
SØKNADSVEDLEGG

OPPDRAKSGIVER

Spro Havn AS

VEDLEGG H

Grunneiers tillatelse

Innhold

H.1 Utskrift fra grunnboken

H.2 Kart over eiendom

Multiconsult

H.1. Utskrift fra grunnbok (kartverket)

Datert: 10.06.2023

Grunnboksinformasjon

HJEMMELSOPLYSNINGER

Rettighetshavere til eiendomsrett

2001/9558-1/5 08.10.2001	HJEMMEL TIL EIENDOMSRETT VEDERLAG: NOK 3 000 000 SPRO HAVN AS ORG.NR: 882 396 932 GJELDER DENNE REGISTERENHETEN MED FLERE
------------------------------------	--

Dokumenter av særlig interesse for salg- eller pantsettelsesadgang

2021/619555-2/200 REGISTERENHETEN KAN IKKE DISPONERES OVER UTEN SAMTYKKE FRA RETTIGHETSHAVER

2021/757131-2/200 REGISTERENHETEN KAN IKKE DISPONERES OVER UTEN SAMTYKKE FRA RETTIGHETSHAVER

HEFTELSE

Dokumenter fra den manuelle grunnboken som antas å kun ha historisk betydning, eller som vedrører en matrikkelenhets grenser og areal, er ikke overført til denne matrikkelenheten sin grunnboksutskrift.

Servitutter tinglyst på hovedbruket/avgivereiendommen før fradelingsdatoen, eller før eventuelle arealoverføringer, er heller ikke overført. Disse finner du på grunnboksutskriften til hovedbruket/avgivereiendommen. For festenummer gjelder dette servitutter eldre enn festekontrakten.

1908/900050-1/5 13.01.1908	BESTEMMELSE OM VEG Rettighetshaver Nesodden kommune
1920/900335-1/5 17.11.1920	BESTEMMELSE OM VANNLEDN. RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:11
1922/900607-1/5 08.12.1922	BESTEMMELSE OM VANNLEDN. RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:40
1926/900206-1/5 04.10.1926	BESTEMMELSE OM VANNLEDN. RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:72 RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:77
1926/900206-2/5 04.10.1926	BESTEMMELSE OM VANNRETT RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:86
1926/900207-1/5 04.10.1926	BESTEMMELSE OM VANNRETT RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:56
1935/900242-1/5 06.11.1935	BESTEMMELSE OM VANNRETT RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:100
1940/598-1/5 02.04.1940	BESTEMMELSE OM VANNLEDN. RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:41
1940/599-1/5 02.04.1940	BESTEMMELSE OM VANNLEDN. RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:43
1940/600-1/5 02.04.1940	BESTEMMELSE OM VANNLEDN. Rettighetshaver:Parsell A av bnr.41.
1994/9940-1/5 20.12.1994	ERKLÆRING/AVTALE RETTIGHETSHAVER: KNR:3212 GNR:26 BNR:216

Kommune: 3212 NESODDEN

Gnr: 26 Bnr: 3

Byggeforbud på nærmere angitt avstand/område
Kan ikke slettes uten samtykke fra kommunen

2008/978856-1/200
03.12.2008

ERKLÆRING/AVTALE

RETTIGHETSHAVER: FOLLO NETT AS

ORG.NR: 982 560 713

Avtale om rettigheter og plikter ved bygging, drift og vedlikehold av høyspenningsluftledninger.

2021/619555-1/200
27.05.2021 21.00

PANTEDOKUMENT

BELØP: NOK 405 000 000

PANTHAVER: DNB EIENDOM AS

ORG.NR: 910 968 955

2022/1398837-2/200
08.12.2022 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2022/1398837-1/200

2022/1398907-2/200
08.12.2022 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2022/1398907-1/200

2023/1000752-1/200
14.09.2023 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2023/1000729-1/200

2021/619555-2/200

REGISTERENHETEN KAN IKKE DISPONERES OVER**UTEN SAMTYKKE FRA RETTIGHETSHAVER**

27.05.2021 21.00

RETTIGHETSHAVER: DNB EIENDOM AS

ORG.NR: 910 968 955

2022/1398837-2/200
08.12.2022 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2022/1398837-1/200

2022/1398907-2/200
08.12.2022 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2022/1398907-1/200

2023/1000752-1/200
14.09.2023 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2023/1000729-1/200

2021/757131-1/200
22.06.2021 21.00

PANTEDOKUMENT

BELØP: NOK 700 000 000

PANTHAVER: DNB EIENDOM AS

ORG.NR: 910 968 955

2022/1398837-3/200
08.12.2022 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2022/1398837-1/200

2022/1398907-3/200
08.12.2022 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2022/1398907-1/200

2023/1000752-2/200
14.09.2023 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2023/1000729-1/200

2021/757131-2/200

REGISTERENHETEN KAN IKKE DISPONERES OVER**UTEN SAMTYKKE FRA RETTIGHETSHAVER**

22.06.2021 21.00

RETTIGHETSHAVER: DNB EIENDOM AS

ORG.NR: 910 968 955

2022/1398837-3/200
08.12.2022 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2022/1398837-1/200

2022/1398907-3/200
08.12.2022 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2022/1398907-1/200

2023/1000752-2/200
14.09.2023 21.00

** PRIORITETSBESTEMMELSE

VEKET FOR: PANTEDOKUMENT

2023/1000729-1/200

2022/1398837-1/200
08.12.2022 21.00

PANTEDOKUMENT

BELØP: NOK 130 000 000

PANTHAVER: BN BANK ASA

Kommune: 3212 NESODDEN

Gnr: 26 Bnr: 3

ORG.NR: 914 864 445
GJELDER DENNE REGISTERENHETEN MED FLERE

2023/1101319-1/200 06.10.2023 21.00 ** PRIORITETSBESTEMMELSE
VEKET FOR: PANTEDOKUMENT 2023/1000729-1/200

2023/1000729-1/200 14.09.2023 21.00
PANTEDOKUMENT
BELØP: NOK 800 000 000
PANTHAVER: BN BANK ASA
ORG.NR: 914 864 445
GJELDER DENNE REGISTERENHETEN MED FLERE

GRUNNDATA

1878/900012-1/5 29.06.1878
REGISTRERING AV GRUNN
DENNE MATRIKKELENHET OPPRETTET FRA: KNR:3212 GNR:26
BNR:1

1941/901687-1/5 11.06.1941
SAMMENSLÅTT MED DENNE MATRIKKELENHET:
GNR.26 BNR.9
GNR.26 BNR.44
GNR.26 BNR.54
GNR.26 BNR.85
GNR-26 BNR.87
GNR.26 BNR.90

1941/2529-1/5 13.09.1941
REGISTRERING AV GRUNN
UTSKILT FRA DENNE MATRIKKELENHET: KNR:3212 GNR:26
BNR:160

1948/900136-1/5 29.11.1948
SAMMENSLÅTT MED DENNE MATRIKKELENHET:
GNR.26 BNR.118
GNR.26 BNR.119
GNR.26 BNR.161
GNR.26 BNR.162
GNR.29 BNR.163
GNR.29 BNR.164
GNR.26 BNR.165

2020/602051-1/200 01.01.2020 00.00
OMNUMMERERING VED KOMMUNEENDRING
TIDLIGERE: KNR:0216 GNR:26 BNR:3

2024/15377-1/200 01.01.2024 00.00
OMNUMMERERING VED KOMMUNEENDRING
TIDLIGERE: KNR:3023 GNR:26 BNR:3

For eventuelle utleggs- og arrestforretninger, samt forbehold tatt ved avhendelse, som tinglyses samme dag som andre frivillige rettsstiftelser, gjelder særskilte prioritetsregler, se tinglysingsloven § 20 andre ledd og § 21 tredje ledd.

H.2. Kart over eiendom


Skjermdump datert: 11.06.2024

Eiendom 3212-26/3

Eiendommen har flere adresser
NESODDEN KOMMUNE

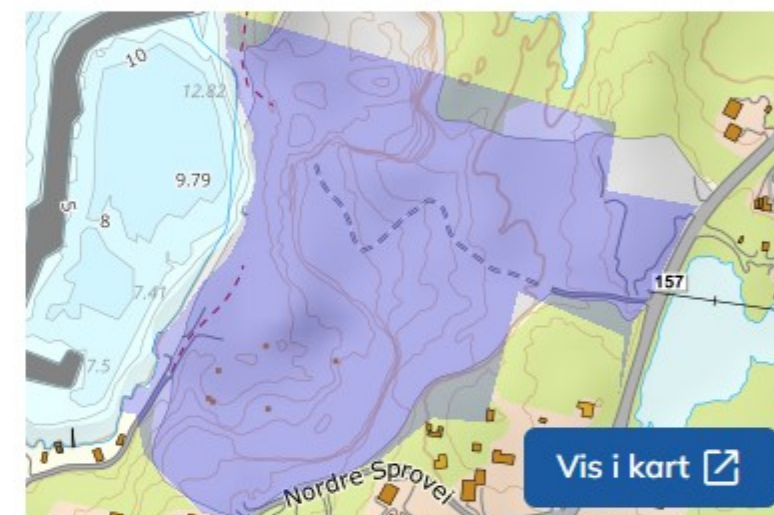
 Skriv ut  Søk på nytt

Informasjon fra grunnboken

Se hva som er tinglyst på eiendommen 

[Vis grunnboken](#)

[Bestill utskrift !\[\]\(2b376d1a92330ab09dad2665d2f89bf5_img.jpg\)](#)



Informasjon fra matrikkelen

Eiendom 

Adresser (138) 

Bygninger (9) 

Teiger (1) 

SØKNADSVEDLEGG

OPPDRAAGSGIVER

Spro Havn AS

VEDLEGG G

Risikovurdering Peling

Multiconsult

RAPPORT

10257640-02 Spro Havn-Risikovurdering Peling

OPPDRAAGSGIVER

Spro-Havn

EMNE

Undervannsakustikk - Peling

DATO / REVISJON: 03 juni 2024 / 00

DOKUMENTKODE: 10257640-02-RIMT-RAP-01



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.

NOTATS

OPPDRAAG	10257640-02 Støymodellering Spro Havn	DOKUMENTKODE	10257640-02-RIMT-RAP-01
EMNE	Undervannakustikk - Peling	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Spro-Havn	OPPDRAAGSLEDER	Guri Sogn Andersen
KONTAKTPERSON	Stian Mørk	UTARBEIDET AV	Tim Fristedt
KOORDINATER	Sone: 32 Øst: 588900 Nord: 6626208	ANSVARLIG ENHET	10235042
GNR./BNR./SNR.	././.		

SAMMENDRAG

Analysen av undervannsllyder fra borepeling i Spro havn bruker en forenklet risikomodel som er validert i flere tilfeller. Modelleringen tar hensyn til demping av lyd gjennom bunnrefleksjoner og moloen ved hjelp av en reduserende transmisjonskoeffisient basert på impedansmatching mellom ulike materialer. Data om kildestyrke og arbeidsintensitet er hentet fra målearkiver med lignende målinger tilpasset modellparameterne.

Borepeling genererer kontinuerlig durende lyd med intermittente trykktopper, som kan beskrives som mildt støyende. Kildestyrken for borepeling er ca. 200 dB re 1 $\mu\text{Pa}@1\text{m}$, tilsvarende normal rammepeling i bløt bunn. Ved 12 timers arbeid per dag, syv dager i uken, med lydproduksjon omtrent 50% av tiden, gir borepeling en sikkerhetsavstand på 20-30 meter for å unngå temporære skader på fisk og dyreliv når lydeksponeringen vektet over et døgn. Adferdsendringer kan forekomme innen ca. 1 km fra peleplatsen, men reaksjonene er forventet å være milde, da lydeksponeringen i store deler av området er lavere enn 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$.

