



Statens vegvesen

# NYTT SPESIALUTSTYR TIL GEOTEKNISK FELT- OG SENTRALLABORATORIET

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2484



Geo- og tunnelseksjonen  
Dato: 2007-03-15





**Statens vegvesen**

## TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2484

Tittel

### NYTT SPESIALUTSTYR TIL GEOTEKNISK FELT- OG SENTRALLABORATORIET

Vegdirektoratet  
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep  
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Knut Hagberg og El Hadj Nouri

Dato:

2007-03-15

Saksbehandler

El Hadj Nouri

Prosjektnr:

Kontrollert av

Antall sider og vedlegg:

34

#### Sammendrag

I forbindelse med fornyelse av eksisterende geoteknisk spesialutstyr ved Sentrallaboratoriet i Statens vegvesen og etablering av nytt feltlaboratorium, er det behov for å innhente informasjon om egnet treaksial- og ødometerutstyr samt programvare for valg og bestilling av slikt utstyr. Teknologiavdeling v/ Geo- og tunnelseksjonen har derfor i noen tid arbeidet med å lage en oversikt over egnet utstyr i markedet og innhentet tekniske spesifikasjoner og informasjon om dette. Grunnet begrenset plass i laboratorium er det viktig at ikke utstyret er for stort. Det er også viktig at programmene for styring og logging av data fra forsøkene tilfredsstiller dagens IT-plattform. I tillegg blir det nødvendig og tilpasse/gi programmene norsk språkdrakt og følge norsk praksis. I denne sammenheng er det foretatt en studietur til University College Dublin og University of Dublin - Trinity College, Helsingfors kommune - geoteknisk laboratorium, og til NTNU. Det er hentet informasjon fra utstysleverandører og det er tatt kontakt med NTNU om bistand og leveranse. Foreliggende rapport oppsummerer innhentet informasjon og skal gi grunnlag for vurdering av alternative løsninger.

#### Summary

Emneord:

Sentrallaboratoriet, Feltlaboratorium, Treaksialutstyr, Ødometerutstyr



## **Innhold**

1. Bakgrunn: .....	2
2. Utredninger utført i 2005 og 2006: .....	2
3. Videre arbeid: .....	4
4. Informasjon fra studiereisen:.....	4
Treaksialutstyr.....	4
Belastningsapparat .....	4
Trykk/Volum-kontrollenheter .....	5
Enheter for dataregistrering.....	6
Programvare .....	7
Ødometer.....	8
5. Oppsummering.....	9

## **Vedlegg**

**Vedlegg 1 1. tilbud fra NTNU**

**Vedlegg 2 2. tilbud fra NTNU**

**Vedlegg 3 Tilbud fra GDS Instruments**

**Vedlegg 4 Tilbud fra ELE via Geonor**

**Vedlegg 5 GDS infoblad om Ødometer på Norsk**

**Vedlegg 6 GDS infoblad om Treaksial på Norsk**

## 1. Bakgrunn:

Geotekniske laboratorieundersøkelser, herunder spesialforsøk, har vært et fagområde Statens vegvesen har brukt mye ressurser på for å kunne optimalisere tekniske løsninger og i noen tilfeller løse akutte problemer. Som et av elementene i disse undersøkelsene benyttes treaksial- og ødometer-forsøk.

Treaksialutstyret med programvare som finnes i Sentrallaboratoriet er allerede oppdatert og fornyet i forbindelse med omorganiseringen i 2003.

Ødometer-utstyret som vegvesenet benytter i dag, er gammelt og ikke tilpasset dagens krav/behov med hensyn til IT-plattform, av-/og rebelastning (numeriske analyser) og krypforsøk. Nylig har det oppstått dataproblemer med eksisterende utstyr og da dette er basert på DOS-systemer var det vanskelig å få bistand fra IT-avdelingen. Utstyret sto da i mer enn tre uker før feilen ble rettet.

I tillegg ble det i 2006 som en del av FOU prosjektet nr. 601369 "Kvalitet av felt- og laboratorieundersøkelser", besluttet å erstatte dagens "gamle campinglaboratorium" med en container innredet for geotekniske/geologiske analyser. Dette omfatter også nytt treaksial- og ødometer-utstyr.

## 2. Utredninger utført i 2005 og 2006:

I denne forbindelsen har Teknologivdelingen i Vegdirektoratet, Geo- og tunneltseksjonen, satt i gang et arbeid for å skaffe oversikt over hva som finnes av utstyr som kan tilfredsstillere vårt nåværende og fremtidige behov.

I den anledning ble NTNU kontaktet og besøkt i september 2005. På grunnlag av dette møtet fikk vi vedlagte tilbud (Vedlegg 1) med en estimert minste pris på ca. NOK. 800 000 eks mva. Tilbudet fra NTNU innholdt et betydelig utviklingsarbeid og var derfor svært usikkert hva gjaldt tid og penger.

Videre undersøkte vi etter informasjon fra Nordisk feltkomité et konsept i Helsingfors kommune. Dette utstyret viste seg å ikke kunne tilfredsstillere våre krav, og i tillegg viste det seg at produsenten ikke lenger eksisterte.

NGI ble også kontaktet. De har utviklet et utstyr i egen regi, med Windows basert IT-plattform, som tilfredsstiller våre krav. Dessverre vil de ikke kommersialisere dette utstyret.

GEONOR som har agentur bl.a. for ELE (England) kan formidle et trinnvist ødometer.

Teknologiavdelingen fikk i 2006 et kutt i FoU-midler på 60 %. På denne bakgrunn ble prosjektet begrenset til videre innhenting av informasjon i 2006.

NTNU er i 2006 kontaktet på ny og ga et nytt tilbud (Vedlegg 2) på tilsvarende utstyr som Sentrallaboratoriet har i dag uten mulighet til å utføre CPR-forsøk og kun med Windows basert loggeprogram for NOK 300 000,-. Da mangler fortsatt oppdatert Windows-basert plotteprogram og CPR-forsøk i tilbudspakken.

I tillegg hadde vi også kontakt med diverse utenlandske firmaer. Tilbud fra disse på standard utstyr og programvare er etterspurt/innhentet via tlf./e-post. Herunder nevnes:

#### **Ødometer-utstyr**

- CONTROLS (Italia) – har ikke svart
- GDS Instruments (England) – mottatt tilbud via Geonor (ca. 166.000,-) (Vedlegg 3)
- ELE (England) – Info via Geonor på alternativt og uaktuelt utstyr - manuelt trinnvist ødometer
- NTNU/Sintef (Norge) – mottatt tilbud nevnt ovenfor, (ca. 300.000,-) (vedlegg 2)
- Wykeham Farrance (England) – har ikke svart

#### **Treaksial-utstyr**

- CONTROLS (Italia) – har ikke svart
- GDS (England) – mottatt tilbud via Geonor (ca. 445.000,-) (Vedlegg 3)
- ELE (England) – Trykkluftbasert system – uaktuelt utstyr pga plasskrevende (Vedlegg 4)
- NTNU/Sintef (Norge) – leverer ikke treaksialutstyr – Programmerte dagens TRIAXPAC for Windows NT og tidligere TRPAM for HP1000-maskin.
- Wykeham Farrance (England) – har ikke svart

### 3. Videre arbeid:

I Laboratorierådsmøte nr 4/2006 ble det besluttet at Teknologivdelingen v/Geotun setter av NOK 200.000,- i 2007 til prosessering og rapportering av treksial- og ødometer-data.

Region øst setter videre av NOK 400.000,- til fornyelse av ødometer-utstyr og Region sør setter av NOK 400.000,- til utvikling av nytt feltlaboratorium. Til sammen utgjør dette NOK 1 million.

Videre undersøkelser i 2006 har vist at det kan finnes egnet utstyr som kan tilfredsstille våre krav ved University College Dublin og University of Dublin, Trinity College i Irland. Knut Hagberg og El Hadj Nouri, seksjon for Geo- og tunnelteknikk har vært i kontakt med og besøkt disse institusjonene. Hovedkontakt ved University College Dublin (UCD), Departement of Civil Engineering - geoteknisk laboratorium er Prof. Mikael Long, som også formidlet kontakt med Trinity College og besøk i deres geotekniske laboratorium.

### 4. Informasjon fra studiereisen:

Geoteknisk spesialutstyr ved UCD:

#### *Treksialutstyr*

#### **Belastningsapparat**

UCD har tre belastningsapparater:

Et belastningsapparat av type Bishop and Wesley fra GDS-Instruments (belastningsområde 7 kN – 25 kN)  
Egnet for svært bløte materialer.



De to øvrige belastningsåkene (50 kN) var fra Wykeham France (eldre utgave) og VJ Technology (nyere utgave). Belastningsåket fra VJ Technology var av type Triscan Advanced versjon, dvs den har en innebygd datamaskin som kan foreta styring, logging og visning av data.







UCD benytter ikke belastningsåk for 50 kN levert av GDS som vist til venstre, men dette kan være aktuelt for Statens vegvesen.

### Trykk/Volum-kontrollenheter

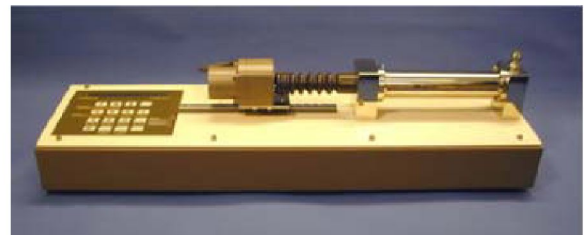
UCD benytter trykk/volum kontrollenheter istedenfor trykkluft og lodd (Sentrallaboratoriet benytter i dag trykkluft).

Disse enhetene er meget plassbesparende og vil kunne egne seg godt til bruk i feltlaboratorium.

UCD har 2 typer av trykk/volum kontrollenheter fra GDS-Instruments:



standard



og avansert.

Den avanserte modellen er meget nøyaktig med stor oppløsning som vist nedenfor.

### Teknisk spesifikasjon

- Trykkmålingsnøyaktighet  $\leq 0.1\%$  av full skala (avansert) eller  $< 0.15\%$  av full skala (standard)
- Oppløsningsnøyaktighet av trykkmålinger = 0.5kPa (avansert) eller 1 kPa (standard).
- Nøyaktighet av volummålinger  $\leq 0.1\%$  av målt verdi (avansert) eller  $< 0.25\%$  av målt verdi (standard)
- Oppløsningsnøyaktighet av volummålinger = 0.5mm<sup>3</sup> (avansert) eller 1mm<sup>3</sup> (standard)

I tillegg har UDC noen kontrollenheter fra VJ Technology.

