

SKL AS

Geoteknisk datarapport

Flomsikring Opo og Sandvinsvatnet
Odda havn



Oppdragsnr.: 55171399 Dokumentnr.: RIG01 Versjon: C01
2017-09-11

Oppdragsgiver: SKL AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Sture A. Karlsen
Rådgiver: Norconsult AS
Oppdragsleder: Gunnar Solvang
Fagansvarlig: Geir J. Westerlund
Andre nøkkelpersoner: Stephanie L. Gjelseth

C01	2017-09-11	Grunnundersøkelser Datarapport	Geir J. Westerlund	Stephanie L. Gjelseth	Gunnar Solvang
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult er engasjert av SKL AS for å vurdere mulighetene for å deponerte inntil 150 000 m³ tunnelmasse fra flomtunnel utenfor Sørfjordsenteret. Dette er rapport som viser utførte grunnundersøkelser i 1999 og 2017.

Grunnundersøkelser utført i 1999 for et mindre fyllingsvolum er supplert med nye boringer for å dekke en større utfylling. Gamle og nye grunnboringer er kun kalibrert med en gjentatt sonderboringer med dagens variant av utstyr.

Området er preget av siltig sand / sandig silt med noe lagdeling der leirfraksjonen er av mer betydning. Det løse sandige topplaget er tilsynelatende mindre og sand med grus synes mer dominerende i øst mot Almerkekaia. Mot vest ut fra rundkjøringen mot Slakteriet i Kleivavika synes massene i større grad å inneholde mer finstoff med løs avsetning.

Styrketolkning av de dominerende løsmasselag gir som konklusjon at årets undersøkelser viser svake løsmasser med liten setningsmotstand. Dette er en styrkereduksjon i forhold til 1999 datarapport og en økning i setningsmotstand.

Det er i 1 borhull lengst mot nordvest (BP31) i 7,5 m dybde påvist et ca. 10-15 cm tykt lag med sprøbrudd materiale / kvikkleire. Slikt materiale lag med store egenskapsendringer i bruddsituasjon er ikke påvist i øvrige borhull. Slikt vanskelig jordmateriale er ikke registrert i dybde inntil 11 m i BP33 55m lenger mot sør. I posisjon BP32 ca. 50m mot sørøst er det ikke tydelig påvist eller avklart slikt materiale i ca. 7-8 m dybde.

Overordnet vurdert må styrken av løsmassene med løs lagring og mektighet i størrelse 6-9 m karakteriseres som svak med relativt lav setningsmotstand. I utgangspunktet signaliserer det en forsiktig utfylling med flere lag og med et mulig behov for å bruke tid som stabiliserende paramter.

Tidligere avgitte råd om å avgrense fylling vestover mot Slakteriet vil sannsynligvis opprettholdes.

Sensitivitetsvurdering av stabilitet vil avklare hvorvidt en supplerende undersøkelse mot nordvest er nødvendig for å avklare tenkbar påvirkning av lokalt påvist sprøbruddsmateriale.

Innhold

1	Innledning	5
2	Felt- og laboratoriearbeid	6
2.1	Undersøkelsesenes omfang	6
2.2	Generelt om løsmasser i Odda sentrum og Odda havn	7
2.3	Geotekniske data fra undersøkelsen i 1999	8
2.4	Geotekniske data fra undersøkelsen i 2017	9
3	Geotekniske parametere	14
4	Karakterisering av grunnforholdene	17
5	Referanser	18
6	Borepunktliste	19
7	Vedlegg	19

VEDLEGG

Sture A.
Karlsen

Innhold	Vedlegg
Geotekniske tegninger, plan og profiler	A
Tegningsforklaring totalsondering	B
Tegningsforklaring trykksondering	C
Sonderboringer	D
CPTU analyser / Tolkede trykksonderingsdata	E
Laboratorierapport	F

TEGNINGER

Innhold	Målestokk	Format	Tegn. nr.
Boreplan	1:1000	A3	V200
Terrenprofil med boredata	1:200	A3	V201-V206

1 Innledning

Norconsult er engasjert av SKL AS for å undersøke mulighetene for å deponere inntil 150 000 m³ tunnelmasse i havnebassenget utenfor Sørfjordsenteret. Dette er masser fra kraftverkstunnelene i SKL sitt flomsikringsprosjekt der overskuddsmassene ønskes anvendt til samfunnsnyttige formål med minst mulig vegtransport. Oppdraget omfatter både grunnundersøkelser og geoteknisk prosjektering på forstudienivå for utfyllingen.

Denne rapporten er datarapport fra grunnundersøkelsene.

Rapporten presenterer sammendrag fra tidligere undersøkelser i 1999 og resultatene fra de nye undersøkelser fra 2017. De nye undersøkelser har som formål å dekke inn et større areal og mektigere fylling enn tidligere vurdert. Den tidligere utførte grunnundersøkelsen og geoteknisk vurdering av utfylling var knyttet til ide om å hente fyllmasser fra lokale tunnel og fjellhallprosjekt. Multiconsult utførte undersøkelser og prinsipiell geoteknisk vurdering av en i størrelsesorden 30-50 000 m³ stor utfylling i på oppdrag fra omstillingsselskapet Hardanger Vekst AS. Fyllingen ble definert som mulig med tidstilpasset fyllingstempo.

