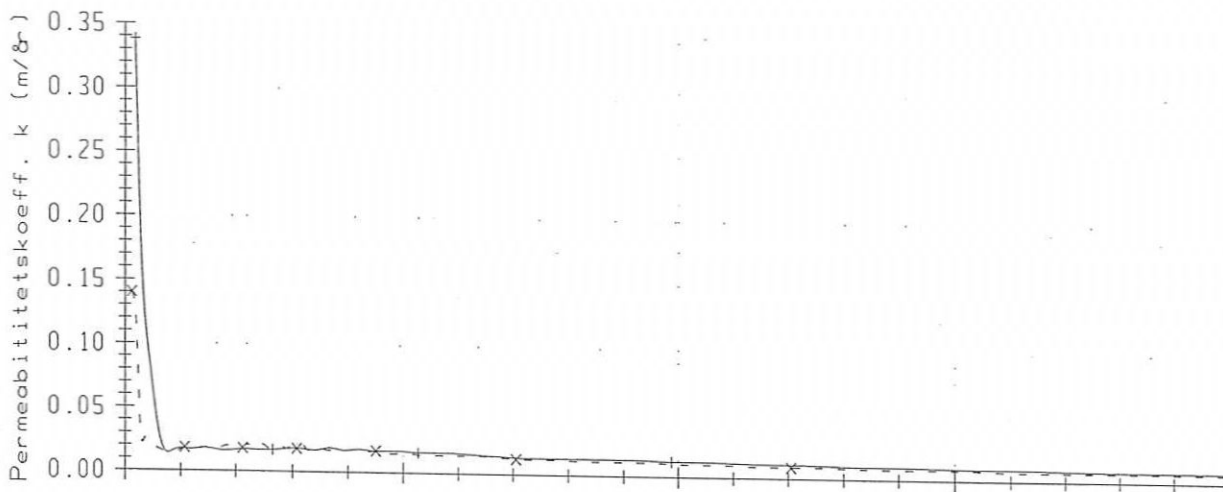
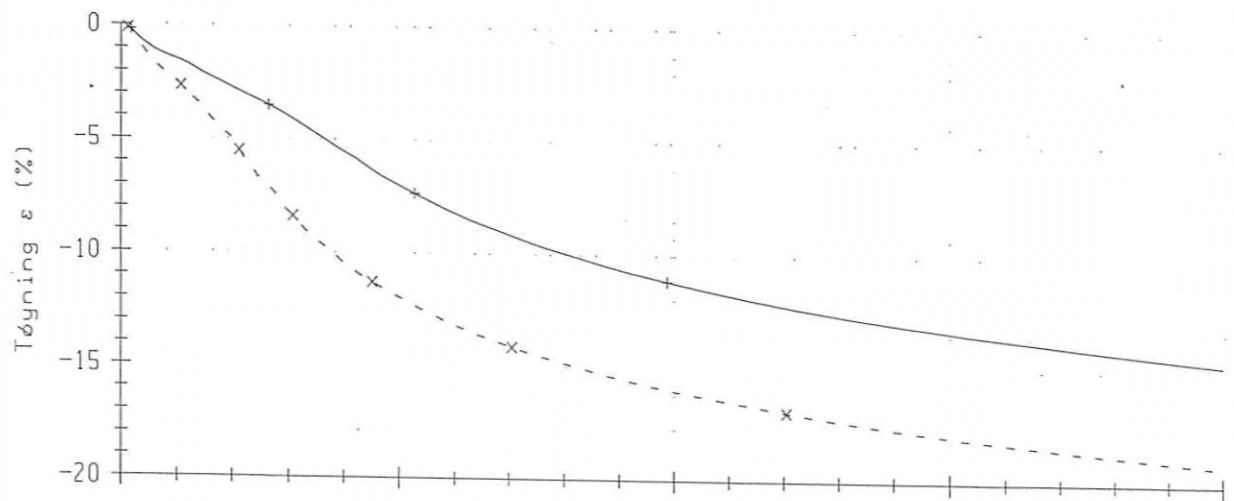
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
z90186

Dato
2002-10-21

Fig.



	Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+	7280 25mh	6.6	423D	CRS	siltig leire kvikk
x	7280 25mh	7.6	424E	CRS	siltig leire kvikk

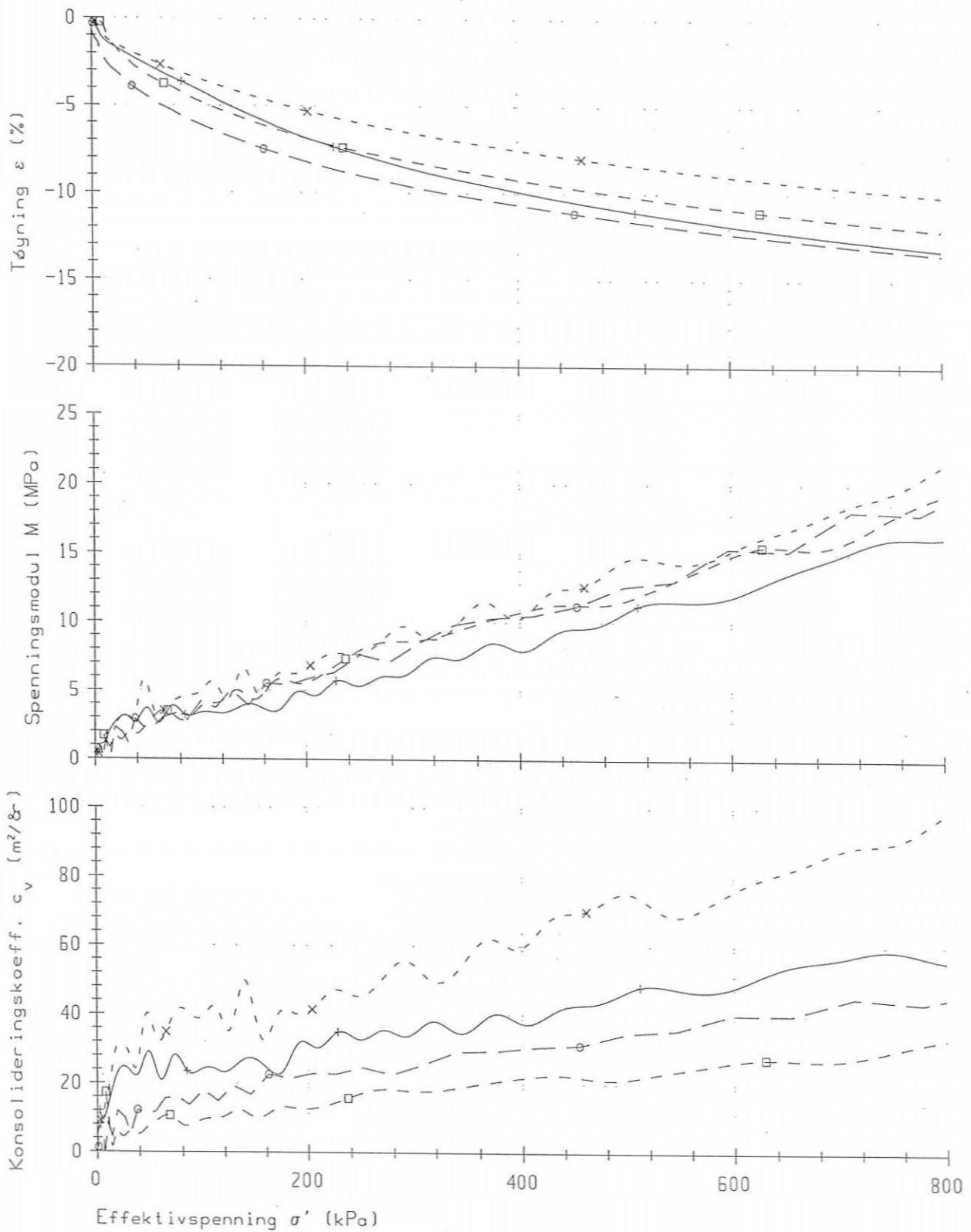
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
z90186

Dato
2002-10-21

Fig.



	Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+	7900 25mv	2.7	373F	CRS	siltig leire
x	7900 25mv	2.7	373F1	CRS	siltig leire
□	7900 25mv	5.7	376D	CRS	siltig leire kvikk
o	7900 25mv	5.7	376D1	CRS	siltig leire kvikk

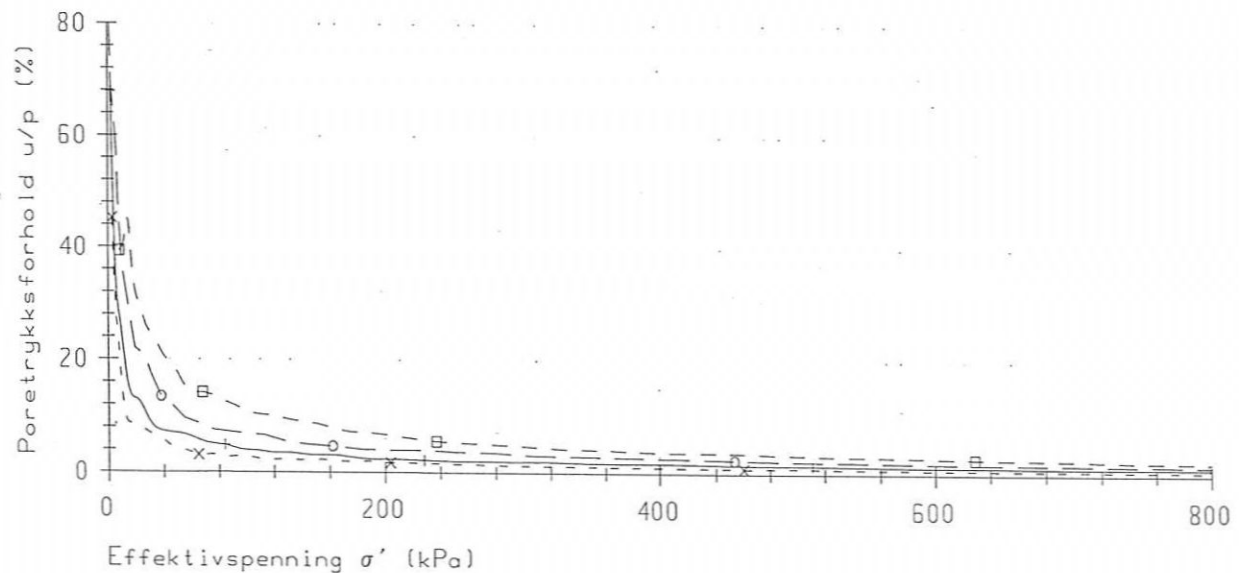
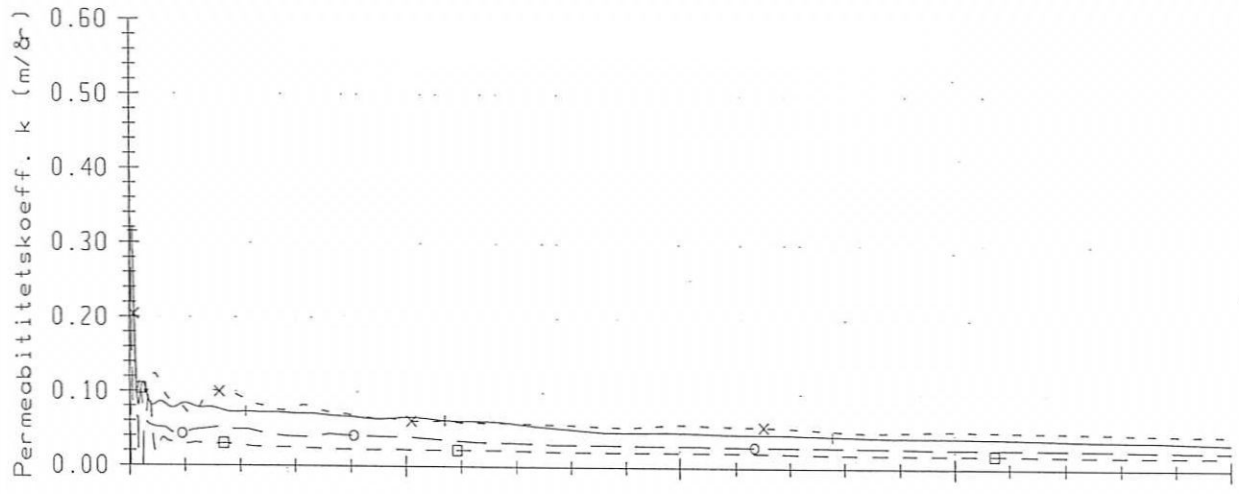
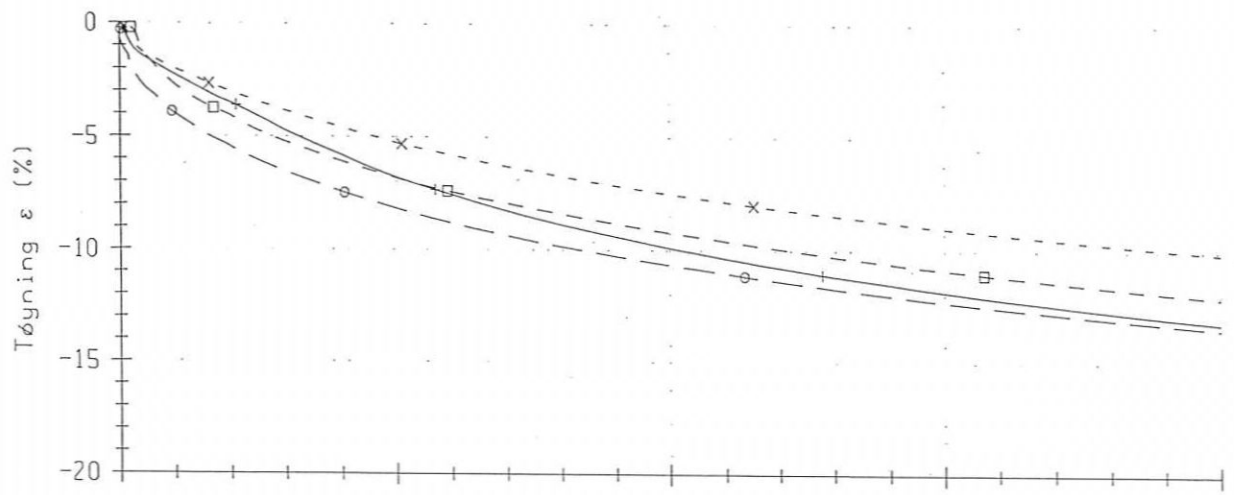
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
Z90186

Dato
2002-08-06

Fig.

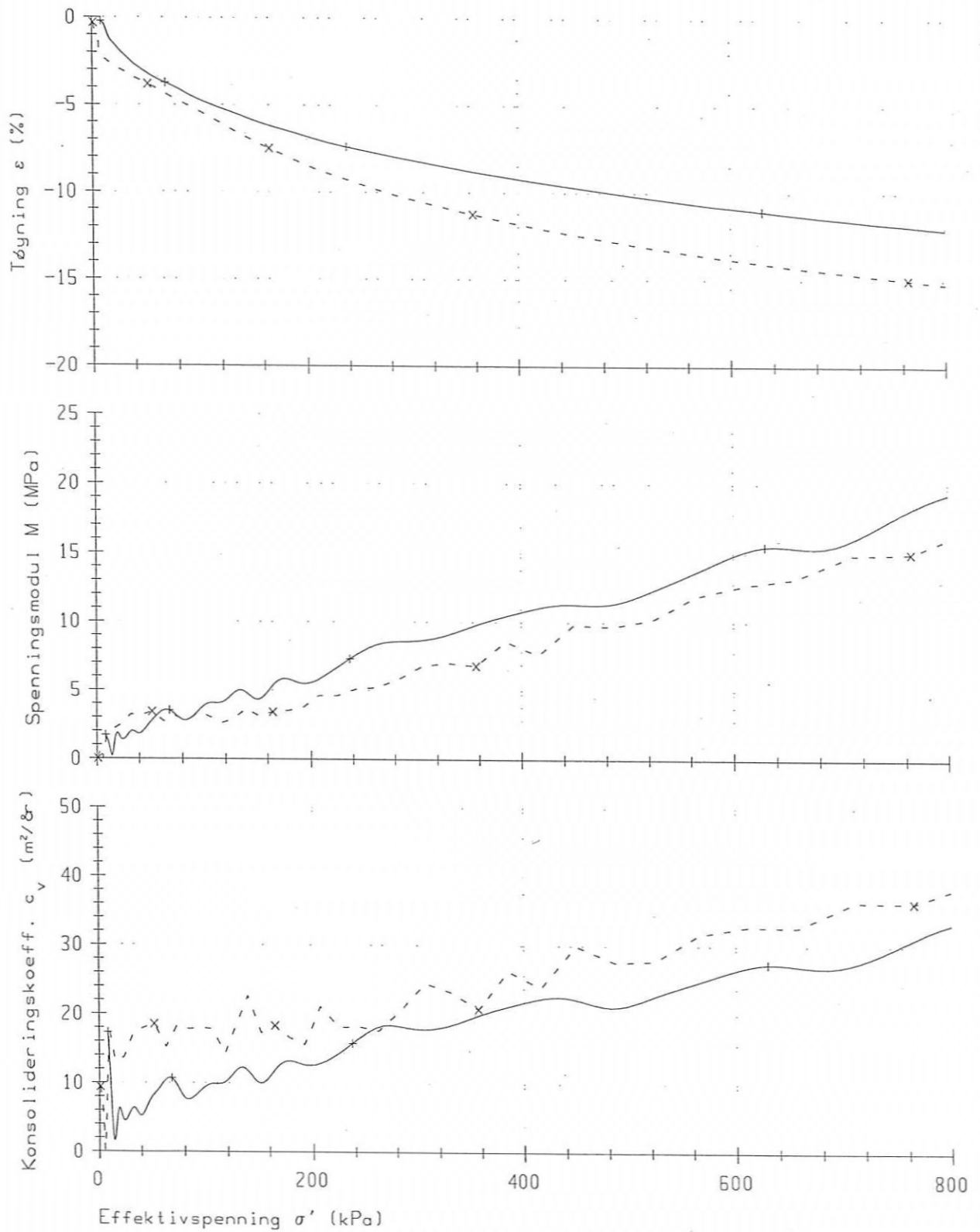


	Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+ + +	7900 25mv	2.7	373F	CRS	siltig leire
x -x- x	7900 25mv	2.7	373F1	CRS	siltig leire
▣ ▣ ▣	7900 25mv	5.7	376D	CRS	siltig leire kvikk
○ ○ ○	7900 25mv	5.7	376D1	CRS	siltig leire kvikk

KONTINUERLIG ØDOMETER

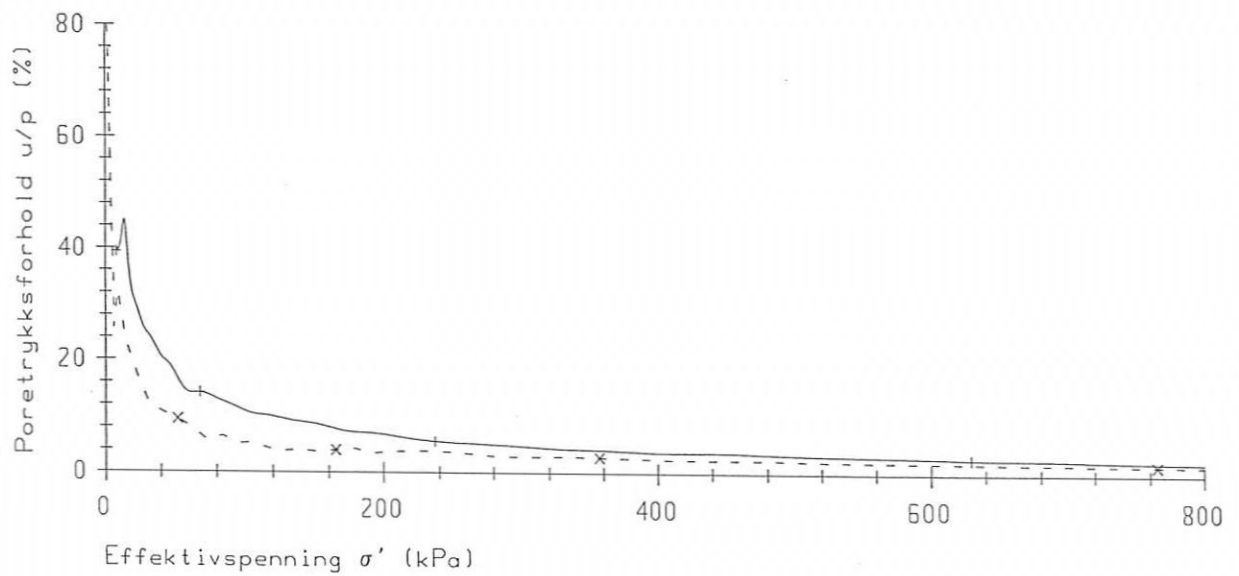
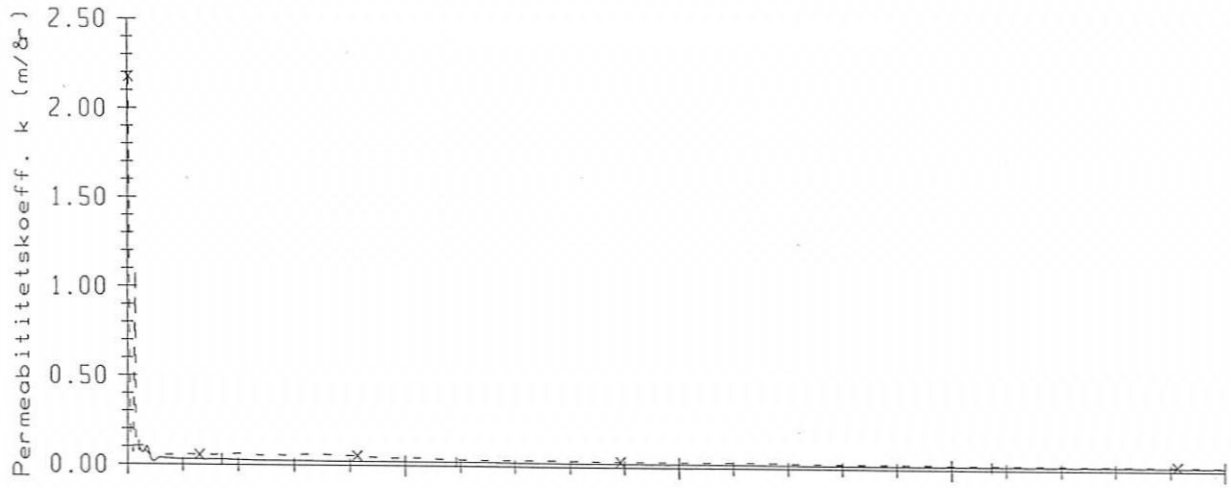
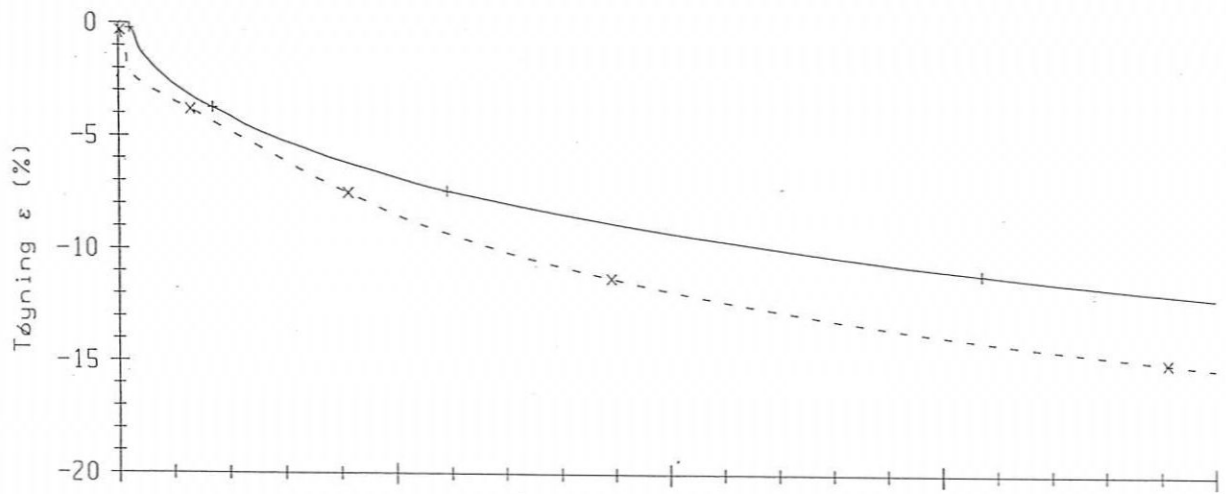
Veglaboratoriet

Oppdrag
Z90186
Dato
2002-08-06
Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+ + + 7900 25mv	5.7	376D	CRS	leirig silt kvikk
* -x- * 7900 25mv	7.7	378D	CRS	leirig silt kvikk

KONTINUERLIG ØDOMETER	Oppdrag Z90186
	Dato 2002-07-09
Veglaboratoriet	Fig.



	Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+	7900 25mv	5.7	376D	CRS	leirig silt kvikk
x	7900 25mv	7.7	378D	CRS	leirig silt kvikk

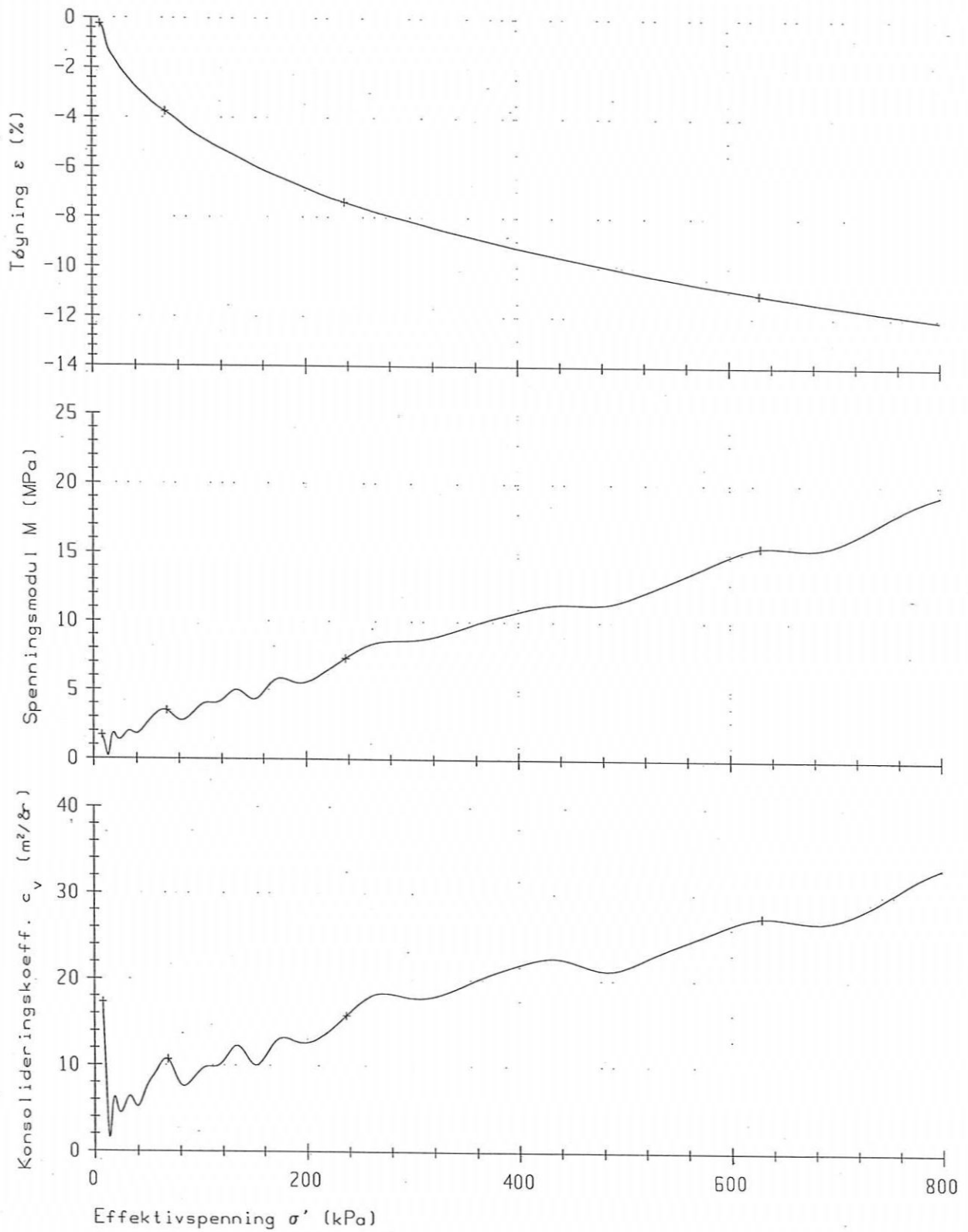
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
Z90186

Date
2002-07-09

Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
7900 25mv	5.7	376D	CRS	leirig silt kvikk

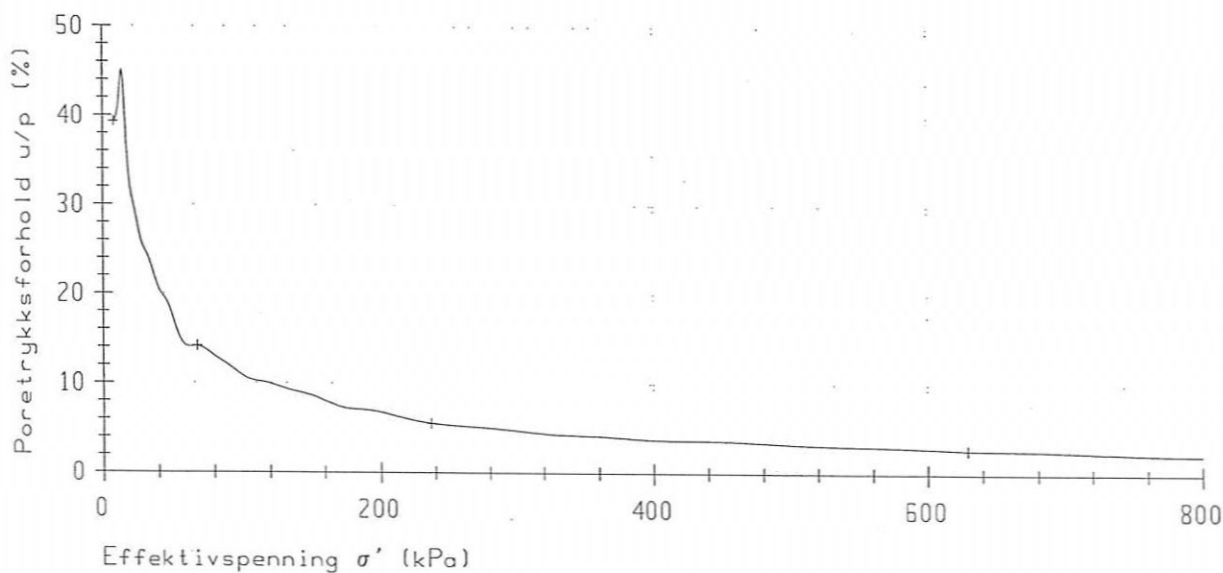
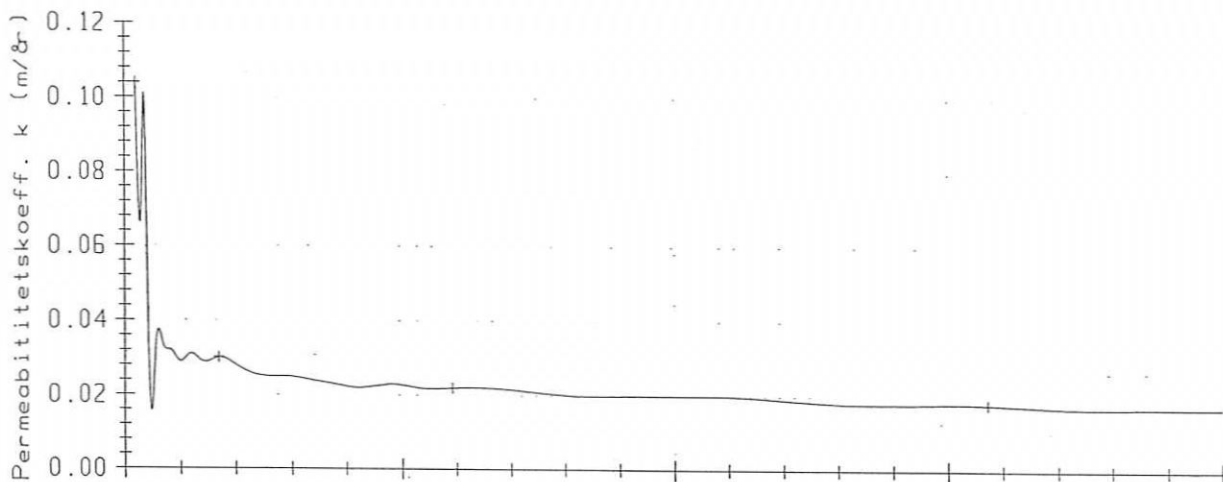
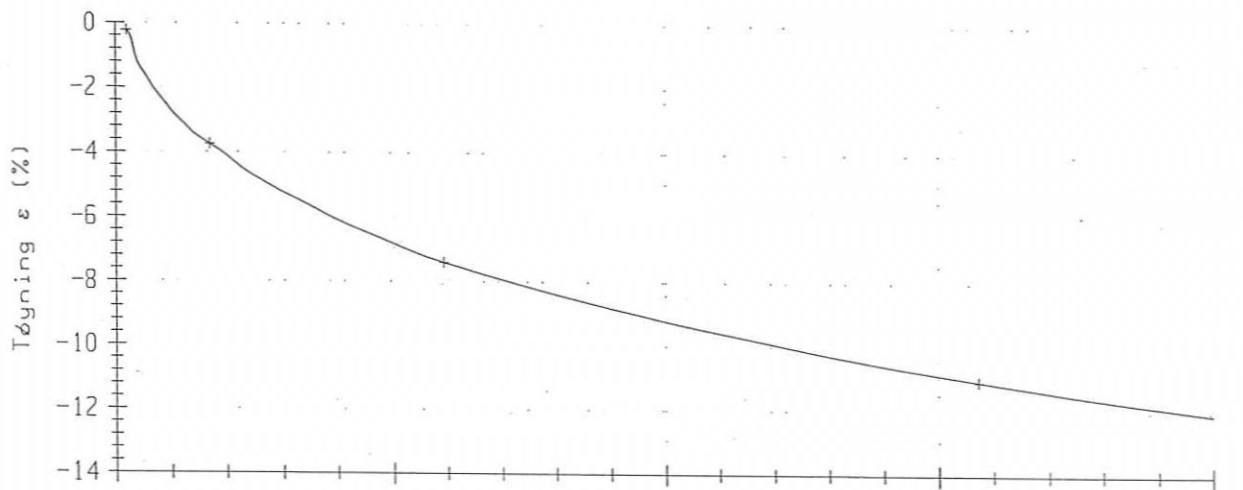
KONTINUERLIG ØDOMETER

Oppdrag
Z90186

Veglaboratoriet

Dato
2002-07-09

Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
7900	25mv	5.7	3760	CRS leirig silt kvikk

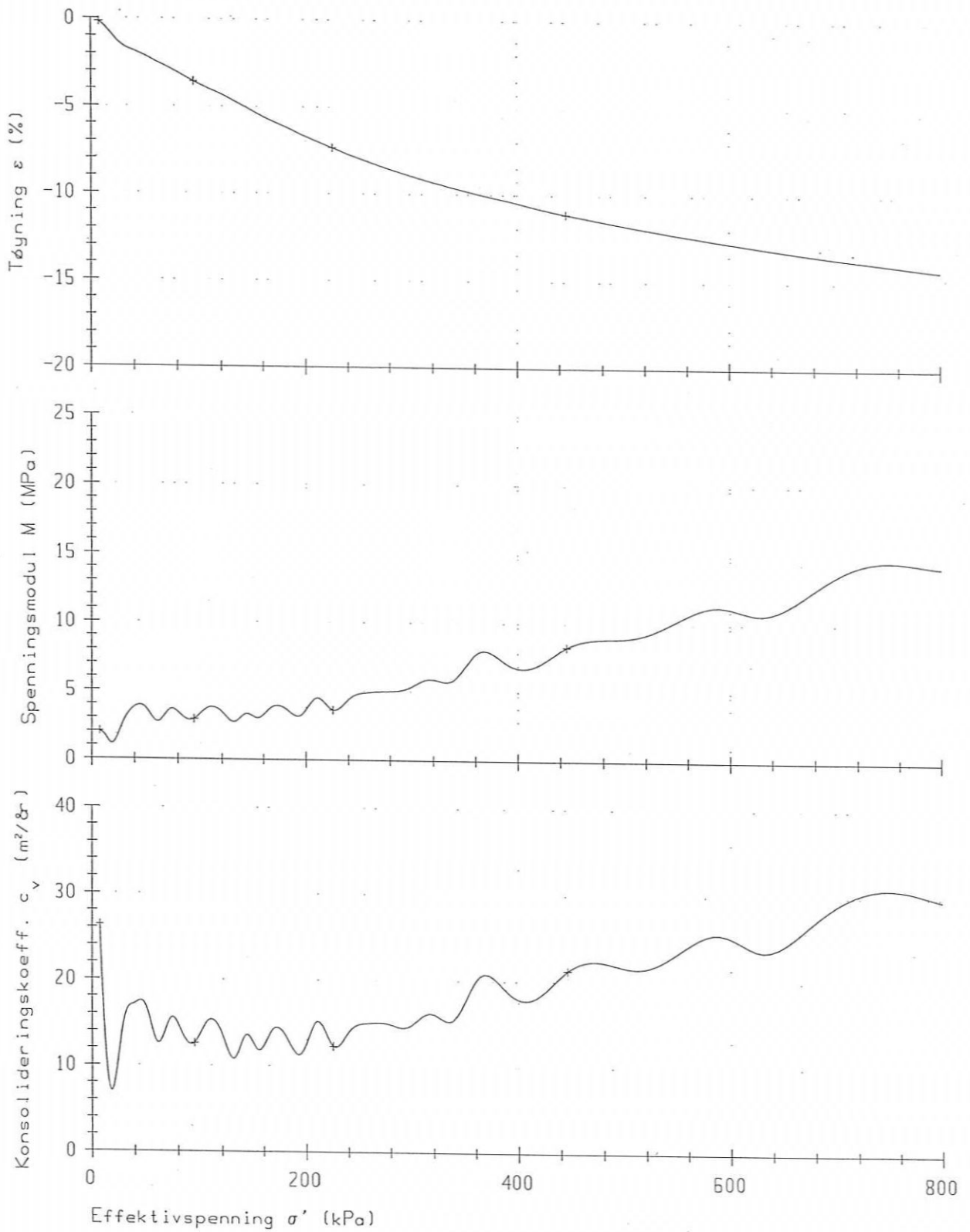
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
Z90186

Dato
2002-07-09

Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
7900	25 _{mv}	7.7	378D3	CRS leirig silt kvikk

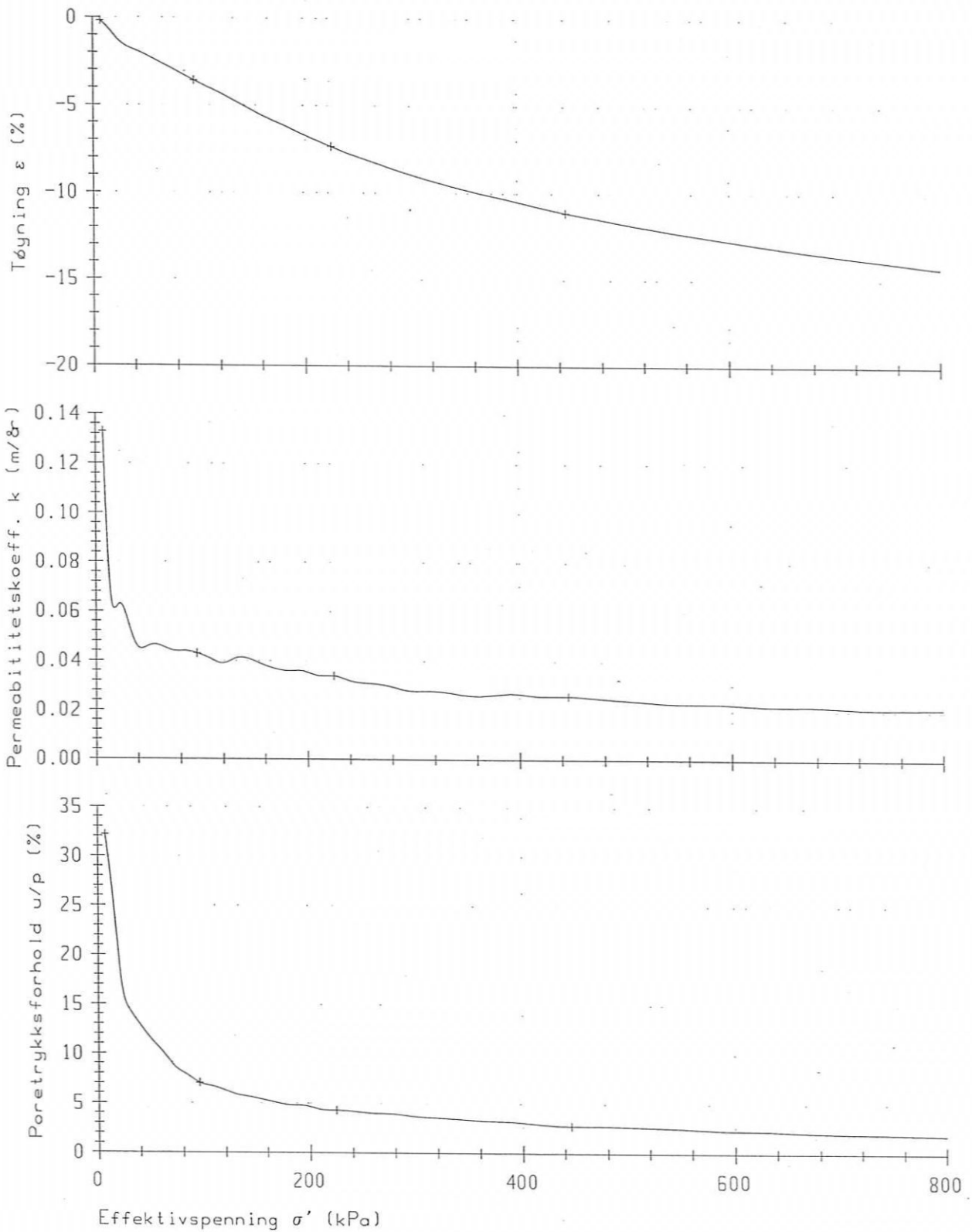
KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

Oppdrag
Z90186

Dato
2002-07-16

Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
7900 25mv	7.7	378D3	CRS	leirig silt kvikk

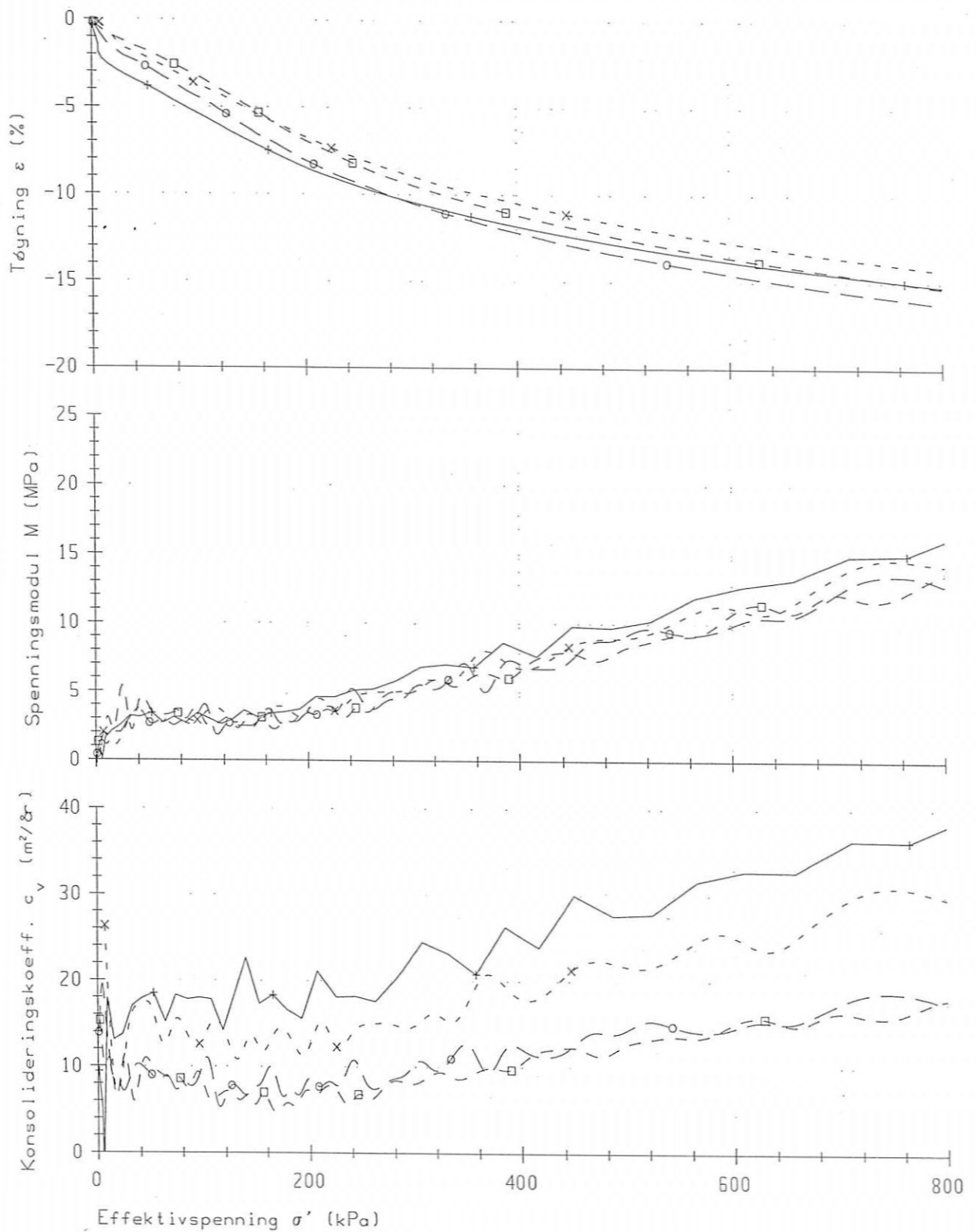
KONTINUERLIG ØDOMETER

Oppdrag
Z90186

Veglaboratoriet

Dato
2002-07-16

Fig.



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+ - +	7900 25mv 7.7	378D	CRS	siltig leire kvikk
x - x	7900 25mv 7.7	378D3	CRS	siltig leire kvikk
□ - □	7900 25mv 9.6	380D	CRS	siltig leire kvikk
○ - ○	7900 25mv 9.6	380D1	CRS	siltig leire kvikk

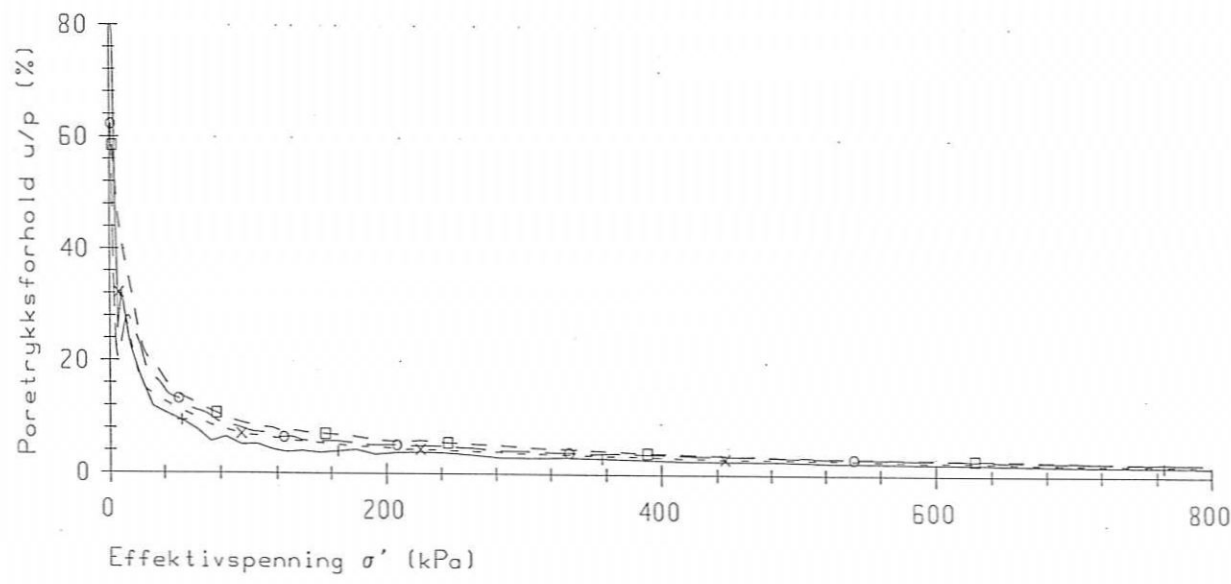
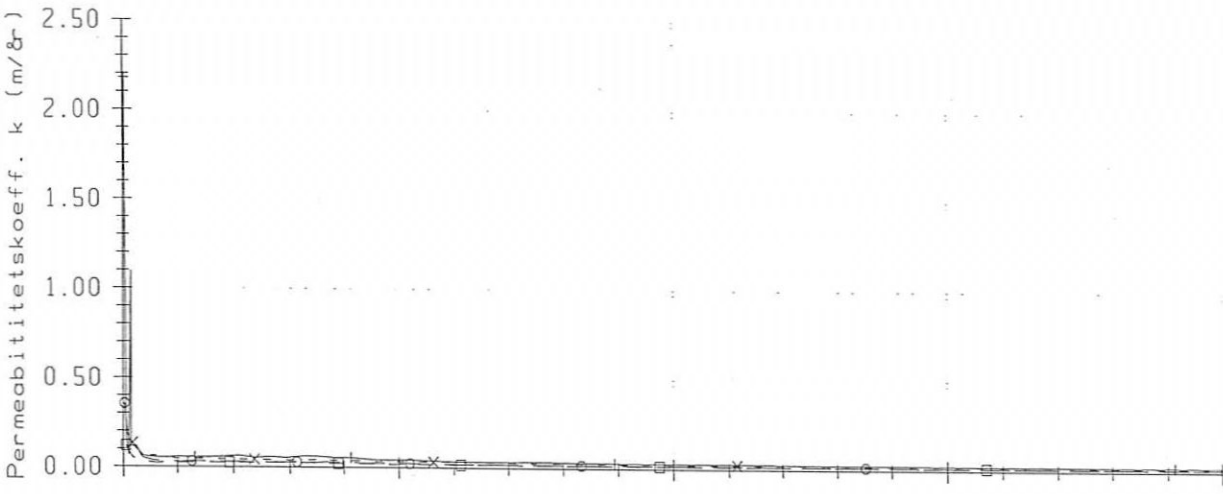
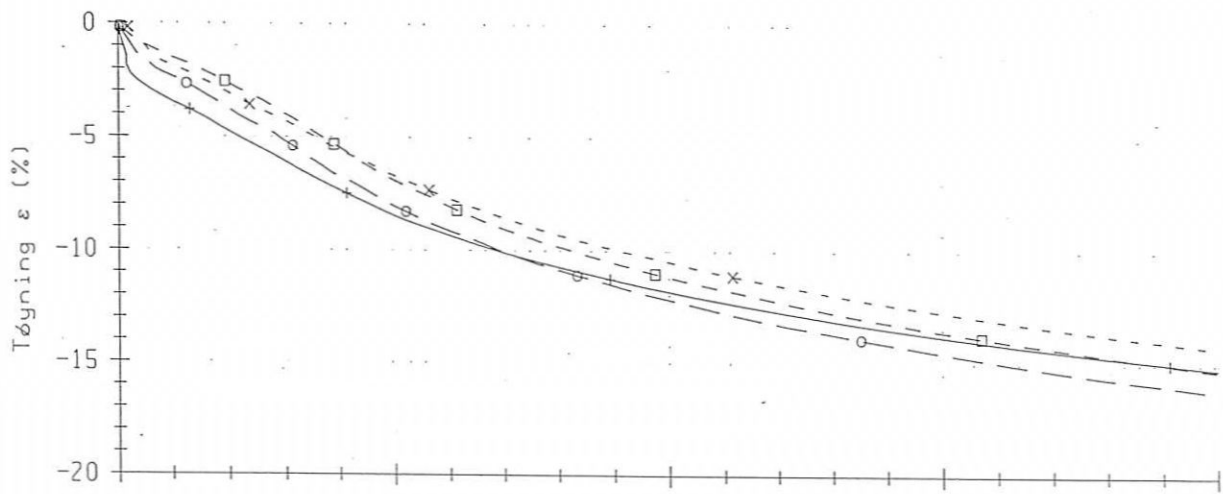
KONTINUERLIG ØDOMETER

Oppdrag
Z90186

Veglaboratoriet

Dato
2002-07-11

Fig.