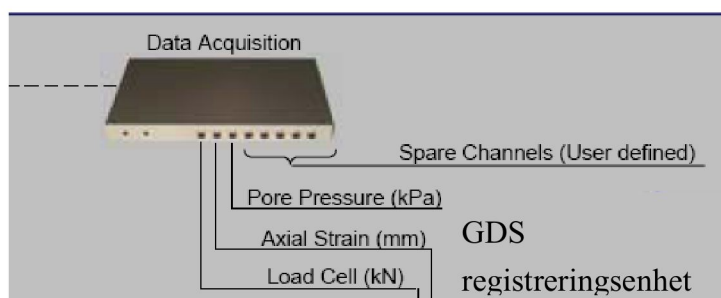
Disse har trykkområder 0 – 2000 kPa med nøyaktighet  $\pm 1$  kPa.

Volummålingsområdet dekker fra 0 – 150 cm<sup>3</sup> med avlesningsnøyaktighet 0.1 cm<sup>3</sup>.



Ved sammenligning av disse typer kontrollenheter så er prisen litt høyere for GDS-produktene i forhold til Vj Tech. Men mens stepmotor og stempel er synlig på GDS-enhetene så er disse skjult i Vj Tech. utstyret. På GDS-utstyret er tastatur og skjerm lettere å lese og betjene med en horisontal plassering, mens Vj Tech-utstyret har vertikal skjerm og tastatur plassert i enden av kontrollenheten. Dette peker i favør av GDS-utstyret.

### Enheter for dataregistrering



GDS har en standard 8 kanals dataregistreringsenhet, benevnt “seriell dataenhet”, kan anvendes på alle systemkombinasjonene. Dette 16 bits utstyret har 8 datakontrollerte forsterkningsområder utformet spesielt for tilpasning til omformerne som anvendes i et treaksialforsøk.



Vj Tech.-enheten har 64 kanaler hvorav 32 er digitale.

GDS-enheten er liten og kan eventuelt festes til vegg og 8 kanaler er tilstrekkelig for de aktuelle formål.

## Programvare

Den ene dataregistreringsenheten UCD benytter kan ikke brukes til styring via PC. Den andre kan. Begge er av en tidligere generasjon dataregistreringsenhet.

UCD har flere generasjoner programvarer. Fra delautomatisk til helautomatisk styring. Siste generasjon programvare er fra GDS Instruments. Det er et svært avansert program som dekker de aller fleste behov, både forskning og avanserte analyser. Ved hjelp av dette programmet er det mulig å automatisere/styre hele forsøksforløpet. Dette reduserer behovet for kontinuerlig oppfølging. Det er viktig å være oppmerksom på at dette gir store datamengder som også skal håndteres. Programpakken UCD benytter, er til logging av data og oppfølging under forsøket. Til prosessering og rapportering har UCD valgt å bearbeide data separat ved hjelp av enkle programmer som Grafer/Excel.

Tilsvarende programvare kan leveres fra Vj Technology også med en rekke forhånds-programmerte forsøk.

For Statens vegvesen er det viktig å få etablert programvare som kan styre og registrere data fra de fire hovedtypene av treaksialtester som utføres samt eventuelt forsøk for måling av  $K_0$ . Behovet for omfattende forhåndsprogrammerte varianter er derfor ikke så stort og for mange programvalg kan eventuelt utgjøre en komplikasjon for operatøren. Dessuten er det ønskelig med programvare som kan kommunisere med LABSYS for videre prosessering og rapportering og som følger norsk praksis når det gjelder å bestemme styrkeparametere ( $a$ ,  $\varphi$  og  $D$ ). Programvaren må videre ha norsk språkdrakt for enklere opplæring og anvendelse for operatørene.

## Ødometer



UCD benytter Rowe and Barden celle til konsolideringsanalyse. Cellen er levert fra Wykeham Farance. Denne cellen kan anvendes til forsøk med trinnvis lastøkning, syklisk belastning, konstant last og forsøk med kontroll av hydraulisk gradient. Baktrykk kan påføres til toppen av cellen og poretrykk/drensledningen i bunnen.

Til gjennomføring av forsøk med denne type celle benyttes trykk/volum kontrollenhet tilsvarende standardutgaven fra GDS som benyttes til treaksialforsøk.

UCD har begrenset sin bruk av denne cellen kun til CRS-forsøk, men cellen kan enkelt utvides til å omfatte ovennevnte forsøk. UCD har valgt et oppsett som er manuelt styrt, men det kan enkelt automatiseres og styres ved hjelp av GDS-programvaren.

Behovet for å benytte utstyr som gir mulighet til å påføre baktrykk slik som Rowe og Barden cellen, er kanskje ikke så stort med norske leirmaterialer idet disse i hovedsak er mettede leirer. I tillegg er den øvre delen av cellen relativt stor og tung å håndtere slik at det er vanskelig å avgjøre om denne kommer riktige på plass ved montering av utstyret. Det er også nødvendig å etablere en erfaringsdatabase for å kunne velge riktig trykkendringer over tid for å oppnå ønsket  $u/p$ -forhold som definert i forsøksprosedyren (NS 8018).

Ødometercellen fra NTNU som Statens vegvesen i dag benytter til ødometerforsøk er enkel i bruk og vi har allerede erfaringsdata fra denne cellen som gir data til styring av nye forsøk (valg av deformasjonshastighet ut fra prøvematerialets konsistens). Ønsket er derfor at NTNU videreutvikler og leverer en ny og oppdatert versjon av både programvare (Windows-basert) og prøvecelle/stepmotor (avlastning, rebelastning, kryp og CRS). Prismessig vil et slikt utstyr antagelig ikke kunne konkurrere med annet tilgjengelig utstyr på markedet, men fordelene vil være at NTNU-utstyret vil kunne følge norsk praksis når det gjelder forsøksbetingelser og beregning av setningsparametere ( $\epsilon - \sigma'$ ,  $M - \sigma'$  osv.). Programvaren vil videre ha norsk språkdrakt for enklere opplæring og anvendelse for operatørene. NTNU har i tillegg gitt god service på eksisterende utstyr.

## 5. Oppsummering

For videre fremdrift er det nødvendig å ta stilling til valg av utstysleverandør og utstyrstype. Utstyrgruppa inviteres derfor til å sette seg inn i de forhold som er nevnt ovenfor (både foreliggende dokument med vedlegg, leverandørenes hjemmesider og annet tilgjengelig materiale). De investeringer som nå skal gjøres på dette området forventes å ha en varighet over flere tiår og det er derfor viktig med en grundig vurdering før valg foretas.

Når det gjelder fremdrift tar vi sikte på å ha gjort et foreløpig valg innen 2007-03-28. Basert på dette kan da mer eksakte tilbud etterspørres hos leverandør.

## VEDLEGG 1

**NTNU**  
**Fakultet for ingeniørvitenskap**  
**Norges teknisk-naturvitenskapelige**  
**universitet**

**og teknologi**  
**Faggruppe for geoteknikk**



Statens Vegvesen  
v/ sivilingeniør El Hadj Nouri

Saksbehandler  
Rolf Sandven  
Telefon 73 59 46 03  
E-post Rolf.Sandven@bygg.ntnu.no

Vår dato:

Vår ref.:

Deres dato:

Deres ref.:

24.11.2003

### **Leveranse av utstyr for kombinert kontinuerlig og trinnvis ødometerforsøk - pristilbud og gjennomføringsplan**

#### **1. Bakgrunn**

Det vises til diskusjonsmøte ved NTNU 6. september, der premisser for utvikling og tillaging av nytt ødometer med programvare ble diskutert. I det følgende diskuteres premisser for utvikling av nytt utstyr, som grunnlag for igangsetting av et forprosjekt med pristilbud.

#### **2. Utstyr og komponenter**

Vi vil innledningsvis få minne om at vårt utstyr gjør det mulig å kjøre ødometerforsøkene etter to ulike prosedyrer, CRS- (konstant tøyningshastighet) og CPR-prosedyren (konstant poretrykksforhold). Sistnevnte prosedyre gjør det mulig å utføre et komplett ødometerforsøk med rapportferdig presentasjon av resultater i løpet av 3-5 timers forsøks tid. CRS-prosedyren er noe enklere å betjene enn CPR – prosedyren, men tar vesentlig lengre tid.

Følgende forutsetninger for videreutvikling av NTNUs ødometerutstyr legges til grunn:

- Både kjøring av CRS- og CPR-forsøksprosedyre skal kunne gjennomføres.
- Avlastning- og rebelastning i løpet av eller etter pålastningsprosedyren.
- Kjøring av kryptrinn i løpet av eller etter pålastningsprosedyren.
- Kjøring av ordinært trinnvis forsøk med konstant last (totalspenning) og toveis drenasje på hvert trinn er ønskelig.
- Det må utvikles sokkel for både enveis- og toveis drenerte forsøk.
- Påføring av baktrykk i prøve er ønskelig og må utredes.

### **3. Utvikling av nytt programsystem**

Dagens DOS-versjon av OEDOPAC fungerer teknisk meget tilfredsstillende med lite feil. Den har dog begrenset repertoar hva angår grafiske grensesnitt, og utplotting av data er noe omstendelig. Den er heller ikke tilrettelagt for av- og rebelastningssløyfer eller kjøring av kryptrinn.

Følgende forutsetninger for utvikling av ny programvare legges til grunn:

- Programvaren utvikles og leveres på Windows-plattform. Utviklingsverktøyet vurderes som del av forprosjektet, men bør tilpasses Statens Vegvesen dataverktøy (LABSYS).
- Ny programvare må kunne lese datafiler generert av gammel ødometersversjon.
- Både kjøring av CRS- og CPR-forsøksprosedyre skal kunne gjennomføres. Regulering for CPR-prosedyren baseres på reguleringsrutiner for dagens utstyr.
- Avlastning- og rebelastning under og etter pålastningsprosedyre. Avlastningsdel antas kjørt med konstant tøyningshastighet. Pålastningsdel skal kunne kjøres både med CRS- og CPR-prosedyre. Prosedyre med avlastning til null spenning må diskuteres spesielt.
- Kjøring av kryptrinn under og eventuelt etter pålastningsprosedyre. Reguleringen skal her kunne holde konstant effektivspenning over tid, men aksepterer små variasjoner i forhold til et middelspenningsnivå.
- Kjøring av ordinært trinnvis forsøk med avlesing av tidsserier skal være mulig. Akseptkriterium for tolererbare variasjoner i påført spenning må vurderes.
- Det opprettes separate programmer for logging/styring av forsøk og bearbeiding/tolkning/plotting av data. De enkelte faser av et forsøk skal kunne bearbeides og presenteres separat, for eksempel bearbeiding av resultater fra en av- og rebelastningssløyfe i regneark.