I tillegg til vurdering av fylling foran Sørfjordsenteret hadde Multiconsult i samme oppdrag å vurdere grunnforholdene lenger øst i havnebassenget for bl.a. med tanke på utvikling av Almerkekaia for mottak av cruiseskip (se kart i figur 1).

I 2015 utførte Norconsult på oppdrag for Odda kommune en oppgradert detaljert vurdering og beskrivelse av en utfylling med steinmasser fra Bolidens sitt Jarositt anlegg på Eitrheim, basert på grunnundersøkelsene fra 1999. Målsettingen var å gi grunnlag for en strandpromenade fra Kleivavika i vest til osen for Opo i øst og en noe forbedret parkeringsløsning foran Sørfjordsenteret med innvunnet areal ved utfylling av i størrelse 15-45 000 m³ sprengstein.

De nå planlagte supplerende grunnundersøkelsene har som mål å supplere de 18 år gamle tidligere undersøkelsene for å vurdere muligheten for å deponere inntil 150 000 m³ sprengstein foran Sørfjordsenteret. De tidligere grunnundersøkelser er tilgjengelig i analogt format med noen spesialforsøk delvis tilgjengelig som rådata.

Denne rapporten oppsummerer de 2 over nevnte grunnundersøkelser og omtaler det samlede datagrunnlaget for dimensjonering av større utfylling i havnebassenget.

2 Felt- og laboratoriearbeid

2.1 Undersøkelsenes omfang

Feltarbeidet ble utført av Norconsult i uke 21 til 23 i 2017 under ledelse av vår boreleder Ole Chr. Hestad.

Det er i 2017 utført

- 9 totalsonderinger
- 4 trykksonderinger (CPTU) i 3 posisjoner
- 4 prøveserier i 4 posisjoner hvorav
 - 2 sylinderprøver i dybde 6,2-8,0 m
 - 35 representative prøver (poseprøver) inntil 8,0 til 11,0 m

I 1999 ble det utenfor Sørfjordsenteret utført

- 6 modifiserte dreietrykksonderinger
- 3 trykksonderinger (CPTU)
- 1 prøveserie med sylinderprøver til 3,4 m dybde

Utenfor Torget, Godsterminalen og Almerkekaia ble det i 1999 utført

- 5 modifiserte dreietrykksonderinger
- 2 trykksonderinger (CPTU)
- 3 prøveserier med representative prøver og 1 sylinderprøve

Rådata fra trykksonderingene i 1999 er tilgjengelig i digital form med noen mangelfulle sekundære kalibreringsdata.

Data fra de 3 nærmeste boreposisjoner utenfor Torget og Almerkekaia er tatt med i vurderinger av overordnet stratigrafi og egenskaper.

Sonderingsdataene fra 1999 er bare tilgjengelig analogt i tolket form,

Undersøkelsesutstyr, utførelsesprosedyrer og tolkningsmodeller er utviklet i løpet av de siste 18 år. For sonderinger innebærer det bl.a. at borkrone er øket fra 36mm til 57 mm mens rotasjon og penetrasjonshastighet er lik. Dette kompliserer retolkning av eldre data. Når data bearbeides og vurderes brukes de eldste data som en støtte til de nye undersøkelser for i størst mulig grad etablere et datagrunnlag for hele det området som kan tenkes påvirket av en utfylling. De nye undersøkelsene er i alt vesentlig planlagt og utført for å dekke et større areal og overlapper med tidligere undersøkelser i kun 1 posisjon.

Det vises generelt til borplan i vedlagte tegning V200.

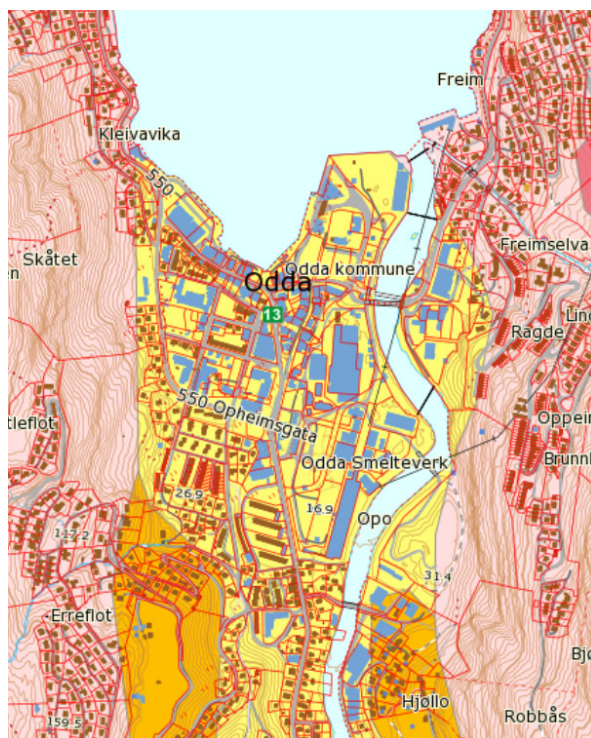
2.2 Generelt om løsmasser i Odda sentrum og Odda havn

Det foreligger ingen kjente grunnundersøkelser eller detaljerte geologiske vurderinger utover de undersøkelsene som er referert over. Odda sentrum nord for terrassene Hjøllo og Krenken er illustrert av NGU (Norges geologiske undersøkelser) i figur 1 under.

Her beskrives løsmassene grovt som elveavsetninger. Dvs. at de løsmassene vi ser og kjenner til i dette området er sand og silt med noe grusinnhold eller grusige lag. NGU forventer god infiltrasjonsevne i løsmassene fra Odda havn og sørover.