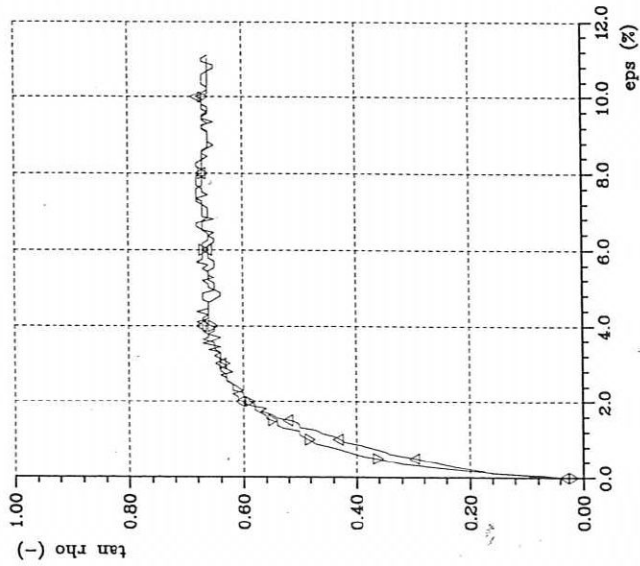
	Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
+	7900 25mv	7.7	3780	CRS	siltig leire kvikk
x	7900 25mv	7.7	37803	CRS	siltig leire kvikk
□	7900 25mv	9.6	3800	CRS	siltig leire kvikk
○	7900 25mv	9.6	38001	CRS	siltig leire kvikk

KONTINUERLIG ØDOMETER

Veglaboratoriet

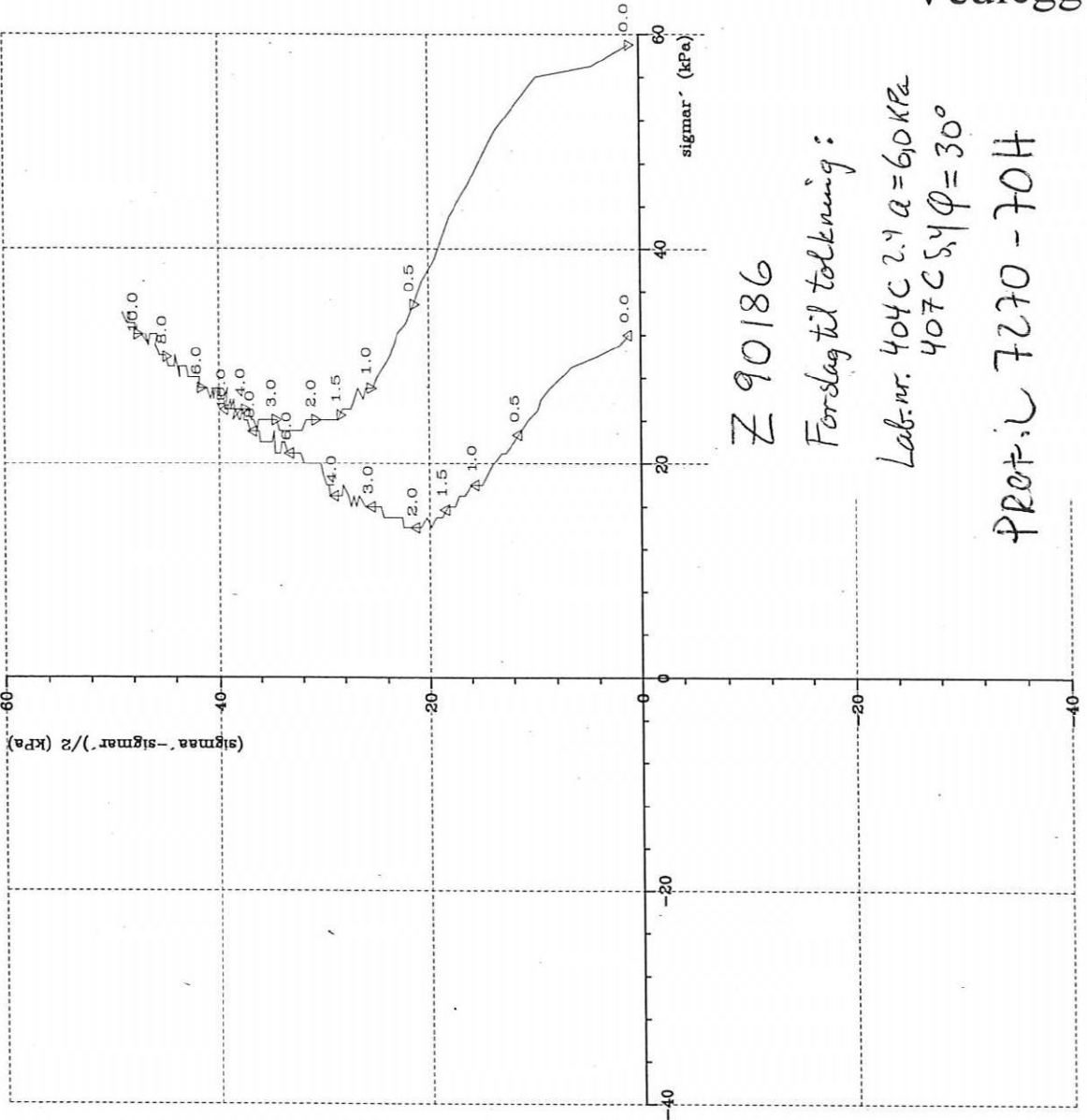
Oppdrag	Z90186
Dato	2002-07-11
Fig.	

Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøksstype	dV(cm3)	Korr.	Kommentar
△	7270-70H	2.40	404C	CIUA1	3.50	12 4	leirig silt m/hulrom
▽	7270-70H	5.40	407C	CIUA1	5.50	12 4	leirig silt m/hulrom



$\tan \rho (-) = 0.58$

$a (kPa) = 6.00$
 $a (kPa) = 6.00$



Z 90186

Forslag til tolkning:

Lab.nr. 404C 2.1 a = 6.0 kPa
 407C 5.4 phi = 30°

Profil 7270 - 70H

EN/JI:
 28/10-

TREAKSIALFORSØK
 VEGTEKNISK AVDELING

Oppdr.nr.
 Z90186

Dato
 28.10.02

Fig.

Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm3)	Korr.	Kommentar
	7270-70H	11.30	413B	CIUA1	9.50	12 4	leirig silt m/rotrester, kvikk
	7270-70H	12.40	414C	CIUA1	12.00	12 4	leirig silt m/rotrester, kvikk

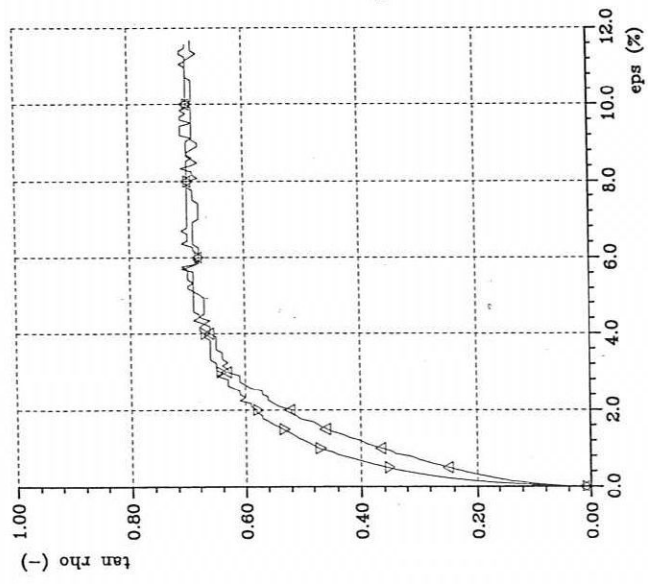
Z 90186

Forslag til tolkning:

Lab.nr: 413B $\alpha = 0 \text{ kPa}$ 11.3
 414C $\alpha = 28 \text{ kPa}$ 12.4

PROFIL 7270-70H

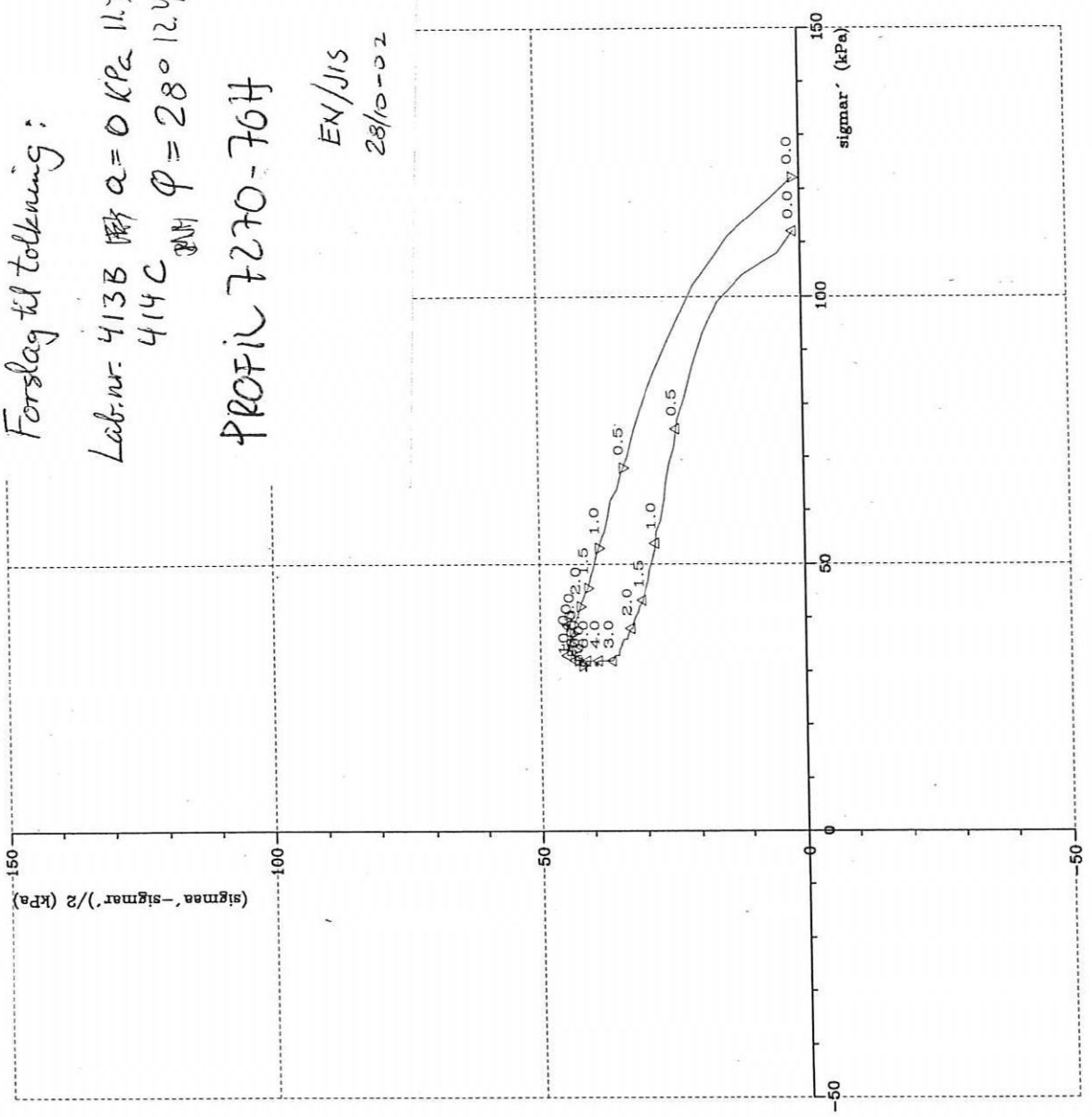
EN/JIS
 28/10-02



$\tan \rho (-) = 0.53$

$a \text{ (kPa)} = 0.00$

$a \text{ (kPa)} = 0.00$



TREAKSIALFORSØK

VEGTEKNISK AVDELING

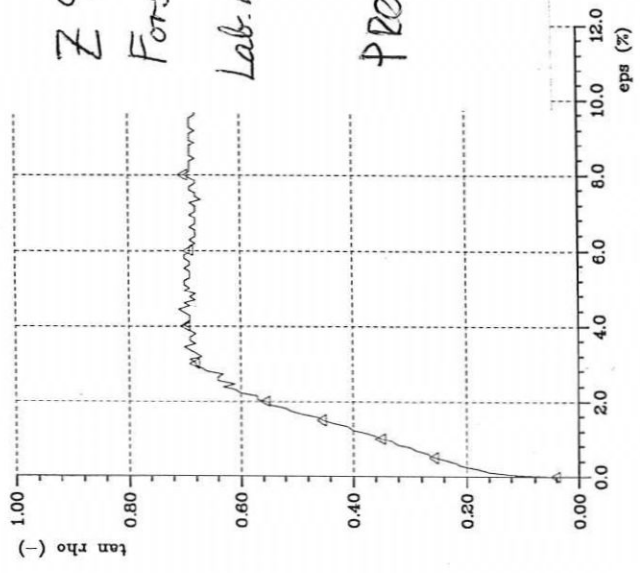
Oppdr.nr.
Z90186

Dato
28.10.02

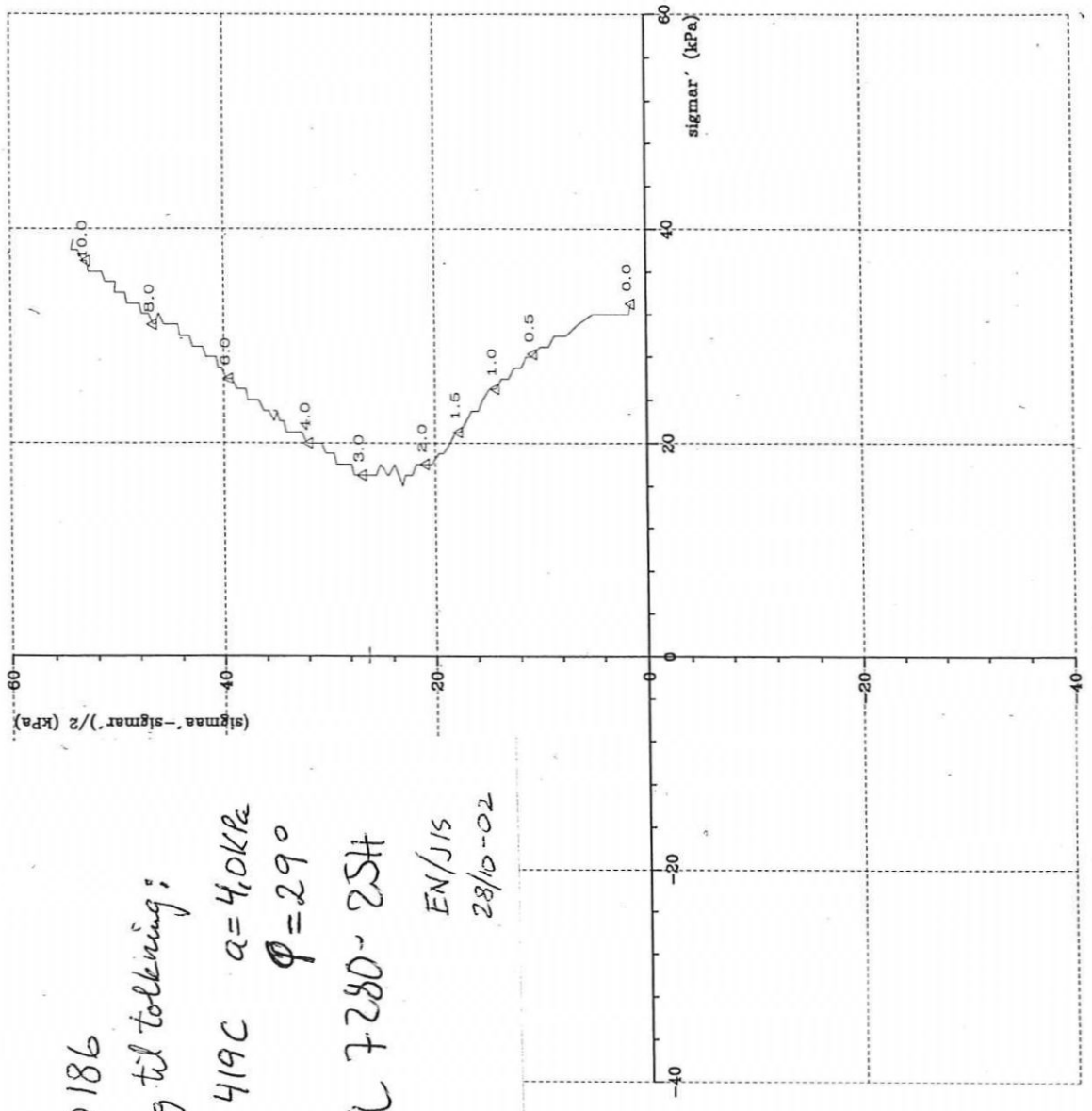
Fig.

4.2

Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm3)	Korr.	Kommentar
A	7280-25H	2.40	419C	CIUA1	3.00	12 4	leirig silt



Z 90186
 Forslag til tolkning:
 Lab. nr. 419C $a = 4,0 \text{ kPa}$
 $\phi = 29^\circ$
 PROFIL 7280-25H
 EN/J15
 28/10-02



a (kPa) = 4.00

TREAKSIALFORSØK

VEGTEKNISK AVDELING

Oppdr.nr.
Z90186

Dato
28.10.02

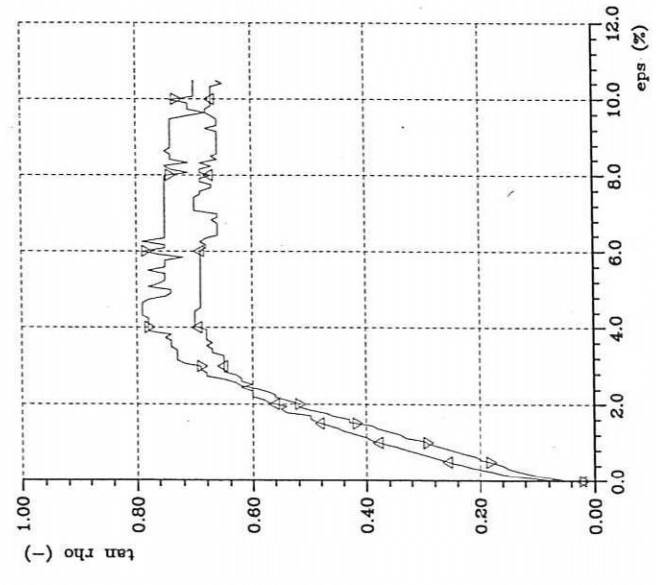
Fig.

Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm3)	Korr.	Kommentar
	7280-25H	6.50	423D	CIUA1	5.50	12 4	siltig leire
	7280-25H	7.50	424D	CIUA1	5.00	12 4	siltig leire

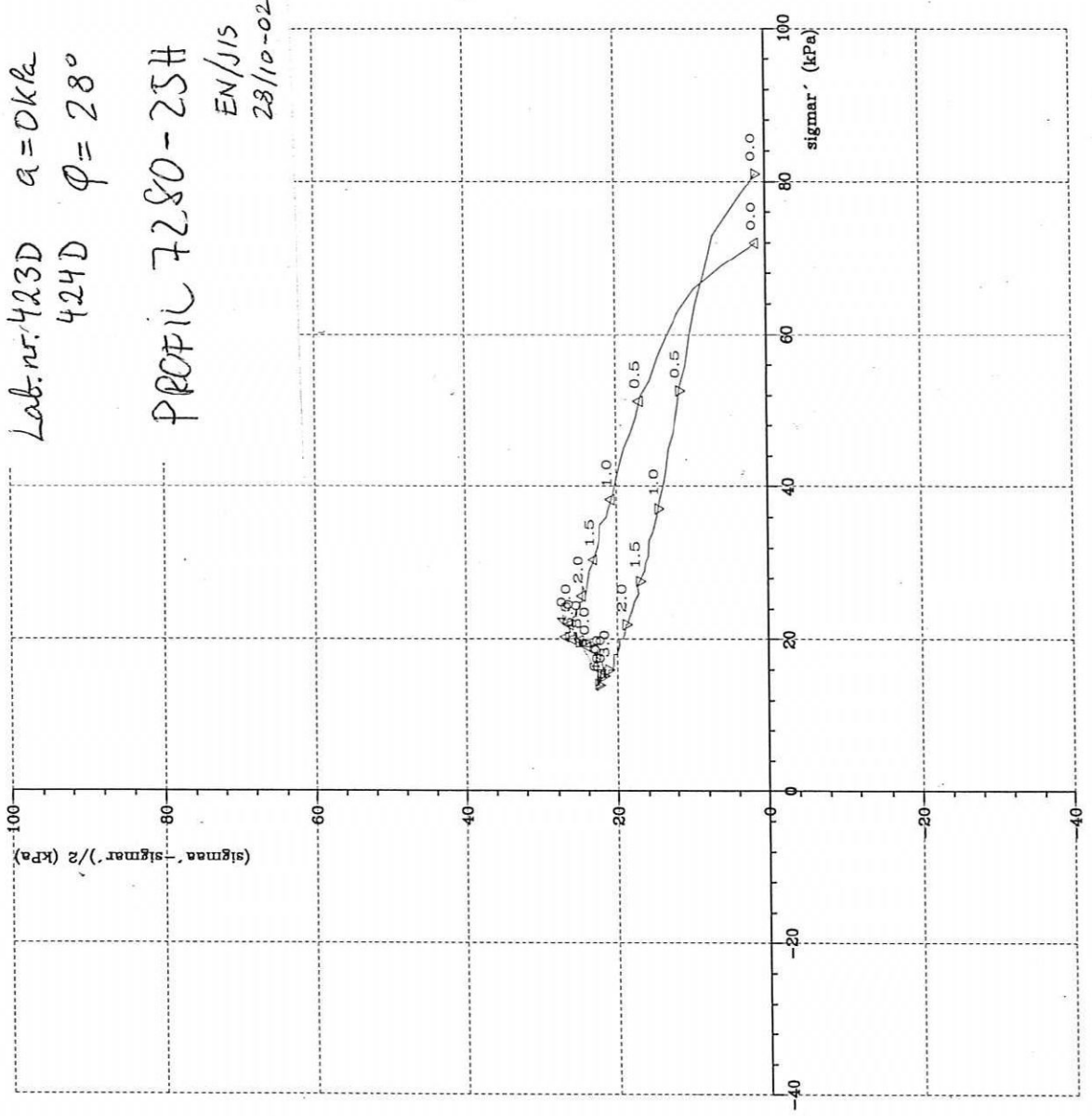
Z 90186

Forslag til tolkning:

Lab.nr: 423D $a = 0 \text{ kPa}$
 424D $\phi = 28^\circ$
 PROFIL 7280-25H
 EN/J15
 28/10-02