### **4. Gjennomføring av forprosjekt i 2005**

Følgende klargjørende studier kan gjennomføres i forprosjektet.

Oppgave	Aktivitet	Ansvarlig	Merknad
1	Utredning av baktrykksløsninger for ødometersokkel. Anbefaling av mulig teknisk løsning.	ML EH JJ	Statens Vegvesen avklarer behov
2	Mekanisk utforming av ødometercelle, konseptstudie. Anbefaling av mulig teknisk løsning.	JJ RS EH	Statens Vegvesen avklarer behov
3	Utredning av mulige driverløsninger med mekanisk overføring til ødometercelle. Muligheter for av-/rebelastning, kryp og trinnvis belastningsprosedyre utredes. Anbefaling av teknisk løsning.	KOR JJ EH	
4	Vurdering av programmeringsplattform for utvikling av ny software for prosess-styring, datalogging og presentasjon. Valg i samarbeid med Statens Vegvesen.	KOR RS	Tilpasses Statens Vegvesen ønsker og behov.
5	Utredning av PC-basert datainnsamlingsutstyr og måleforsterker.	KOR	Se Vedlegg 1 for dagens PC-versjon av OEDOPAC.
6	Utredning av struktur for programvare, inklusive logging/styring og bearbeiding/tolkning/plotting. Anbefalt struktur med hovedprinsipper for oppbygging av programsystem.	KOR RS	
7	Utarbeidelse av kort notat som beskriver prinsippene i anbefalte	RS KOR	



	løsninger. Forslag til prosjektplan.	ML	
--	---	----	--

Aktivitetene kan i hovedsak utføres inneværende år, og forventes oppstartet ultimo oktober/primio november ved gitt klarsignal fra Statens Vegvesens side.

Budsjett for denne aktiviteten, basert på punkt 1-7 i tabellen over, er estimert til 175.000 som kan benyttes inneværende år.

### 5. Gjennomføring av hovedprosjekt i 2006/2007

Følgende aktiviteter forventes å inngå i hovedprosjektet:

Oppgave	Aktivitet	Merknad
1	Engineering og bygging av ny ødometersokkel med eventuelle revisjoner anbefalt i forprosjektet (baktrykk, varierte prøvediametre).	
2	Engineering, bygging og tilpasning av driverenhet med mekanisk overføring til ødometercelle.	
3	Montering av ødometercelle og driversystem i ødometerbank.	Tilsvarende benkløsning som eksisterende ødometerutstyr.
4	Utvikling og lagring av programvare basert på omforent program-meringsplattform og valgte tekniske løsninger. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prosesstyring</li> <li>- Databehandling og logging</li> <li>- Presentasjon med interaktiv grafikk og tolknings-muligheter</li> </ul>	
5	Uttesting og dokumentasjon ved NTNU.	
6	Leveranse og installasjon hos Statens Vegvesen.	Prøveperiode hos Statens Vegvesen.

Vi har ikke funnet det mulig å prissette utvikling og leveranse av nytt utstyr, ettersom prisen vil være avhengig av de endelige løsninger som velges. Orienterende pris for gammel versjon av ødometerutstyret er ca. 450.000, inkl. ødometercelle med gir og stepmotor levert i

laboratoriebenk, programvare, måleforsterker og tilpasningsenhet. En høyere pris må påregnes for nytt utstyrskonsept, den minstepris kan antydes til ca. 600.000 i tillegg til forprosjektsummen.

For øvrig henvises til Vedlegg 1 for prinsipiell beskrivelse av PC-basert ødometerutstyr.

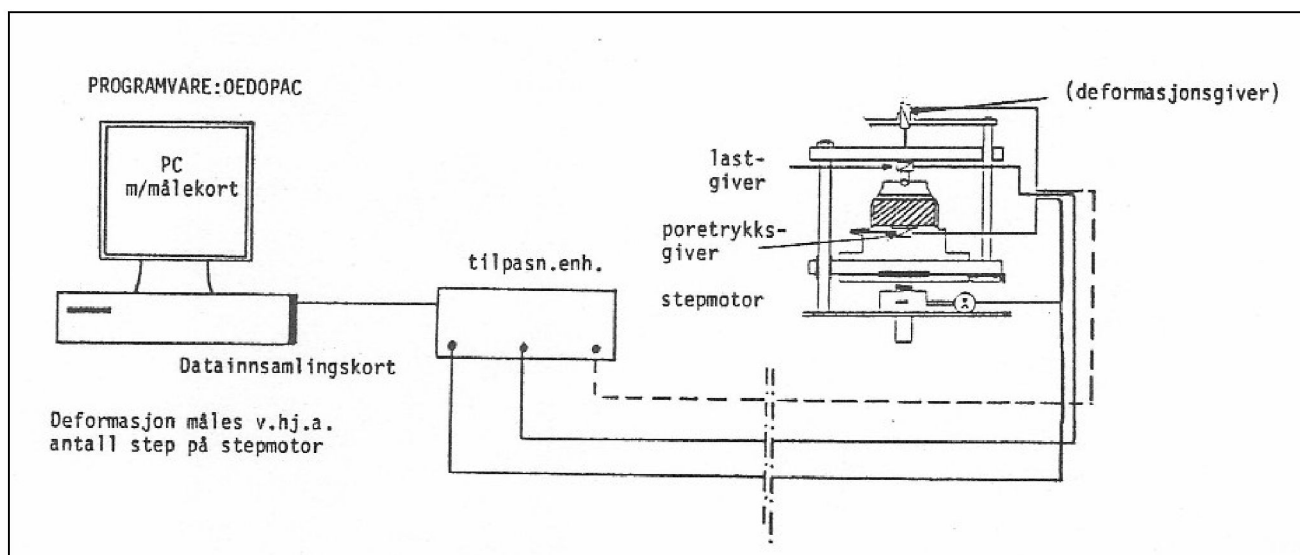
Vi håper vår beskrivelse er et godt grunnlag for videre diskusjoner, der vi i fellesskap ønsker å komme frem til en omforent teknisk og en nærmere definert økonomisk ramme for utviklingen.

Med vennlig hilsen

Rolf Sandven  
laboratorieleder

## AUTOMATISK KOMBINERT TRINNVIS/KONTINUERLIG ØDOMETERUTSTYR, PC - VERSJON

Dagens utstyrsgenerasjon (versjon 4) består av en videreutviklet versjon av den tidligere HP-1000 baserte modellen som både Statens Vegvesen og NTNU nå bruker. Denne utstysversjonen er nå tilknyttet og betjent gjennom en ordinær PC med I/O-kort. Nåværende Q-Free mikroprosessor er da overflødig. Ødometercelle og drivverk er tilsvarende som for HP1000 versjonen, mens datainnsamling og styring av forsøket er vesentlig enklere. Det benyttes elektromekanisk step-motorløsning som drivverk, noe som overflødiggjør bruk av deformasjonsmåler i utstyrspakken.



Ny PC – basert versjon forventes å bestå av følgende komponenter, se skisse ovenfor:

1. Ødometercelle med mekanisk og elektronisk utrustning, ferdig montert og innfelt i laboratoriebank. Muligheter for ødometersokkel med baktrykk og varierte prøvediametre vil bli vurdert. Produksjon, montering og uttesting vil bli utført av eget laboratorie- og verkstedpersonell.
2. Måleforsterker/tilpasningsenhet, inklusive kretskort (eks. Geonor Transducer Interface, 5 kanals).
3. Digitalt I/O kort for PC.

4. Software: Videreutvikling av nåværende software OEDOPAC, PC-versjon DOS basert, inklusive grafisk skjermbildefunksjon. Dagens OEDOPAC er en menystyrt programpakke for automatisk måleinnsamling fra kontinuerlige ødometerforsøk (CPR, CRS). Programmet vil ha arkivsystem og kunne sørge for logging, regulering (CPR, av- og rebelastning, kryp) og presentasjon av forsøksresultater etter NS8018. Følgende plott skal kunne fremstilles:

- spenning - tøyning ( $\sigma' - \epsilon$ )
- spenning - modul ( $\sigma' - M$ )
- spenning - konsolideringskoeffisient ( $\sigma' - c_v$ )
- spenning - permeabilitet ( $\sigma' - k$ )
- spenning - deformasjonshastighet ( $\sigma' - d\delta/dt$ , CPR), poretrykk i bunnfilter ( $\sigma' - u_b$ , CRS)
- spenning - tidsmotstand ( $\sigma' - R$ )

Ny software vil leveres på Windows plattform, og vil i prinsippet ha tilsvarende eller flere presentasjonsmuligheter enn dagens versjon. Den skal i tillegg til dagens funksjoner kunne tilpasse og regulere av- og rebelastningsløyper og kryptrinn i forsøket (konstant effektivspenning med økende deformasjon).

## VEDLEGG 2



Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi  
 Institutt for bygg, anlegg og transport

Vår dato  
 12.10.2006  
 Deres dato

Vår referanse  
 AJE  
 Deres referanse

1 av 2

Statens Vegvesen Vegdirektoratet  
 v/ El Hadj Nouri

## KONTINUERLIG ØDOMETER - TILBUD

Ref. telefonsamtale i september vedrørende tilbud på CRS-ødometer for bruk hos Statens Vegvesen Region Sør.

Vi har vurdert saken og kommet frem til følgende:

Leveranse av ødometer innen utgangen av 2006 er vanskelig men skal kunne gjøres under følgende forutsetninger:

- NTNU tar utgangspunkt i et ødometeroppsett der enkelte komponenter tidligere har vært benyttet i oppsett i NTNUs eget laboratorium.
- Ødometeret vil leveres ferdig til bruk med følgende komponenter:
  - Ødometerbenk
  - Ødometerrigg med stepmotor og gear
  - Ødometersokkel for bunnplassert poretrykksgiver, inkludert er 1 stk filter, 1 stk ødometerring og 1 stk toppstykke i plexiglass
  - Givere for
    - aksial last (lastcelle 500 kg)
    - poretrykk (200 psi, ca 1300 kPa)
  - 2 kanals analog måleforsterker for givere
  - Analog/digitalkort for PC for PCI-bus
  - Programvare for initiering, kontroll og logging av forsøk. Denne vil generere loggefiler av format som er kompatibelt med tidligere versjoner av NTNUs kontinuerlige ødometer.
- **Merk! Unntatt fra tilbudet er plotteprogram.** Dette er fordi vi for tiden ikke har kapasitet til å programmere nytt plotteprogram for bruk under Windows operativsystem. Som en løsning vil vi imidlertid åpne for at SVV vederlagsfritt kan benytte et av sine DOS-baserte NTNU-plotteprogram for også denne installasjonen.