NGU sin karakteristikk er prinsipiell og grov. Sesongvariasjoner i elvas erosjon etter smelting av isbreen bak Hovden foran Sandvinsvatnet kan f.eks. gi lagdelinger og kornfordelingsvariasjon fra sandig grus til leire. I Odda sentrum kan avstanden vestover fra elva Opo kan gi tilsvarende trendvariasjoner. Normalt med større sjanse for finkornige masser dess lenger unna det gamle elveløpet. Avsetningen påvirkes også av havnivået på avsetningstidspunktet.

De relativt tydelige erfarte hovedlaggrenser som er kjent fra Hjøllo er vanskelig å identifisere ned mot fjorden. Tidligere undersøkelser / erfaringsdata fra Smelteverkstomta antyder sandige grusige masser over kote 0. Betydelige setninger uten konstruksjonsskader på bygg ved Rymbelen og ny refundamentering uten nye grunnboringer tyder på slakt skrånende lag med siltig sand like over kote 0. Erfarte men relativt usikkert dokumenterte setningsskader på gammelt bygg (Skåltvedt bygget) på innerste del av tomte for nåværende Sørfjordsenter indikerer løsmasser med liten setningsmotstand ved utfyllingen i sjøen utenfor tomte. Her kan både svake løsmasser og deponert humus ha en virkning. Det ble den gang ikke utført grunnundersøkelse forut for utfylling.



Figur 1 NGU sin løsmassekarakterisering av Odda sentrum. Gul markering er elveavsetning.

Generelt er det ellers ingen kjente skader på direkte fundamenterte gamle og nyere bygg omkring i Odda sentrum. Tilnærmet alle konstruksjoner bygget uten geotekniske grunnundersøkelser. Uten tilgang på faglig argumentasjon registreres at Godsterminalen på Almerket er fundamentert på peler,

sannsynligvis av hensyn til antatt løst lagret sand. Delvis pelefundamentering av «Slakteriet» i Kleivavika skyldes sannsynligvis hensyn til variasjon fra fjell til løsmasser tvers av bygget.

Det er forventet at topplaget (0,5 m?) i løsmasseavsetningene utenfor Sørfjordsenteret er noe påvirket av nær 100 års uoversiktlige kjemiske utslipp til elv og fjord fra Odda Smelteverk og Norzink (nå Boliden Odda) og humuskomponenter fra flomutløp i bekken gjennom Bekkjadalen ned til fjorden. Bunnen i Odda havn er generelt karakterisert som forurenset og kartlegges fortsatt systematisk med nærmeste kontrollpunkt nær Kalvanes.

I utgangspunktet forventes lagdelte sandavsetninger med varierende silt og leirinnhold. Finstoffinnholdet og leirinnholdet forventes i større grad lenger ut i fjorden som påvist ved Egne hjem, Eitrheimsvågen og utenfor/øst for Eitrheimsneset og videre utover i fjorden.

NGU beskriver normalt ikke geologien under havoverflata.

2.3 Geotekniske data fra undersøkelsen i 1999

Alle grunnboringer er vist i samlet borplan i tegning V200.

Primærdata fra undersøkelsene fra 1999 er merket med uthevet trykk i tegning V200. Det vises til referanse 8, 9 og 10.

Borpunkt 25 er sondert både i 1999 og 2017 med i hovedtrekk sammenlignbart utstyr bortsett fra borkronestørrelse.

Tolkningsdataene fra 1999 er inkludert i profilene der også alle nye rådataer fra 2017 er inkludert, se tegning V201-V206.

Innmålte dybder under boringer i 1999 og 2017 avviker i flere tilfeller mer enn 1 m fra koter i kartet.

Overordnet beskriver Noteby / Multiconsult grunnforholdene som følger:

«Løsmassene ved pkt. 21 (ved det gamle slaktehuset) er antatt å være sand med noe organisk innhold (gytjeholdig) ned til ca. 6 m. Deretter er det antatt middels fast sand ned til 8 m over et lag med løse/bløte masser av antatt silt eller leire over faste masser av antatt grus dypere enn ca. 16 m

Løsmassene utenfor Sørfjordsenteret består av sand med løs lagring og varierende humusinnhold ned til ca. 4 m. Fra dette nivå er det middels faste masser av sand med antatt varierende innhold av silt og grus»

Trykksonderingene er en sentral del i undersøkelsen i 1999. Forsøkene dekker kun det øvre laget ned til mellom 3-5 m under sjøbunnen. Resultatene er jevne fra området utenfor slaktehuset til utenfor Sørfjordsenteret sitt østre hjørne. Med små avvik viser dette følgende styrketolkning i det antatt siltige sandlaget:

- *Friksjon $\tan\phi = 0,78 \pm 0,06$ med antatt attraksjon $a = 5 \text{ kPa}$ (kohesjonsbidrag).*

Det observeres at det er registrert poretrykk og beregnet en poretrykksrespons på om lag $B_q = 0,20$, dvs. en del finstoff i materialet. Lagring bedømmes til i størrelse $D_r = 25\% - 55\%$, dvs. middels fast lagring.

Humusforsøk på opptatte prøver viser relativt lave verdier vha kjemisk måling 0,4 % til 1,8 % (i dag standard med glødemetode).