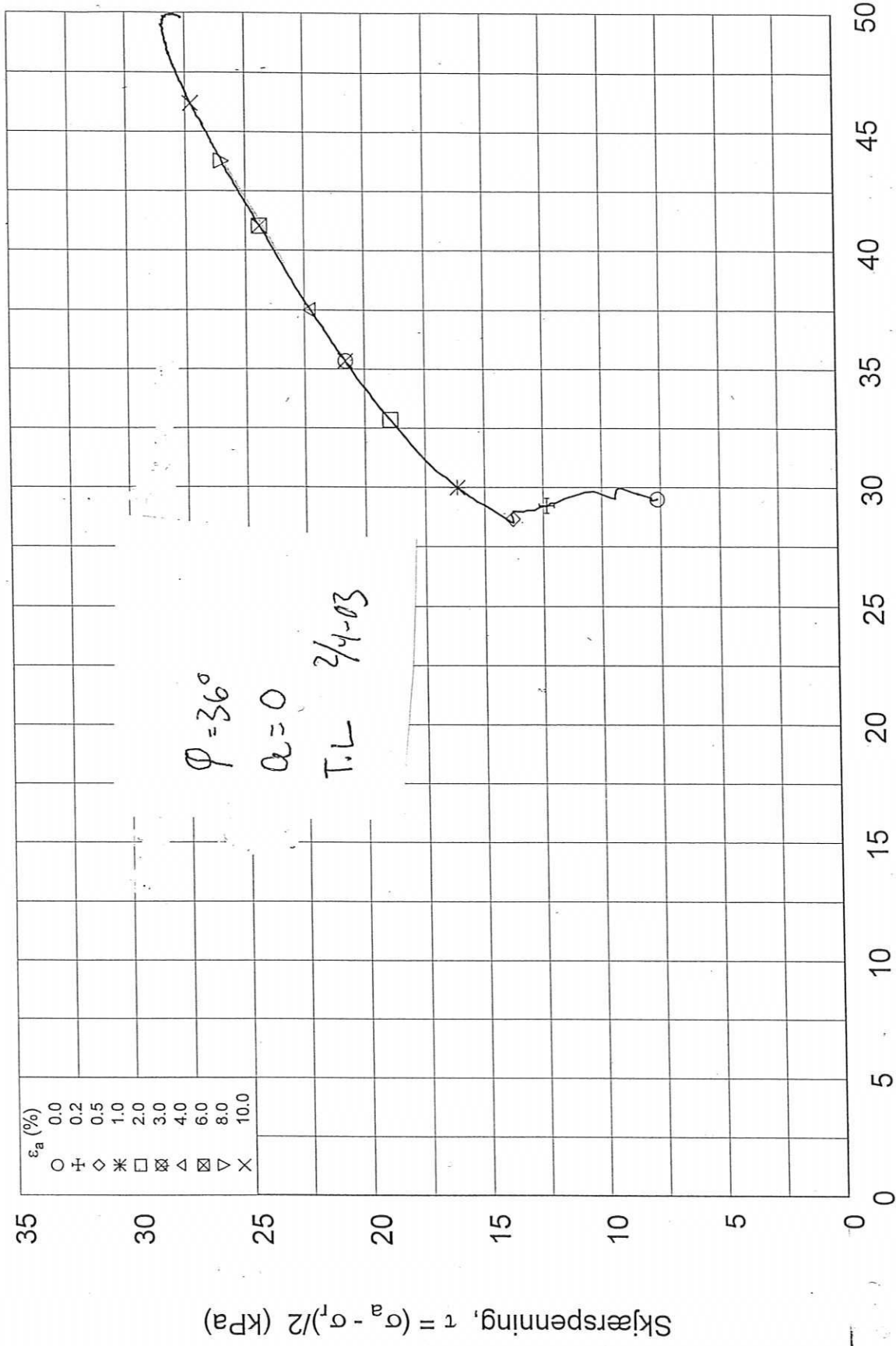



$\tan \rho (-) = 0.53$
 $a \text{ (kPa)} = 0.00$
 $a \text{ (kPa)} = 0.00$



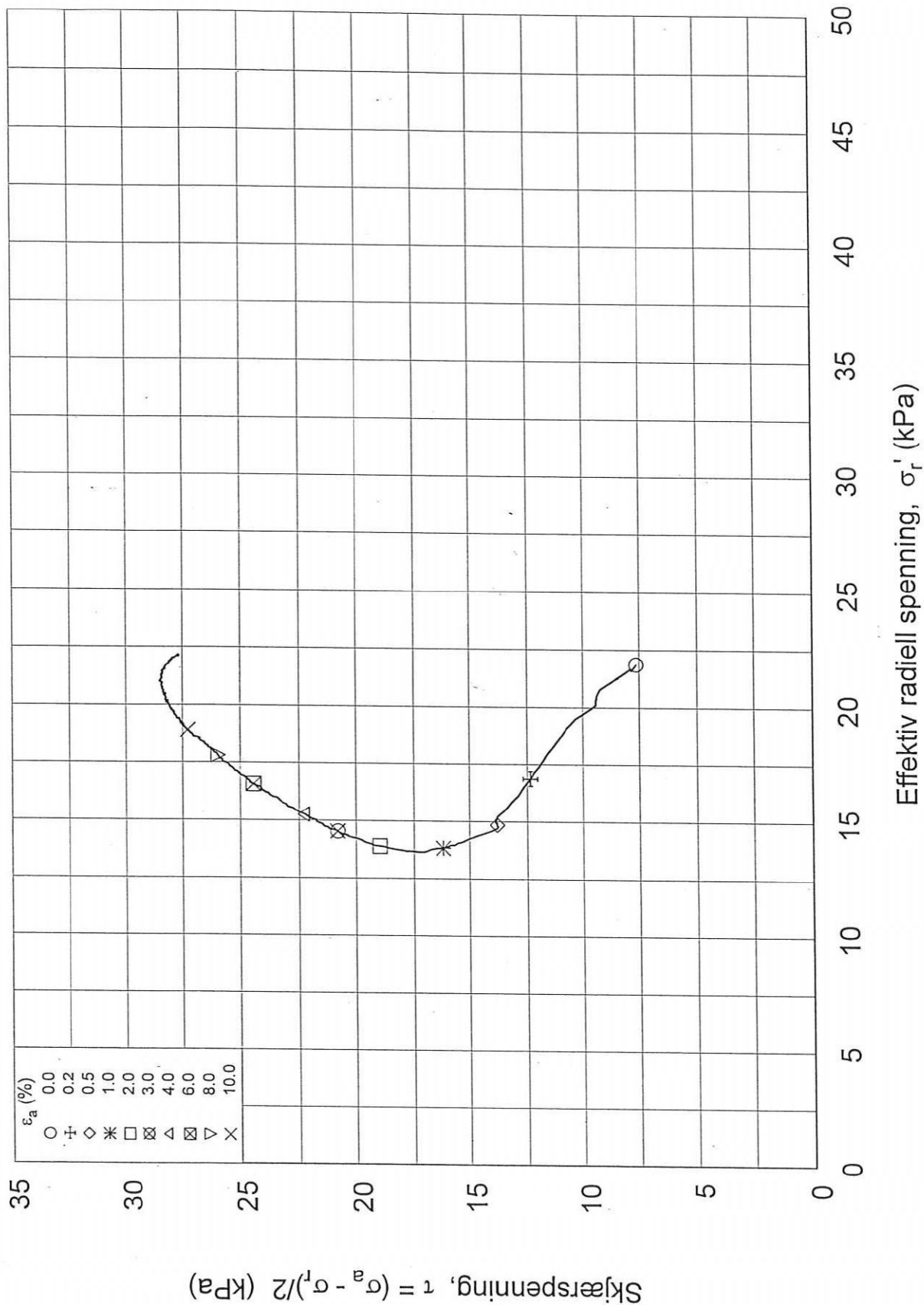
TREKSIALFORSØK
 VEGTEKNISK AVDELING


Oppdr.nr.
 Z90186
 Dato
 28.10.02
 Fig.



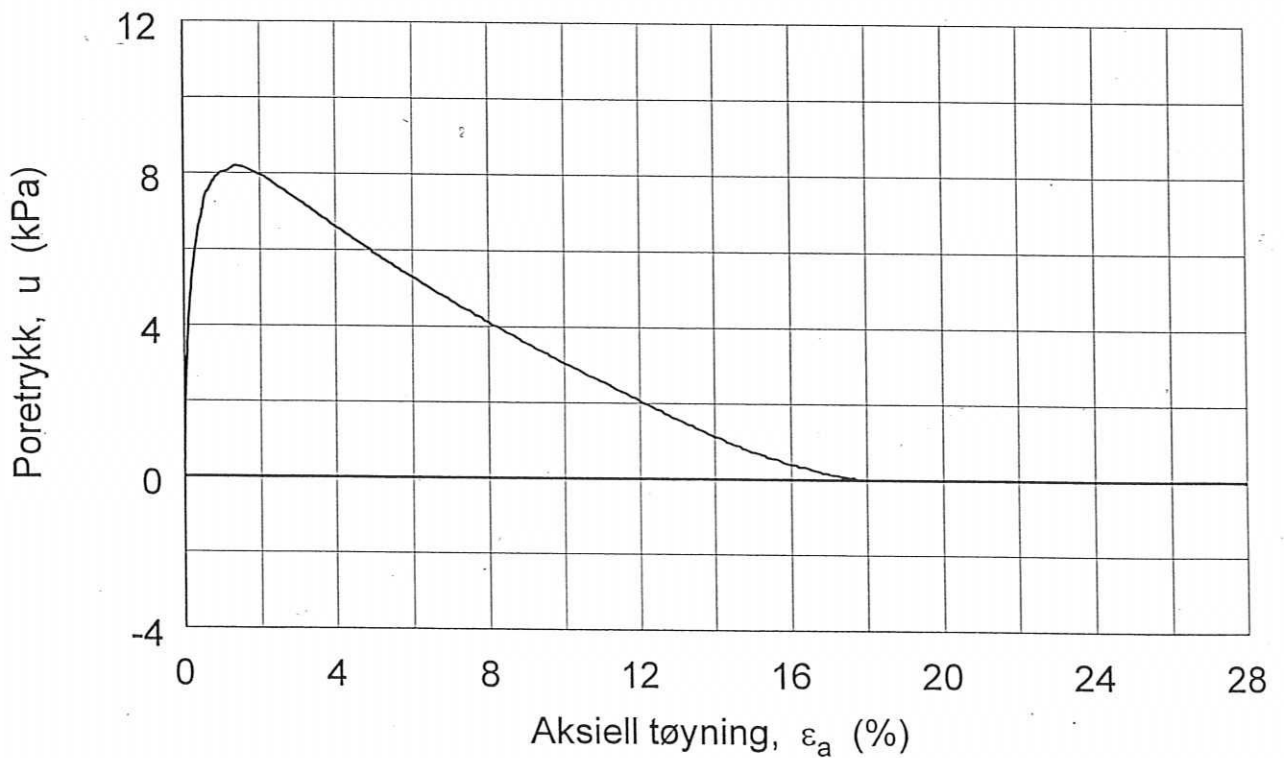
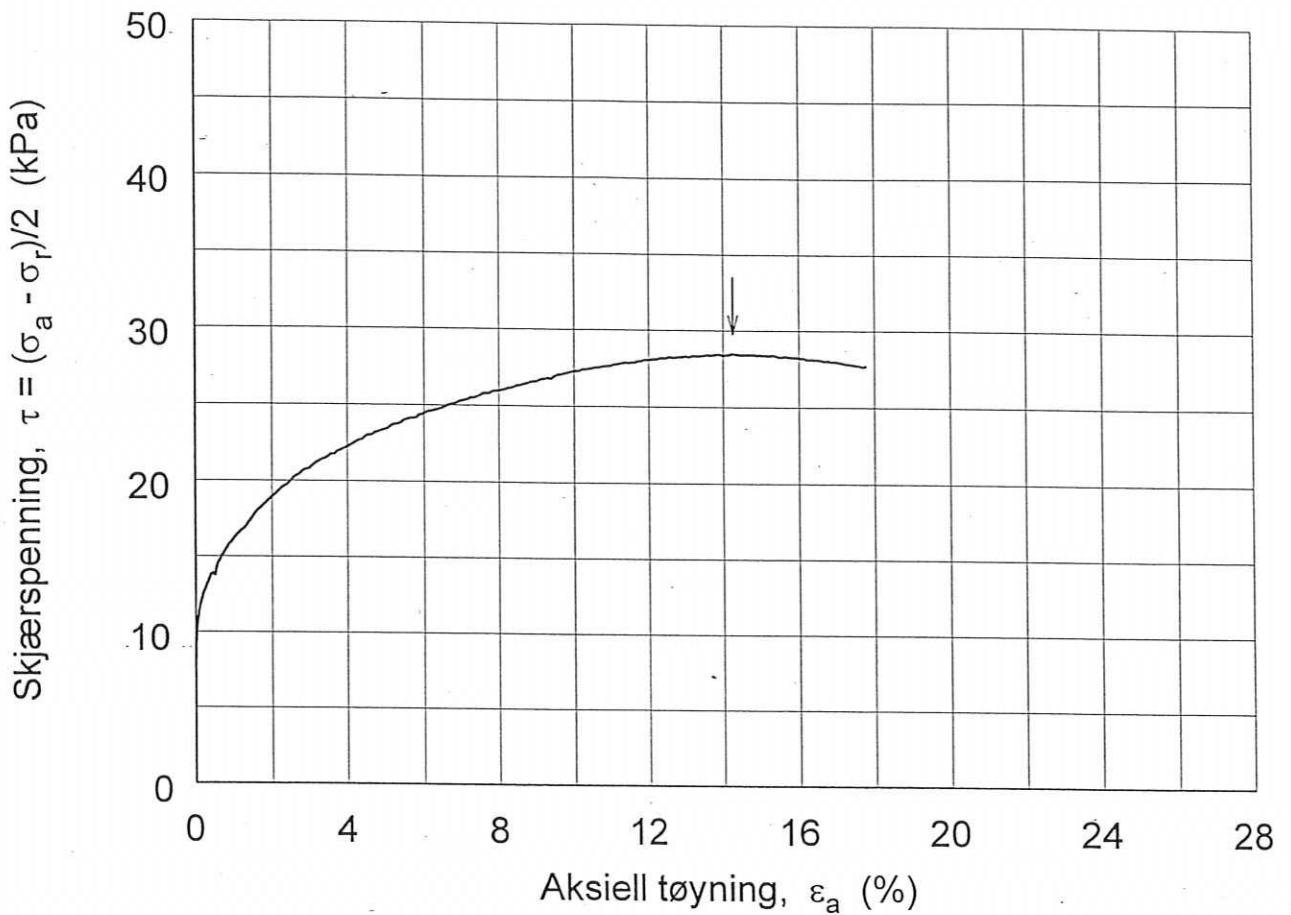
VEGVESEN E18 KOPSTAD - GULLI		PROFIL 7900-25V		Rapport nr. 20021239	Figur nr.
CAUc på 54mm prøve		Dybde = 4.4	m	Tegner G.S	Dato July 16, 2002
Boring: 549	Syl.: Z89	$\sigma_{ac}' = 37.1$	kPa	Kontrollert G.S	
Del: A	Test: 1	$\sigma_{rc}' = 21.8$	kPa	Godkjent	
Dato-Rev. nr. 25.2.99-0		$W_i = 30.56$	%		


4,5



VEGVESEN E18 KOPSTAD - GULLI Profil 7900-25V			Rapport nr. 20021239	Figur nr.
CAUc på 54mm prøve	Dybde = 4.4 m	$\sigma_{ac}' = 37.1$ kPa	Tegner G.S.	Dato July 16, 2002
Boring: 549	Syl.: Z89	$\sigma_{rc}' = 21.8$ kPa	Kontrollert G.S.	
Del: A	Test: 1	$W_i = 30.56$ %	Godkjent	
Dato-Rev. nr. 25.2.99-0				

4.6



VEGVESEN E18 KOPSTAD - GULLI PROFIL 7300-25V			Rapport nr. 20021239	Figur nr.
CAUc på 54mm prøve		Dybde = 4.4 m	Tegner G.S	Dato July 16, 2002
Boring: 549	Syl.: Z89	$\sigma_{ac}' = 37.1$ kPa	Kontrollert G.S	
Del: A	Test: 1	$\sigma_{rc}' = 21.8$ kPa	Godkjent	
Dato-Rev. nr. 25.2.99-0		$W_i = 30.56$ %		

4.7

Triaxial test summary

Template: H:\Regneark\triax\triax.xlt

Responsible: SGH \ E Lu

Date/Rev.no.: 05.01.1999/3

Project name **Vegvesen E18 Kopstad - Gulli**
 Project number **20021239**
 Report number **0 PROFIL 7500 - 25V**

Sample and test identification

Boring	549
Tube	Z89
Part	A
Test	1

Material	Siltig kvikkleire
Trimming method	Standard
Laboratory procedure	LLP014

Depth	4.4 [m]	Salt content	0 [g/l]
Effective overburden pressure, P_o'	37 [kPa]	Solid density	27 [kN/m ³]
Specimen height	10.8 [cm]	Maximum density	0 [kN/m ³]
Specimen volume	245.89 [cm ³]	Minimum density	0 [kN/m ³]

Initial index data

Water content	w_i	30.56 [%]	Void ratio	e_i	0.882
Initial density	γ_{ti}	18.73 [kN/m ³]	Initial saturation	S_{ri}	95.4 [%]
Dry density	γ_{di}	14.35 [kN/m ³]	Relative density	D_{ri}	


Consolidation data

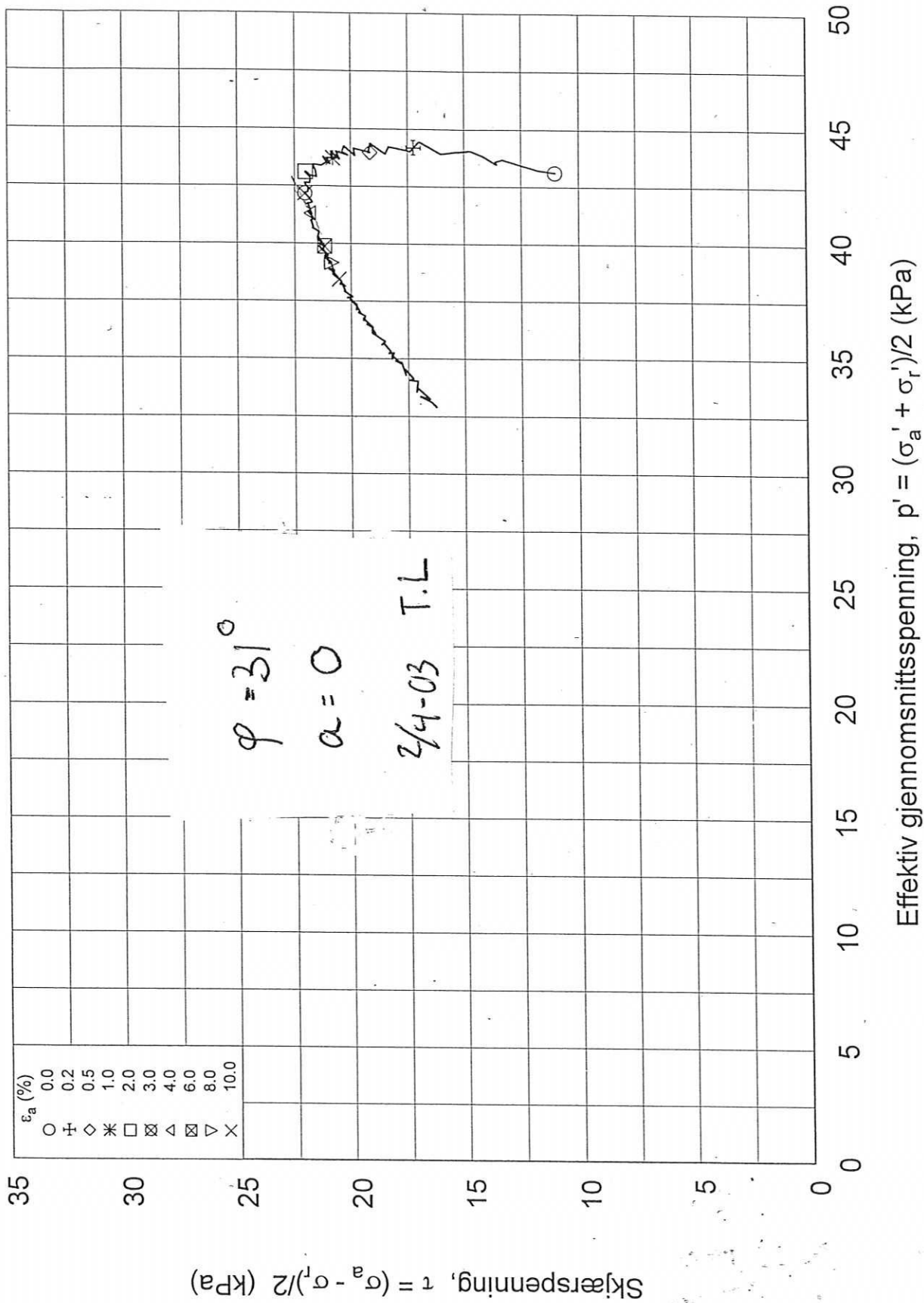
		Final		Maximum	Minimum	Final
Water content	w_c	29.07 [%]	σ_{ac}'			37.1 [kPa]
Density	γ_{tc}	18.93 [kN/m ³]	σ_{rc}'			21.8 [kPa]
Dry density	γ_{dc}	14.67 [kN/m ³]	τ_c			7.6 [kPa]
Void ratio	e_c	0.841	K_o			0.59
Saturation	S_{rc}	95.2 [%]	ϵ_{ac}			0.676 [%]
Relative density	D_{rc}		ϵ_{vc}			2.176 [%]
Backpressure	U	784.6 [kPa]	ϵ_{rc}			0.758 [%]
B-value	B	99.7 [%]				

Preshearing data

ϵ_{ac}	0.000 [%]	Nominal τ_{cy}	0 [kPa]
ϵ_{vc}	0.000 [%]	Number of cycles	0

Comments

Calculation done by: <i>GS</i>	Date: <i>16/7-02</i>	Control done by: <i>GS</i>	Date: <i>16/7-02</i>	
Project no.: 20021239	Boring: 549	Tube: Z89	Part: A	



VEGVESEN E18 KOPSTAD - GULLI PROFIL 7900-25V

Rapport nr. 20021239

Figur nr.

CAUc på 54 mm prøve

Dybde = 6.4 m

Tegner *GS*

Dato July 16, 2002

Boring: 549

Syl.: Z69

σ_{ac} = 54.1 kPa

Kontrollert *GS*

Del: A

Test: 1

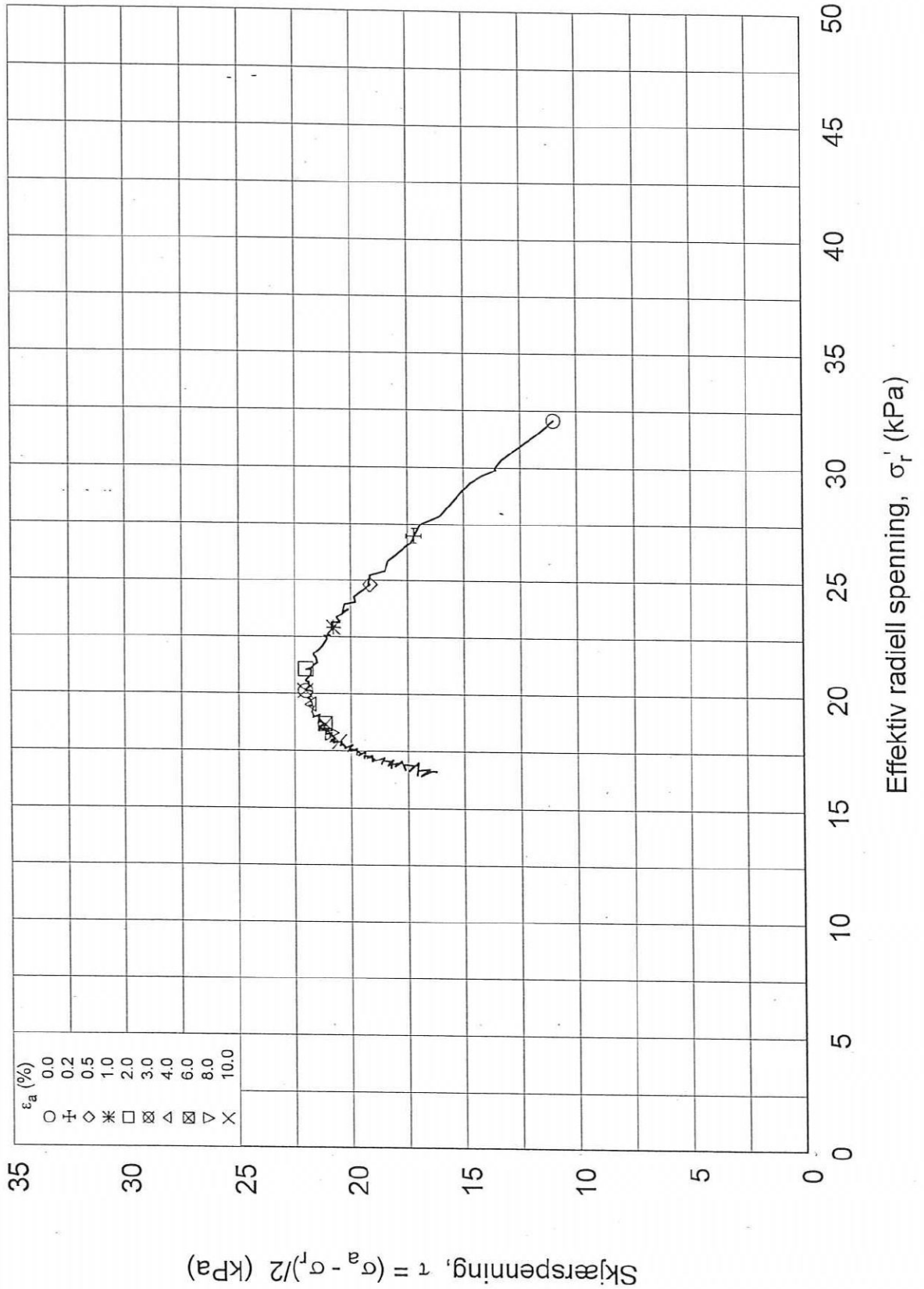
σ_{rc} = 32.1 kPa

Godkjent

Dato-Rev. nr. 25.2.99-0

W_i = 35.24 %



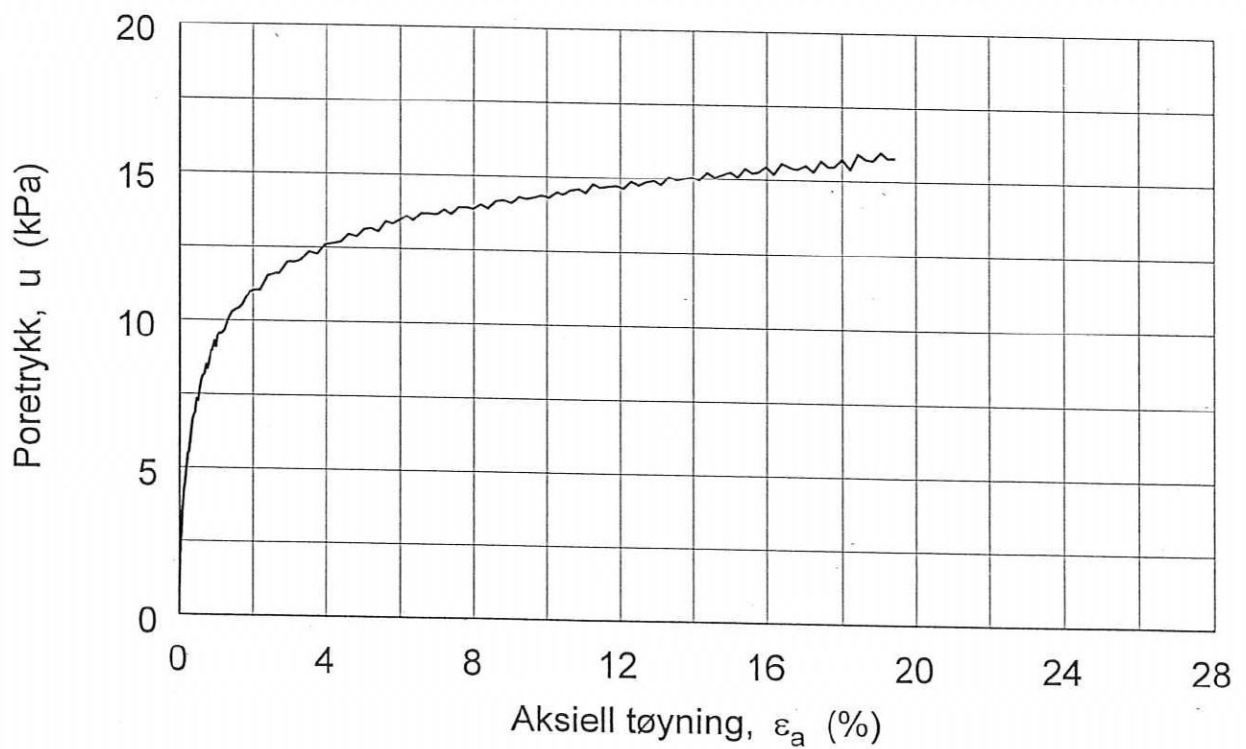
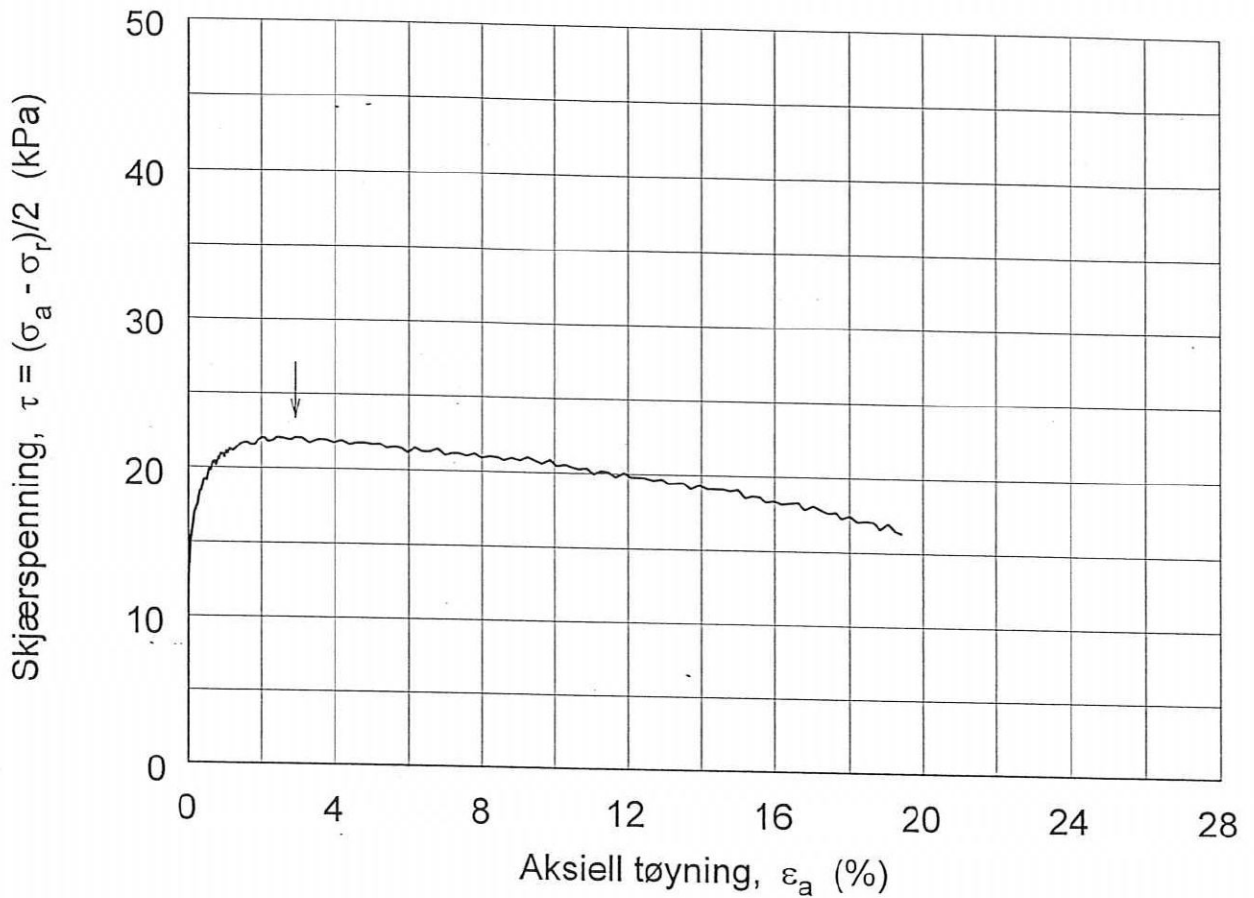


VEGVESEN E18 KOPSTAD - GULLI <i>PROFIL 7900-25V</i>		Rapport nr. 20021239	Figur nr.
CAUc på 54 mm prøve		Tegner <i>9.S</i>	Dato July 16, 2002
Boring: 549	Syl.: Z69	σ_{ac} = 54.1 kPa	Kontrollert <i>9.S</i> Godkjent
Del: A	Test: 1	σ_{rc} = 32.1 kPa	
		W_i = 35.24 %	

Dato-Rev. nr. 25.2.99-0



4.10



VEGVESEN E18 KOPSTAD - GULLI *PROFIL 7500-25V*

Rapport nr.
20021239

Figur nr.