Risikovurderingen viser at borepeling, både utenfor og innenfor moloen, vil påvirke gytefeltet for kysttorsk i Oslofjorden. Påvirkningen vil mest sannsynlig medføre milde endringer i adferd. Kysttorsken i Oslofjorden er fredet hele året, spesielt i gytetiden (jan-april). Det anbefales derfor å overholde arbeidstidene for å la fisk og andre dyr restituere hørselssansen under døgnets stille timer, slik at den døgnvektede lydeksponeringen holdes lav.

Borepeling er en foretrukken måte for å minimere negative miljøeffekter fra denne typen tiltak, siden støypromfilen skiller seg vesentlig fra ramme- og spuntpeling, som begge har mye høyere kildestyrker og sterkere momentane effekter som effektivt skremmer fisk.

00	03.06.2024	Første utgave rev00 av risikovurdering lyd fra peling	Tim Fristedt	Hans Kristian Djuve	Guri Sogn Andersen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Begreper og definisjoner	5
2	Innledning	6
3	Grunnlag	6
3.1	Peling og bunnforhold	6
3.2	Lyd fra peling – bølgeform og kildestyrke	7
4	Modell av lydforplanting	8
4.1	Parameter for modell	9
4.2	Representasjon av moloen	9
5	Risikovurdering	10
5.1	Peling utenfor molo	10
5.2	Peling innenfor molo	12
6	Konklusjoner og anbefalinger	14
7	Referanser	16
Appendiks A. Akustikk i vann / hydroakustikk		19
A.1	Trykkbeskrivelse av lyd	19
A.2	Spisstrykk og eksponering.....	19
A.3	Frekvensinnhold og støy	20
A.4	Partikkelbevegelse	20
Appendiks B. Metodebeskrivelse		21
B.1	Modellering av støyutbredelse	21
B.2	Forbigående impulsiv lyd / sprengning	22
B.3	Fordemming.....	22
B.4	Lydeksponering over tid	23
B.5	Sylindrisk spredning	25
B.6	Kildestyrke	27
B.7	Refleksjon og transmisjon.....	28
Appendiks C. Risiko for fisk		30
C.1	Deteksjonsterskler	30
C.2	Død / barometrisk trauma	30
C.3	Permanente og temporære skader.....	31
C.4	Overdøving, frykt og stress	31
C.5	Partikkelbevegelse	32
C.6	Effekter på populasjon.....	32
Appendiks D. Terskelverdier		33

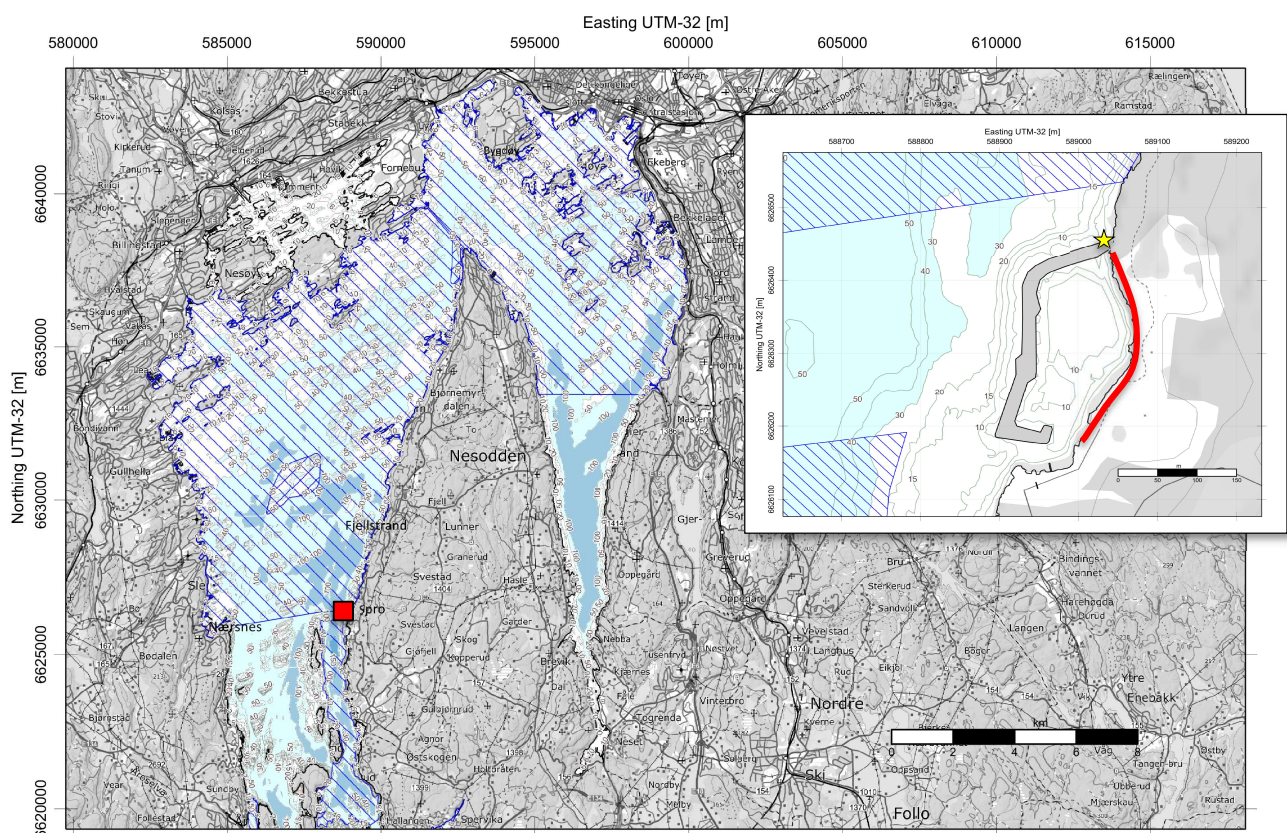
1 Begreper og definisjoner

Term/forkortning/uttrykk	Forklaring	Beskrivelse
SPL (Sound pressure level)	Spisstrykk	Kortvarig lydimpuls målt i dB. Blir ofte brukt i forbindelse med sprengning.
SEL (Sound exposure level)	Lydeksponering	Langvarig lydeksponering. Denne blir brukt i forbindelse med eksponering av lyd over tid, og angis i dB integrert over tid.
SEL₂₄	Døgnvektet Lydeksponering	Gjennomsnittselv over et døgn. Dette gir et mål for å bedømme langvarige effekter som repeteres under lang tid.
Duty cycle	Tidsfraksjon da lydkilde gir lyd	Fraksjon av tiden en aktiv lydkilde faktisk gir lyd. For eksempel, danner en peleoperasjon normalt lyd opp til 30%-40% av tiden.
Work hours	Arbeidstid per døgn	Gjennomsnittlig tid per døgn som lydkilden er aktiv. For eksempel, antall timer en pelemaskin er i bruk gjennom et døgn.
Høreterskel		Terskelverdi for når en art kan oppfatte lyd (spisstrykk).
Respons		Noen fisker viser forandring i atferd, som endring i svømmemønster, orientering og skremmereaksjoner.
Responsterskel, BDT	Behavioral detection threshold Terskel for endret adferd	Lydstyrke (dB) som kreves for å observere respons hos fisk sånn at den endrer adferd.
TTS	Temporært terskelskift	Midlertidig hørselsskade / svekket hørsel.
PTS	Permanent terskelskift	Kronisk hørselsskade - uopprettelig svekkelse av hørselen.
S0, SL, SL₀	Kildestyrke «Source level»	Styrken til lydkilden. Kilden karakteriseres med en kildestyrke i [dB re. 1µPa @ 1m], hvilket betyr at trykkfeltet er definert 1 m fra kilden. En karakteristisk egenskap for kilden, uavhengig av forplantning fra kilde til mottaker ved 1 meter.

2 Innledning

Spro havn er allerede etablert med en molo som beskytter utviklingsområdet innenfor fra vær og vind. I dette området skal det bl.a. styrkes motfyllinger og anlegges småbåthavn. I forbindelse med disse aktivitetene skal det peles for kaikant langs hele sjøfronten med ca. 300 pel (rød linje i innfelt bilde Figur 1) og i tillegg skal det settes én pel på utsiden av moloens nordlige ende, markert med stjerne i samme figur.

Multiconsult bistår kunde med en oppdatering av konsekvensvurderinger ifm. planendringer, innspill til planbestemmelser og søknader for å kunne gå videre med å anlegge småbåthavn, kai og sandstrand i området. Det er ønsket om å gjøre en modellering av forplantning av undervannsstøy som følge av peleaktiviteten for å vurdere effekter fra støy fra disse iht. naturmangfold og naturverdier i området.



Figur 1. Oversikt over området ved Nesodden, Fjellstrand og Spro (rød firkant) i Oslofjorden. Fargekoden viser dybden der de mørkere områdene er mer enn 100 m dypt. Det større skraverte området er gytefelt til kysttorsk og det mindre i midten av Oslofjorden er gytefelt til annen kommersiell fisk. Innfelt bilde oppe til høyre viser tiltaksområdet, med detaljer over moloen og hvor det skal peles. Stjernen viser hvor det skal peles én pel på utsiden av moloen og den røde linjen viser hvor alle pelene til den nye sjøfronten skal peles.

3 Grunnlag

3.1 Peling og bunnforhold

Det er omtrent 300 pel som skal peles ned i kaifronten innenfor moloen. Hovedparten av pelene er stålrørspeler av dimensjon $\varnothing 610$ mm og skal forankres 1 m i fjell gjennom borepeling. Arbeidet er planlagt over 2 måneder med oppstart tidligst 15 september 2024. Ifølge entreprenør er generell arbeidstid mellom 07:00-19:00 med kort torsdag. For å holde en konservativ tilnærming bruker vi 12

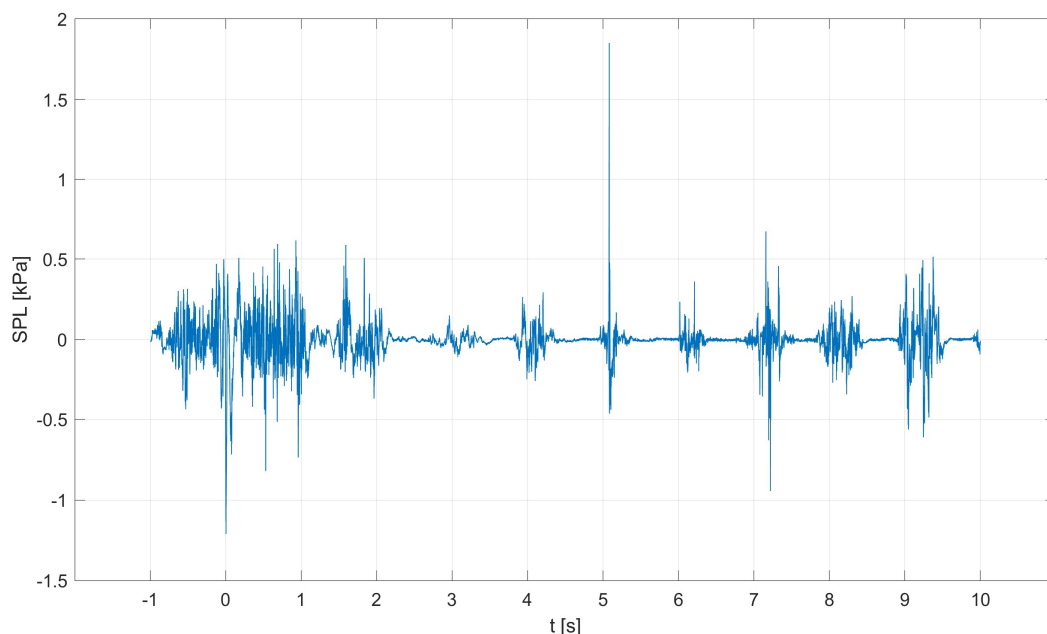
timers peling hver dag, syv dager i uken. Dette kommer til å overestimere den akkumulerte lydeksponeringen noe, men erfaringen med risikovurderinger av lignende pelearbeider tilsier at den største effekten av restituering til dyreliv skjer under døgnets stille timer (nattestid), da risikonivåer kun er satt i relasjon til momentane trykk, akkumulerte trykk og døgnmiddel av akkumulerte trykk. Vi anslår også at effektiv lydannede tid er omtrent 50% av arbeidstiden, som er et erfarenhetsbasert tall fra Multiconsults akustiske database over støydannende aktiviteter.