<b>Postadresse</b> 7491 Trondheim	<b>Org.nr.</b> 974 767 880 E-post: bat-info@ivt.ntnu.no <a href="http://www.ivt.ntnu.no/bat/">http://www.ivt.ntnu.no/bat/</a>	<b>Besøksadresse</b> Høgskoleringen 7a Gløshaugen	<b>Telefon</b> + 47 73 59 46 40 <b>Telefaks</b> + 47 73 59 70 21	Amfiian Emdal <b>Tlf</b> + 47 9754 7729
--------------------------------------	--	---	---	--

All korrespondanse som inngår i saksbehandling skal adresseres til saksbehandlende enhet ved NTNU og ikke direkte til enkeltpersoner. Ved henvendelse vennligst oppgi referanse.

---

**Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet**Vår dato  
12.10.2006Vår referanse  
AJE

- 
- Som opsjon kan også PC leveres. Dette etter nærmere avtale med SVV for avklaring av type, miljøkrav etc. Kostnad for dette vil komme i tillegg.
  - Ødometeret er bygget for bruk under kontrollerte miljøbetingelser som tilsvarer normalt klima for innendørs laboratoriebruk.
  - Ødometeret vil kontrolleres fra et PC-basert Windows grensesnitt. Dette grensesnittet vil ha oppdatert grafisk visning av spenninger og tøyninger under kjøring samt tallvinduer som viser variable som last, deformasjon, CRS-hastighet, prøveareal, prøvehøyde osv. Endelig design av dette grensesnittet vil bli gjort dersom bestilling blir bekreftet.
  - Ødometeret vil kun kjøre CRS-prosedyre. CRS-hastighet må bestemmes av bruker og settes manuelt på kontrollpanelet (dvs i Windows grensesnittet). Det vil ikke ligge noen form for reguleringsprosedyre i programvaren ut over det å holde konstant tøyningshastighet. Det vil være mulig for bruker å endre CRS-hastigheten under forsøkskjøring.
  - Ødometeret vil ikke være ferdig klargjort for av-rebelastningsprosedyre. Det mekaniske vil imidlertid lages slik at dette kan implementeres i fremtiden.
  - Leveringsbetingelser. Valgt PC må sendes til NTNU for installasjon og uttesting. Forsendelse og forsikring av komplett ødometer kan gjøres for kjøpers regning.
  - Leveringstidspunkt. I den nåværende situasjon er det vanskelig å garantere full leveranse i inneværende år. Dette er fordi det kan være betydelig leveringstid på komponenter. En avklaring/bestilling fra SVV bør derfor foreligge så snart som råd.
  - NTNU er pålagt å fakturere eksterne prosjekter inkl. mva. Dersom dette skal fravikes må SVV fremlegge dokumentasjon på at prosjektet er fritatt for mva ved bestilling.

Dette ene ødometer ihh til ovenstående tilbys levert til fast pris NOK 300.000,- + mva.

Dersom SVV skulle ønske tilbud om flere lignende installasjoner må disse prises separat. Dette fordi det vil medføre komplett innkjøp/produksjon av alle komponenter som inngår.

Med hilsen

Arnfinn Emdal  
NTNU Geoteknikk

Kjell O. Roksvåg

## VEDLEGG 3

Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep,  
N-0033 OSLO

*Att.: Knut Hagberg  
El Hadj Nouri*

*Cc Bjørn Kristoffer Dolva*

Deres ref.:

Vår ref.: 2569-1766/ØK

19. oktober 2006

### ***Vedrørende: Revidert tilbud Triax og kontinuerlig Ødometer***

Vi viser til vårt tilbud i går med senere oppklarende samtaler vedr. spesifikasjoner. Dette gir grunnlag for et revidert tilbud på både Triax utstyr og særlig kontinuerlig Ødometer utstyr. Vi har derfor gleden av å tilby utstyr fra GDS som følger;

#### **Vedr. Kontinuerlig Ødometerutstyr**

1 1 Units 3.5 MPa static hydraulic Rowe & Barden type oedometer 50mm 63.5mm or 76mm dia.

*1 off Rowe & Barden consolidation cell for either 50, 63.5, 70 or 76.2mm diameter – size to be specified at time of order. Each cell is supplied with three valves a porous base disc and three top loading porous discs. Maximum pressure: 3500kPa. Note: A 100mm dia. cell is also available*

2 1 Units 200cc/3MPa STANDARD Pressure / Volume Controller

*1 off GDS 3MPa/200cc Standard pressure/volume controller with RS232 interface.*

- Built in 16 key keypad and liquid crystal display.
- Automatically protected against pressure and volume overanges.
- Volume accuracy 0.25% of measured value.
- Pressure accuracy 0.15% of Full Range.
- Volume change measured and displayed to 1cu.mm (0.001cc).
- Pressure regulated and displayed to 1 kPa.

3 1 Units 200cc/3MPa STANDARD Back Pressure / Volume Controller

1 off GDS 3MPa/200cc Standard Back pressure/volume controller with RS232 interface.

- Built in 16 key keypad and liquid crystal display.
- Automatically protected against pressure and volume overanges.
- Volume accuracy 0.25% of measured value.
- Pressure accuracy 0.15% of Full Range.
- Volume change measured and displayed to 1cu.mm (0.001cc).
- Pressure regulated and displayed to 1 kPa.

4 1 Units +/-20mm (50mm) GDS Linear Strain transducer

1 off GDS linear strain transducer 10mm with electrical connection for GDS data interface. Accuracy 0.25% of Full Range Output.

5 1 Units RS232 Mux

1 off GDS 4 channel RS232 Multiplexer (MUX) connects to RS232 port on PC and provides an expanded interface for up to four RS232 devices.

6 1 Units Pore Pressure transducer 1MPa or 2MPa

1 off GDS pore pressure transducer with electrical connection for GDS data interface.

Accuracy 0.15% of Full Range Output.

Range to be specified at time of order (other ranges are available on request).

7 1 Units Standard Consolidation Module (Rowe type cell)

- Stepped loading
- Constant Rate of Strain (CRS)
- Constant Rate of Loading (CRL)
- Controlled Hydraulic Gradient



## 8 1 Export Packing

**SUM pris kontinuerlig Ødometerutstyr pos. 1 – 8**

**NOK 166.000,-**

### **Vedr. Triaxial utstyr**

#### 1 1 Units 50kN Load frame

*1 off 50kN elctro-mechanical digital loading frame with RS232 port for external control  
Controlled rates of strain from 0.00001to 9.99999 mm per minute.*

*Note: Alternative load frames of 10kN and 100kN are also available.*

#### 2 2 Units 3400kPa/76mm Triaxial Cell

*1 off triaxial cell for test specimens up to 76mm. Maximum pressure 3400 kPa.*

*Note: Alternative triaxial cells for sample sizes from 38-100mm are also available.*

#### 3 2 Units 54mm pedestal and top cap set 76mm cell

*1 off base pedestal base disc and top cap for 76mm triaxial cell with lead for both  
drained and undrained tests. Available sizes 38, 50, 70 or 76mm.*

#### 4 1 Units Internal submersible load cell kit

*1 off GDS internal submersible load cell kit Including load ram, load button and electrical  
connection for GDS data interface. Available sizes are 1, 2, 4, 5, 8, 16, 32, 64, 100 and  
250kN*

*Range to be chosen at time of order. Accuracy 0.1% of Full Range Output (FRO).*

#### 5 1 Units +/-25mm GDS Linear Strain transducer

*1 off GDS linear strain transducer  $\pm 25$ mm with electrical connection for GDS data  
interface. Accuracy 0.25% of Full Range Output*

#### 6 1 Units Pressure transducer 200, 500, 1000psig

*1 off GDS pore pressure transducer 2MPa with electrical connection for GDS data  
interface. Accuracy 0.15% of Full Range Output.*

#### 7 1 Units Pressure transducer De-airing block

*1 off de-airing block and valve for pore pressure transducer.*

8 1 Units RS232 Mux (interfaces up to 4 GDS Standard controllers with RS 232 interface)

*1 off GDS 4 channel RS232 Multiplexer (MUX) connects to RS232 port on PC and provides an expanded interface for up to four RS232 devices.*

9 1 Units 8 channel 16 bit data logging - RS232 (serial pad)

*1 off GDS 8-channel, 16-bit data interface with serial RS232 interface.*

*+/- 5 Volts supply voltage is available individually for each transducer.*

*The interface has 8 gain ranges per channel which may be set via the PC to match the output of the transducer being used. Input ranges available on each channel are +/-10V, +/-5V, +/-1V, +/-200mV, +/-100mV, +/-30mV, +/-20mV and +/-10mV.*

10 1 Units 200cc/3MPa STANDARD pressure/volume

*1 off GDS 3MPa/200cc Standard Cell pressure/volume controller with RS232 interface built in 16 key keypad and liquid crystal display. Automatically protected against pressure and volume overanges. Volume accuracy 0.25% of measured value. Pressure accuracy 0.15% of Full Range. Volume change measured and displayed to 1cu.mm (0.001cc). Pressure regulated and displayed to 1 kPa.*

11 1 Units 200cc/3MPa STANDARD pressure/volume

*1 off GDS 3MPa/200cc Standard Back pressure/volume controller with RS232 interface built in 16 key keypad and liquid crystal display. Automatically protected against pressure and volume overanges. Volume accuracy 0.25% of measured value. Pressure accuracy 0.15% of Full Range. Volume change measured and displayed to 1cu.mm (0.001cc). Pressure regulated and displayed to 1 kPa.*

12 1 Units 54mm Specimen preparation kit

*1 off test specimen preparation kit for 54mm diameter samples. Consisting of split former, 2 part split mould, suction sleeve stretcher, 100 membranes, 30 rubber o-rings, 10 porous discs, 2 top discs*

13 1 Units GDSLAB modular software kernel module and dongle for Data Acquisition Only