CAUc på 54 mm prøve

Boring: 549

Syl.: Z69

Dybde = 6.4 m

$\sigma_{ac}' = 54.1$ kPa

$\sigma_{rc}' = 32.1$ kPa

$W_i = 35.24$ %

Tegner

G.S.

Kontrollert

G.S.

Godkjent

Dato

July 16, 2002



Triaxial test summary

Template: H:\Regneark\triax\triax.xlt

Responsible: SGH\ELu

Date\Rev.no.: 05.01.1999\3

Project name **Vegvesen E18 Kopstad - Gulli**
 Project number **20021239**
 Report number **0 PROFIL 7900-25V**

Sample and test identification

Boring	549
Tube	Z69
Part	A
Test	1

Material	Siltig kvikkleire
Trimming method	Standard
Laboratory procedure	LLP014

Depth	6.4 [m]	Salt content	0 [g/l]
Effective overburden pressure, P_o'	53.8 [kPa]	Solid density	27 [kN/m ³]
Specimen height	9.92 [cm]	Maximum density	0 [kN/m ³]
Specimen volume	232.12 [cm ³]	Minimum density	0 [kN/m ³]

Initial index data

Water content	w_i	35.24 [%]	Void ratio	e_i	0.981
Initial density	γ_{ti}	18.43 [kN/m ³]	Initial saturation	S_{ri}	98.9 [%]
Dry density	γ_{di}	13.63 [kN/m ³]	Relative density	D_{ri}	


Consolidation data

		Final		Maximum	Minimum	Final
Water content	w_c	34.03 [%]	σ_{ac}'			54.1 [kPa]
Density	γ_{tc}	18.58 [kN/m ³]	σ_{rc}'			32.1 [kPa]
Dry density	γ_{dc}	13.86 [kN/m ³]	τ_c			11.0 [kPa]
Void ratio	e_c	0.947	K_o			0.59
Saturation	S_{rc}	98.8 [%]	ϵ_{ac}			0.756 [%]
Relative density	D_{rc}		ϵ_{vc}			1.680 [%]
Backpressure	U	784.6 [kPa]	ϵ_{rc}			0.467 [%]
B-value	B	99.3 [%]				

Preshearing data

ϵ_{ac}	0.000 [%]	Nominal τ_{cy}	0 [kPa]
ϵ_{vc}	0.000 [%]	Number of cycles	0

Comments

Calculation done by: G.S	Date: 16/7-02	Control done by: G.S	Date: 16/7-02	
Project no.: 20021239	Boring: 549	Tube: Z69	Part: A	

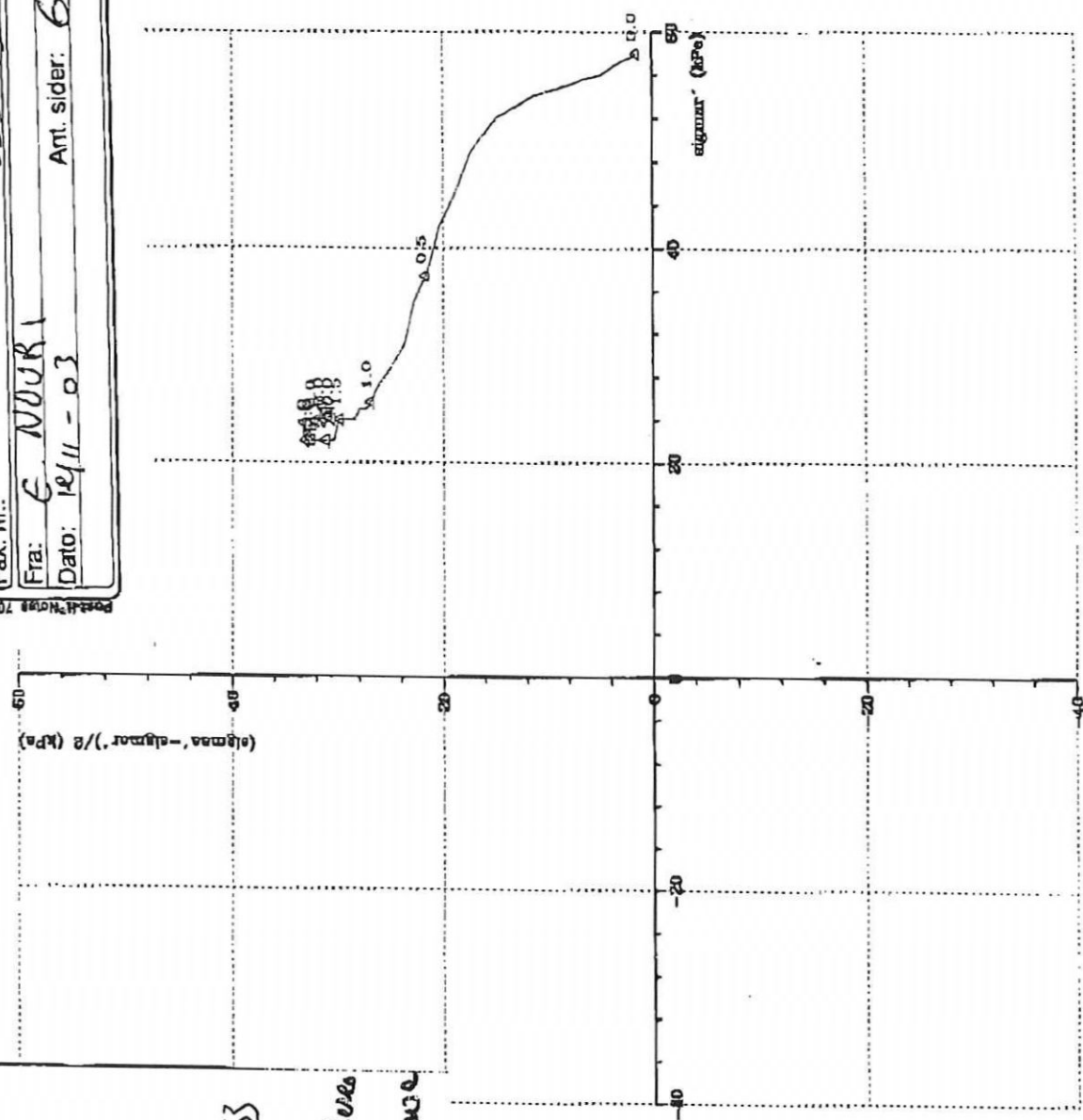
Sym: 10625-30V 4.40 123C 123C CIUA1 5.00 12 4 Korr. sandig leire m/grus

Postboks 7098

Telefax

Til: COSB - Eirik Sobak 33314341
 Fax nr.:
 Fra: E. NOUR I
 Dato: 11/11-03 Ant. sider: 6

ENOUR 11/11-03
 2 200038 * 123 C
 Profil 10625-30V
FORSLAG
 $\sigma = 10 \text{ kPa}$
 $\varphi = 28^\circ$ $\gamma_g = 0.53$
 $S_{uA} = 30 \text{ kPa}$
 Ved avlastning burde vurderes
 å redusere straksjonen noe



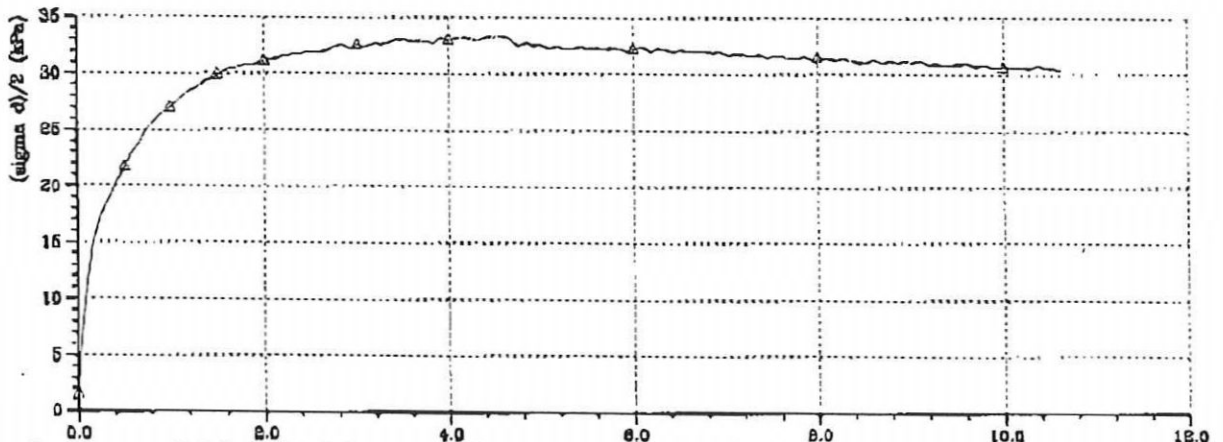
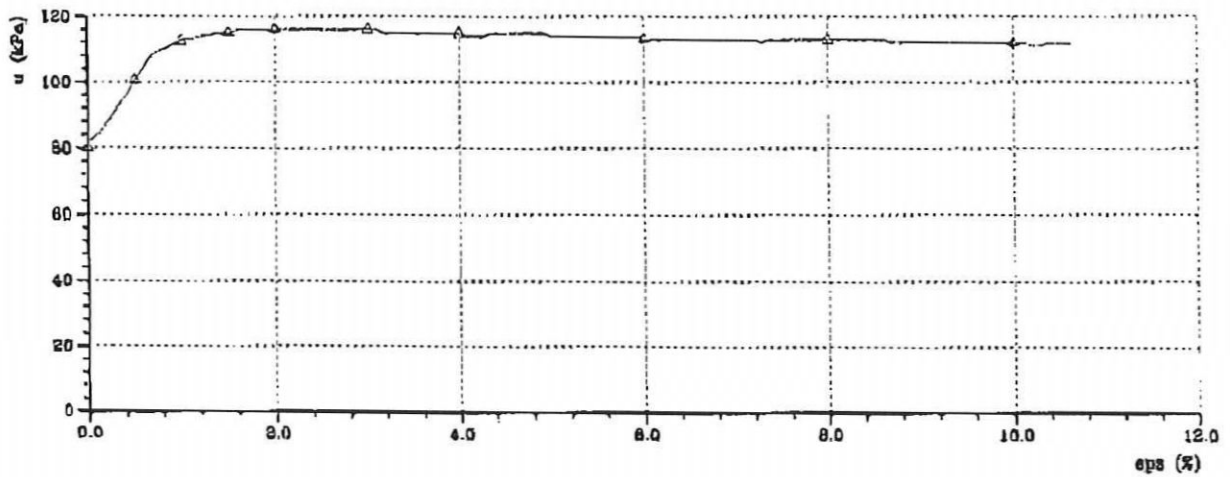
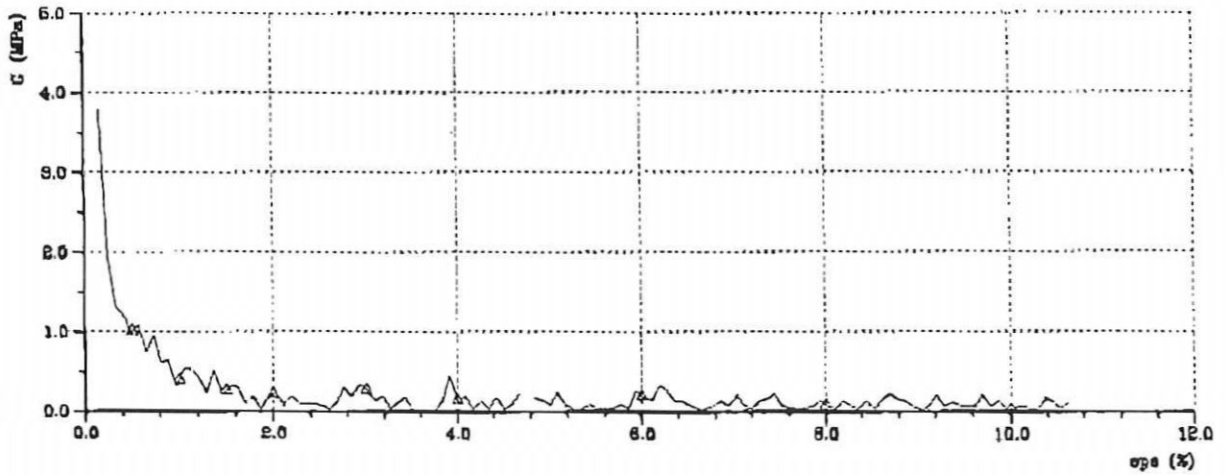
TREKSIALFORSØK

VEGTEKNISK AVDELING

Oppdr.nr. Z200038

Dato 11.11.03

Fig.



Sym



Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkestype	dV(cm ³)	Korr.	Kommentar	εps (%)
10625-30V	4.40	123C	CIUA1	5.00	12 4	sandig leire m/grus	

TREAKSIALFORSØK

VEGTEKNISK AVDELING

Oppdr.nr.
2200038

Dato
11.11.03

Fig.

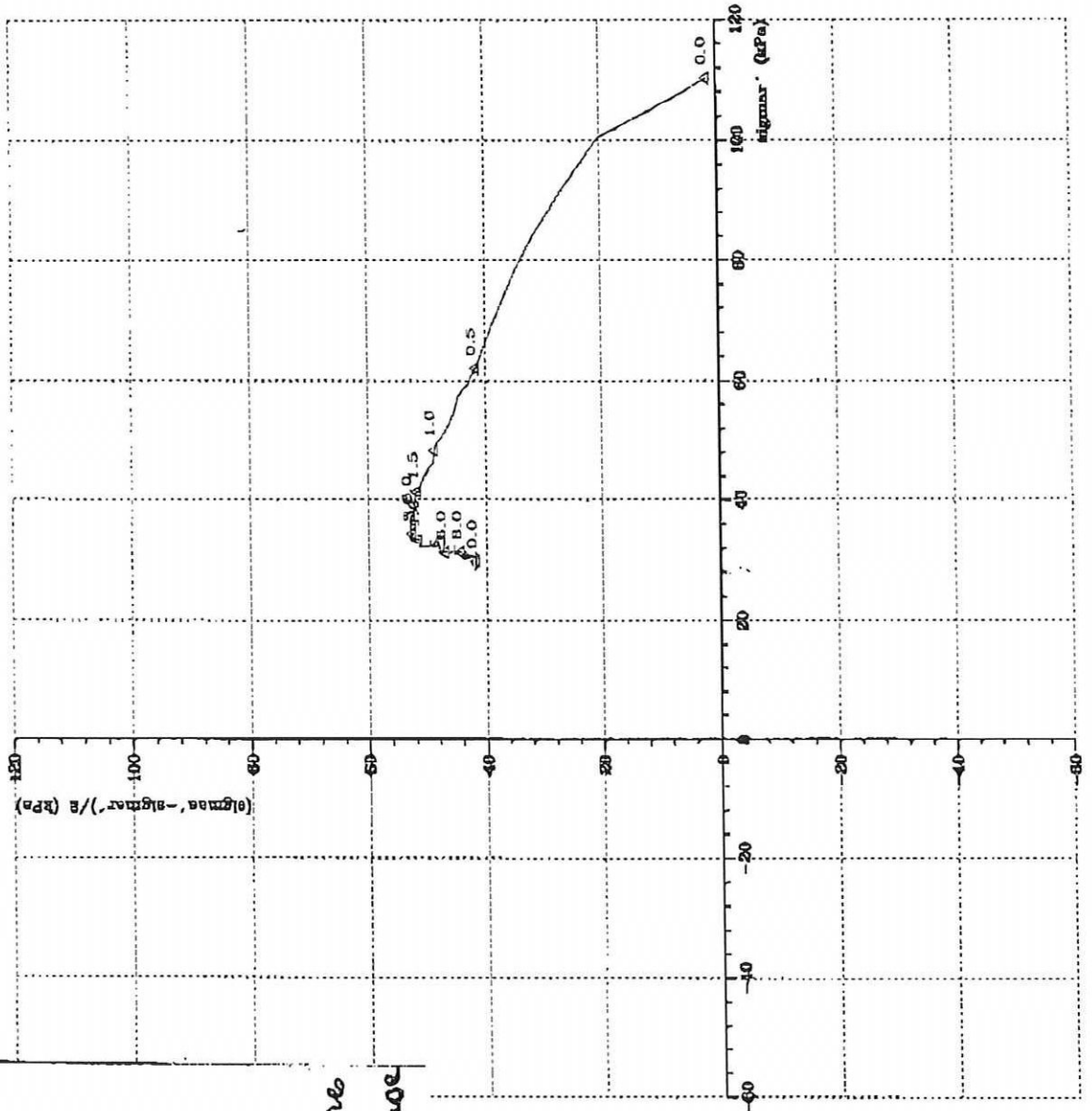
Sym *a* Profil 10625-30V Dybde(m) 9.60 Labnr 128E Forsøksstype CIUA1 dV(cm³) 9.50 Korr. 12.4 Kommentar sandig leire m/grus

ELNOUR 12/11-03
 Z 2000 38 * 128 E
 Profie. 10625-30V

FORSLAG

$a = 10 \text{ kPa}$ $t_g \Phi =$
 $\Phi = 31^\circ$ 0.66

$S_v A = 52 \text{ kPa}$
 ved avlastning Brude vurderes
 å vedta sette atmosfærisk tryk



TREAKSIALFORSØK

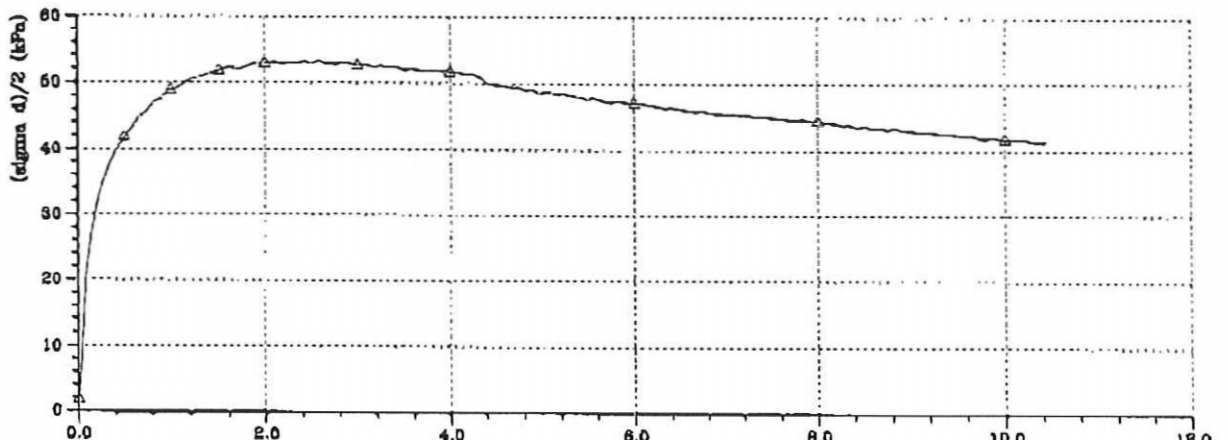
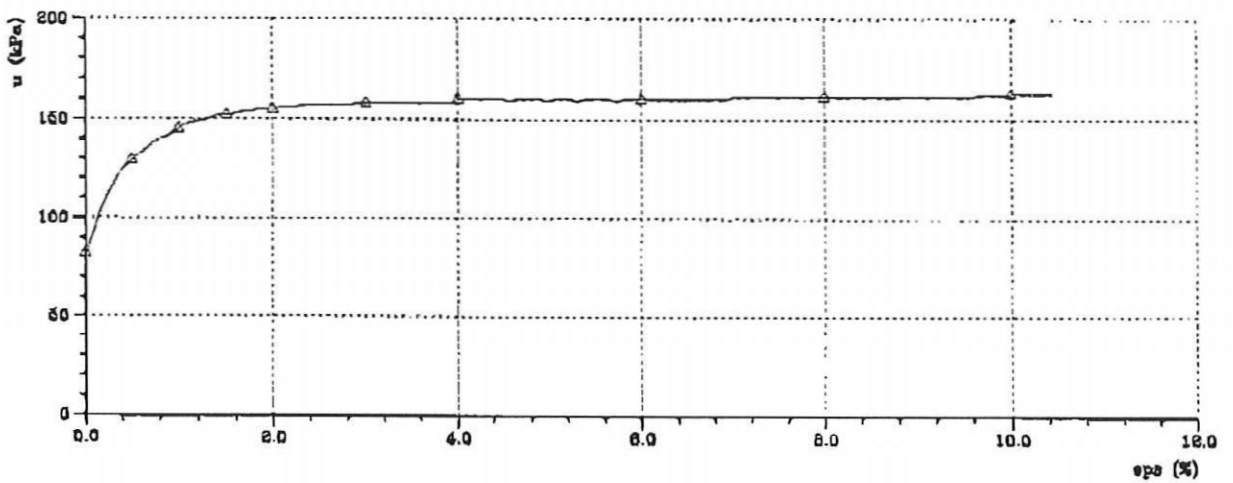
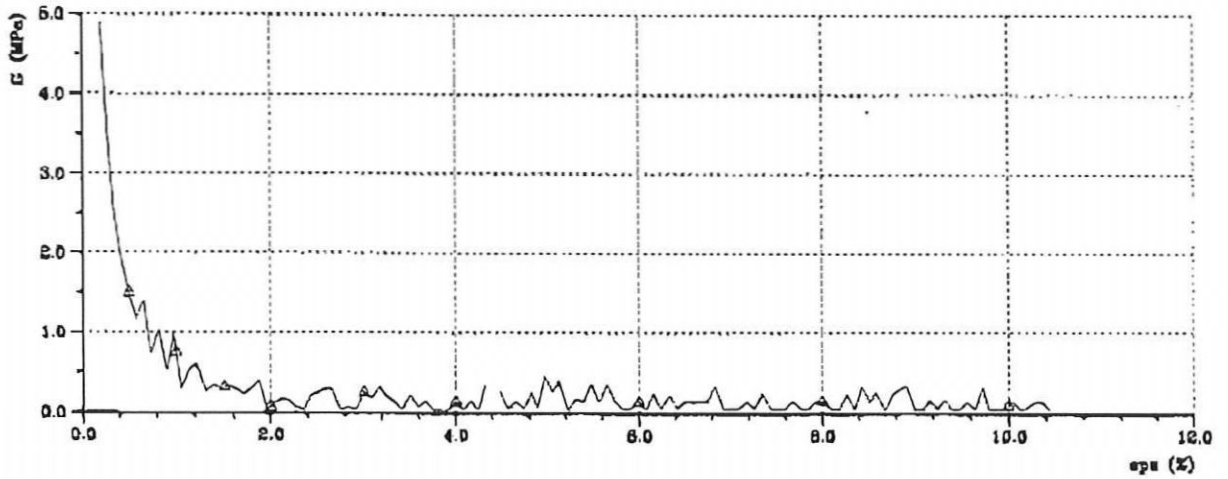
VEGTEKNISK AVDELING


Oppdr.nr.
 2200038

Date
 11.11.03

Fig.

+4722073265



Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm ³)	Korr.	Kommentar	εps (%)
	10625-30V	9.60	128E	CIUA1	9.50	12 4	sandig leire m/grus	

TREKSIALFORSØK

VEGTEKNISK AVDELING

Oppdr.nr.
7200038

Date
11.11.03

Fig.