Det eksponerte området (og i tillegg den primære resipienten) er i prinsipp hele gytefeltet i den nordlige delen av Oslofjorden, se Figur 1. Det er også et mindre gytefelt for torsk rett sør fra Spro havn, men dette er i all hovedsak skjermet fra direkte påvirkning fra peleaktivitetene både utenfor og innenfor moloen. Det er også en mindre låsettingsplass rett vest for Spro, lengst inn i vågen ved Nærnes. Denne ligger langt inn i vågen og er mest sannsynlig effektivt skjermet fra direktepåvirkning gjennom geografien, selv om Nærnes er rett vest for Spro.

Dybden i området er over 100 m i store deler av det større gytefeltet i de østre og sentrale delene, mens det er litt grunnere i den vestre delen av Oslofjorden. Den relativt store dybden gjør at lydempingen fra refleksjoner i bunn er mindre effektiv nært Spro, men at denne effekten blir viktigere nordover i Oslofjorden.

3.2 Lyd fra peling – bølgeform og kildestyrke

I dette tilfellet blir pelene boret ned i fjellet og dette gir et litt lavere støynivå, sammenlignet med ramme- eller spuntpeling. Fra tidligere målinger av borepeling, se eks. [1], vet vi at denne type peling ikke har den impulsive karakteren som er typisk for vanlig peling (se Figur 10 i Appendiks B.4), men heller en svak kontinuerlig lyd, se tidsforløp i Figur 2. Selv om signalet hovedsakelig består av rytmisk støy med lav frekvens, indikerer tilstedeværelsen av høyfrekvente topper at det av og til oppstår kraftige interaksjoner mellom fjell og bor, som danner høye transienter i lydtrykk. Dette antyder at selv en "durende" boreprosess kan produsere betydelige impulsive lyder, som kan gi store bidrag til lydeksponeringen fra anleggsområdet.



Figur 2. Eksempel på tidsforløp for en 10 sekunder lang måling av typisk borepeling i fjell. Tidsaksen er i sekunder og inneholder en 1 sekunds pre-trigg som er utløst av det første negative signalet under 1.2 kPa som definerer tiden $t=0$ sek.

4 Modell av lydforplantning

For risikovurdering av støy generert fra peling bruker vi en forenklet modell av DCS-modellen (se Appendiks B.5 - Sylindrisk spredning) som beskriver hvordan lyd forplantes med avstanden d fra en kilde med styrken SPL_{dB} i punktet d_0 , se også ligning (19) i Appendiks.

$$SPL_{dB}(d_0) = SPL_{dB}(d) - C \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + \alpha \quad (1)$$

Den andre termen i denne ligningen beskriver den geometriske spredningen av energien. Man pleier å betrakte spredning av to typer; sfærisk og sylindrisk spredning. For sfærisk spredning skjer spredningen jevnt i alle retninger i rommet (både horisontalt og vertikalt) og dette beregnes til en koeffisient C på 20 dB. For sylindrisk spredning er dempingen av energitettheten svakere og fokusert til horisontalplanet, siden lyden reflekteres tilbake fra overflate og bunn. For perfekt sylindrisk spredning er derfor C kun 10 dB. I realiteten er det ofte en miks mellom disse to bølgeforplantninger og for peling på lengere avstander (>km) er det ofte brukt $C=15$ og for sprenging er det ofte blitt målt $C=17$ dB. Den tredje og siste termen beskriver hvor mye energi som er tapt gjennom refleksjoner i bunn ettersom en del av innfallende energi blir absorbert ned i havbunnen hver gang lyden reflekteres. For rammepeling pleier man å definere en demping iht. ligning (19) beskrevet i Appendiks B.5. Siden borepeling blir dårlig representert av denne beskrivelsen, og at det i tillegg har vist seg vanskelig å få tilpasset gode tall på de inngående parameterne fra målinger, har vi valgt å omformulere α slik at dempingen kun blir en funksjon av avstand d , refleksjonskoeffisient R og dybde H ; $\alpha(d, R, H)$. Den enkleste måten å beskrive refleksjonsdemping på, er å se hvor mange ganger en lydbølge i middeltall treffer bunn langs sin veg fra kilden ut i et sjøområde. Forenklet holder det at se på 45 graders «lydstråler» som beveger seg mellom grenseflatene. Dersom refleksjonen i overflaten er perfekt (uten tap av energi) telles kun bunnrefleksjoner, og da blir avstanden L mellom hver bunnrefleksjon i et område med middeldybde H :

$$L = 2\sqrt{2}H. \quad (2)$$

Dette betyr at, for hver distanse L , reflekteres R % av lyden. Siden antall refleksjoner $N_r(d) = d/L$ er en funksjon av avstanden kan dempingen α derfor beskrives kontinuerlig av hva som gjenstår av refleksjonen. Dette gir dempingen $\alpha(d, R, H)$ fra bunnrefleksjoner som en funksjon av avstanden d ;

$$\alpha(d, R, H) = -(1 - R)^{N_r(d)} = -(1 - R)^{d/L} = -(1 - R)^{d/(2\sqrt{2}H)}. \quad (3)$$

Vi har sett at denne formulering er robust iht. tilpasninger med få datapunkter og dessuten både enkel og rask å implementere i lydeksponeringsberegninger [1, 2, 3]. For en typisk bunn i norsk fjord har vi ved flere tilfeller målt opp data og tilpasset refleksjonskoeffisienter R der omtrent 50-80 % av innfallende lyd blir reflektert. For å lage et konservativt estimat pleier vi å bruke en større fraksjon reflektert lyd og i modellen setter vi derfor $R=90\%$.

Disse forutsetningene medfører at beregningene kan utføres raskt og effektivt og gir tiltakshavere og entreprenører relevant informasjon om eks. hvilke maksimale enhetsladninger som kan brukes ved sprenging eller hvilken effekt eller aktive arbeidstimer som kan brukes ved peling og spunting for å unngå skader på fisk fra både et impulsivt og et eksponeringsperspektiv.

Eksposering for lyd er oppdelt i to metoder:

- Ved forbigående impulsiv lyd beregnes et spisstrykk, Sound Pressure Level, SPL. Denne metoden blir brukt ved for eksempel sprengning, seismiske undersøkelser og for meget

kraftig peling. Vi pleier å beregne denne også for peling, siden dette gir en indikasjon på den direkte effekten av den første sjokkbølgen som initialt dannes ved oppstart av aktiviteten.

- For lyd over tid beregnes lydeksponering, Sound Exposure Level, SEL. Denne brukes for arbeid som foregår over tid, for eksempel peling, spunting, mudring, dumping av stein eller andre aktiviteter i sjøen eller rundt strandkanten. For dette aspektet av lydeksponering pleier man å studere både den integrerte effekten over tiden for den støyende aktiviteten (SEL) men også den daglige midlede eksponeringen (SEL_{24}) som beskriver SEL fordelt over et helt døgn og inkluderer effekten av at dyreliv kan restituere seg under døgnets stille timer.

4.1 Parameter for modell

I den planlagte operasjonen er den viktigste komponenten lydeksponering over tid (SEL) og modellen trenger følgende inputparametere:

Kildestyrke: Modellen som er brukt er basert på at kildestyrke er definert ved pelepunktet. Fra tidligere erfaringer med borepeling har vi målt opp 200 dB re 1 μ Pa@1m som en representativ og konservativ verdi for kildestyrke.

Arbeidstid: Entreprenøren planlegger arbeid fra 07:00-19:00 med kort torsdag og for å gjøre en konservativ tilnærming anslår at arbeid foregår i 12 timer per døgn syv døgn i uken.

Effektiv lyddanning: Erfaringstall fra tidligere målinger av denne typen peling er at det aktivt dannes lyder under omtrent 50% av arbeidstiden.

Refleksjonsdemping: I norske fjorder varierer dempingen ved refleksjoner i bunn slik at 50-80% av innfallende energien er reflektert. Vi gjør et konservativt anslag og setter denne til 90%, dvs. vi tillater at 90% av lyden er reflektert ved hver bunnrefleksjon og tilsvarende demping er dermed 10 % gjennom absorpsjon i bunn.

4.2 Representasjon av moloen

Den vanskeligste delen av lydmodellen er hvordan moloen representeres på best måte. Selv om det er laget relativt få målinger med hensikt å karakterisere de akustiske egenskapene til molo eller fylling har vi laget dette ved noen tilfeller, [4, 3] og vi har gjennom disse kommet frem til en konsistent beskrivelse som dessuten er validert med målinger.

Moloen er sammensatt av løsmasser og sprengstein i ulike fraksjoner, oftest er det en relativt variert blanding av størrelser, ofte med fraksjon 0/400 eller 0/600 i basen og med ulike lag som gjør moloen vanskelig å karakterisere på den måten man jobber med homogene materialer som betong, stål, vann eller fjell.

Lyden som faller inn mot molokanten kommer enten til å reflekteres eller transmittertes. Hvor mye lyd som gjør hva, er avhengig den akustiske impedansen i mediet, se Appendiks B.6. Den akustiske impedansen til et material er produktet av dens tetthet og lydshastigheten i mediet. I Tabell 1 i Appendiks er det definert et antall materialer og noen typiske verdier på både refleksjons- og transmisjonskoeffisient er angitt for noen typiske materialoverganger som definerer forekommende grenseflater. Ifølge beregningene kommer en molo bygget på en 0/400 fylling til å ha en total transmisjonskoeffisient på omtrent $T = 40-60\%$, uavhengig inkludering av plastringslag eller ikke. For å gjøre en konservativ tilnærming bruker vi en transmisjonskoeffisient $T=60\%$ for å representere effekten av moloen for den lyd som dannes fra peling på innsiden moloen.