*Kernel and security dongle for single GDSLAB licence.- Acquisition Only*

14 1 Units Standard Saturation and Consolidation Module: B Check, Saturation ramps, Isotropic consolidation

*Standard Saturation and Consolidation Module - B check - saturation ramps of cell pressure and back pressure – isotropic consolidation*

15 1 Units Standard Triaxial Testing Module: UU, CU, CD with pore pressure measurement

*Standard Triaxial Testing Module:-- unconsolidated-undrained - consolidated-undrained with pore pressure measurement consolidated-drained with pore pressure measurement*

16 1 Units Stress Path Module: Linear Stress Paths - p, q or s, t

*Stress Path Module - Linear stress paths - p, q or s, t.*

17 1 Units GDSLAB Reports Triaxial Module:

*GDSLAB Reports Triaxial Module: - BS1377 - Part 7 - 1990 -*

*Unconsolidated (quick) Undrained - BS1377 - Part 8 - 1990 -*

*Consolidated Undrained - BS1377 - Part 8 - 1990 - Consolidated Drained*

18 1 Units Installation testing & training

*Installation testing & training by one GDS engineer for 3 working days Includes flights accomodation and all expenses.*

19 1 Export Packing

**SUM pris Triaxialutstyr pos 1 – 19**

**NOK 445.000,-**

For øvrige tekniske spesifikasjoner vises til avsendte dataark og skriftlige svar på spørsmål fra GDS

### **Leveringsbetingelser**

Leveringstid: 4-6 uker fra mottatt og bekreftet ordre

Gyldighet: 1 uke (for leveringsdatoer) , 90 dager for priser

Garanti: 12 måneder

Priser: Alle priser er å forstå ekskl. mva og fritt levert Statens Vegvesen, Vegdirektoratet Oslo

Vi håper på en rask beslutning for å sikre leveringstiden på 4-6 uker som normalt er 8-12 uker fra

bestilling.

Med vennlig hilsen

Geonor AS

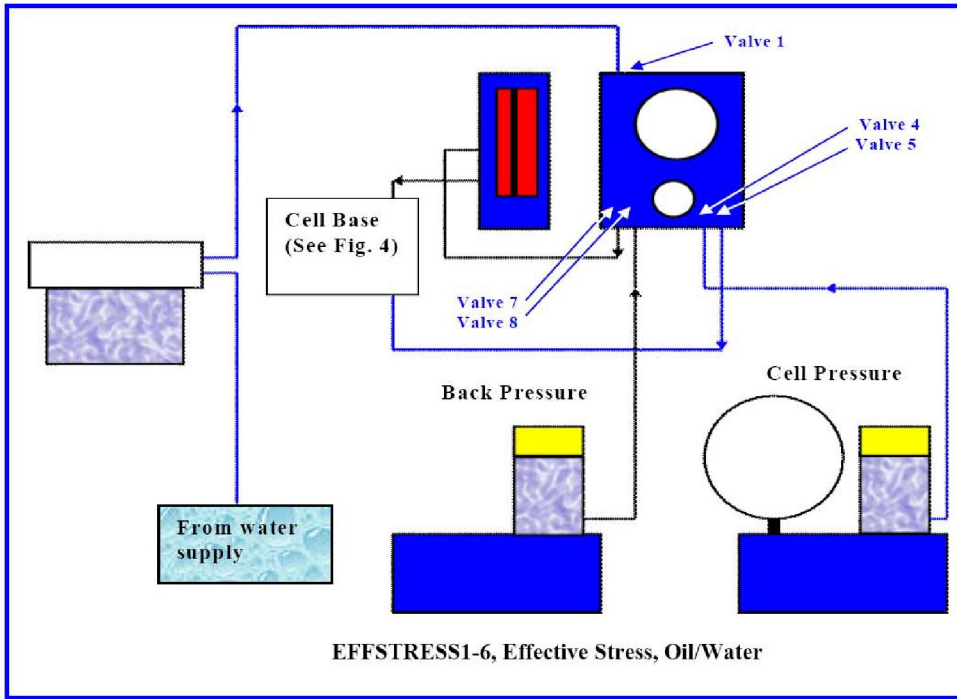
*Øyvind Klevar*

*Daglig leder*

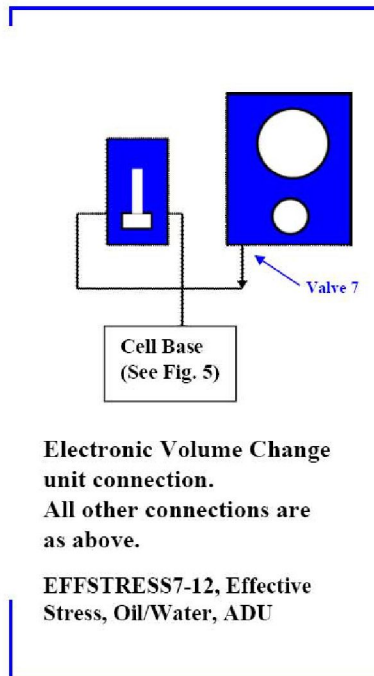
**VEDLEGG 4**



**SYSTEM CONNECTIONS**

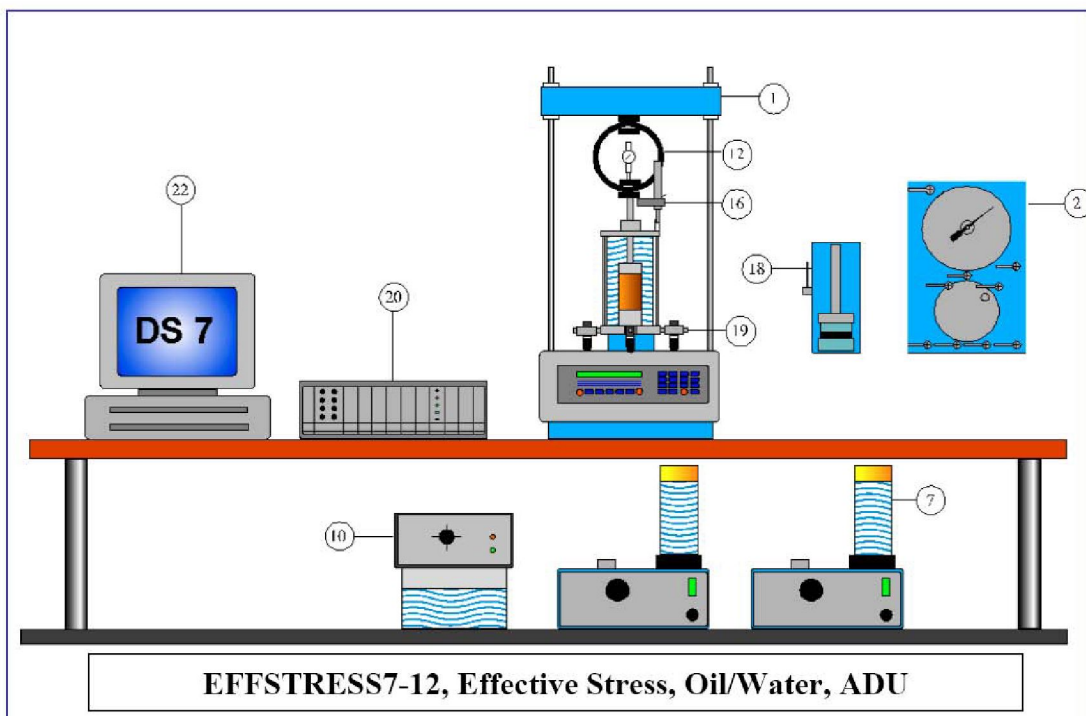
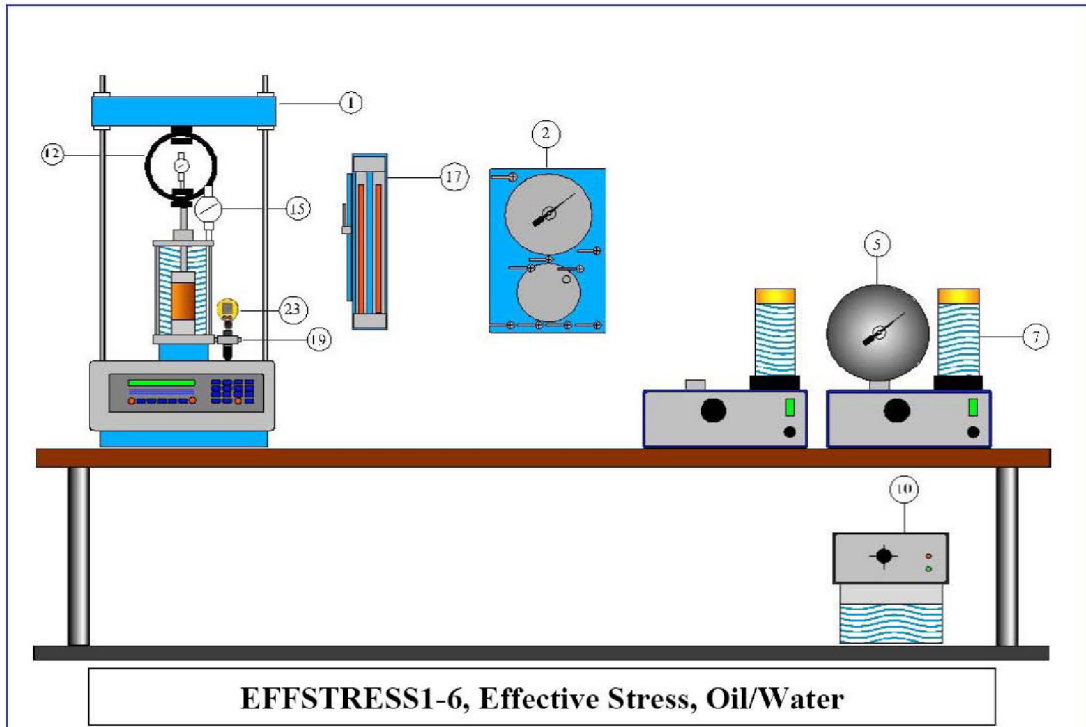


**Note:** Refer to the section describing triaxial cell base connections for details of figures 4 and 5.



**Electronic Volume Change unit connection.  
All other connections are as above.**

### LAYOUT DIAGRAM



## VEDLEGG 5



GDSCTS:1

Tilgjengelige valg for GDSCTS

**Rowe and Barden seller - størrelser**

50mm	<input checked="" type="checkbox"/>	63.5mm	<input checked="" type="checkbox"/>
70mm	<input checked="" type="checkbox"/>	76.2mm	<input checked="" type="checkbox"/>
100mm	<input checked="" type="checkbox"/>		

**Rowe seller - størrelser**

75.7mm	<input checked="" type="checkbox"/>	151.4mm	<input checked="" type="checkbox"/>
252.3mm	<input checked="" type="checkbox"/>		

**Selle- og baktrykksområder**

500kPa	<input checked="" type="checkbox"/>	2000kPa	<input checked="" type="checkbox"/>
1000kPa	<input checked="" type="checkbox"/>	4000kPa	<input checked="" type="checkbox"/>

**Oppgradering til umettede forsøk**

## Konsolideringsforsøk (GDSCTS) inkludert STDCTS og ADVCTS



### Hva er det?

**GDS Konsolideringsforsøk System (GDSCTS)** er et standard, fullt automatisert system for konsolideringsforsøk utviklet for alle typer jord. GDSCTS kan utføre klassiske forsøk med trinnvis lastøkning til mer avanserte forsøk slik som automatiserte forsøk med kontroll av hydraulisk gradient og syklisk belastning, alle styrt av en PC. Ved bruk av fleksibiliteten i GDSLAB programvaren så kan nesten ethvert brukerdefinert forsøk utføres. På grunn av den omfattende rekkevidden på GDS sine trykkkontrollenheter og konsolideringsseller så kan hvert system bli konfigurert til helt å tilfredsstille kundens spesifikasjoner og budsjett.