4.16

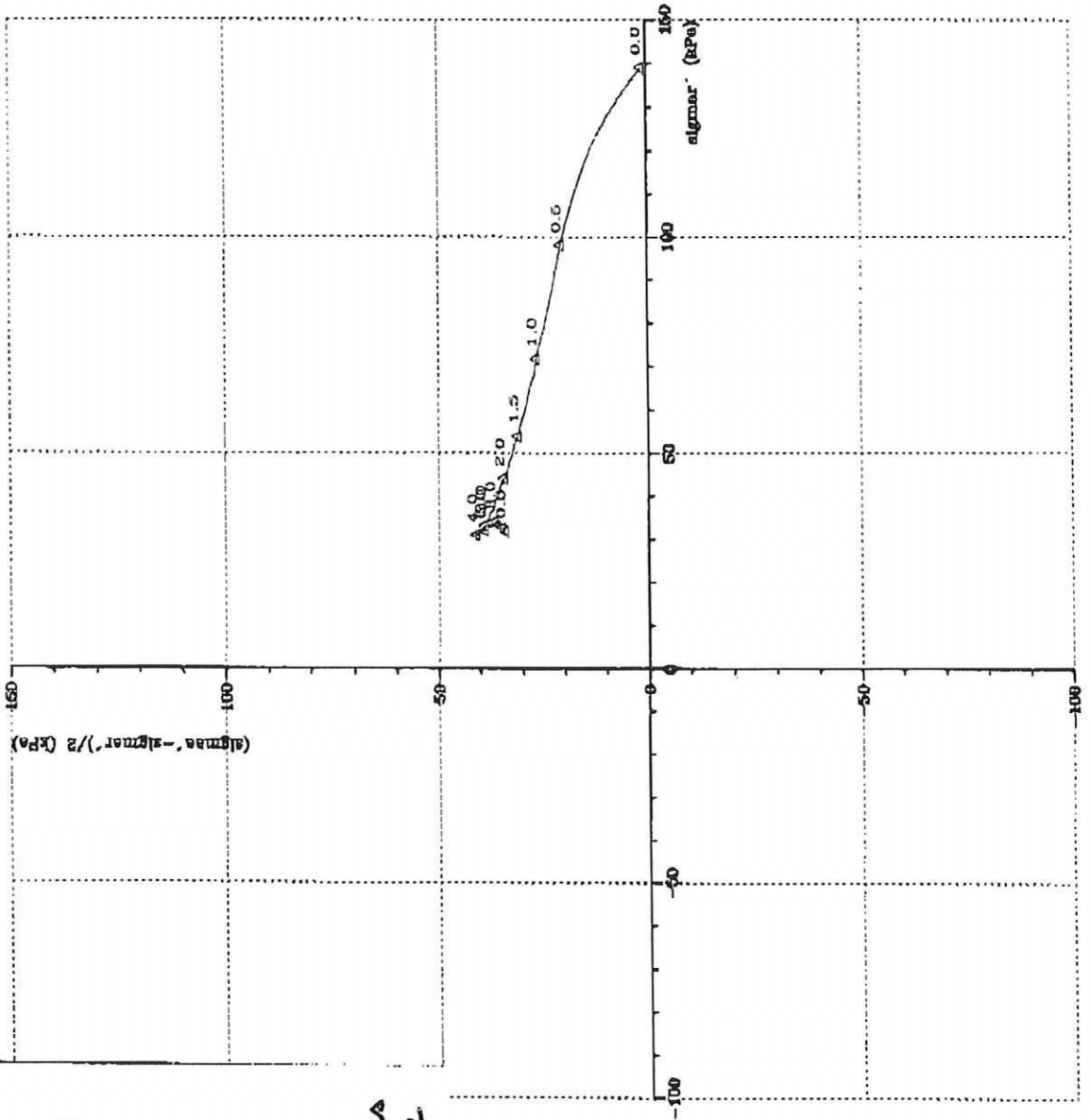
Sym A Profil 10625-30V Dybde(m) 12.50 Labnr 131D Forsøkstype CIUA1 dV(cm³) 6.50 Korr. 12.4 Kommentar sandig leire m/grus

ELNOUR 12/11-03
 Z 200038*131D
 Proffe. 10625-30V

FORSLAG

$\alpha = 10 \text{ kPa to } \varphi =$
 $\varphi = 26^\circ \text{ to } 0.48$

SUA = 38 kPa
 ved overlastning burde vurderes
 å redusere strømløstheten noe



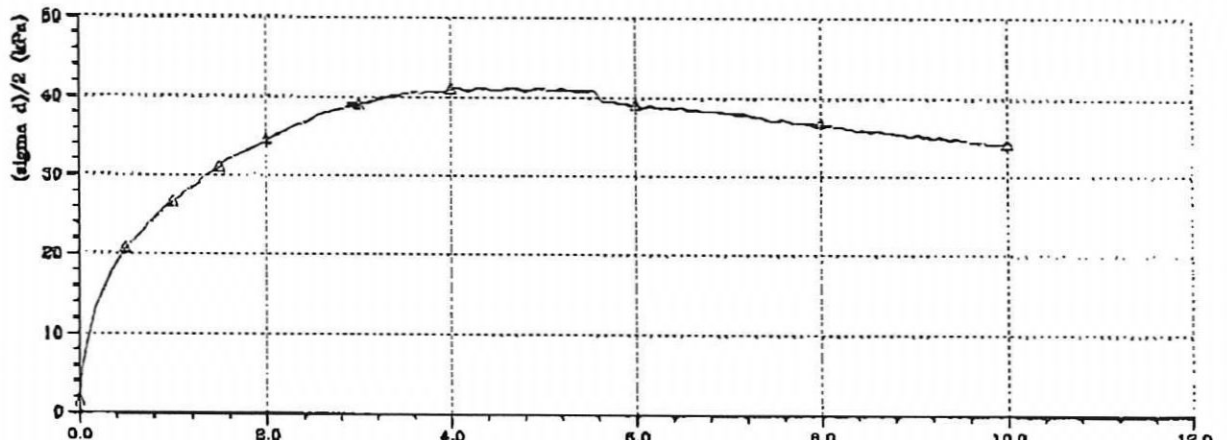
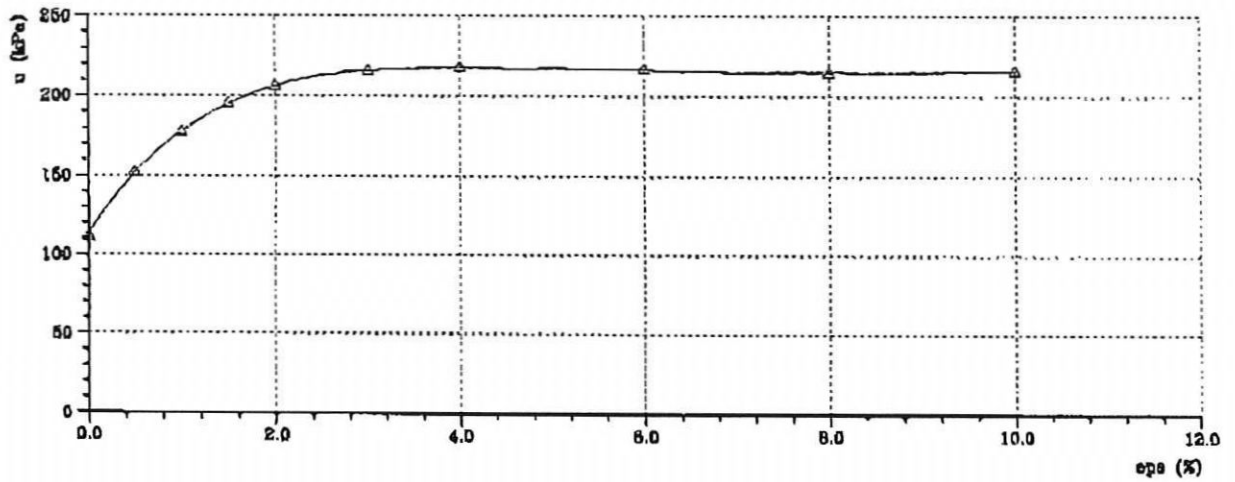
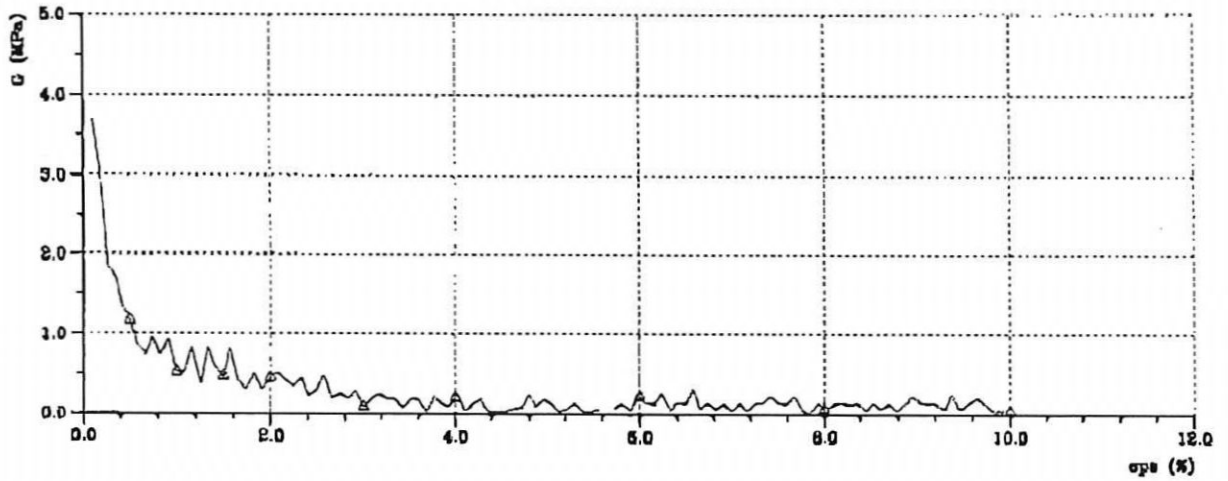
TREAKSIALFORSØK


VEGTEKNISK AVDELING

Oppdr.nr.
2200038

Dato
11.11.03

Fig.



Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm ³)	Korr.	Kommentar	eps (%)
	10625-30V	12.50	131D	CIUA1	6.50	12 4	sandig leire m/grus	

TREAKSIALFORSØK

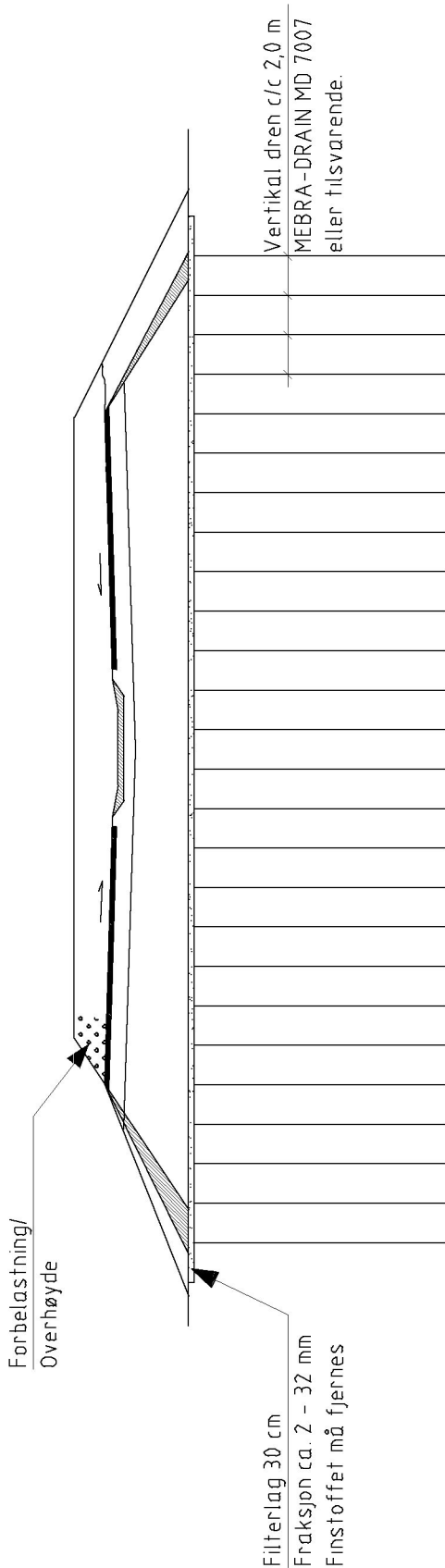
VEGTEKNISK AVDELING

Oppdr.nr.
2200038

Dato
11.11.03

Fig.

TYPISK PROFIL FOR VERTIKALDREN



VERTIKALDREN E 18 KOPSTAD - GULLI Parsell 2 Profil 7236 - 8790

Profil	Dybde	Bredde	Antall dren	Start	Slutt	Kommentar:
7236 - 7280	3 - 15	25	13	5H	30H	
7282 - 7290	4 - 15	20	20	7H	27H	
7292 - 7320	4 - 15	18	10	9H	27H	
7322 - 7390	6 - 16	18	10	7H	25H	
7342 - 7364	6 - 20	20	11	5H	25H	
7366 - 7370	8 - 20	24	13	1H	25H	
7372 - 7382	13 - 20	28	15	3V	25H	
7384 - 7400	10 - 20	32	17	7V	25H	
7402 - 7410	10 - 20	34	18	9V	25H	
7412 - 7420	10 - 20	36	19	11V	25H	
7422 - 7450	8 - 20	38	20	13V	25H	
7452 - 7500	7 - 20	38	20	13V	25H	
7502 - 7530	13 - 20	38	20	13V	25H	
7532 - 7810	20	42	22	17V	25H	Kann stedsvis være <20 til høyre for cl
7812 - 7840	20	46	24	19V	27H	
7842 - 7860	20	48	25	19V	29H	
7862 - 7950	20	52	27	21V	31H	
7952 - 8000	20	54	28	23V	31H	
8002 - 8110	20	52	27	23V	29H	Tvetteløve bruker nordre
8130 - 8230	20	52	27	23V	29H	
8232 - 8330	20	50	26	21V	29H	
8332 - 8370	20	48	25	21V	27H	
8372 - 8420	20	46	24	21V	25H	
8422 - 8500	20	44	23	21V	23H	
8502 - 8600	20	46	24	21V	25H	
8602 - 8640	20	44	23	21V	23H	
8642 - 8674	20	46	24	21V	25H	Tvetteløve bruker midtre
8674 - 8696	20	46	24	21V	25H	
8696 - 8760	20	48	25	23V	25H	Vertikaldren settes på skrå? Kraftledning
8762 - 8790	20	48	25	23V	25H	

VERTIKALDREN E 18 KOPSTAD - GULLI Parsell 2 Profil 8792 - 10148

Profil	Dybde	Bredde	Areal (den)	Start	Slutt	Kommentar:
8792 - 8864	20	50	28	28V	29H	
8866 - 8900						Masseløsning med ledninger Kraftledning
8902 - 9000	7 - 13	44	23	21V	29H	
9002 - 9080	3 - 10	46	24	21V	29H	
9082 - 9170	5 - 13	48	25	23V	29H	Vertikaldren settes på skrå? Kraftledning
9172 - 9210	3 - 15	46	24	21V	29H	
9212 - 9260	4 - 10	22	12	3H	29H	
9262 - 9270	3 - 10	24	13	5H	29H	
9272 - 9330	2 - 8	20	11	5H	29H	
9340 - 9360	12 - 15	20	11	3H	29H	
9362 - 9380	10 - 12	24	13	1H	29H	
9382 - 9390	10 - 12	30	16	5V	29H	
9392 - 9400	10 - 12	41	23	10V	29H	
9402 - 9410	8 - 15	50	28	20V	29H	
9412 - 9466	8 - 18	58	29	27V	29H	Endebegrensningslinje
9468 - 10148						
1016 - 1018	15	56	29	27V	29H	
1018 - 1024	15	50	28	26V	29H	
1024 - 1038	15	46	24	25V	29H	
1038 - 1048	15	22	12	1H	21V	

A 0705/2004 ARBEIDSTEGNING
 Etablering - anlegg
 STATENS VEGVESEN
 Region sør
 E18 KOPSTAD - GULLI
 Parsell: SULEKROD - GULLI
 Profil: Prinsipp for installasjon av vertikaldren
 Byggeskisse
 Prosjekt nr. 2008 Rev. A

VERTIKALDREN E 18 KOPSTAD - GULLI Parsell 2 Profil 7236 - 8790

Profil	m	Ant profildren	Dybde	Dybde snitt	Bredde	Antall dren	Start	Slutt	Sum m dren	Areal filter m ²	Kommentar:
7236 - 7280	44	22	3 - 15	9	25	13	5H	30H	2574	1104	
7282 - 7290	8	4	4 - 15	10	20	11	7H	27H	440	164	
7292 - 7320	28	14	4 - 15	10	18	10	9H	27H	1400	508	
7322 - 7390	68	34	6 - 16	11	18	10	7H	25H	3740	1228	
7342 - 7354	12	6	6 - 20	13	14	11	5H	25H	858	244	
7356 - 7370	14	7	8 - 20	14	24	13	1H	25H	1274	340	
7372 - 7382	10	5	13 - 20	16	28	15	3V	25H	1200	284	
7384 - 7400	16	8	10 - 20	15	32	17	7V	25H	2040	516	
7402 - 7410	8	4	10 - 20	15	34	18	9V	25H	1080	276	
7412 - 7420	8	4	10 - 20	15	36	19	11V	25H	1140	292	
7422 - 7450	28	14	8 - 20	14	38	20	13V	25H	3920	1068	
7452 - 7500	48	24	7 - 20	13	38	20	13V	25H	6240	1828	
7502 - 7530	28	14	13 - 20	16	38	20	13V	25H	4480	1068	
7532 - 7810	278	139	20	20	42	22	17V	25H	61160	11680	
7812 - 7840	28	14	20	20	46	24	19V	27H	6720	1292	
7842 - 7880	38	19	20	20	48	25	19V	29H	9500	1828	
7882 - 7950	64	34	20	20	52	27	21V	31H	18360	3332	
7952 - 8000	48	24	20	20	54	28	23V	31H	13440	2596	
8002 - 8110	108	54	20	20	52	27	23V	29H	29160	5620	
8110 - 8130											Kan stedvis være <20 til fjell venstre for cl
8130 - 8230	100	50	20	20	52	27	23V	29H	27000	5204	Tveteinelve bruer nordre
8232 - 8330	98	49	20	20	50	26	21V	29H	25480	4904	
8332 - 8370	38	19	20	20	48	25	21V	27H	9500	1828	
8372 - 8420	44	24	20	20	46	24	21V	25H	11520	2212	
8422 - 8500	78	39	20	20	44	23	21V	23H	17940	3436	
8502 - 8600	98	49	20	20	46	24	21V	25H	23520	4512	
8602 - 8640	38	19	20	20	44	23	21V	23H	8740	1676	
8642 - 8674	32	16	20	20	46	24	21V	25H	7680	1476	
8674 - 8696											Tveteinelve bruer midtre
8696 - 8760	64	32	20	20	46	24	21V	25H	15360	2948	
8762 - 8790	28	14	20	20	48	25	23V	25H	7000	1348	Vertikaldren settes på skrå? Kraftledning
8792 - 8864	72	36	20	20	50	26	25V	25H	18720	3604	Masseutskifting med lettklinker.Kraftledning.
8866 - 8960											
8962 - 9010	48	24	7 - 13	10	44	23	21V	23H	5520	2116	
9012 - 9080	68	34	3 - 10	6	46	24	21V	25H	4896	3132	Vertikaldren settes på skrå? Kraftledning
9082 - 9170	88	44	5 - 13	9	48	25	23V	25H	9900	4228	
9172 - 9210	38	19	3 - 15	9	46	24	21V	25H	4104	1752	
9212 - 9230	18	9	4 - 10	7	22	12	3H	25H	756	400	
9232 - 9270	38	19	3 - 10	7	24	23	5H	29H	3059	916	
9272 - 9330	58	29	2 - 8	5	20	11	5H	25H	1595	1164	
9810 - 9820	10	5	12 - 15	13	20	11	3H	23H	715	204	
9822 - 9830	8	4	10 - 12	11	24	13	1H	25H	572	196	
9832 - 9850	18	9	10 - 12	11	30	16	5V	25H	1584	544	
9852 - 9870	18	9	10 - 12	11	44	23	17V	27H	2277	796	
9872 - 9900	28	14	8 - 15	12	44	26	21V	29H	4368	1404	
9902 - 9946	44	22	8 - 18	13	56	29	27V	29H	8294	2468	Elkebergmyra bruer
9946 - 10076											
10076 - 10100	24	12	15	15	56	29	27V	29H	5220	1348	
10102 - 10120	18	9	15	15	50	26	25V	25H	3510	904	
10122 - 10136	14	7	15	15	46	24	23V	23H	2520	648	
10138 - 10148	10	5	15	15	22	12	1H	21V	900	224	
Sum								Sum	400976		m vertikaldren
Sum								Sum		90860	m ² areal sandfilter
Sum								Sum		27258	m ³ sandfilter fraksjon 0-32 Tykkelse 30 cm



PORETRYKKSMÅLING	Statens vegvesen
Svingende strengmåler M-603	Region Sør

Sted: E18 Kopstad - Gulli	Terreng kote:
Prosjekt nr: 200038	Dybde spis.u.terr.: 4.0m
Profi/hull nr: 9900-H20	Poretrykkspiss nr: 299-04
Montert dato: 12.10.04	Signatur: PTT

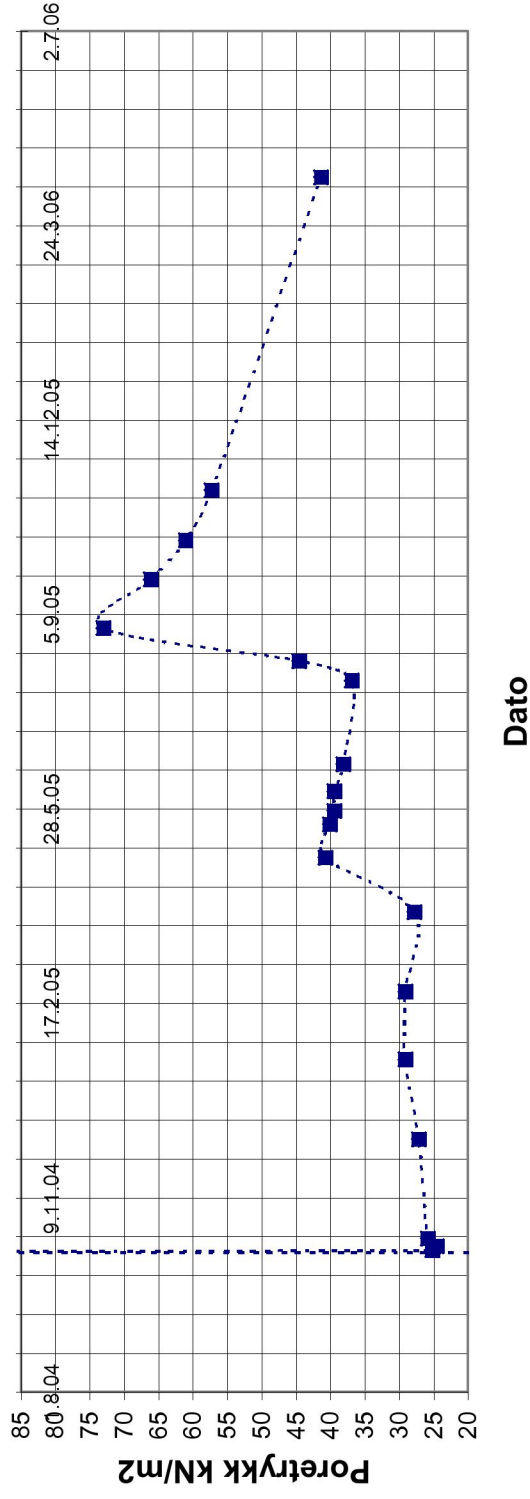
K		fo	
A			

Dato	Avlesning i Hz			Poretrykk kN/m ²	Merknad
	Før 0-kontr.	0-kontroll	Etter 0-kontroll		
12.10.04	1837				
12.10.04			1507	195,797	
13.10.04			1792	25,231	
15.10.04			1793	24,581	
19.10.04			1791	25,881	
09.12.04			1789	27,180	Gruspute
19.01.05			1786	29,126	Fyllingshøyde 2,5 m
23.02.05			1786	29,126	
05.04.05			1788	27,829	
03.05.05			1768	40,731	Fyllingshøyde 4,0 m
20.05.05			1769	40,089	
27.05.05			1770	39,447	
06.06.05			1770	39,447	
20.06.05			1772	38,162	
02.08.05			1774	36,876	
12.08.05			1762	44,573	Fyllingshøyde 5,0 m
29.08.05			1717	72,974	Fyllingshøyde 6,0 m
23.09.05			1728	66,100	
13.10.05			1736	61,072	
08.11.05			1742	57,287	
18.04.06			1767	41,372	

PORETRYKKS MÅLING	Statens vegvesen
Svingende strengmåler M-603	Region Sør

Sted:	E18 Kopstad - Gulli	Terreng kote:	
Prosjekt nr:	200038	Dybde spis.u.terr.:	4.0m
Profil/hull nr:	9900-H20	Poretrykkspiss nr:	299-04
Montert dato:	12.10.04	Signatur:	PTT