5 Risikovurdering

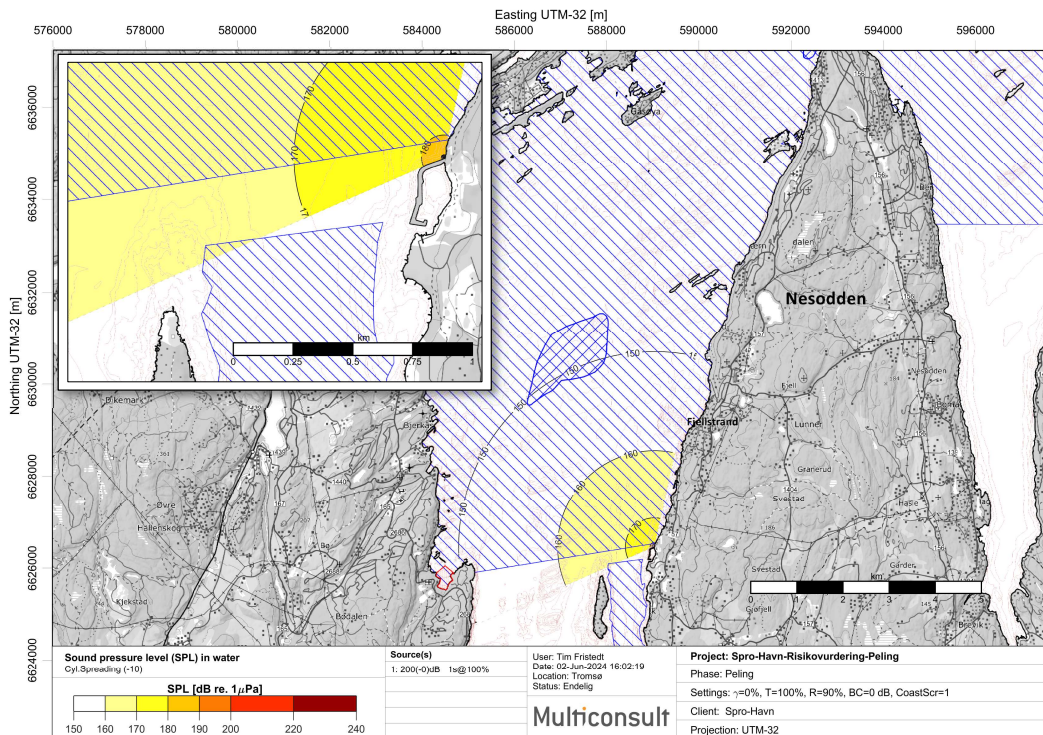
5.1 Peling utenfor molo

For å studere effekten av et enkelt peleslag og hvordan den dannede lydbølgen påvirker området setter vi opp modellen for peling like utenfor moloens nordside (200 dB re 1 $\mu\text{Pa}@1\text{m}$), 100 % lyddannende effektivitet. Vi tillater også $R = 90\%$ fra refleksjon i bunn og beregner deretter topstrykket (SPL) som funksjon av avstand fra peleplassen.

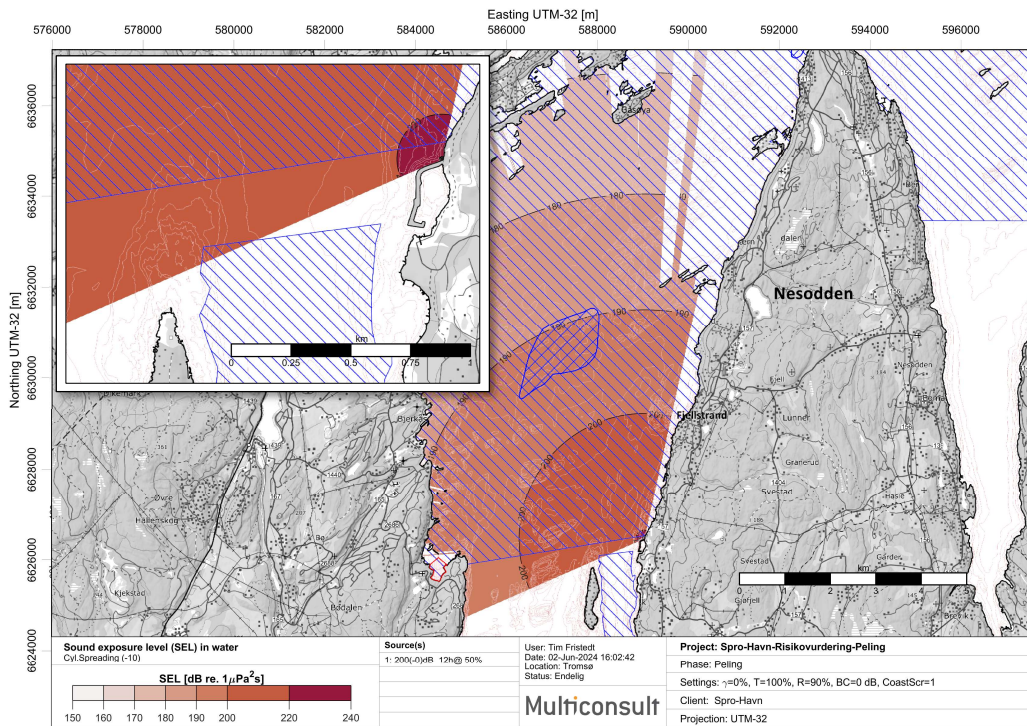
Fra Figur 3 ser man at omtrent 600 m av gytefeltets sørlige del blir eksponert med et spissttrykk på omtrent 170 dB re. 1 μPa og at nivået øker til 180 dB re. 1 μPa på en avstand av ca 100 m fra peleplassen. Det foreligger dermed ikke noen risiko for permanente (PTS) eller temporære (TTS) sjokkskader fra pelingen, men fisk kommer mest sannsynlig til å bli skremt bort/endre adferd innenfor 100 m fra pelingen (>180 dB re. 1 μPa). Fisk kommer mest sannsynlig til å oppfatte pelingen på 2 km avstand, men da er reaksjonen sannsynligvis mild (>160 dB re. 1 μPa).

De lange avstandene som er påvirket av pelingslyder kommer mer tydelig frem i lydeksponeringskartet i Figur 4. Her er den akkumulerte lydeksponeringen beregnet over en 12 timers økt med 50% effektiv lyddannelse. Her ser man at omtrent hele gytefeltet blir eksponert av en akkumulert dose lydenergi, der det iht. Tabell 5, finnes risiko for temporære skader (TTS) opp til nesten 8 km fra peleplassen og det foreligger risiko for permanente skader på avstander opp til 3 km. Det bør noteres at disse tallene ikke tar med i beregningen at man lar dyrene restituere den andre halvparten av døgnet sine stille timer. Dette er gjort i Figur 5, der man ser på middelveidien over døgnet (SEL_{24}). Med denne betraktningen forsvinner risikoen helt for både permanente og temporære skader og det gjenstår kun risiko for endret adferd (>160 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) på en avstand opp til 1.3 km fra peleplassen. Detaljerte beregninger viser at risikonivået til TTS opptrer først når man kommer innenfor 25 m radius fra peleplassen.

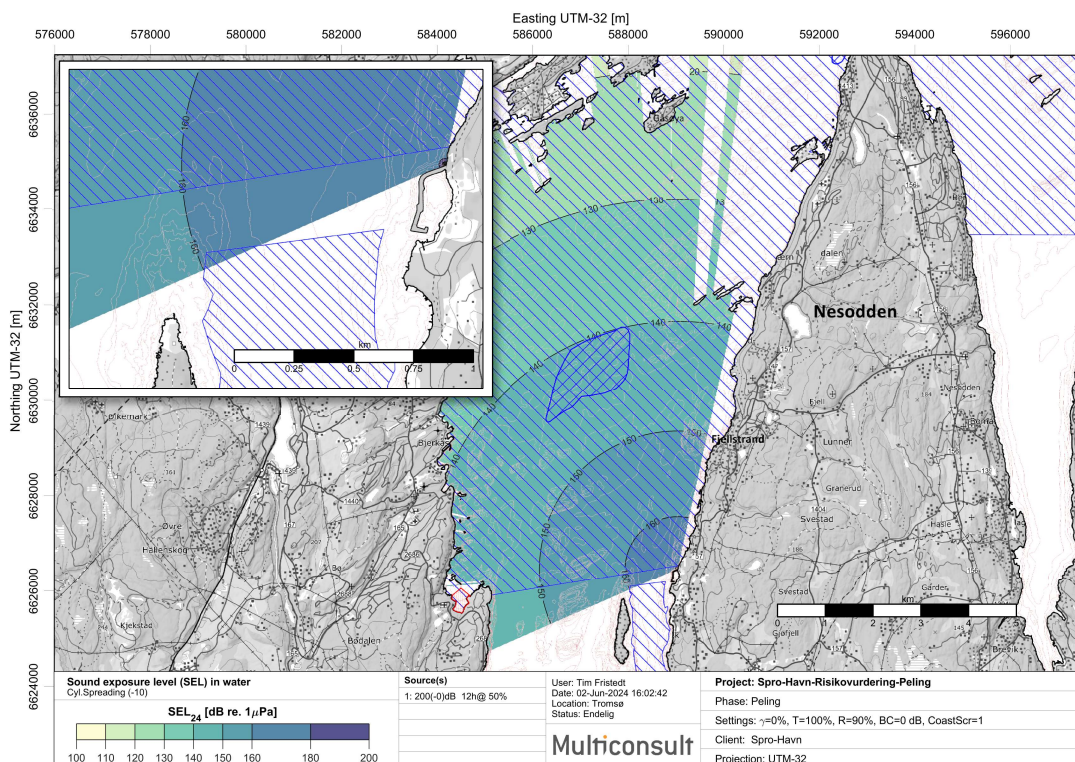
Vi ser også fra både Figur 4 og Figur 5 at forventningen av låssetningsplassen ved Nærsnes er vel skjermet av geometrien til vågen og nivåene ikke er høye nok til å forstyrre evt. Fisk som er satt i merder i dette område (< 145 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$).



Figur 3. Forplantning av spisstrykket (SPL) i dB re. 1 μ Pa for et enkelt peleslag utenfor moloen, under 1 sekund med 100% lyd dannende effektivitet og R=90%, dvs. 10% demping av refleksjoner i bunn. Blå skravert felt er gytefelt for torsk.



Figur 4. Lydeksponering SEL i dB re. 1 μ Pa²s fra 12h borepeling 200 dB@1m utenfor moloen med 50% effektiv lydgenererende tid, og R=90%, dvs. 10% demping av refleksjoner i bunn. Blå skravert felt er gytefelt for torsk.



Figur 5. Lydeksponering SEL_{24} i dB re. $1 \mu Pa^2 s$ for 12h borepeling ved 200 dB@1m utenfor moloen med 50% effektiv lydgenererende tid, og $R=90\%$, dvs. 10% demping av refleksjoner i bunn. Blå skravert felt er gytefelt for torsk.