### Oversikt

Systemet er basert på enten Rowe and Barden eller Rowe type konsolideringsseller og GDS trykk/volum kontrollenheter. En oversikt over de to typene konsolideringsseller er gitt nedenfor. To av disse kontrollenheter kobler datamaskinen til forsøkssellene på følgende måte:

- en for aksial spenning og aksial deformasjonskontroll.
- en for setting av baktrykk og måling av volumendring

### Systemelementer

Utstyrets hovedelementer er vist i Fig. 1 på neste side. Utstyrsenheter kan velges for å tilpasses kundens forsøksbehov og budsjettmessige krav. Vanlige opplegg er som følger:

- Standard Consolidation Testing System (STDCTS) som er basert på 2 x 3MPa Standard Trykk/Volum Kontrollenheter (STDDPC)
- Advanced Consolidation Testing System (ADVCTS) som er basert på 2 x 2MPa Avanserte Trykk/Volum Kontrollenheter (ADVDPCC)

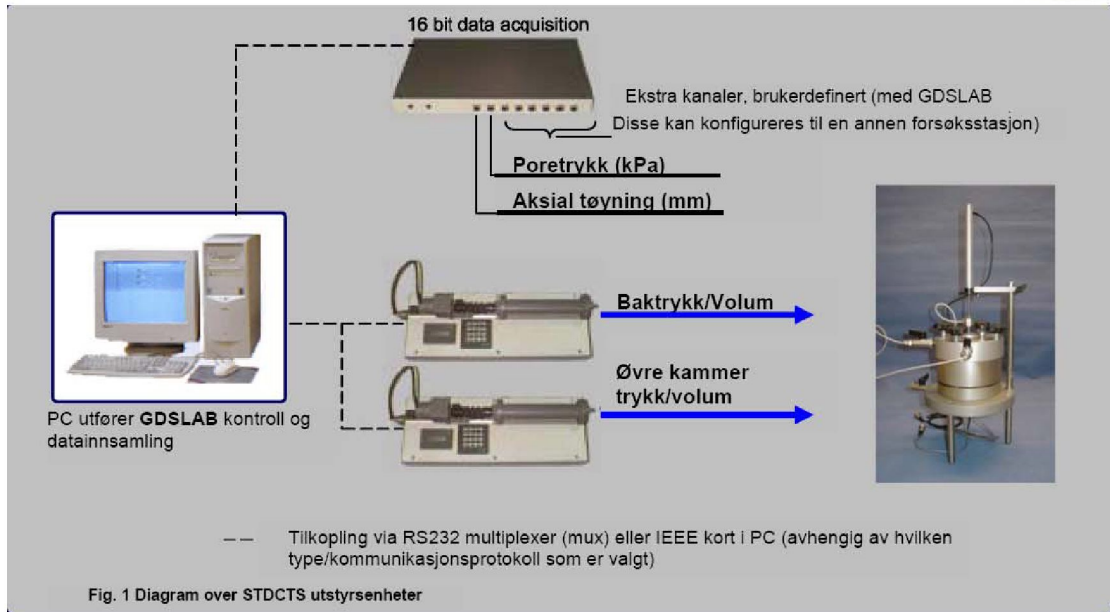
Spesielt kan nevnes at alle elementene i ADVCTS systemet er fokusert på å oppnå størst mulig oppløsningsnøyaktighet med høyest mulig forsøkskvalitet i et forskningsmiljø. STDCTS systemet er en lavkostvariant av ADVCTS.

GDS konsolideringsforsøk kan omgjøres til et GDS spenningsstri treaksialforsøk ved å bytte prøveselle og legge til en 200cc trykk/volum kontrollenhet.

### Teknisk spesifikasjon

- trykkmålingsnøyaktighet = <0.1% av full skala (ADVCTS) eller <0.15% av full skala (STDCTS)
- oppløsningsnøyaktighet av trykkmålinger = 0.5kPa (ADVCTS) eller 1 kPa (STDCTS).
- nøyaktighet av volummålinger = <0.1% av målt verdi (ADVCTS) eller <0.25% av målt verdi (STDCTS)
- oppløsningsnøyaktighet av volummålinger = 0.5mm<sup>3</sup> (ADVCTS) eller 1mm<sup>3</sup> (STDCTS)
- omformeroppløsning = 16bit
- automatisk datakontroll av forsøk – ikke bare datalogging
- MS Windows® programvare (GDSLAB) for forsøkskontroll og bearbeiding av data
- fremtidsrettet utvidbar programvare som gir muligheter for utvidelse av forsøk og maskinvare på senere tidspunkt

Issue 14/12/2005 - GDS Instruments - Tel: +44 (0) 1256 382450 - Fax: +44 (0) 1256 382451 - e: [info@gdsinstruments.com](mailto:info@gdsinstruments.com) - web: [www.gdsinstruments.com](http://www.gdsinstruments.com)



### Rowe og Barden konsolideringsselle

The GDS Rowe and Barden sellen (Figur 3 og 4) er tilgjengelig i en rekke størrelser for prøvestykker med diameter 50, 63.5, 70, 76.2 og 100 mm. Baktrykk påføres til toppen av sellen slik at in-situ hydraulisk gradient kan simuleres. Drensledningen i bunnen av sellen kan kobles til en trykkomformer. Rowe og Barden sellen omfatter også den nye Bishop og Skinner flytende ring som tillater toppdelen å bevege seg sammen med prøven vertikalt. Hovedfordelen med denne metoden er at den tillater måling av volumendringer i toppkammeret som muliggjør beregning av aksial deformasjon. Dette utgjør en fundamental forskjell mellom Rowe og Barden sellen og Rowe sellen (Fig. 6)

Både den hydrauliske Rowe & Barden konsolideringssellen og Rowe konsolideringssellen kan anvendes med enten stiv, porøs topp-plate for konstant tøyning (se Fig 2a) eller fleksibel porøs topp-plate for konstant spenning (se Fig. 2b).

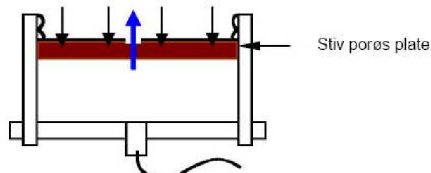


Fig. 2a (over) GDS Rowe og Barden selle med stiv porøs plate for forsøk med konstant tøyning.

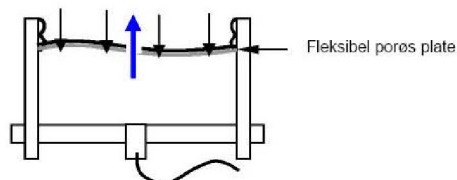


Fig. 2b (over) GDS Rowe og Barden selle med fleksibel porøs plate for forsøk med konstant spenning.



Fig. 3 GDS Rowe og Barden konsolideringsselle med eksternt aksialt tøyningmålingspunkt



Fig. 4 GDS Rowe and Barden consolidation cell



## Rowe konsolideringsselle

Et spesielt trekk med den klassiske Rowe sellen er evnen til å utføre konsolideringsforsøk med horisontal drenering ved bruk av sidedren og senterdren. Figurene 5a og 5b under viser skjematisk horisontal drenerasje. Figur 7 viser hvordan et horisontalt radiale drens-system settes inn i selleveggen.

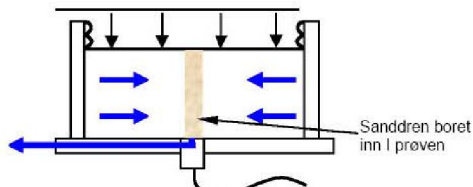


Fig. 5a (over) GDS Rowe selle viser horisontal drenering med radial strømning.

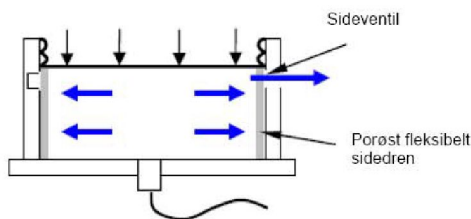


Fig. 5b (over) GDS Rowe selle viser horisontal drenering med radial strømning utover



Fig. 6 Rowe konsolideringsselle



Fig. 7 Innsetting av radiale drensfilter

## GDSLAB kontrollprogramvare

GDSLAB programvare for kontroll og datainnsamling er en avansert og ekstremt fleksibel programvareplattform. Med utgangspunkt i Kernel modulen kun med evne til å foreta datainnsamling så kan tilleggsmoduler velges for å tilfredsstille ønskede forsøkskrav. Tilgjengelige moduler for tiden er følgende:

### Konsolidering:

- SATCON (metning og konsolidering)
- Avansert Rowe/Rowe og Barden konsolidering

### Treksial:

- SATCON (metning og konsolidering)
- standard treksial
- spenningsstofforsøk (p, q og s, t)
- avanserte belastningsforsøk
- umettede forsøk
- $K_0$  konsolidering
- permeabilitet

GDSLAB kan konfigureres til valgt utstyr uavhengig av hvor spesielt opplegget måtte være. En tekstfil (\*.ini) eller startfil genereres som beskriver hvorledes utstyret er koplet til PCen. Utstyrets sammensetning er tilgjengelig i grafisk format via GDSLAB "utstyrvisning". Dette gjør oppkopling og kontroll av tilknytningene uhyre enkelt (se Fig. 8).