Et spesialforsøk mht styrke (treaksialforsøk) og et stivhetsforsøk (ødometer) viser

- Friksjon $\tan \phi = 0,76$ og attraksjon $a=0$

som er rimelig likt trykksonderingsforsøkene. Forsøksmaterialet bygget inn som treaksialforsøk bedømmes som dilatant, dvs. seigt med økende styrke med økende påkjenning og deformasjon.

Setningsmostanden tolkes som overraskende lav med modultall $m=45$ for elastoplastisk modell.

En retolkning av disse CPTU – forsøkene med dagens tilgjengelige modeller (i alt 6 modeller) gir en betydelig større spredning i resultat med en del resultat med betydelig lavere styrke med friksjon omkring $\tan \phi = 0,61 \pm 0,07$

Stivheten basert på trykksonderingene er tolket gunstigere med de nye tolkningsmodeller.

2.4 Geotekniske data fra undersøkelsen i 2017

Totalsonderingene fra 2017 viser tilsynelatende løsere eller bløtere materiale. Enten f.eks. meget løst sandig materiale eller en bløt leirig sak.

Prøver fra både 1999 og 2017 viser siltig sand/sandig silt i de øvre lag. Dvs at videre tolkning tar utgangspunkt i løst lagret sandig materiale.

Da er tilnærmet null sonderbormotstand ikke unaturlig.

Variabelt tykke lag med høyere penetrasjonsmotstand indikerer at det kan forventes enten fastere sandig materiale eller mer leirig sandig materiale.

Sonderboringene tyder på at det ikke er en enkel stratigrafisk modell for sjøbunnen uten Sørfjordsenteret, jfr. uttegningene i tegning V201-V206.

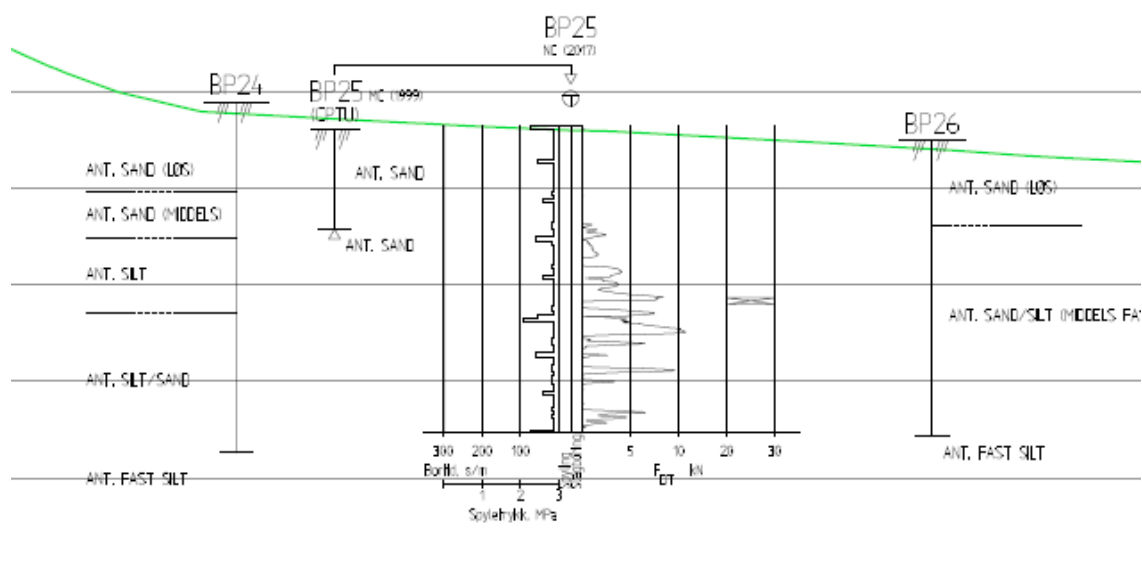
Undersøkelsene med trykksondering i 1999 er tolket med nye tolkningsmodeller. Korreksjonsparametere er noe mangelfulle og kan gi forventet mindre avvik. Resultatene inngår i vedlegg E, BP21 og BP25.

Ny tolkning med nye tolkningsmodeller vha Norconsult sitt interne tolkningsprogram viser

- Friksjon $\tan \phi = 0,58-0,64$ og attraksjon $a=0$

Utdrag drøftes under:

I posisjon 25 overlappes 1999 forsøkene sin «modifiserte dreitrykksondering» med dagens «totalsondering».

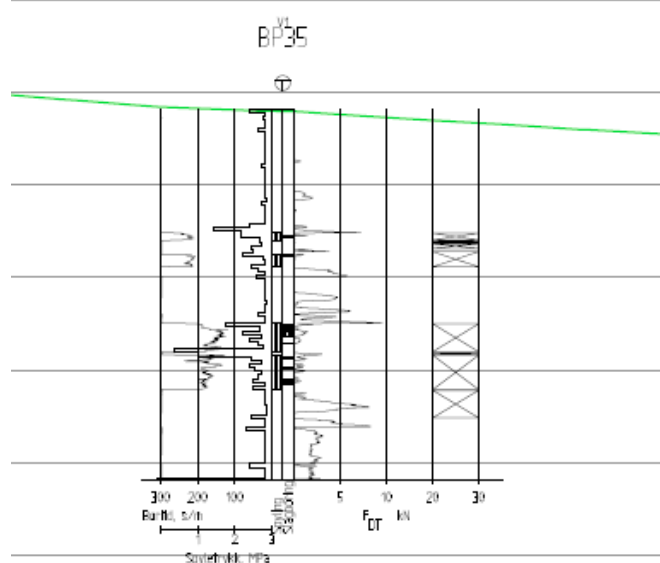


Figur 2 Gamle data (strek med påskrift) og nye data (observerte rådata) fra posisjon 25 i profil 4 som viser litt differensierte tolkninger.