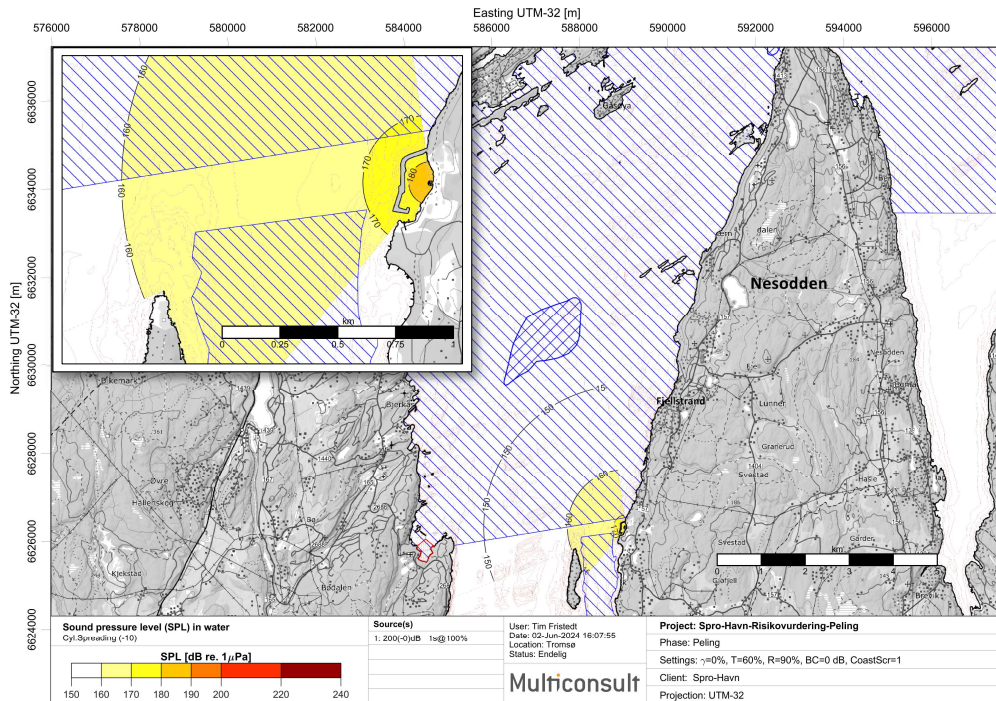
5.2 Peling innenfor molo

Effekten fra pelingen innenfor moloen er litt annerledes enn ved peling på utsiden. Vi bruker samme oppsett som i forrige seksjon med borepeling med en kildestyrke på 200 dB re. $1 \mu Pa$, 12 timers aktivitet per døgn med 50% effektiv lyddanning. Da kan det sees i Figur 6 at dette gir omtrent samme bilde som i Figur 3, med den store forskjellen at lyden blir forplantet (og dempet) igjennom moloen før den går videre ut i Oslofjorden.

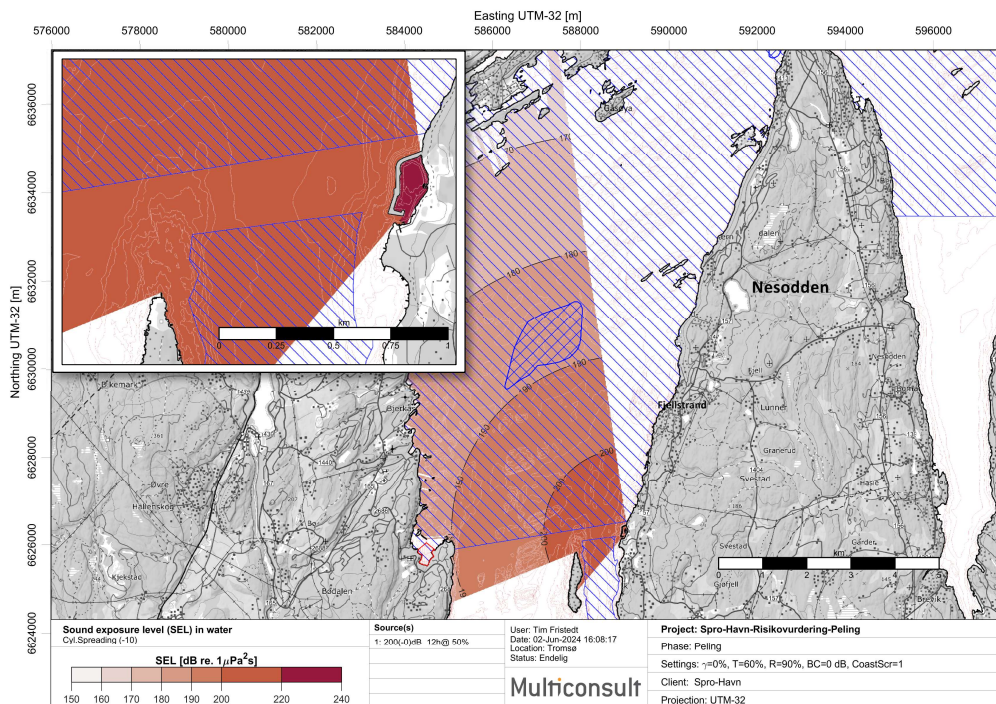
I Figur 6 ser man at grense for 170 dB re $1 \mu Pa$ er omtrent 300 m fra peleplassen, hvilket gir en avstand på 150 m fra selve moloen. Dette nivået innebærer ikke noen risiko for TTS eller PTS for dyreliv utenfor moloen. Dyreliv kommer mest sannsynlig til å oppfatte pelingen på ca 1 km avstand, men reaksjonen er sannsynligvis mild (>160 dB re. $1 \mu Pa$). På innsiden moloen er nesten hele havnebassenget eksponert med lydtrykk over 180 dB re. $1 \mu Pa$ der det med stor sannsynlighet kan forventes endret adferd.

På samme måte som for peling utenfor moloen (seksjon 5.1) blir risikoavstandene meget lengere for lydeksponering over tid, Figur 7. Påvirkningen er litt mildere enn for peling utenfor molo og gytefeltet blir litt mer skjermet grunnet kystlinjens strekning. I dette tilfellet finnes risiko for temporære skader (TTS) opp til nesten 7 km fra peleplassen og risiko for permanente skader på avstander opp til 2 km. Det bør igjen noteres at disse tallene for SEL ikke tar med i beregningen at man lar dyrene restituere den stille halvparten av døgnet. Hvis man ser på middelværdien over døgnet (SEL_{24}), i Figur 8, forsvinner igjen risikoen helt for både permanente og temporære skader og det gjenstår kun risiko for endret adferd (>160 dB re. $1 \mu Pa^2 s$) i en avstand på ca 600 m fra peleplassen. Detaljerte beregninger viser at det risikonivået til TTS opptrer først når man kommer veldig nært peleplassen inn i bassenget innenfor moloen, se Figur 7 og Figur 8.

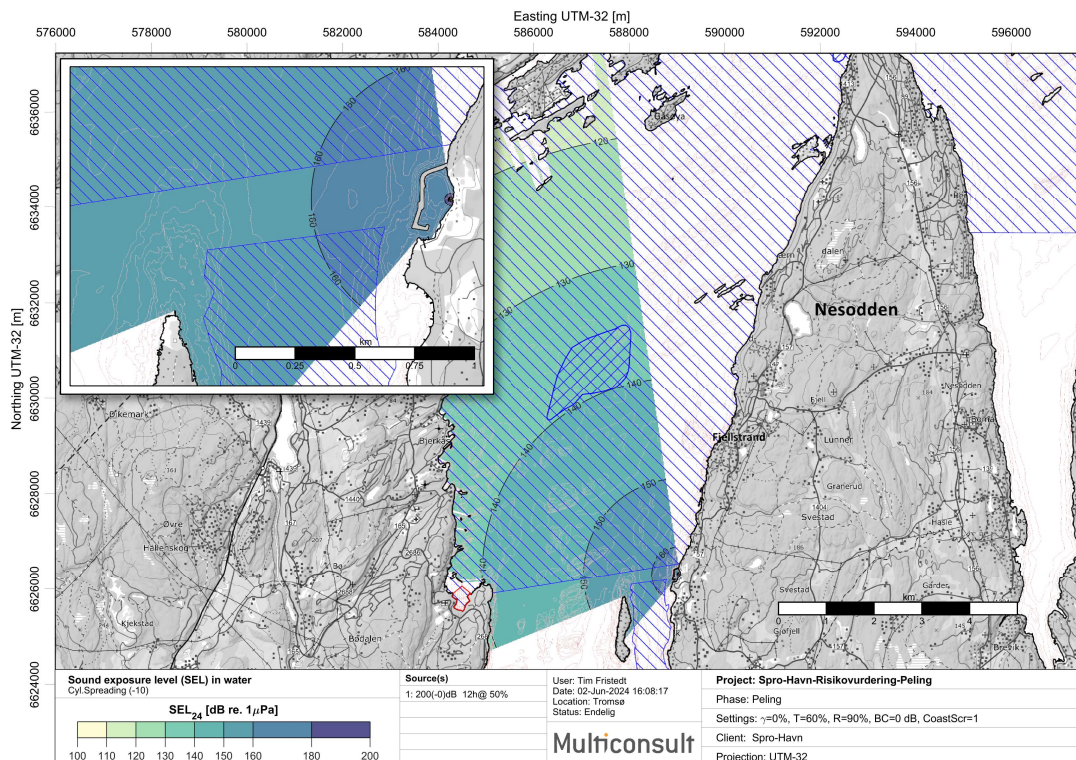
På samme måte som for peling utenfor moloen (seksjon 5.1) ser man også fra både Figur 7 og Figur 8 at låssetningsplassen ved Nærnes er vel skjermet av geometrien til vågen og nivåene ikke er høye nok til å forstyrre evt. fisk som er satt i merder i dette område (< 140 dB re. $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$).



Figur 6. Forplantning av spissstrykket (SPL) i dB re. $1 \mu\text{Pa}$ for et enkelt peleslag innenfor moloen, under 1 sekund med 100% lyd dannende effektivitet og $R=90\%$, dvs. 10% demping av refleksjoner i bunn. Moloen er modellert med en transmisjonskoeffisient $T=60\%$. Blå skravert felt er gytefelt for torsk.



Figur 7. Lydeksponering SEL i dB re. $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ fra 12h borepeling ved 200 dB@1m innenfor moloen med 50% effektiv lydgenererende tid, og $R=90\%$, dvs. 10% demping av refleksjoner i bunn. Moloen er modellert med en transmisjonskoeffisient $T=60\%$. Blå skravert felt er gytefelt for torsk.



Figur 8. Lydeksponering SEL_{24} i dB re. $1 \mu Pa^2 s$ for 12h borepeling ved 200 dB@1m innenfor moloen med 50% effektiv lydgenererende tid, og $R=90\%$, dvs. 10% demping av refleksjoner i bunn. Moloen er modellert med en transmisjonskoeffisient $T=60\%$. Blå skravert felt er gytefelt for torsk.

6 Konklusjoner og anbefalinger

En analyse av undervannsstøy fra peling utenfor og innenfor moloen i Spro havn er laget med en forenklet risikomodell som er validert i flere tilfeller. Modelleringen inkluderer demping fra absorpsjon av lydenergi i form av bunnrefleksjon og moloen er beskrevet med en reduserende transmisjonskoeffisient for kilden. Transmisjonen er basert på en impedansmatching i grenseflaten mellom ulike materialer. Tall på kildestyrke og arbeidsintensitet er tatt fra målearkiv der lignende målinger ble tilpasset de inngående modellparameterne og tall fra entreprenør.