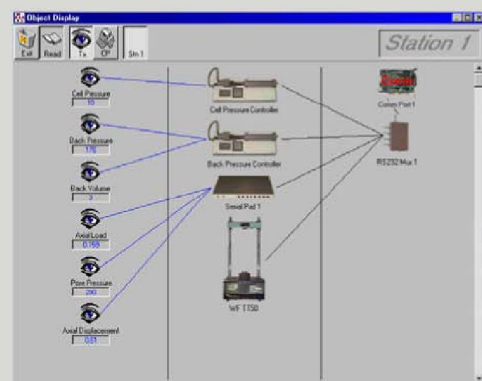


Fig. 8 "Utstyrvisning" som viser standard STDTAS arrangement (Load Frame basert spenningsstisystem)

For mer informasjon om GDSLAB, se eget GDSLAB dataark.

### Trykk/volum kontrollenheter

Selletrykk- og baktrykk- kontrollenheter kan tilpasses. Det finnes en standard trykk/volum kontrollenhet med trykkområde fra 1 to 4MPa, seriell PC tilkopling og 200 cc volumetriske kapasitet. Eller det kan benyttes en avansert trykk/volum kontrollenhet (ADV/DPC – se Fig. 9) med trykkområder på 2MPa, 3MPa, 4MPa, 8MPa, 16MPa, 32MPa, 64MPa og 128MPa med seriell eller IEEE PC tilkopling og 200cc volumetriske kapasitet. (ADV/DPC 2MPa kontrollenhet kan også kjøpes med 1000 cc volumkapasitet).

Baktrykkskontrollen som påfører baktrykk, måler også volumendringer i prøven.



Fig. 9 Advanced Consolidation Testing System (ADVCTS) anvender GDS ADV/DPC kontrollenheter (vist ovenfor)

### Oppgradering til umettede forsøk

Ethvert GDSTAS system kan oppgraderes til å utføre umettede treaksialforsøk med følgende tilleggsutstyr:

- umettet pedestall med åpent, porøst steinfilter
- 1000cc avansert trykk/volum kontrollenhet (for bruk av porelufttrykk og måling av endringer i luftvolum) som i Fig. 10

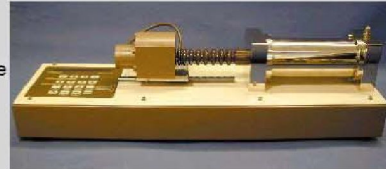


Fig. 10 1000cc Advanced Pressure/Volume Controller (ADV/DPC)

For mer informasjon om umettede forsøk, herunder flere umettede forsøksmetoder, se eget Umettet dataark.

### Hvorfor kjøpe GDSCTS?

- ADVCTS er fortsatt det ledende Rowe type konsolideringssystem for forskningsformål på verdensbasis
- STDCTS utgjør et lavkostnadsalternativ med alle mulighetene som finnes i ADVCTS systemet
- Målenøyaktigheten for volumendring i alle systemer = 0.5 eller 1mm<sup>3</sup> (se detaljer på side 1)
- Fleksibilitet i systemkapasitet (prøvestørrelse, belastning, trykk etc.) sikrer at systemet kan konfigureres spesielt til å tilfredsstille ønskede forsøksforhold og budsjett
- Kan oppgraderes når som helst med tilleggsformere, programvaremoduler, treaksialforsøk, umettede forsøk og mer – dvs. fremtidssikker!
- GDS verdensomspennende teknisk støtte gir sjelefred (se synspunkter på [www.gdsinstruments.com](http://www.gdsinstruments.com))

På grunn av kontinuerlig utviklingsarbeid kan spesifikasjonene endres uten varsel.

## VEDLEGG 6



www.gdsinstruments.com

World Leaders in Software Based Geotechnical Testing Systems for Laboratory and Field

GDSTAS:1

Tilgjengelige valg for GDSTAS		
<b>Lastområder</b>		
10kN	500kN	<input checked="" type="checkbox"/>
50kN	750kN	<input checked="" type="checkbox"/>
100kN	1000kN	<input checked="" type="checkbox"/>
250kN		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Selle- og baktrykk</b>		
500kPa	16MPa	<input checked="" type="checkbox"/>
1000kPa	20MPa	<input checked="" type="checkbox"/>
2000kPa	32MPa	<input checked="" type="checkbox"/>
3000kPa	64MPa	<input checked="" type="checkbox"/>
4000kPa	128MPa	<input checked="" type="checkbox"/>
8000kPa	150MPa	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Treaks-seller</b>		
fra:		
1700kPa	til 128MPa	<input checked="" type="checkbox"/>
for størrelser:		
38mm	til 300mm	<input checked="" type="checkbox"/>

## Triaxial Automated System (GDSTAS) inkludert STDTAS, ADVTAS og HPTAS



### Hva er det?

**GDSTAS** Triaxial Automated System (GDSTAS) er et system basert på belastningsåsk som kan konfigureres helt etter kundens spesifikasjoner og budsjett. Ved bruk av spekteret av GDS belastningsåsk, treaksialseller, trykksystemer og GDSLAB programvare, så kan grunnsystemet konfigureres til lavkostnads multistasjons forsøk helt opp til testing av steinprøver på forskningsnivå. Ved bruk av GDSLAB med valgfrie programmoduler kan GDSTAS utføre avanserte forsøk slik som spenningsstier, sykliske belastninger og  $K_0$  målinger, alle kontrollert via PC.

Systemet kan konfigureres ved bruk av GDS-utstyr fra 10 kN til 1.000 kN belastningsåsk og trykk-kontroll fra 500 kPa til 150 MPa.

### Oversikt

GDSTAS Triaxial Automated System, GDSTAS, er utformet for å kunne tilfredsstille internasjonale standarder for utførelse av forsøk og presentasjon av data og til å kvalifisere for nasjonale akkrediteringsopplegg.

Systemet kontrolleres ved bruk av PC som anvender MS Windows® og GDSLAB programvare.

Operatøren velger en type test ut fra en forsøksmeny (for eks. U-U, C-U, flertrinns, spenningssti etc) og skriver deretter inn forsøksparametrene (selletrykk, baktrykk, belastningshastighet osv.) og avslutningsbetingelser.

Forsøket utføres deretter automatisk ved lagring av alle forsøksresultater på en datafil. Resultatene presenteres også grafisk med visning av opp til tre kurver av gangen sammen med foreliggende forsøksdata. Forsøkenes kan utføres over natten og i løpet av helgen og helligdager. For å verifisere måledata kan alle elektroniske målinger dupliseres med mekaniske måleenheter.

Datamaskinen kontrollerer selletrykket, baktrykket og belastningshastigheten direkte. I tillegg til å legge disse dataene på hovedminnet så logger datamaskinen også aksial deformasjon, aksiallast, poretrykk og volumendring. Tilleggsformere kan selvfølgelig lett monteres og konfigureres og data fra disse logges under forsøk.

### Tekniske spesifikasjoner

- Automatisk datakontroll av forsøk - ikke bare datalogging
- Dedikert datamaskin til hver tesstasjon eller flere stasjoner
- MS Windows® programvare (GDSLAB) for forsøkskontroll og bearbeiding av data
- Selletrykk og baktrykk håndteres helt uavhengig av hverandre
- Valgfri dataverifikasjon
- Vell definerte kalibreringsrutiner ved bruk av Budenbergs dødvektsystem
- Samsvar med internasjonale standarder
- Fremtidsrettet utvidbar programvare som gir muligheter for utvidelse av forsøk og maskinvare på senere tidspunkt

Issue 27/04/2006 - GDS Instruments - Tel: +44 (0) 1256 382450 - Fax: +44 (0) 1256 382451 - e: [info@gdsinstruments.com](mailto:info@gdsinstruments.com) - web: [www.gdsinstruments.com](http://www.gdsinstruments.com)

## Systemkomponenter

Systemets hovedkomponenter er vist i figur 1 nedenfor. Valg av utstyr kan tilpasses kundens forsøksbehov og budsjettmessige krav. De mer vanlige utstyrsopplegg er som følger:

- Standard Triaxial Automated System (**STDTAS**) som er basert på 3MPa standard trykk/volum kontrollenhet (STDDPC)
- Avansert Triaxial Automated System (**ADVTAS**) som er basert på 2MPa avansert trykk/volum kontrollenhet (ADVDPCC)
- Høytrykk Triaxial Automated System (**HPTAS**) som er basert på høytrykks kontrollenhet (~ 16MPa)

Hvert system kan velges fra en rekke utstyr som leveres av GDS som vist (1-5):

### 1) Belastningsåk

- 10kN, 50kN, 100kN hastighetskontrollert utstyr med seriell PC tilkoping.
- 100kN, 250kN, 500kN, 750kN, 1000kN med hastighet, posisjon og direkte lastkontroll med seriell eller IEEE PC tilkoping.

### 2) Treaksiellselle

- 1700kPa, prøvestykker opp til 50, 100 or 150mm (belastningsåk > 50kN for 150mm selle på grunn av størrelse)
- 3400 kPa, prøvestykker opp til 77mm
- 14 MPa, prøvestykker opp til 50 eller 100mm
- 20 MPa, prøvestykker opp til 70mm
- 64 MPa, prøvestykker opp til 54mm eller 100mm
- 128 MPa, prøvestykker opp til 50mm

### 3) Trykk/volum kontrollenheter

Kontroll av selletrykk og baktrykk kan tilpasses enten ved bruk av standard trykk/volum kontrollenhet (STDDPC – se Fig. 2), med trykkområde fra 1 til 4 MPa, seriell PC tilkoping og 200 cc volumkapasitet.



Fig. 2 The STDDPC

Eller den avanserte trykk/volum kontrollenheten (ADVDPCC – se Fig. 3) med trykkområder 2MPa, 3MPa, 4MPa, 8MPa, 16MPa, 32MPa, 64MPa and 128MPa med seriell eller IEEE PC tilkoping og 200cc volumkapasitet. (ADVDPCC 2MPa kontrollenheten kan også kjøpes med 1000 cc volumkapasitet).