Poretrykk 299-04-04



PORETRYKKSMÅLING	Statens vegvesen
Svingende strengmåler M-603	Region Sør

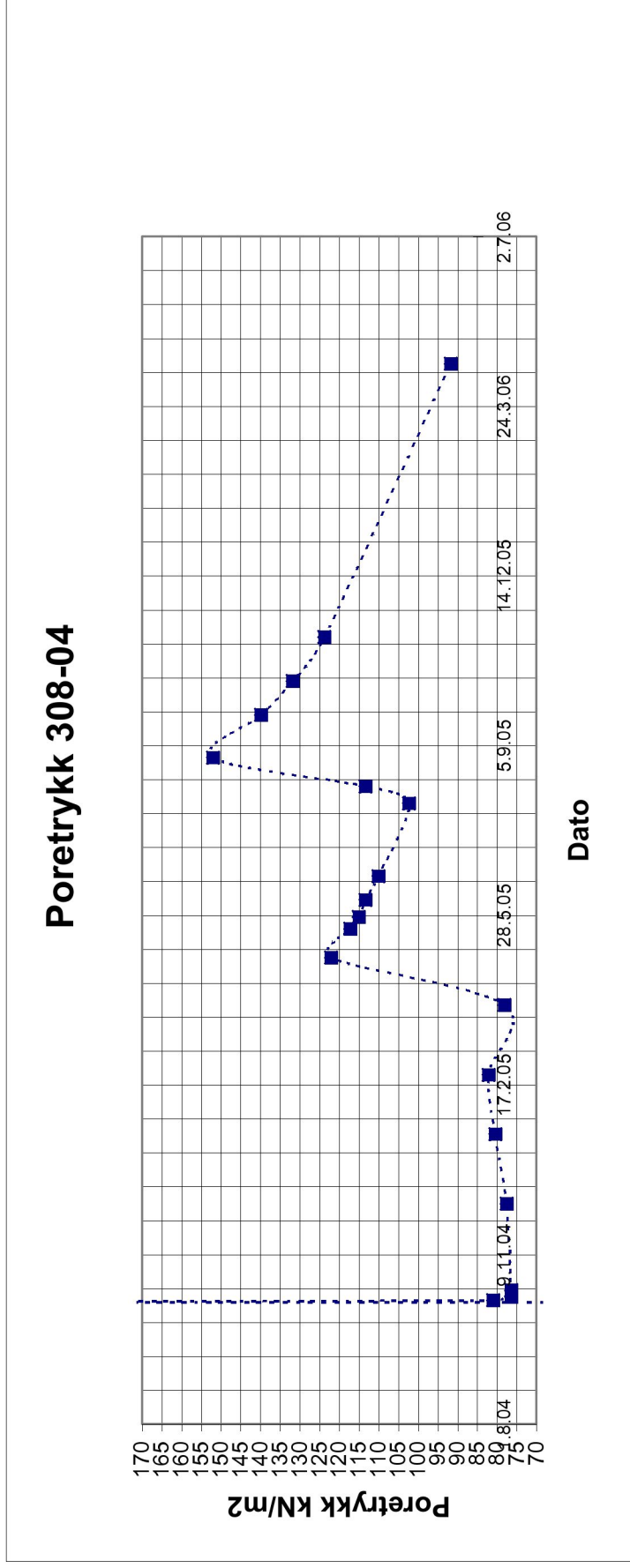
Sted: E18 Kopstad - Gulli	Terreng kote:
Prosjekt nr: 200038	Dybde spis.u.terr.: 8.0m
Profi/hull nr: 9900-H20	Poretrykkspiss nr: 308-04
Montert dato: 12.10.04	Signatur: PTT

K		fo	
A			

Dato	Avlesning i Hz			Poretrykk kN/m ²	Merknad
	Før 0-kontr.	0-kontroll	Etter 0-kontroll		
12.10.04	1874			#VERDI!	
12.10.04			1370	266,396	
13.10.04			1735	81,013	
15.10.04			1743	76,462	
19.10.04			1743	76,462	
09.12.04			1741	77,602	Gruspute
19.01.05			1736	80,446	Fyllingshøyde 2,5 m
23.02.05			1733	82,148	
05.04.05			1740	78,171	
03.05.05			1661	122,120	Fyllingshøyde 4,0 m
20.05.05			1670	117,216	
27.05.05			1674	115,028	
06.06.05			1677	113,384	
20.06.05			1683	110,086	
02.08.05			1697	102,346	
12.08.05			1677	113,384	Fyllingshøyde 5,0 m
29.08.05			1605	152,037	Fyllingshøyde 6,0 m
23.09.05			1628	139,874	
13.10.05			1643	131,848	
08.11.05			1658	123,749	
18.04.06			1716	91,739	

PORETRYKKS MÅLING	Statens vegvesen
Svingende strengmåler M-603	Region Sør

Sted:	E18 Kopstad - Gulli	Terreng kote:	
Prosjekt nr:	200038	Dybde spis.u.terr.:	8.0m
Profi/hull nr:	9900-H20	Poretrykkspiss nr:	308-04
Montert dato:	12.10.04	Signatur:	PTT



**E18 KOPSTAD – GULLI
PARSELL 2
SOLERØD - GULLI**

TEORETISK BEREGNEDE SETNINGER / MÅLTE SETNINGER (cm)

PROFIL	VEGFYLING UTEN DREN OG FORB.	MED DREN OG FORB.	90% KONSOLIDERING	MÅLTE SETNINGER
7400	45	65	60	51
7600	32	55	51	40
7900	55	77	71	68
8000	55	77	71	59
8300	40	62	57	54
8400	45	65	60	53
8600	50	67	62	56
9100	41	56	51	60
9900	60	68	62	55

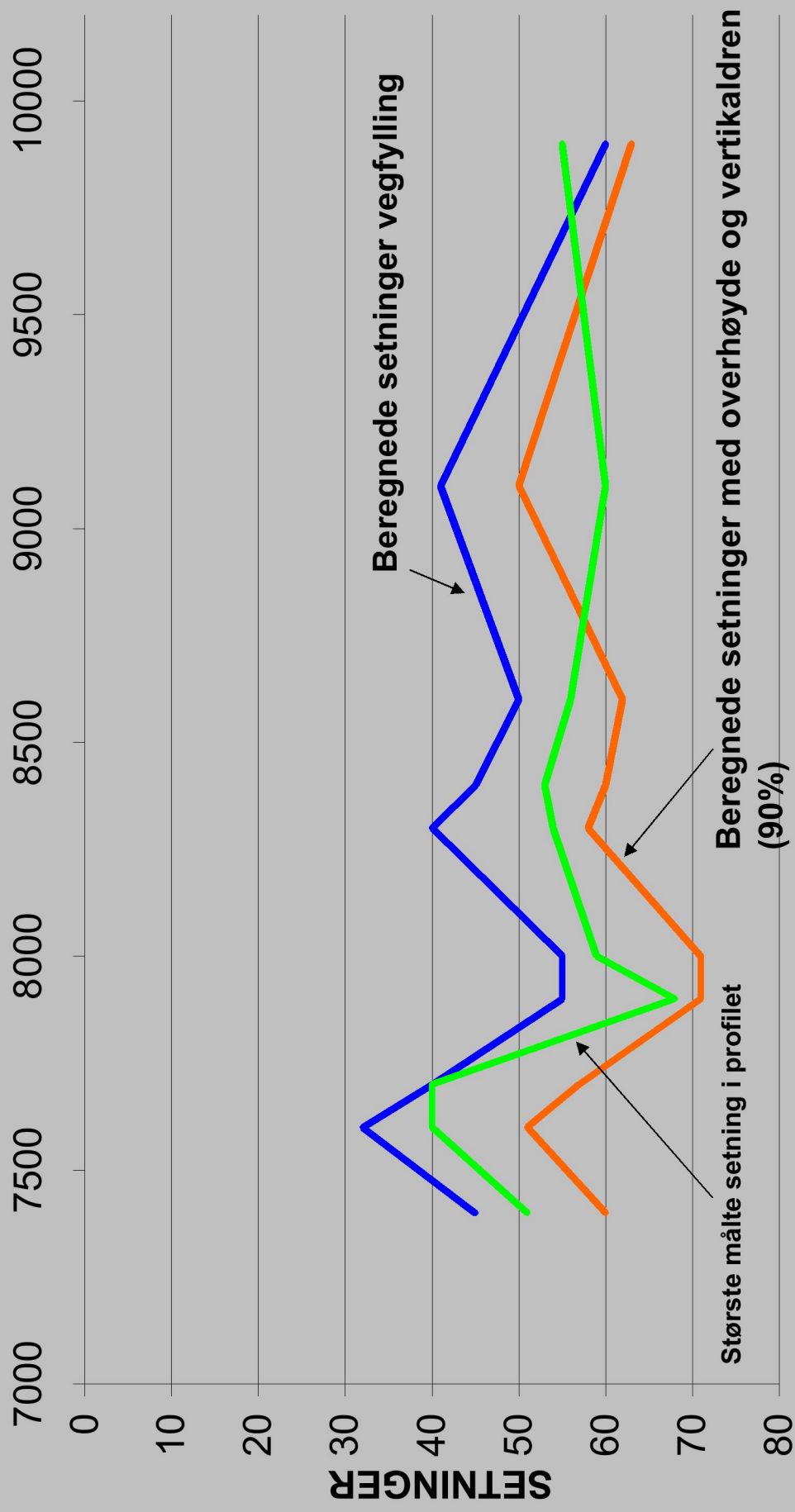
De totale teoretisk beregnede setningene på strekningene 7240 – 9900 er i størrelse 30 – 60cm. Noe større under vollene (80 – 90)

Med en overhøyde på veggen på 1,5-2,0 meter vil dette øke de totale setningene til en størrelse 70 – 80 cm.

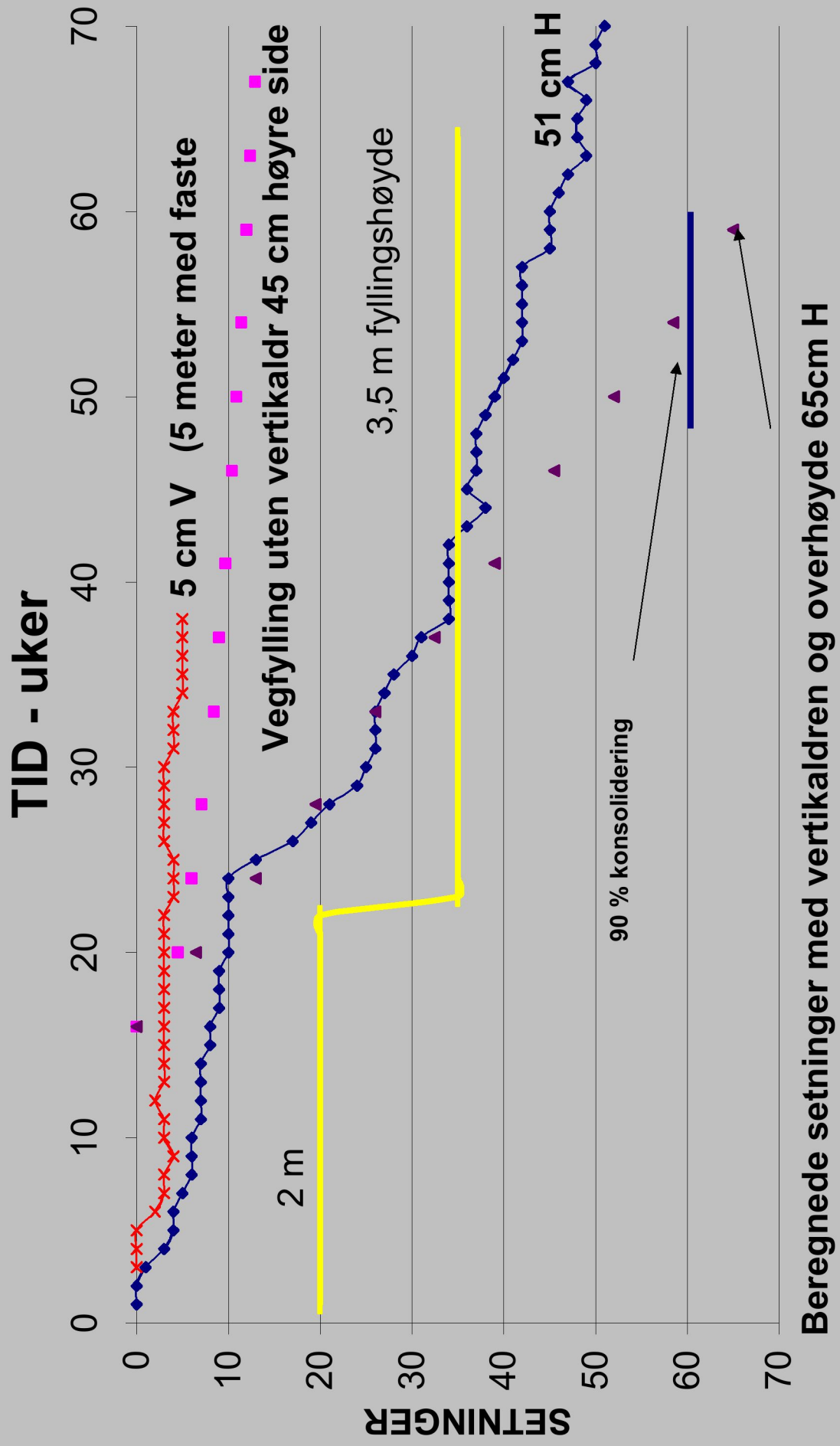
Med bruk av vertikaldren og en konsolideringsgrad på 90%, vil man etter en belastningsperiode på 10 mnd teoretisk få setninger i størrelse 70 - 75cm. Det vil si en overkonsolidering i forhold til de teoretisk beregnede setningene.

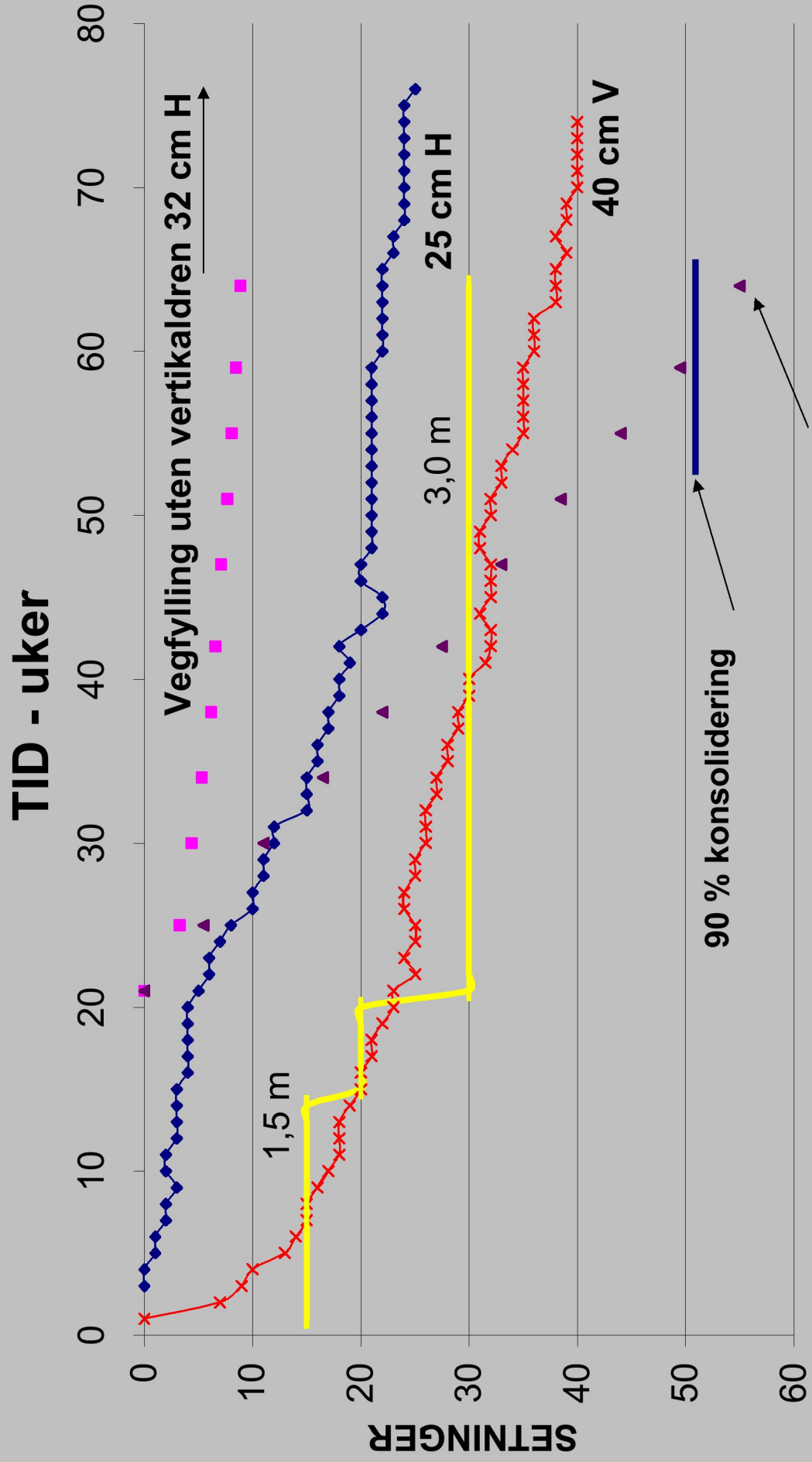
Prinsippet med bruk av vertikaldren og overhøyde, er at de totale setningene etter forbelastningsperioden på 10 mnd skal være større enn teoretisk beregnede totale setninger over mange år med en tradisjonell belastning fra vegfyllingen. Ved fjerning av overhøyden skal man dermed ikke få setninger i ettertid.

PROFIL



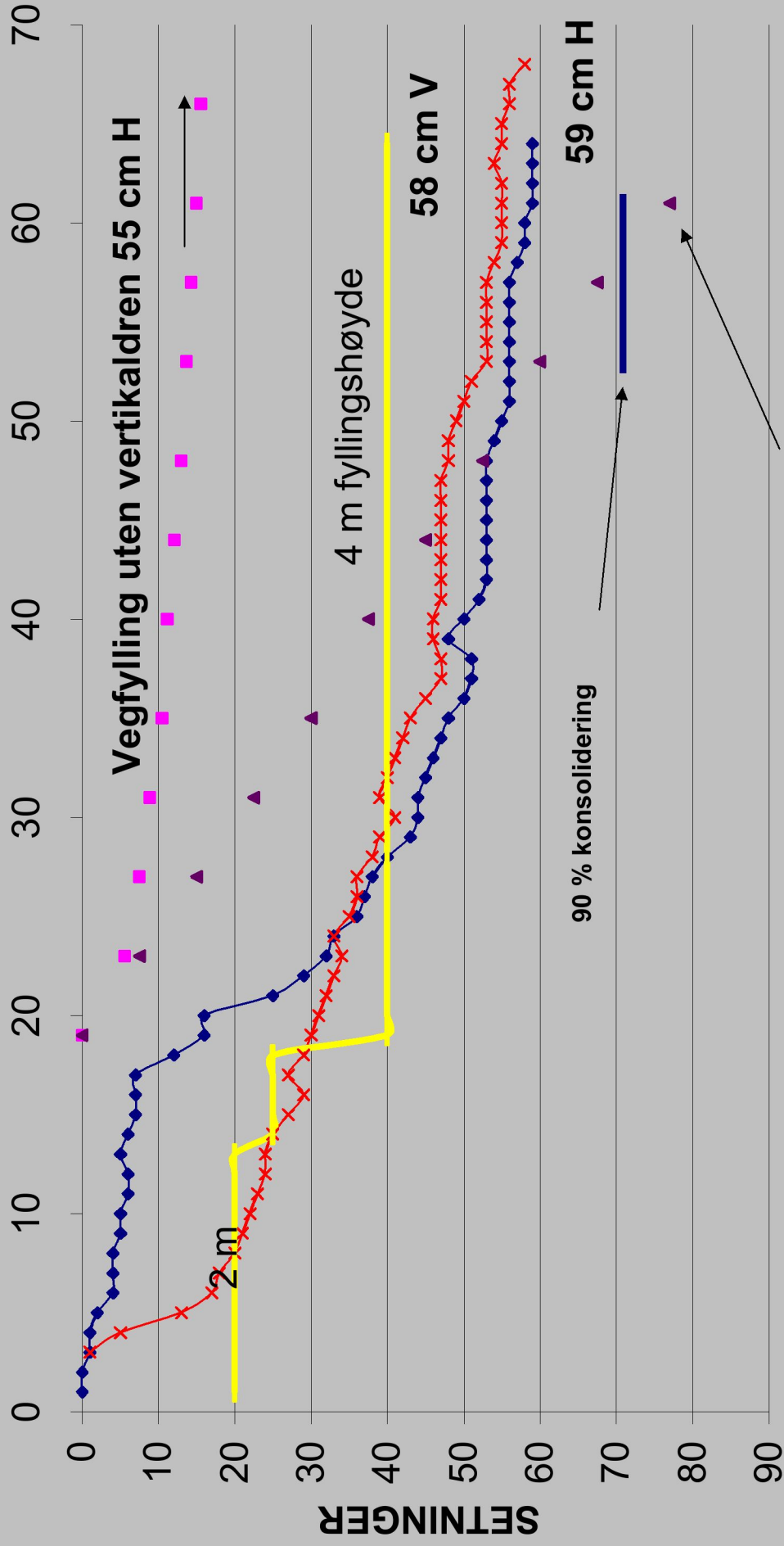
Målepunkter: 7400, 7600, 7700, 7900, 8000, 8300, 8400, 8400, 8600, 9100, 9900