Borepelingen danner kontinuerlig durende lyd som har intermittente topper i spisstrykk og kan beskrives som en mildt støyende aktivitet sammenlignet med ramme- eller spuntpeling. Kildestyrken til lydene fra borepeling er omtrent 200 dB re $1 \mu Pa @ 1m$ som er i samme størrelsesorden som normal rammepeling i bløt bunn [5]. For borepeling med 12 timers arbeid per dag (syv dager i uken), og med antagelse om støyende arbeid 50% av tiden, får man en sikkerhetsavstand for temporære skader på fisk og dyreliv på mellom 20-30 m fra peleplassen, hvis man vektet lydeksponeringen over et døgn. Det foreligger risiko for endret adferd innen ca 1 km fra peleplassen, men eventuell reaksjon er mest sannsynlig (meget) mild da lydeksponeringen i store deler av området er lavere enn 160 dB re. $1 \mu Pa^2 s$. Det bør noteres at fisk (og andre dyr) har en evne til å tilpasse seg situasjonen slik at de blir vant til forstyrrelser og hvis driverne er sterke nok medfører forstyrrelsene ikke noen utstrakt effekt på dyrenes adferd. En ofte observert respons hos fisk ved lydforstyrrelser er at fisken blir

skremt av den første lydimpulsen den hører, og deretter raskt går ned mot bunnen¹, for ganske snart å gjenvinne sin opprinnelige posisjon i vannsøylen mens de fortsetter i den retningen de opprinnelig svømte. Dette er blitt observert ved flere tilfeller for fisk i oppdrettsanlegg [4, 3, 8] og det er forventet at vill fisk kommer til å opptre på omtrent samme måte.

Resultatene fra risikovurderinger et at borepeling, uansett om den utføres utenfor eller innenfor moloen, kommer til å ha påvirkning i store deler av gytefeltet for kysttorsk i Oslofjorden. Påvirkningen kommer mest sannsynlig å bli mild/meget mild endring i adferd. Det bør også vektlegges at kysttorsk i Oslofjorden er fredet hele året, og da særlig i gytetiden (jan-april). Det kan da være en fordel å overholde arbeidstidene og la fisk og andre dyr i området restituere hørselssansen godt under døgnets stille timer, sånn at den døgnsvettede lydeksponeringen holdes på et fortsatt lavt nivå. Dette gjelder også for organismer som sitter fast på bunn og ikke kan flytte seg fra området selv om de ønsket det. For disse organismene er det også viktig å kunne hvile hørselssansen under stille tider sånn at de den daglige middelveiden av lydeksponering (SEL₂₄) forblir lav nok til å ikke påføre varige skader.

For fisk og pattedyr er det ikke uvanlig at de forflytter seg fra en plass der de blir stresset, til et område der det er mer behagelig, men de pleier også å komme tilbake til opprinnelig lokasjon etter at aktiviteten er avsluttet [6, 7]. Vi forventer derfor ikke at pelaaktiviteten ifbm. tiltakene i Spro havn kommer til å ha noen varige effekter på dyreliv i området.

Borepeling er en god måte å minimere negative miljøeffekter fra denne typen tiltak, da den er svært forskjellig fra ramme- og spuntpeling som har mye høyere kildestyrker og sterkere momentane effekter som effektivt skremmer fisk. Det skal også nevnes at tilnærmingen i analysen er satt konservativt for alle trinn som er vesentlige for sluttresultatene.

¹ <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/vi-bygger-och-forbatttrar/Vastlanken---smidigare-pendling-och-effektivare-trafik/aktuellt-i-ditt-omrade/deletapp-korsvagen/nyheter-korsvagen/2020-06/luft-gor-livet-lattare-for-fiskarna/>

7 Referanser

- [1] Multiconsult, "10248911-01-Undervannsstøy fra peling ved bru K308 over Straumsvika - Sotrasambandet," Multiconsult, Tromsø, 2024.
- [2] Multiconsult, "Prøvepeling Mjøsa – Miljøovervåking," Multiconsult, Oslo, 2024.
- [3] Multiconsult, "Sprengning under fylling i sjø – Fv500, Musskjerneset," Multiconsult, Musskjerneset, 2022.
- [4] Multiconsult, "10221687-01-TVF-NOT-003 - Propagation of sediments and noise from activities at Landfall in the OLP3 project," Multiconsult, 2022.
- [5] T. Fristedt and P. Jansson, "10245573-01-Effekt-av-boblegardin-i-Hammerfest-havn," Multiconsult, Tromsø, 2023.
- [6] M. Dähne, A. Gilles, K. Lucke, V. Peschko, S. Adler, K. Krügel, J. Sundermeyer and U. Siebert, "Effects of pile-driving on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany," *Environmental Research Letters*, vol. 8, p. 16, 2013.
- [7] T. A. Mooney, M. A. Andersson and J. Stanley, "Acoustic Impacts of Offshore Wind Energy on Fishery Resources: An Evolving Source and Varied Effects Across a Wind Farm's Lifetime," *Oceanography*, vol. 33, no. 4, pp. 82-95, 2020.
- [8] P. Kvadsheim, A. Adelsten-Søvik, E. Rokke, M. Lanzky-Kolstrup, T. Nesse Forland, G. Pedersen, E. Grimsbø, O. B. Dale, Y. Cao, A. Stene and M. Smedsrud, "Risiko for skade på laksefisk i omkringliggende oppdrettsanlegg ved etablering av undervannsskytefelt på Korsnes Fort," Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), 2022.
- [9] M. Hvas, O. Folkedal and F. Oppedal, "Havbasert oppdrett – hvor mye vannstrøm tåler laks og rensfisk?," Havforskningsinstitutt, 2019.
- [10] F. Økland, E. B. Thorstad, R. S. McKinley, B. Finstad and R. K. Booth, "Radio transmitted electromyogram (EMG) signals as indicators physical activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*)," Norwegian Institute for Nature Research (NINA/NIKU), Trondheim, 1996.
- [11] M. H. Andersson, A. Nöjd and J. Carlström, "Kunskapsunderlag om undervattens-explosioner och marina djur, Teknisk rapport FOI-R--4413--SE," *Totalförsvarets forskningsinstitut FOI*, 2017.
- [12] A. Fauske, "Undervannssprengning i nærheten av Oppdrettsanlegg – begrensninger og krav til gjennomføring," Orica Mining Services, Fjellsprengningsteknikk, bergmekanikk/geoteknikk, 2007.
- [13] A. N. Popper and A. D. Hawkins, "The importance of particle motion to fishes and invertebrates," 2018.
- [14] S. L. Nedelec, J. Campbell, A. N. Radford, S. D. Simpson and N. D. Merchant, "Particle motion: The missing link in underwater," *Methods in Ecology and Evolution*, 2016.
- [15] A. Arons, "Underwater explosion shock wave parameters at large distances from the charge," *J. Acoust. Soc. Am.* 26(3), p. 343–346, 1954.
- [16] A. R. Richards and A. J. Moore, "Blast vibration course, measurement - assessment – control," Terroc, 2005.
- [17] J. Swisdak and M. Michael, "Explosion effects and properties: Part II - Explosion effects in water, White Oak, Silver Spring," 1987.
- [18] R. A. Gilmanov, "Effect of shock waves during underwater borehole blasting," *Translated from Gidrotekhnicheskoe Stroitel'stvo*, vol. 5, pp. 22-25, 1984.
- [19] M. V. Hall, "Underwater signals from confined explosions in very shallow water," in *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics*, Sydney,, 2010.
- [20] G. L. Hempen, T. M. Keevin and T. Jordan, "Underwater blast pressures from a confined rock removal during the Miami harbor deepening project," *International Society of Explosives Engineers*, vol. 1, p. 12, 2007.
- [21] T. Thandavamoorthy, "A Study of Blast Pressure from Underwater Borehole Blasting," in *Second International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, St. Louis, 1991.
- [22] G. R. Tripathy and R. R. Shirke, "Underwater Drilling and Blasting For Hard Rock Dredging In Indian Ports - A Case Study," in *International Conference On Water Resources, Coastal And Ocean (ICWRCOE 2015)*, 2015.
- [23] T. Fristedt and O. Steinestø, "10224965-01 Innseiling Grenland - trykkmålinger Midtfjordbåen," Multiconsult, 2021.
- [24] N. Ramstad, "Sprengning på grunne 19 og 21," Multiconsult, 2016.

- [25] J. Jestel, J. von Pein, T. Lippert and O. von Estorff, "Damped cylindrical spreading model: Estimation of mitigated pile," *Applied Acoustics*, vol. 184, pp. 108350 - 108357, 2021.
- [26] P. H. Dahl and P. G. Reinhall, "Beam forming of the underwater sound field from impact pile driving," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 134, no. 1, 2013.
- [27] E. Yasar and Y. Erdogan, "Correlating sound velocity with the density, compressive strength and Young's modulus of carbonate rocks," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 41, pp. 871-875, 2004.
- [28] A. Emdal, *Introduksjon til Geoteknikk*, Trondheim: NTNU, 2014.
- [29] K. Jødestøl, C. Østby and A. M. Vik-Green, "Vurdering av behovet for ytterligere regulering av seismikk for å ivareta hensynet til marine pattedyr," Miljødirektoratet, 2021.
- [30] M. Wahlberg and H. Westerberg, "Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms," *Marine Ecology Progress Series*, 2005.
- [31] J. H. Miller, J. A. Nystuen and D. L. Bradley, "Ocean Noise Budgets," *Bioacoustics*, 2008.
- [32] L. Hatch, C. Clark, R. Merrick, S. V. Parijs, D. Ponirakis, K. Schwehr and D. Wiley, "Characterizing the Relative Contributions of Large Vessels to Total Ocean Noise Fields: A Case Study Using the Gerry E. Studds Stellwagen Bank National Marine Sanctuary," *Environmental Management*, 2008.
- [33] M. H. Andersson, "Underlag för reglering av undervattensljud vid pålning, Vindval rapport," Stockholm: Naturvårdsverket, 2016.
- [34] B. M. Casper, M. B. Halvorsen, T. J. Carlson and A. N. Popper, "Onset of barotrauma injuries related to number of pile driving strike exposures in hybrid striped bass," *The Journal of the Acoustical Society of America*, p. 4380–4387, 2017.
- [35] A. N. Popper, A. D. Hawkins, F. R. Richard, D. A. Mann, S. Bartol, T. J. Carlson, S. Coombs, W. T. Ellison, R. L. Gentry, M. B. Halvorsen, S. Løkkeborg, P. H. Rogers, B. L. Southall, D. G. Zeddies and W. N. Tavolga, "Sound Exposure Guidelines," Springer, Cham, 2014.
- [36] E. Grimsbø and P. H. Kvadsheim, "Sprengningsarbeider i sjø -effekter på marint liv og mulige tiltak, Fjellssprengingsteknikk, Bergmekanikk/geoteknikk," 2018.
- [37] A. D. Hawkins and K. J. Rasmussen, "The calls of gadoid fish," *Journal of Marine Biology Association of the U.K.*, 1978.
- [38] J. T. Nordeide and E. Kjellsby, "Sound from spawning cod at their spawning grounds," *ICES Journal of Marine Science*, 1999.
- [39] E. Jansen, M. Prior and E. Brouns, "On the conversion between sound pressure and particle motion," *Proc. Mtgs. Acoust*, p. 10.1121/2.0001280., 2019.
- [40] L. Hammar, A. Wikström and S. Molander, "Assessing ecological risks of offshore wind power on Kattegat cod," *Renewable Energy*, 2014.
- [41] Popper and Hawkins, "An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes," vol. 94, p. 692–713, 2019.
- [42] T. Fristedt and O. Steinestø, "10224965-01 Innseiling Grenland - trykkmålinger Midtjordsbåen og Kløvsteinbåen," Multiconsult, 2021.
- [43] Multiconsult, "10245428-01-Trykkmåling Innseiling Kragerø - trykkmålinger Knubbehausen," Multiconsult/Norwegian Coastal Administration, 2022.
- [44] Multiconsult, "10245573-01-Re-analyse av hydroakustiske data i forbindelse med peling i Kvaløyvågen 2017," Multiconsult, Tromsø, 2023.
- [45] Multiconsult, "Yggdrasil PFS, Underwater noise from blasting at Årskog and Ospeviki," Multiconsult, Bergen, 2024.
- [46] Multiconsult, "10250434-01 Mortingbåen - Miljørisikovurdering for sprenginger med og uten fordemming," Multiconsult, Tromsø, 2023.
- [47] J. Coleman, "Columbia River Crossing test pile project hydroacoustic monitoring," David Evans and Associates, Inc., 2008.
- [48] AquaplanNIVA, "Støymålinger Aspevågen - APN-61285 -1," AkvaplanNIVA, Tromsø, 2019.
- [49] NMFS & USFWS ("National Marine Fisheries Service" and "U.S. Fish and Marine Wildlife Service"), "Impact pile driving sound attenuation specification," Washington Fish and Wildlife Office, Washington, 2006.