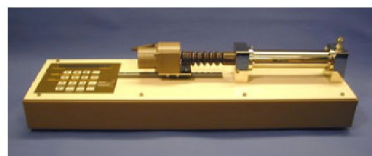
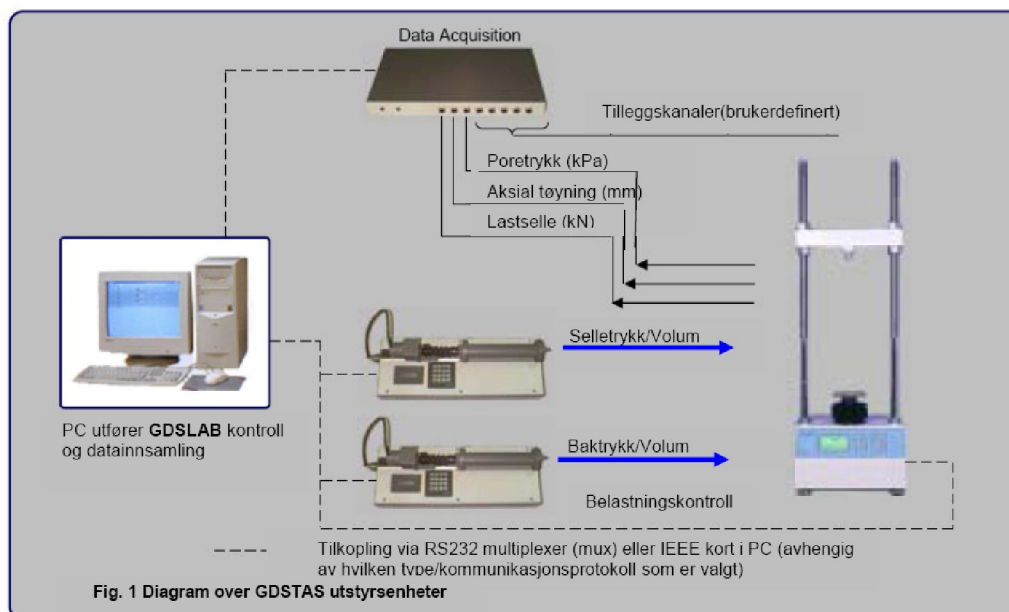


Fig. 3 The ADVDPCC

Baktrykkskontrollen som påfører baktrykk, måler også volumendringer i prøven.



#### 4) Enheter for dataregistrering

En standard GDS 8 kanals dataregistreringsenhet, benevnt "seriell dataenhet", kan anvendes på alle systemkombinasjonene. Dette 16 bits utstyret har 8 datakontrollerte forsterkningsområder utformet spesielt for tilpasning til omformerne som anvendes i et treaksialforsøk.

- +/-1 0mV, +/-20mV, +/-30mV (lastseller)
- +/-1 00mV, +/-200mV (trykkfølere)
- +/- 1V, +/- 5V, +/- 1 0V (deformasjonsfølere)

#### 5) Tilkoplingsutstyr

Systemet kan kontrolleres av enhver PC som anvender MS Windows® v9x eller senere (Windows XP anbefales). GDSLAB programvaren er i stand til å styre forsøksutstyret forutsatt at det kan koples til PCen. Flere serielle (RS232) utstyrsenheter kan tilkoples ved bruk av GDS 4 kanals multiplexer (mux), og opp til 16 IEEE enheter kan tilkoples ved hjelp av IEEE kort i PCen. Type tilkopling styres selvfølgelig av det utstyret som skal tilkoples.

#### GDSLAB programvare

GDSLAB programvare for kontroll og datainnsamling er en avansert og ekstremt fleksibel programvareplattform. Med utgangspunkt i Kernel modulen kun med evne til å foreta datainnsamling så kan tilleggsmoduler velges for å tilfredsstille ønskede forsøkskrav. Tilgjengelige moduler for tiden er følgende:

- SATCON (metning og konsolidering)
- standard treaksial
- spenningsstiforsøk (p, q og s, t)
- avanserte belastningsforsøk
- umettede forsøk
- $K_0$  konsolidering
- permeabilitet

GDSLAB kan konfigureres til valgt utstyr uavhengig av hvor spesielt opplegget måtte være. En tekstfil (\*.ini) eller startfil genereres som beskriver hvorledes utstyret er koplet til PCen. Utstyret sammensetning er tilgjengelig i grafisk format via GDSLAB "utstyrsvisning". Dette gjør oppkopling og kontroll av tilknytningene uhyre enkelt (se Fig. 4).

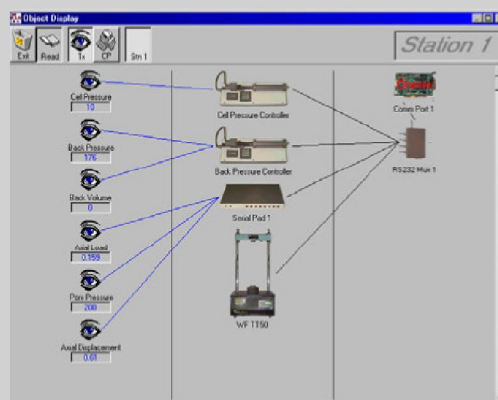


Fig. 4 "Utstyrsvisning" som viser et standard STDTAS arrangement

For mer informasjon om GDSLAB, se eget GDSLAB dataark.

#### GDSLAB RAPPORTER presentasjonsprogram

GDSLAB RAPPORTER er en treaksial, skjærboks og ødometer presentasjonspakke i samsvar med nasjonale standarder (for eks. BS 1377). Dette programmet anvendes for å presentere data som er lagret i en GDSLAB datafil og eller lagt inn for hånd.

GDSLAB RAPPORTER er et program som kombinerer enkelheten i et MS Windows® brukergrensesnitt, med regnekraften i MS Excel®. Data som er fremskaffet ved bruk av GDSLAB kontroll- og datainnsamlingsprogram kan velges, studeres og manipuleres om nødvendig (se Fig. 5) før de overføres direkte i et MS Excel® regneark..

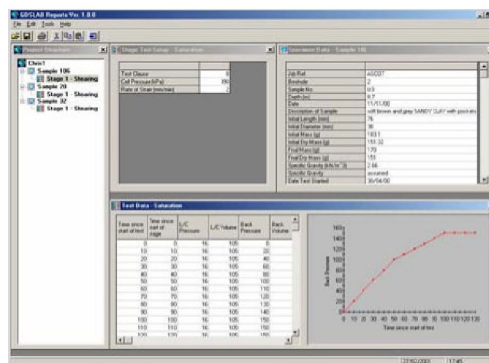


Fig. 5 GDSLAB RAPPORTER brukergrensesnitt

For mer informasjon om GDSLAB RAPPORTER, se eget GDSLAB dataark.

### Oppgradering til lokal tøyningsmåling

Ethvert GDSTAS system kan oppgraderes til å utføre lokale tøyningsmålinger ved bruk av enten Hall Effect eller LVDT omformere (se Fig. 6). Begge utstyrstyper muliggjør måling av aksiale og radielle deformasjoner direkte på prøvestykket ved hjelp av lette aluminiumsholdere.

Hall Effect omformere kan anvendes i vann opp til 1700kPa. LVDT omformere finnes i to versjoner:

- lavtrykk (opp til 3500 kPa) versjon for bruk i vann
- høytrykk (opp til 200 MPa) versjon for bruk i tykflytende olje



Fig. 6 Hall Effect og LVDT tøyningsomformere

For mer informasjon om lokale tøyningsmålere, se eget Hall Effect Local Strain og LVDT Local Strain dataark.

### Oppgradering til umettede forsøk

Ethvert GDSTAS system kan oppgraderes til å utføre umettede treaksialforsøk med følgende tilleggsutstyr:

- umettet pidestall med åpent, porøst steinfilter
- 1000cc avansert trykk/volum kontrollenhet (for bruk av porelufttrykk og måling av endringer i luftvolum) som i Fig. 7.

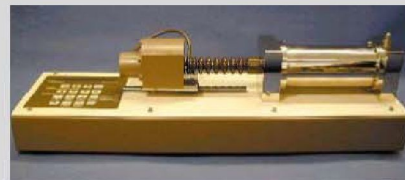


Fig. 7 1000cc avansert trykk/volum kontrollenhet (ADVDCP)

For mer informasjon om umettede forsøk, herunder flere umettede forsøksmetoder, se det eget Umettet dataark.

### Oppgradering for måling av P- og S-bølger

Ethvert GDSTAS system kan oppgraderes til å utføre P- and S- bølgemålinger med tillegg av følgende enheter:

- bøyeelement pidestall med bøyeelement innlegg
- bøyeelement toppdel med bøyeelement innlegg
- høyhastighets datainnsamlingskort
- signalstyringsenhet som inkluderer forsterkning av kilde signaler og mottatte signaler (P- and S-bølger) med brukerkontrollert forsterkningsnivå (via programvare).

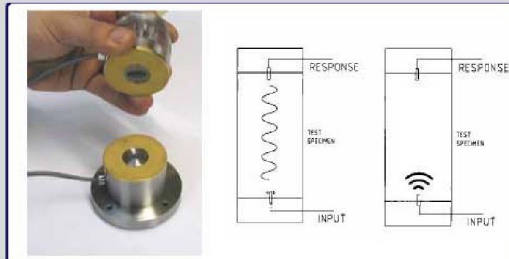


Fig. 8 P- and S-bølge elementer

For mer informasjon om bøyeelementforsøk, se eget Bender Element Testing dataark.

### Hvorfor kjøpe GDSTAS?

- Volumoppløsning = 1mm<sup>3</sup>
- Mulighet til å oppgradere til et dynamisk system med tillegg av et GDS Dynamisk kontrollsystem og trykkluftmekanisme som festes til belastningsåkets tverrdel (Se dataark STDCTAS).
- Fleksibilitet i systemkapasitet (prøvestørrelse, belastning, trykk etc.) sikrer at systemet kan konfigureres spesielt til å tilfredsstille ønskede forsøksforhold og budsjett.
- GDS verdensomspennende teknisk støtte.

På grunn av fortsatt utviklingsarbeid kan spesifikasjonene endres uten varsel.

Issue 27/04/2006 · GDS Instruments · Tel: +44 (0) 1256 382450 · Fax: +44 (0) 1256 382451 · e: [info@gdsinstruments.com](mailto:info@gdsinstruments.com) · web: [www.gdsinstruments.com](http://www.gdsinstruments.com)



**Statens vegvesen**

Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
N - 0033 Oslo

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

ISSN 1504-5005