Her er det rimelig overensstemmelse om løst lagret sand de øverste 3-4 m, noe økende grovhet eller lagringstetthet videre nedover med merkbar lagdeling med løsere sandig silt, evt. med noe leirinnhold. I f.eks. ca. 13-15 m dybde er det et lag med jevnere kornstørrelse (sandig eller siltig) evt. uten leirinnhold.

Posisjon 35

er et punkt hvor det er totalsondering og trykksondering. I posisjon BP 38 er det totalsondering, trykksondering og prøvetaking med representative prøver.

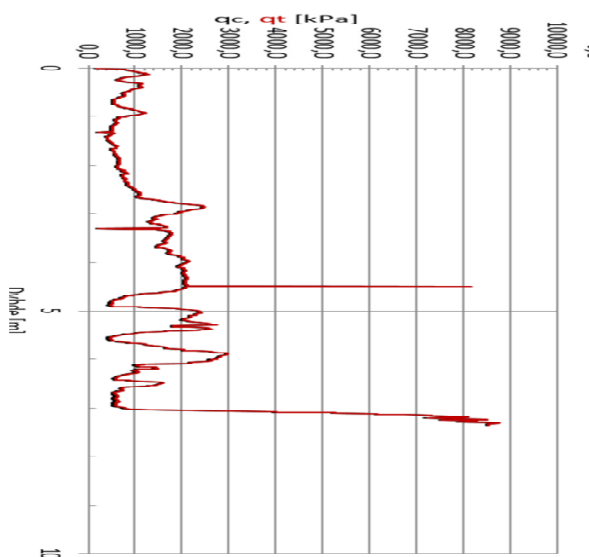


Figur 3 Totalsondering til 20 m under sjøbunnen.

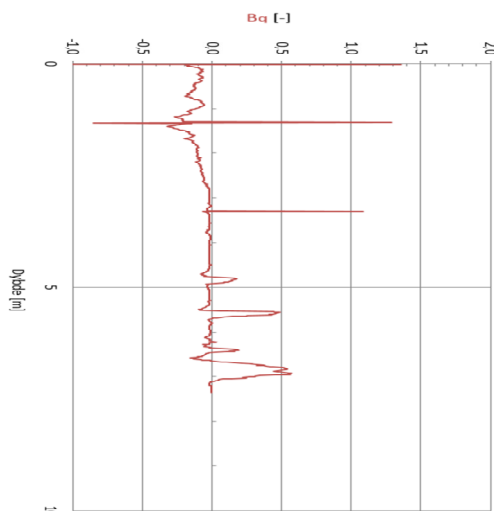
Både totalsonderingene og trykksonderingene i 2017 er ført betydelig dypere ned i løsmassene enn i 1999. Prøvetakingen er nå som tidligere begrenset og gir ikke fullt ut forklaringer som kan overføres til de frittstående totalsonderinger.

Det gis et generelt inntrykk av at et topplag i boring 35 ned til 6-9 m består av en løs sandavsetning med noe lagdeling under 6-9 m. Det er ikke sammenfallende resultat fra 1999 og 2017 mht leirfraksjoner i topplaget.

Trykksonderingen gir et tilsvarende inntrykk der spissmotstanden er relativt lav og variasjonene tyder på lagdelt materiale med varierende lagringstetthet eller variert dominerende kornfraksjon. Sammen med B_q verdier avklares hvorvidt det er leire som gir motstandsvariasjoner.



Figur 4 BP35. Trykksondering til 7 m dybde under sjøbunnen med markert fastere lag i ca. 7,3 m dybde under sjøbunnen.

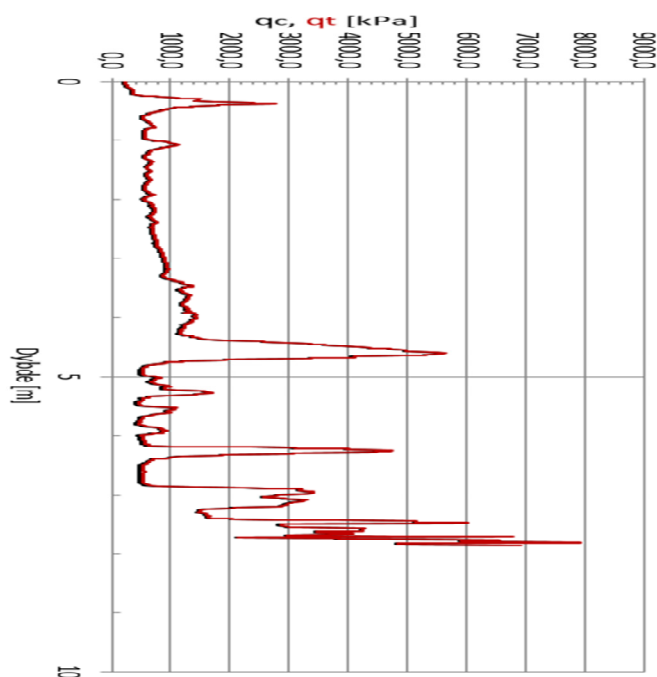


Figur 5 BP35. Poretrykksresponsen er en behandling av målt poretrykksrespons under trykkbelastning rundt sonderspissen som skal illustrere om materialet er tett (leire) eller permeabelt (sand). $B_q=0,5$ er en indikasjon på leire, $B_q=0$ tyder på sand mens negativ B_q kan tyde på meget løst sandig materiale.