Appendiks A. Akustikk i vann / hydroakustikk

Lyd i vann kan på flere måter beskrives analogt med lyd i luft, men forskjellene er også store siden vann er betydelig tettere enn luft. Dette er en av grunnene til at man ikke direkte kan sammenligne lydtrykk i luft med lydtrykk i vann. Lydforplantningen i vann er på mange måter mer komplisert enn i luft, ettersom det skjer hyppige interaksjoner mellom lydfelt og grenseflatene (overflaten/bunn) i tillegg til modulasjon, refraksjon og dispersjon i selve mediet. Bølgefôrplantningen er ca. 5 ganger raskere i vann enn i luft, i tillegg til at fordelingen av temperatur og salt kan gi betydelig brytning og refraksjon av lydfeltet. Lydens interaksjon med bunn avhenger i stor grad av bunntype. I hard bunn som fjell og stein reflekteres mye av energien tilbake til vannet. I myk bunn (sediment, leire, sand) kan mye akustisk energi brytes ned i bunnen, og dermed absorberes mer effektivt.

A.1 Trykkbeskrivelse av lyd

Normalt beskrives lyd som en trykkoscillasjon og dette er i de aller fleste tilfeller en helt tilstrekkelig tilnærming. Grunnet at trykk er angitt i Pascal [Pa] og oftest blir spredt over flere størrelsesordener er det hensiktsmessig å rapportere og visualisere støynivåer i den logaritmiske skalaen dB relativt til et referansetrykk:

$$p_{dB} = 20 \cdot \log_{10}(p/p_{ref}) \quad (4)$$

der p er trykket og p_{ref} er et referansetrykk (1 μ Pa). Her bør det noteres at for luftakustikk benyttes $p_{ref} = 20 \mu\text{Pa}$, som representerer høreterskelen for mennesker. Dette gjør at dB-nivåene i luft blir mye lavere enn tilsvarende dB-nivå i vann, selv om kilden har samme energi/intensitetsnivå. Kilden karakteriseres med en kildestyrke i [dB re 1 μ Pa @ 1m], som betyr at trykkfeltet er definert 1 meter fra kilden og er en karakteristisk egenskap for selve kilden, uavhengig av forplantningsveien fra kilde til mottakerposisjon.

A.2 Spisstrykk og eksponering

Det finnes flere ulike metoder for å karakterisere lydtrykket. Den vanligste og mest intuitive er spisstrykket (topptrykket eller Sound Pressure Level) SPL_{peak} som er det maksimale avviket fra det normale trykket (middeltrykket) på et sted under en definert tid. Iblant brukes topp-til-topp verdien SPL_{peak} eller SPL_{pp} .

For prosesser med lengre utstrekning i tid og mindre impulsive karakter, som dumping, boring og skipsfart kan andre måletall defineres: for eksempel kvadratisk gjennomsnitt verdier: SPL_{rms} . Det er i flere tilfeller vist at relativt lave lydtrykk over en lengere tid også kan gi varige skader [11] [12], og det er da hensiktsmessig å definere lydeksponering, Sound Exposure Level (SEL) som er integralet av kvadratet til lydtrykket over et angitt tidsintervall eller hendelse (for eksempel en akustisk puls). Lydeksponeringsnivåer uttrykkes i dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Lydeksponeringen er et mål på energien i det akustiske feltet hvor enheten for SEL er Pa^2s eller Jm^{-2} , dvs. energi per arealenhet.

$$SEL_{dB} = 10 \log_{10} \left(\int \frac{p(t)^2}{p_{ref}^2} dt \right) \quad (5)$$

Som for SPL så finnes det mange varianter på akustisk eksponering, f.eks. definisjon på et enslig peleslag (Single-strike-SEL) eller kumulative effekter som kan brukes for å karakterisere repetitive impulsive kilder Kumulative SEL, CSEL. I rapporten brukes benevnningen SEL for lydeksponering da det brukes en forenklet modell basert på arbeidssyklus (*duty cycle*) til utstyret som forårsaker lyden for å kunne se på aggregerte effekter fra flere ulike plasser og aktiviteter i et område over tid.

A.3 Frekvensinnhold og støy

Trykkoscillasjonene kan beskrives som bølger, og har som alle andre bølger et spesifikt frekvensinnhold. En ren tone beskrives som en enkelt frekvens og en blanding av toner gir et spektrum. Normalt er alle naturlige lyder en kombinasjon av mange forskjellige toner siden det alltid finns et innslag av tilfeldighet i lydforplanting i naturen. Tonenes frekvenser blandes (ofte ikke-lineært) og fordeler sin energi over et spektrum. Dette kalles frekvensutvidelse og danner et lydteppe. Hvis en lydkilde skal kunne oppfattes på avstand, må lyden fra denne trenge igjennom et slikt lydteppe. Lydnivået som utgjør det laveste nivået i et spektrum kalles støynivå og kan komme fra mange ulike lydkilder. Undervannsstøy kan beskrives som et kor, hvor lyder av forskjellig natur og opprinnelse blandes sammen:

- Naturlig støy eller geofoni er støy fra sprekker i jorden, bevegelse av marine sedimenter, vær og vind, brytende bølger, nedbør osv.
- Biologisk støy eller biofoni er støy av biologisk opprinnelse frembragt av marin fauna.
- Antropogen støy, eller antropofoni, er den menneskeskapte støyen som skapes av maritime aktiviteter, f.eks. skipsfart og petroleumsvirksomhet.

Disse lydene blandes med hverandre og danner lydkonteksten til et studieområde. Alle lydkilder bidrar til støy til omgivelsene med variabel vekt, avhengig av frekvens, miljøforhold, menneskelige aktiviteter og lokale forhold. For at en fisk skal kunne høre en spesifikk lyd må den overstige det akustiske bakgrunnsnivået.

A.4 Partikkelbevegelse

Lyd danner materiell bevegelse som benevnes *partikkelbevegelse* og dennes deriverte benevnes *partikkelakselerasjon*. Hastigheten til partikkelbevegelsen, u kan kobles til trykket p gjennom den akustiske impedansen $Z=c\rho$ i mediet, der c er lydhastigheten og ρ tettheten.

$$u = \frac{p}{Z} = \frac{p}{c\rho} \quad (6)$$

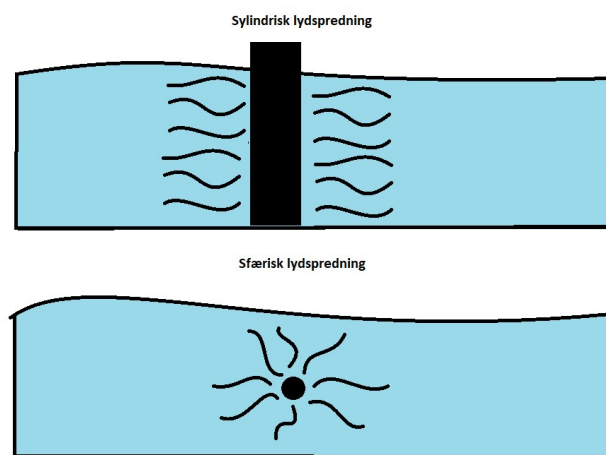
Det er vist at flere marine arter er sensitive til den fysiske energipåvirkningen fra partikkelbevegelse [13, 11], men fordi bevegelsen er meget vanskelig å måle er det ofte neglisjert, eller ikke nok undersøkt, i utredninger om akustisk støy i vann. Partikkelbevegelser er ofte meget små ($\sim\mu\text{m}$) og svake (ofte $< \text{mm/s}$), men kan være mye større nær en detonasjon eller en grenseflate. Dessuten er bevegelsen vektorieell, som ytterligere kompliserer målingsprosessen. Selv om betydningen av partikkelbevegelse for hørselen til fisk er velkjent, er det først i senere år lagt frem bevis for hvor mye fisk og marine dyr benytter seg av denne egenskapen til det akustiske feltet [14], da det inneholder informasjon om både avstand, retning og annen tilstand til mat, trusler eller mulige partnere.

Appendiks B. Metodebeskrivelse

B.1 Modellering av støyutbredelse

Multiconsult har utviklet en metodikk for beregning, vurdering og visualisering av støynivåer under vann, med formål å vurdere risikoen for skade på utvalgte marine dyrearter i nærheten av tiltaksområder. Lydenergi, som primært er en trykkbølge, forplanter seg i alle retninger, og den akustiske energien spres, absorberes, brytes, og reflekteres. Dette gjør at lydbølgen endrer sin signatur og, f.eks. en lydimpuls som ved kilden er kort og intens, modifiseres av det fysiske miljøet og kan på distanse oppleves mer langvarig i tid og mindre intens.

For å lage en risikovurdering er det lagt til grunn en forenklet metodikk basert på prediktering av horisontal spredning av lydbølger. Kjernen i akustisk modellering er primært geometrisk spredning av trykkenergien. For dype forhold uten interaksjon med overflate eller bunn er forplantingen sfærisk og lydintensiteten er kvadratisk minskende som funksjon av avstand ($1/d^2$), eller uttrykt som dB-skala: $-20 \log_{10}(d)$. Ved grunnere forhold spres energien sylindrisk og da faller trykket i stedet som $1/d$, eller $-10 \log_{10}(d)$. Overgangen fra sfærisk til sirkulær spredning forekommer ved at refleksjoner ved overflaten og bunnen legges sammen.



Figur 9. Sylindrisk lydspredning (topp) og sirkulær lydspredning (bunn).

Det har vist seg at sylindrisk spredning er en altfor konservativ modell med for langsomt energitap. Man måler ofte, i kystnære sammenheng, en spredningsfaktor mellom 14 og 17 $\log_{10}(d)$, hvilket kan forklares av at energitapet, sammenlignet med sylindrisk spredning ($10 \log_{10}(d)$), øker på grunn av tap mot bunn og overflate samt i volumet [11].

Disse forutsetninger medfører at beregningene kan utføres kostnadseffektivt og gir tiltakshavere og entreprenører relevant informasjon om hvilke maksimale enhetsladninger som kan brukes ved sprenging eller hvilken effekt eller aktive arbeidstimer som kan brukes ved peling og spunting, for å unngå skader på fisk både fra et impulsivt og et eksponeringsperspektiv.

Eksponering for lyd er oppdelt i to metoder:

- Ved forbigående impulsiv lyd beregnes et spissttrykk, *sound pressure level*, SPL. Denne metoden blir brukt ved for eksempel sprengning.
- For lyd over tid beregnes lydeksponering, *sound exposure level*, SEL. Denne brukes for arbeider som foregår over tid, for eksempel peling, spunting, dumping av stein eller andre aktiviteter i sjøen eller rundt strandkanten.