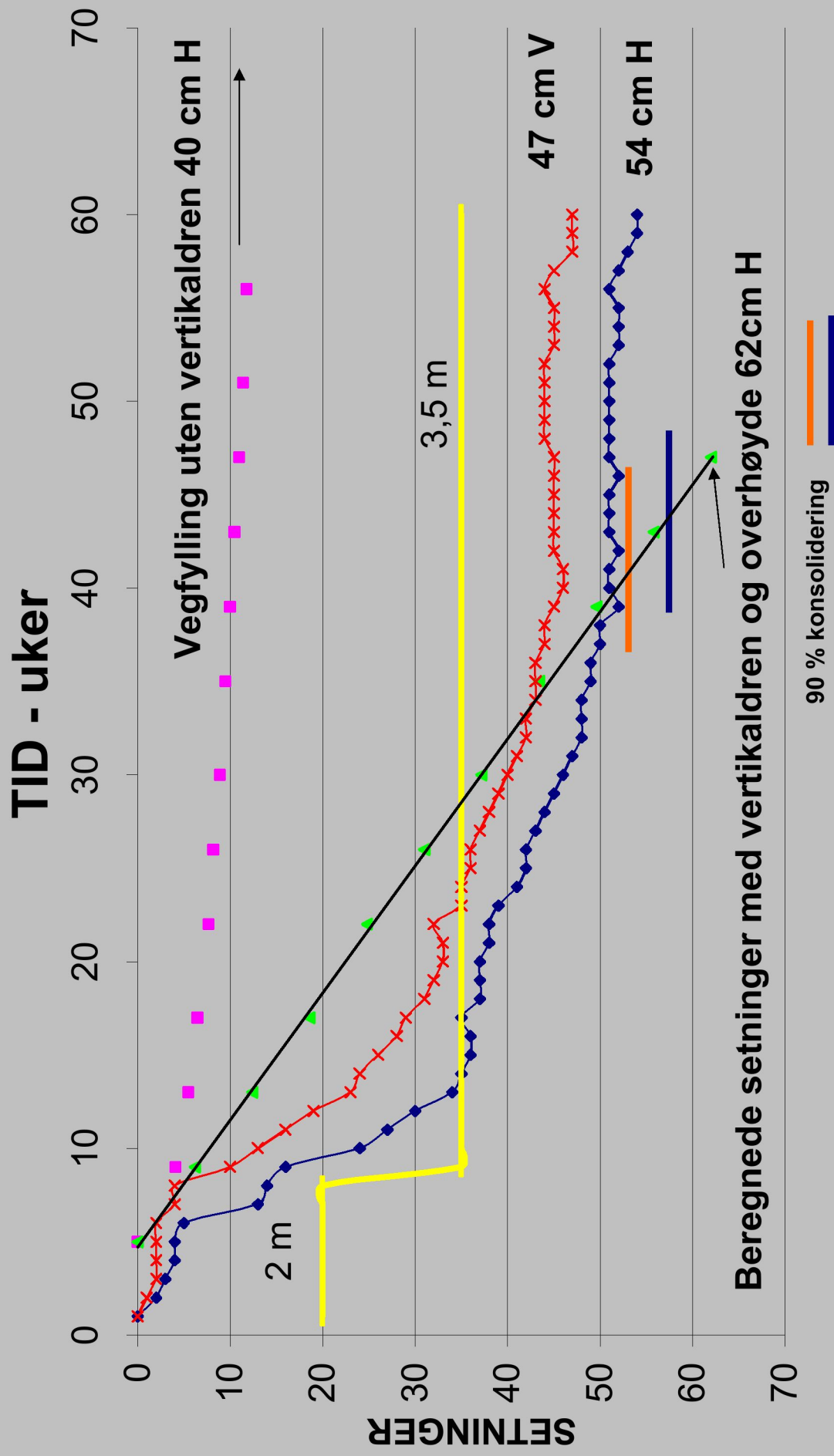


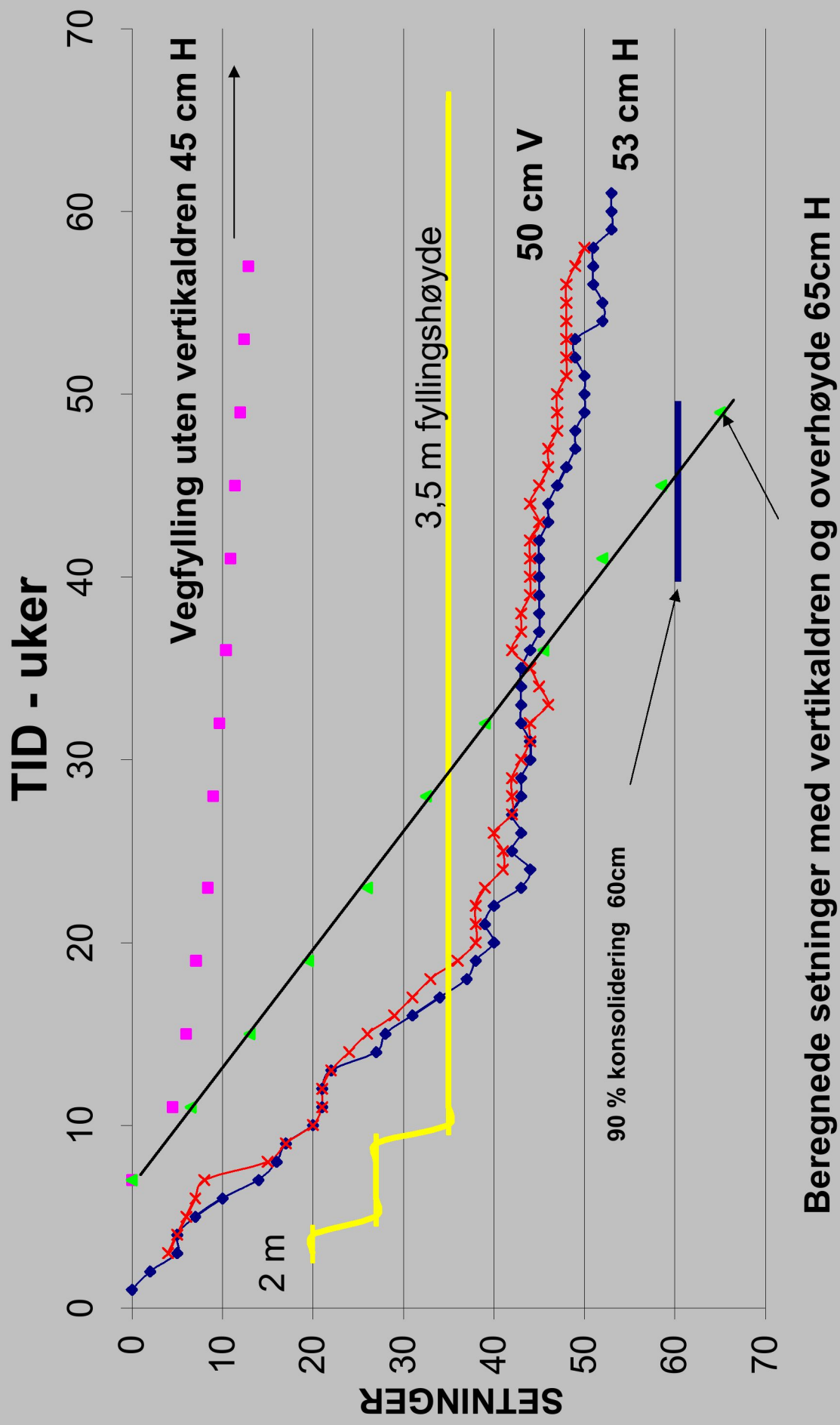


Beregnete setninger med vertikaldren og overhøyde 55cm H

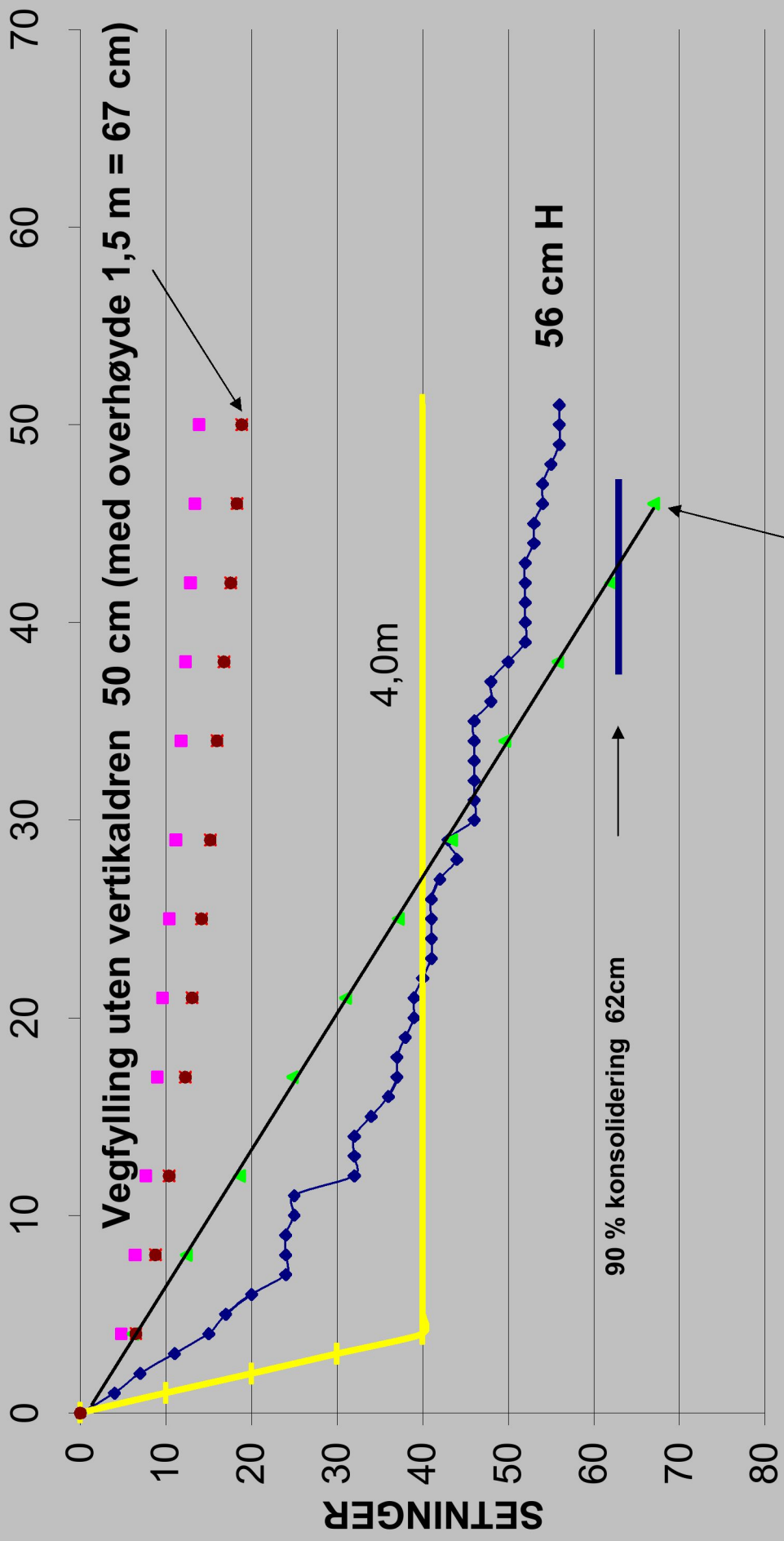
TID - uker



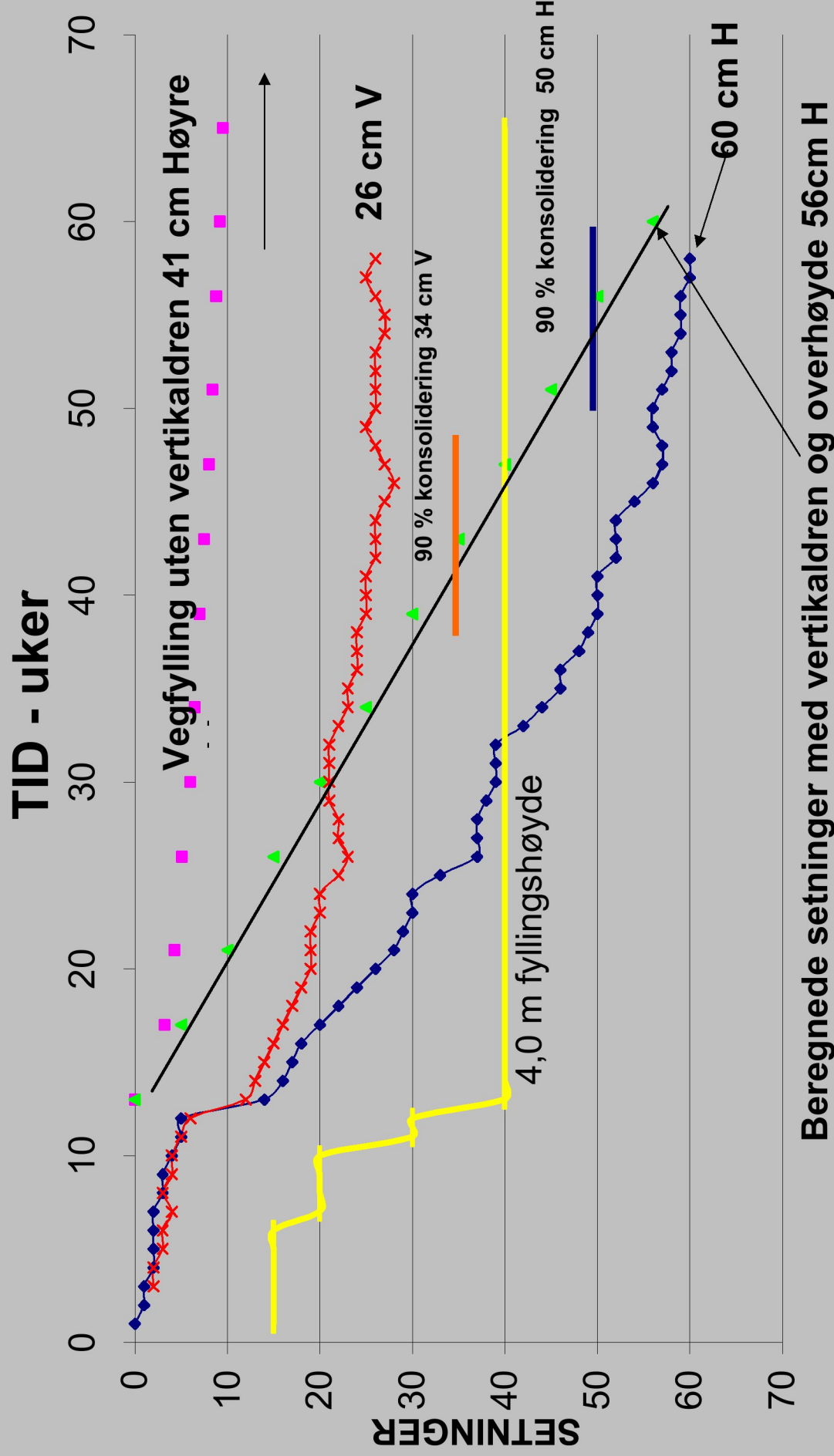




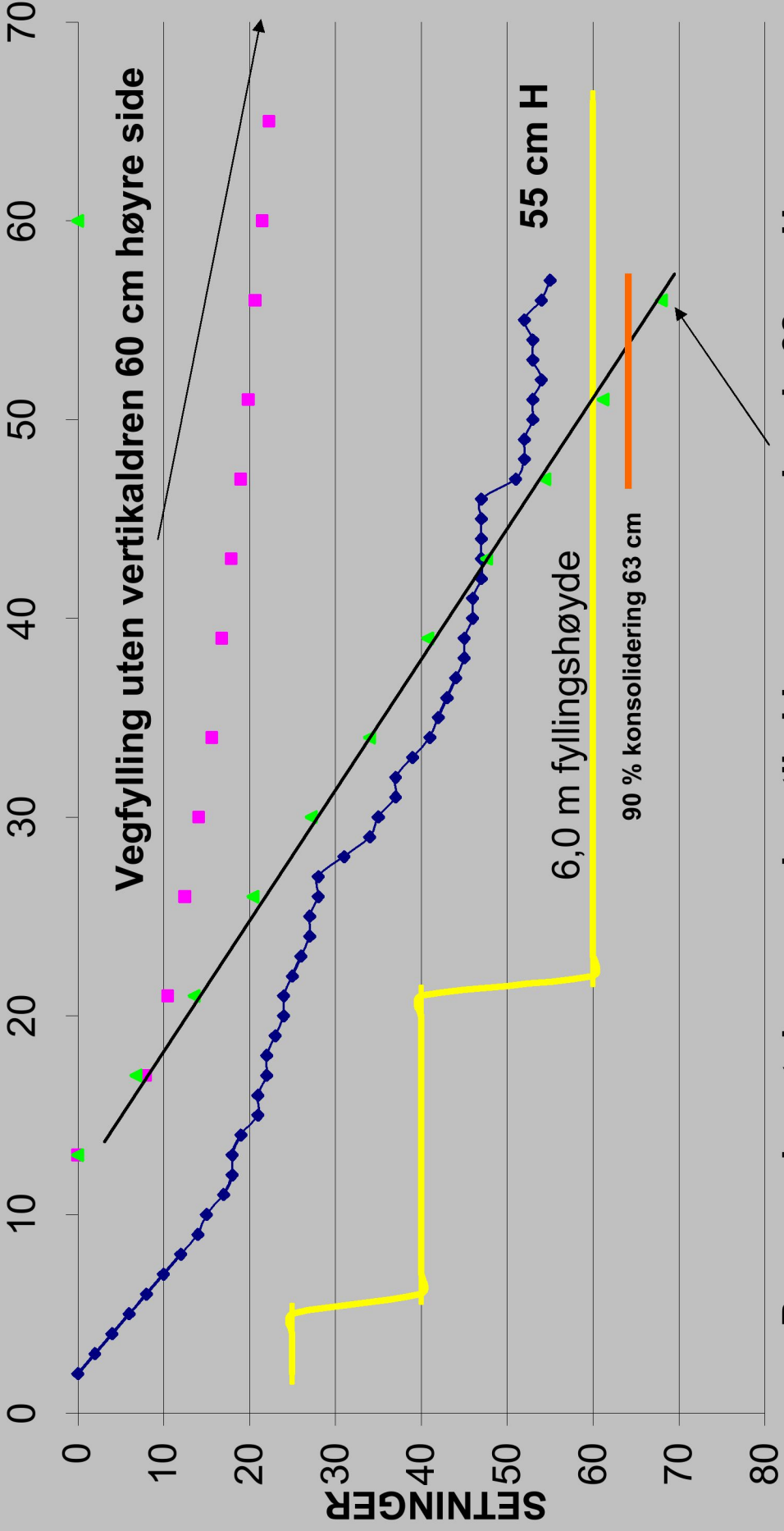
TID - uker



Beregnete setninger med vertikaldren og overhøyde 67cm H



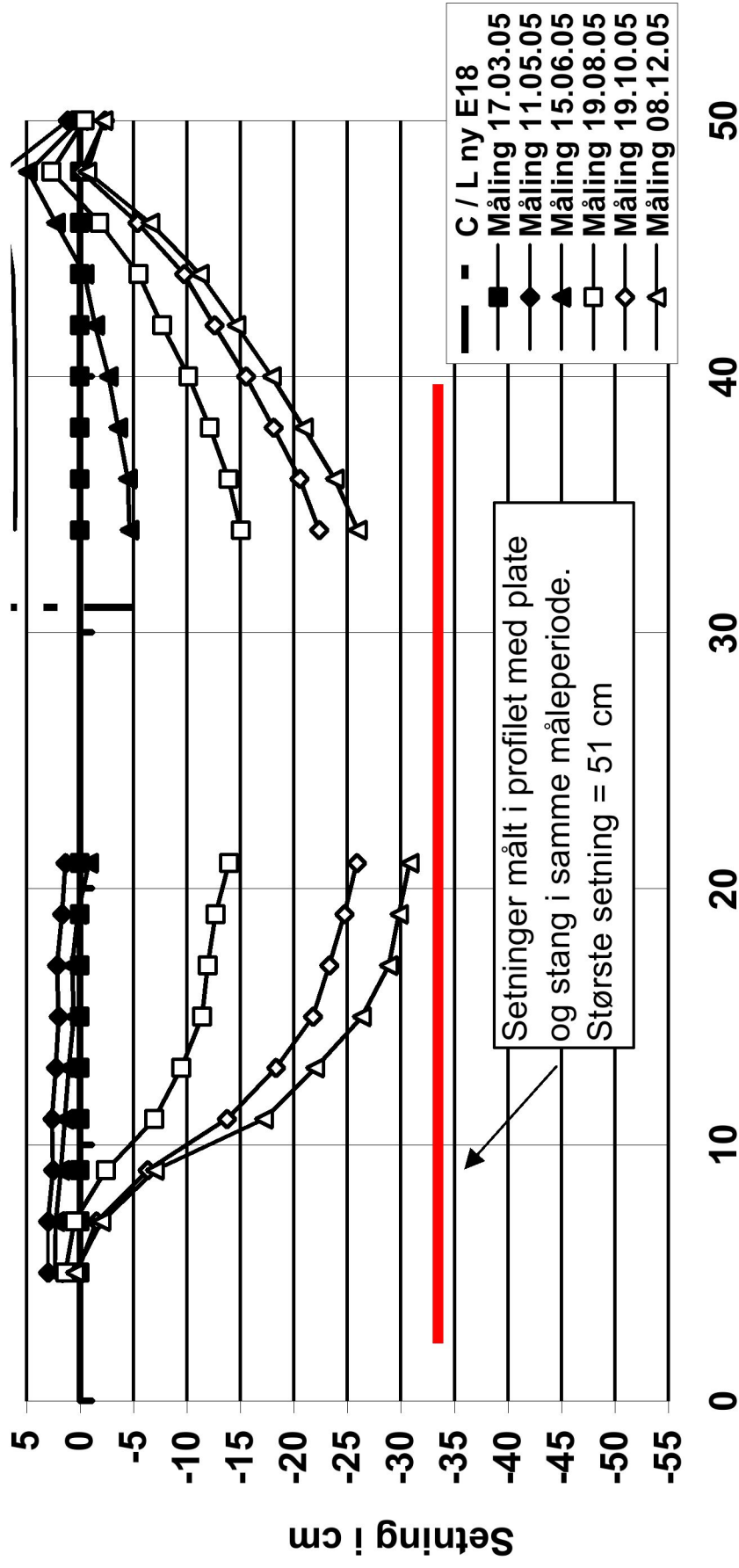
TID - uker



Beregnete setninger med vertikaldren og overhøyde 68 cm H

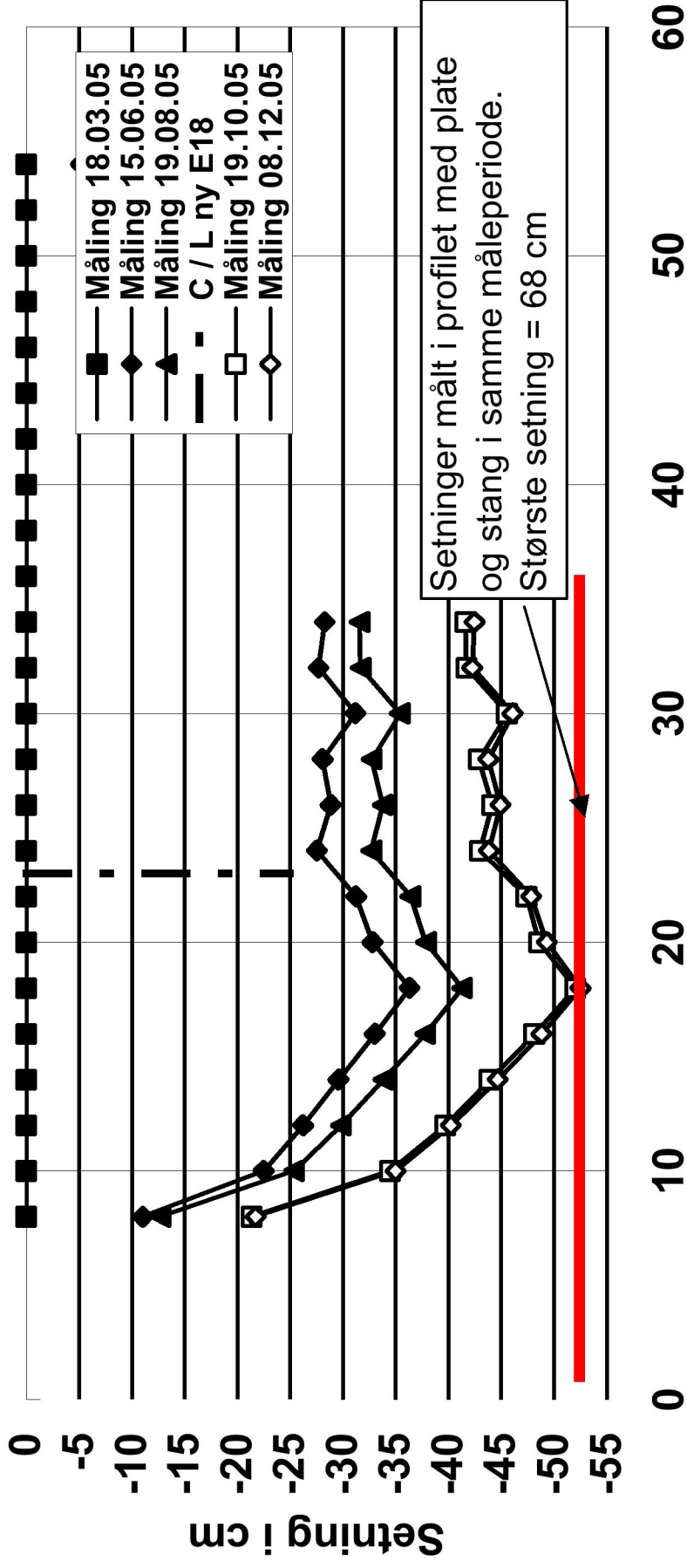
Fjelldybde 13 m

Slangesetningsmålinger Profil 7400



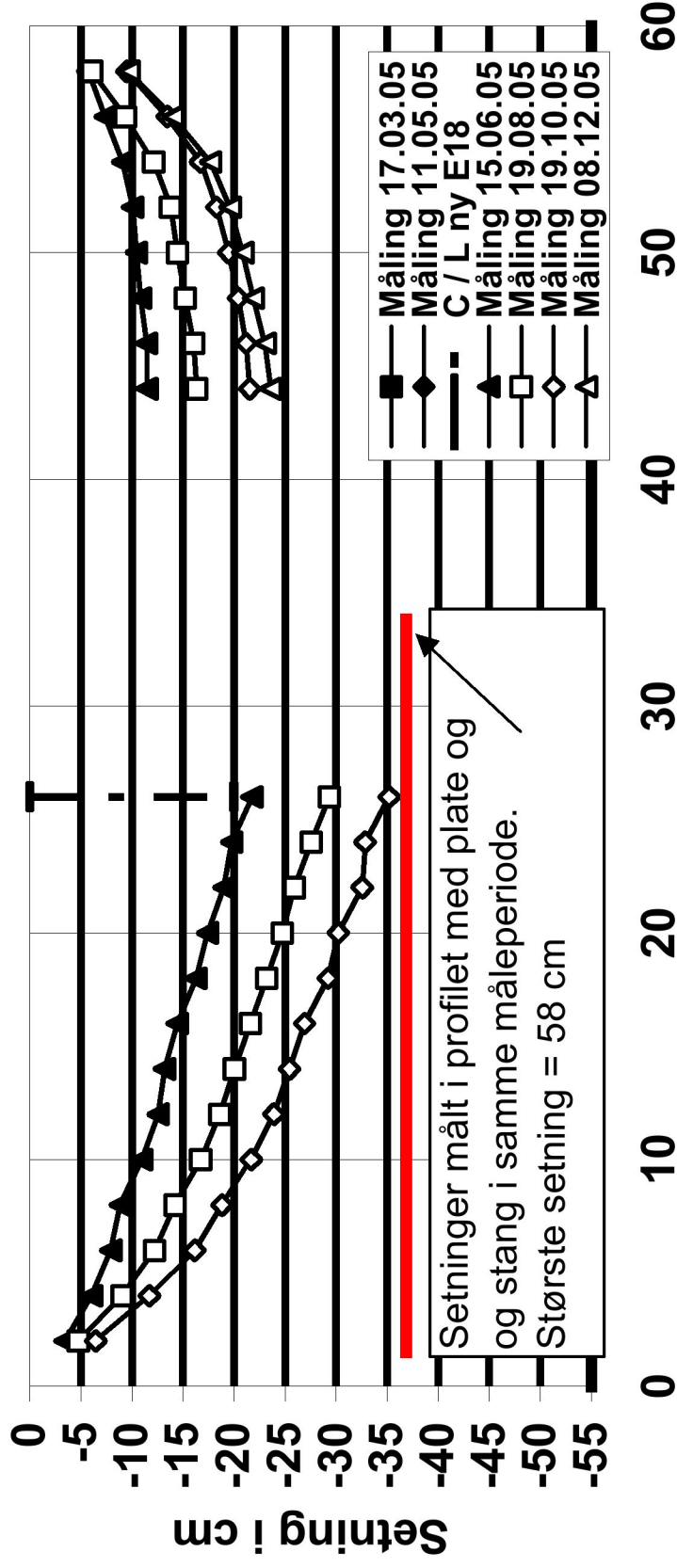
Setninger målt i profilet med plate og stang i samme måleperiode. Største setning = 51 cm

Slangesetningsmålinger Profil 7900



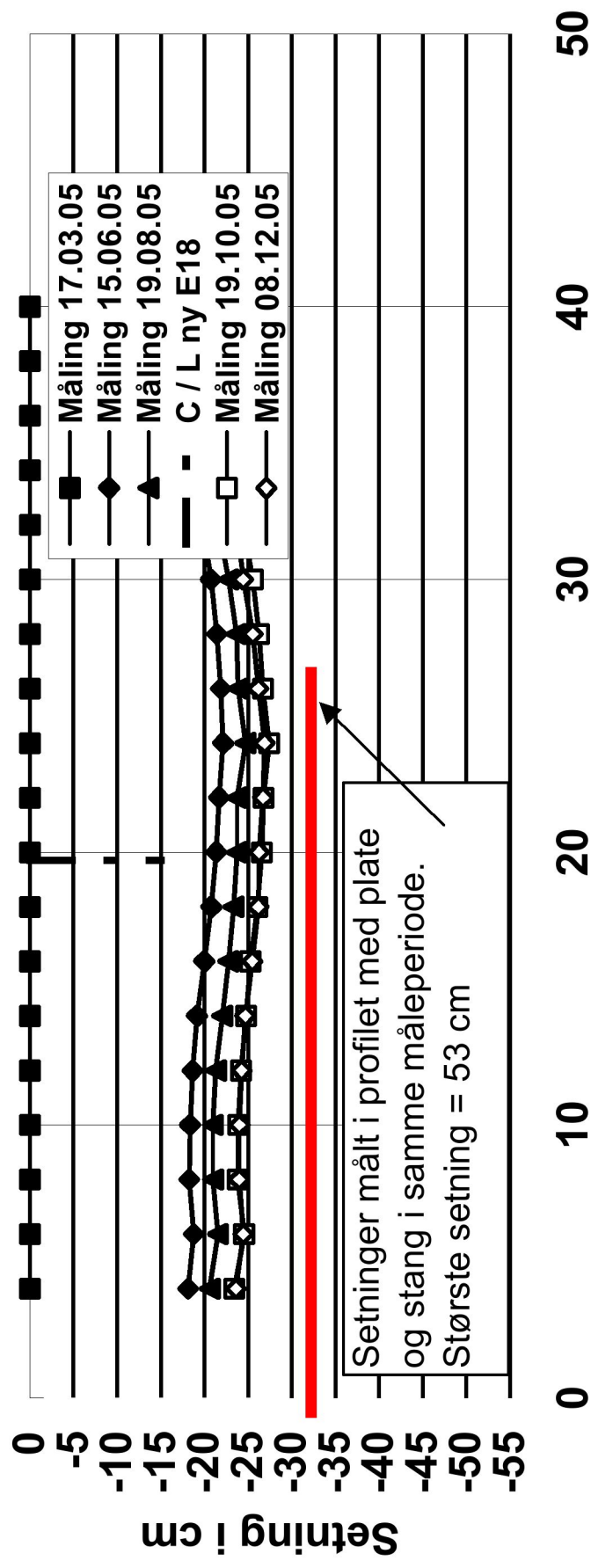
Avstand fra slangeende venstre side i m

Slangesetningsmålinger Profil 8000



Avstand fra slangeende venstre side i m

Slangesetningsmålinger Profil 8400





Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005