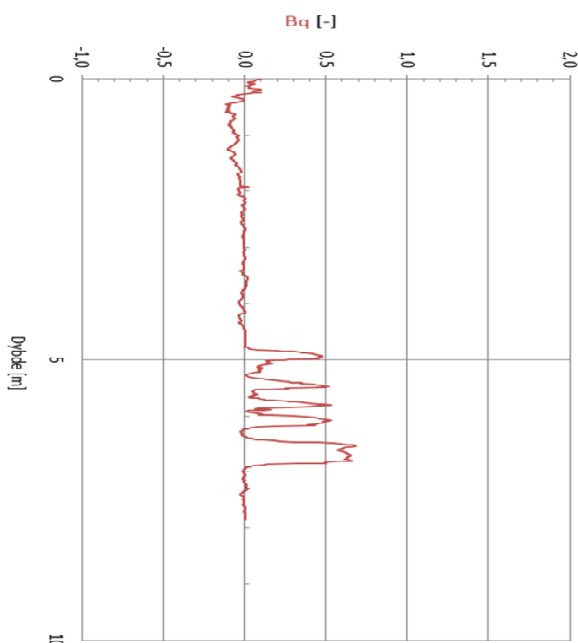
Posisjon 38

Her viser prøvetakingen siltig sand øverst, økende leirinnhold ned mot 6 m til den formelle karakteristikk er sandig siltig leire mellom 6 og 8 m og tilsvarende lagdeling videre nedover.

All leire målt med rimelig lavt vanninnhold, dvs antatt fast mager leire.



Figur 6 BP38. Registrert spissmotstand i CPTU forsøk i posisjon 38 med indikasjon av lagdeling.



Figur 7 BP38. Poretrykksrespons i CPTU forsøk i posisjon 38 som tyder på at motstandsvariasjonene i 5-7 m dybde skyldes leirige lag.

Posisjon 21 og 25:

Trykksonderingene utført i 1999 gir overraskende resultat fra trykksonderingene med høy poretrykksrespons (B_q faktor). Målingene i hull 25 indikerer en registreringsfeil mellom 1 og 2 m. Opptatte prøver til 2 m dybde i posisjon 23 gir ikke indikasjon på at trykksonderingen skal vise B_q faktor opp mot 0,5 (leirig signal).

3 Geotekniske parametere

I tabell 1 under gjengis nye tolkninger fra trykksonderinger og laboratorieforsøk i 1999 og 2017.

Tabell 1: Tolkede parametere fra CPTU og Laboratorieforsøk

Parametere	Hull nr 21	Hull nr 25	Hull nr 31	Hull nr 32	Hull nr 32b	Hull nr 35	Hull nr 38
Dybde bunn i m	-10,9	-11,7		-18,7	-18,7	-15,9	-17,6
Maks sondebor kote i m	-16,5	-16,8		-25,6	-26,8	-24,4	-24,5
CPTU forsøk							
Spissmotstand Registrert q_c i kPa	300-900	300-800 til max 1000		500-1000-til max 5000	300-500 til max 5000	500 - 2000	500-1100-
Poretrykksrespons Beregnet B_q	0,5 – 0,2	0,5 avtakende til 0,15		-01 – 0,0	0 til max 0,7	0 til max 0,5	0,2-0 til max 0,5
Relativ lagringstetthet D_r	15%	15%		20 % til max 40%	20% til max 60	20% -25 %	20 +/- nedover
M i kPa Konstant modell	4000	4000 økende til 7000		3000 til max 10 000	4000 til max 10 000	3000–12000 avtakende til 3000	5000 Litt avtakende
Dominerende tolket materiale Robertson	Leire til siltig leire	Leire til siltig leire		Leirig silt til siltig sand	Leirig silt til sensitiv finkornig	Sandig silt til siltig sand	Leirig silt til sandig silt
Dominerende materiale etter NTNU	Fin silt til medium leire	Fin silt til medium leire		-	Usikker til sand	Løs sand til stiv leire	Lagvis stiv leire til løs sand
Friksjonsvinkel (i grader)	30	32		32	33	32-36	32 Avtakende nedover
Attraksjon I kPa	0	0		0	0	0	0
Setningsmotstand EP modell modultall m	200 avtakende til 100	120		140 til max 320	130 til 150	130 – 250 til min 50	150 avtakende til 50
Laboratorieforsøk							
Triax Norconsult Dybde= 7,5 m Komprimering $\Delta V=3,9\%$ Leire?			a=0 $\phi=33,0$				
Triax Multiconsult Dybde=1,95m $\Delta V=?$ Sand	a=0 $\phi=36$						
Triax Multiconsult Dybde=2,1m $\Delta V=?$ Sand	a=0 $\phi=36$						
Ødometer Modul m Dybde 1,9 m	m = 45						

I tabell 2 gjøres et grovt forsøk på å sortere lagdeling og materialvariasjon i dybden over området.

Materiale / Dybde under bunnen	BP21	BP33	BP31	BP32	BP22	BP23	BP38	BP34	BP24	BP25	BP26	BP35	BP36	BP37	BP3
0-2	Sand, løs, leirig/siltig	Sand, løs, leirig/siltig, lagdelt	Løs sand/siltig sand/leirig-siltig sand	Sand, løs, lagdelt	sand	sand	Sand, løs	Sand, løs m leirlag	Sand, løs	Sand, løs, leirig/siltig	Sand, løs	Sand, løs	Sand, løs	Sand, Løs	Sand grusig
2-4	Sand, løs, leirig/siltig	Sand, løs, leirig/siltig, lagdelt	Løs sand/siltig sand/leirig-siltig sand	Sand, løs	sand	sand	Sand, løs	Sand, løs m leirlag	Sand, løs	Sand, løs, leirig/siltig	Sand, løs	Sand, løs	Sand, løs, lagdelt	Sand, løs	Sand grusig
4-6	Sand, løs, leirig/siltig	Sand, løs, leirig/siltig, lagdelt	Løs sand/siltig sand/leirig-siltig sand	Sand, løs	sand	sand	Sand, løs m leirlag	Sand, løs m leirlag	Sand	Sand, middels	Sand, løs	Sand, middels	Sand, løs, lagdelt	Sand, middels, lagdelt	Sand grusig
6-8	sand	Sand, løs, leirig/siltig, lagdelt	Løs sand/siltig sand/leirig-siltig sand <i>Serøbrusdelt lag</i>	Sand, middels fast, lagdelt	Silt	Silt	Sand, løs m leirlag	Sand, løs m leirlag	Silt	Sand, middels	Sand/silt	Sand, leirlag, fast	Sand, løs, lagdelt, leirig	Sand, middels, lagdelt	Sand siltig
8-10	Silt/leire	Sand, løs, leirig/siltig, lagdelt	Løs sand/siltig sand/leirig-siltig sand	Sand, løs	sand	sand	Sand, løs m leirlag	Sand, løs m leirlag	Silt	Siltig sand, lagdelt	Sand/silt	Siltig sand, fast	Sand, middels, lagdelt	Sand, middels, lagdelt	Sand siltig (fast)
10-12	Silt/leire	Sand, løs, leirig/siltig, lagdelt	Løs sand/siltig sand/leirig-siltig sand	Leire, fast	sand	sand	Sand, løs m leirlag		Sand	Siltig sand, lagdelt	Sand/silt	Siltig sand, fast		Sand, middels, lagdelt	Sand siltig

Tabell 2: Tolkede variasjoner med løst lagret materiale

Rådata fra de modifiserte dreietrykksonderingene i 1999 er bare tilgjengelig i tolket versjon. Trykksonderingene fra 1999 er retolket med noe redusert presisjon i noen sekundære kalibreringsfaktorer.

Laboratorierapporten fra 2017 undersøkelsen er vist i vedlegg F.

Lag: Ned til ca. 6 m forventes i hovedsak løst lagret sand. Mot Slakteriet i vest er det tegn på mer finkornig materiale med mindre stivhet. Nedover mot 8-10 m generelt øker lagdeling med antatt økt hyppighet med siltige lag med stedvis mer markert leirinnhold (leirig siltig sand) som både gir økt penetrasjonsmotstand og tydeligere poretrykksrespons.

Styrke: Styrken i de dominerende øvre lag karakteriseres med

- Friksjon $\tan\phi=0,62$
- Attraksjon $a = 0$
- Dilatansparameter $D=0$

Stivhet / setningsmotstand (jfr. Elastoplastisk modell / Janbu 1973 og Ref. 3)

- $m = 140$ ned til 5 m dybde
- $m = 100$ fra 5 til 10 m
- $m = 200$ fra 10 m og nedover

Trykksonderingene og årets triaksialforsøk legges til grunn for styrkeestimatet. Styrken er relativt lavere enn tolket i tidligere undersøkelse mens setningsmotstanden bedømmes høyere.

Ødometerforsøket og triaksialforsøkene fra 1999 viser veldig liten setningsmotstand og høy styrke.

Det er motstridende konklusjoner fra 1999 og 2017. Optimistiske styrkeparametere fra 1999 håndteres konservativt mht styrke og nærmere alminnelige erfaringer for setningsmotstand. Årsak kan være prøve kvalitet og vanskelig materiale å håndtere i laboratoriet.

Det er likevel en betydelig usikkerhet i variasjonsmønsteret setningsmotstanden i dybden.

Det er også en usikkerhet om lav permeabilitet i trykksonderingene fra 1999 med overraskende høy Bq faktor sammenlignet med beskrivelser av laboratoriemateriale.

Det er registrert et tynt lag med sprøbruddmateriale i borhull 31 i ca. 7,5 m dypde under sjøbunnen. Det kan ikke utelukkes at dette er et lag i området fra dette borhull 31 og vestover og evt. sørvestover. Det er ingen sikre registreringer av tilsvarende materiale sørøstover i andre borehull i dypde til ca 7 m. Tykkelsen på det registrerte laget er noen få cm. Det kan tenkes å være en avgrenset lomme framfor et kontinuerlig lag. Om dette funnet vil nødvendiggjøre avgrensende supplerende undersøkelser i nordvest må vurderes nærmere bl.a. gjennom sensitivtetsvariasjoner i lagmodell og stabilitetsanalyser.

4 Karakterisering av grunnforholdene

Undersøkelsene viser relativt løst materiale i de øvre meter av løsmassene utenfor nåværende fylling ved Sørfjordsenteret.

Styrken er lav.

Setningsmotstanden er liten relativt normal sand.

Hoveddelen av materialet karakteriseres som dilatant, dvs med økende styrke med økt styrkemobilisering og påførte skjærtøyninger. Konsolideringen forventes å utvikles relativt raskt med betydelig komprimering av løsmassene og derav store setninger. Over tid vil porevolumet reduseres i de løst lagrede massene pga setningene. Det vil bidra også til økt styrke.

Den beskjedne setningsmotstanden og store setninger vil begrenser når innvunnet areal kan utnyttes til setningsømfindtlig bruk. Den endelige kunnskap om dette kan kun oppnås gjennom god instrumentering og måling av setninger fra og med utlagte masser og i et par år etter ferdig oppfylling.

Den beskjedne materialstyrke gir føringer for trinnvis utlegging av fylling der modningstid er gunstig med sikte på økt styrke og gunstigere stabilitet.

Påvist materiale med definert sprøbrudd oppførsel (tilsvarende kvikkleire) er ikke påvist slik at lag som dekker betydelige deler av fyllingsarealet ikke er en naturlig antakelse.

Fyllingen sin sikkerhet, utforming og byggetid håndteres i egen rapport.

5 Referanser

- Ref. 1 Statens vegvesen (1997): *Feltundersøkelser. Håndbok – R211.*
- Ref. 2 Statens vegvesen (2016): *Laboratorieundersøkelser. Håndbok – R210.*
- Ref. 3 Statens vegvesen (2010): *Geoteknikk i vegbygging. Håndbok – V220.*
- Ref. 4 Norsk Geoteknisk Forening (1994): *Veiledning for utførelse av totalsondering. Melding nr. 9*
- Ref. 5 Norsk Geoteknisk Forening (2013): *Veiledning for utførelse av prøvetaking. Melding nr. 11.*
- Ref. 6 Norsk Geoteknisk Forening (1989): *Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk. Melding nr. 6*
- Ref. 7 Norsk Geoteknisk Forening (1982): *Veiledning for utførelse av trykksondering. Melding nr. 5. Revidert 2010.*
- Ref. 8 NOTEBY AS / Multiconsult 400132-2: « Hardanger Vekst AS. Grunnundersøkelser i Sørfjorden og Sandvinsvatnet. Sørfjordsenteret. Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering.» 10. november 1999.
- Ref. 9 NOTEBY AS / Multiconsult 400132-3: « Hardanger Vekst AS. Grunnundersøkelser i Sørfjorden og Sandvinsvatnet. Almerkekaia. Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering.» 24. november 1999.
- Ref. 10 NOTEBY AS / Multiconsult 400132-6: « Hardanger Vekst AS. Grunnundersøkelser i Sørfjorden og Sandvinsvatnet. Odda havn. Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering.» 20. desember 1999
- Ref. 11 Norconsult «Odda kommune. Strandpromenaden. Utfylling ved Sørfjordsenteret. Geoteknisk vurderinger.», 30. mars 2012.

6 Borepunktliste

Koordinatene er oppgitt i koordinatsystem EUREF89 – UTM sone 32 NN1954.

Borhull	X	Y	Z	Metode / type boring	Løsmasse mektighet	Fjell påvist	Amerkning
Nye punkt 2017							
BP32	6661928,009	363238,900	-18,658	Tot, CPTU	>25,1	nei	2 CPTU forsøk
BP34	6661908,664	363304,442	-19,145	Tot	>20,05	nei	
BP35	6661865,861	363344,816	-15,872	Tot, CPTU	>20,05	nei	2 sylindrerprøver
BP36	6661833,495	363351,859	-13,955	Tot, P	>25,42	nei	
BP31	6661948,463	363191,271	-18,120	Tot, P	>25,05	nei	
BP33	6661896,773	363209,795	-16,106	Tot, P	>20,02	nei	
BP37	6661784,354	363352,391	-11,837	Tot	>21,98	nei	
BP38	6661887,665	363282,755	-17,594	Tot, CPTU, P	>17,42	nei	
BP25	6661812,007	363299,532	-11,713	Tot	>15,93	nei	
Gamle punkt 1999							
BP21	6661902,916	363141,494	-10,9	ModDreieS	>17,0	nei	2 sylindrerprøver
BP22	6661851,209	363250,881	-13,8	ModDreieS	>10,7	nei	
BP23	6661860,365	363259,23	-14,3	ModDreieS, CPTU, P	>12,5	nei	
BP24	6661798,968	363287,63	-10,5	ModDreieS	>18,2	nei	
BP25	6661812,08	363299,586	-11,9	ModDreieS, CPTU	>15,9	nei	
BP26	6661825,668	363311,976	-12,5	ModDreieS	>15,4	nei	
BP1	6661802,198	363448,556	-8,6	ModDreieS, CPTU, P	>10,5	nei	
BP3	6661774,142	363442,662	-8,9	ModDreieS, P	>10,0	nei	
BP4	6661776,238	363422,127	-10,7	ModDreieS	>8,1	nei	

Tot: Totalsondering, CPTU: Trykksundering, P: Prøve og ModDreieS=modifisert dreietrykksundering

7 Vedlegg

Vedlegg A, B, C, D, E og F

Teikning V200 og V201-V206