B.2 Forbigående impulsiv lyd / sprengning

Når sprengning i fjell blir utført går noe av energien til å knuse fjell og noe går til å danne en sjokkbølge i vannet. I litteraturen beskrives stort sett fritthengende ladning i vann og i mindre grad når sprengning foregår med ladningen plassert i berg. Når ladningen bores ned i fjellet konsentreres trykket til å sprengne fjell og en mindre del av energien går til å danne trykkbølge. Dette er den fremste årsaken til at flere studier anbefaler tetting av borehull (fordemming) med pukkstein og forsinket tenning (hvert borehull sprenges for seg med en forsinkelse på sirka 20–50 ms til neste hull). Detaljene i sprengningsforløpet kan redegjøres forenklet som tre spreng-/risikosoner:

1. Nærfeltsonen/dødelighetssonen - Spisstrykket stiger i løpet av kort tid til flere MPa (> 240 dB), men toppverdien vil halveres igjen i løpet av 1 millisekund.
2. Overgangssonen/Skadesonen - Sannsynligheten for momentan dødelighet er liten. Fisk i overflaten eller nær bunnen kan dø. Spisstrykket er i denne sonen under 1 MPa (< 240 dB).
3. Fjernsonen - Lyden vil bestå av mange refleksjoner og pulstrykket vil være betydelig redusert.

For beregning av spisstrykket, *sound pressure level*, *SPL*, fra kortvarig lydimpuls anvendes:

$$p = A \left(\frac{d}{\sqrt[3]{Q}} \right)^{-b} \quad (7)$$

der A er en materialkonstant, karakteristisk for ulike sprengmidler og b er en reduksjonsekspONENT, representativ for eksponentiell spredning av trykkbølgen. Ligning (7) kalles allment Arons' formel, [15], [16] beskriver maksimalt overtrykk, p , som funksjon av ladevekt per intervall, Q [kg], avstand fra detonasjonen, d , og materialkonstanten A . Ifølge [11], og [17] varierer A mellom 50 og 60 MPa, og b mellom 1.13 og 1.19 for en lang rekke sprengstoffer og forhold. Som sammenligning kan det nevnes at for sylindrisk spredning av energi brukes $b = 1$, og for sfærisk spredning brukes $b = 2$.

B.3 Fordemming

For beregninger av trykkbølge for innborede ladninger brukes en skjermingsfaktor eller «fordemmingseffekt», hvilken defineres som hvor stor fraksjon γ av trykket fra en fritt hengende ladning p som dempes ut gjennom knusingen av fjell. Dette gjør at det målte akustiske trykket p_m må reduseres med fraksjonen $(1 - \gamma)$,

$$p_m = (1 - \gamma) p \quad (8)$$

Det finnes mange ulike referanser på fordemming og hvor effektiv den er. I litteraturen finnes mange ulike tall på fordemming som varierer betydelig fra 10 % til at 40 % av sprengningsenergien tillates forplante seg til akustisk energi (hvilket tilsvarer en fordemningsfaktor på henholdsvis 90 – 60 %, [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. De erfaringer vi hatt til dags dato i forbindelse med utdypingsprosjekter, sprenginger av grunner for både dype (palsprengninger) og grunne (flå) sprenginger og i tillegg knusing av fjell under fylling i sjø er at fordemningsfaktoren er noen steder mellom 80 – 90 %, dette innebærer at omtrent 10 – 20 % av energien i sprengingen går ut i sjøen som akustisk trykk.

B.4 Lydeksponering over tid

Lydeksponering, sound exposure level, SEL, som følge av langvarig lydkilde er definert som trykkintegralet over en spesifikk tid t :

$$SEL = \int_0^t p(t)^2 dt. \quad (9)$$

Oftest er det mest hensiktsmessig å uttrykke SEL i dB relativ til et referansetrykk $p_{ref} = 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$;

$$SEL_{dB} = 10 \log_{10} \left(\int_0^t \frac{p(t)^2}{p_{ref}^2} dt \right). \quad (10)$$

Det finnes andre måter å definere dette f.eks. SEL_{1s} , der integralet i (10) evalueres løpende for hvert tidspunkt:

$$SEL_{1s}(t, 1s) = 10 \log_{10} \left(\int_t^{t+1s} \frac{p(t)^2}{p_{ref}^2} dt \right). \quad (11)$$

Ved å definere S_0 som den effektive kildestyrken [Pa] i frekvensspekteret v1 meter fra kilden og anslå sylindrisk spredning av den akustiske energien (trykket er omvendt proporsjonal til avstanden fra kilden) kan man estimere SEL_{dB} på distansen d fra kilden [m].

$$SEL_{dB} = 10 \log_{10} \left(\int \frac{S_0(t)^2}{d^2 p_{ref}^2} dt \right) \quad (12)$$

Hvis tidsvariasjonen til kilden er kjent mht. til antallet timer drift per døgn (*work_hours*) og med utstyr som har spesifikk arbeidssyklus (*duty_cycle*) definert som prosentandel lyd dannende aktivitet av antall timer drift, kan integralet beregnes eksplisitt. Dette gir den integrerte verdien på lydeksponering SEL_{dB24} relevant for fauna i området:

$$SEL_{dB24}(d) = 10 \log_{10} \left(\frac{3600 \cdot (\text{work_hours}) \cdot (\text{duty_cycle}) \cdot S_0^2}{d^2 p_{ref}^2} \right) \quad (13)$$

Der *work_hours* er arbeidsdagens lengde angitt i timer, *duty_cycle* er fraksjon av tiden som lyd produseres av anvendt utstyr og S_0 er kildestyrken i [Pa] definert 1 meter fra kilden.

Dette gir et mål på hvilken lydeksponering som dyreliv i et område blir utsatt for i snitt per døgn og kan iblant være et mer relevante tall å sammenligne med grenseverdier når det foreligger tilfeller med lang eksponeringstid og lyden opphører og dyreliv kan komme seg igjen etter skadelig lyd påvirkning.

Formel (13) forutsetter at lydtrykket er konstant og likt S_0 da utstyret er aktivt. For kilder med tidsvariasjon innenfor den aktive tiden, f.eks. peling, kan man heller beregne single-strike lydeksponeringen, SEL_{ss} . Fordi at lydeksponeringen er definert som integralet av trykket i kvadrat (9), og at trykket dekker et bredt frekvensspekter, kan man anta at integralet er likt integralet av amplituden til trykket. Figur 10 viser et eksempel på lydtrykk fra en pelemaskin der man ser at trykkamplituden minker raskt etter hvert peleslag. Trykkamplituden er antatt å minke eksponentialt med tiden rett etter lyd pulsen og kan skrives:

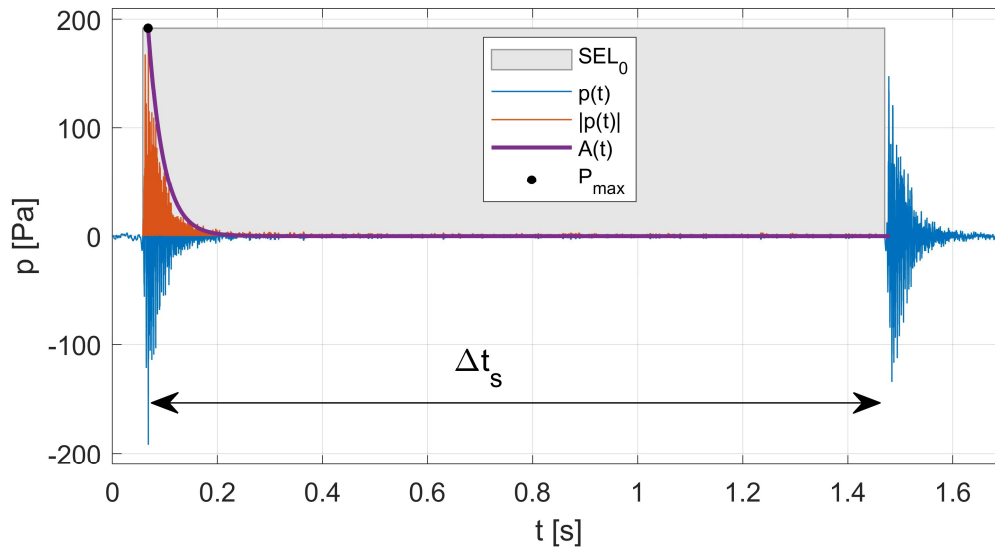
$$A(t) = P_{max} e^{-kt}, \quad (14)$$

Der k er en dempingskoeffisient, denne tilpasses slik at amplituden stemmer med det målte trykket (figur 11). P_{max} er høyeste absoluttverdien til trykket. I dette eksemplet stemmer amplituden godt da $k = 34$.

Dette gir at single-strike lydeksponeringen kan skrives:

$$SEL_{SS} = \int_0^{\Delta t_s} (P_{max} e^{-kt})^2 dt, \quad (15)$$

der Δt_s er tidsintervallet mellom lydimpulsene fra hvert peleslag.



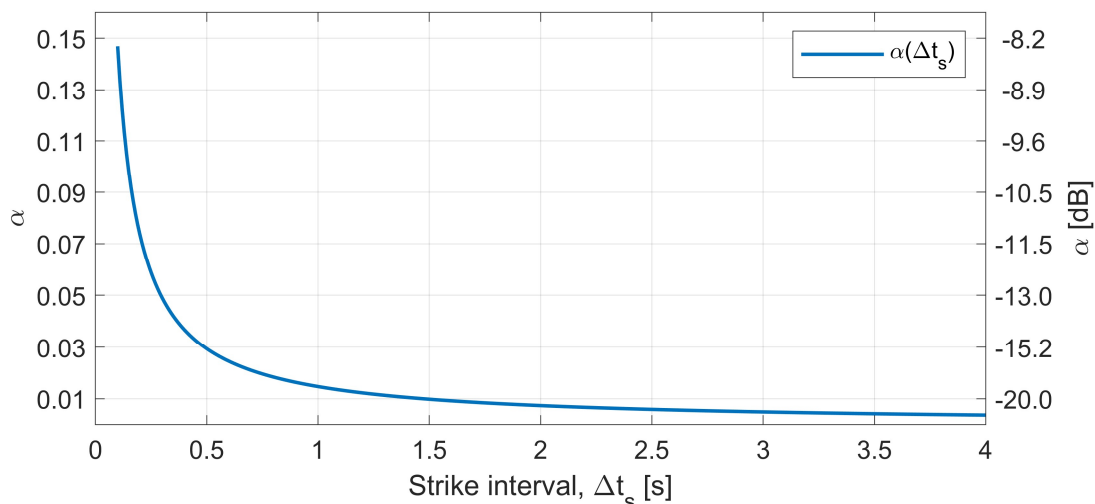
Figur 10. Eksempel på bredspektrert lydtrykk fra peling. Blå indikerer momentant lydtrykk, rødt viser absoluttverdien av trykket og lilla viser tilpasset amplitude. Δt_s er intervallet mellom peleslagen og P_{max} viser maksimalt trykk. Grått området angitt lydeksponering i tilfelle konstant lydtrykk. Eksemplet er fra målinger i Hammerfest havn i forbindelse med peling.

I tilfeller der kildestyrken og dempingen er kjent fra målinger er det nyttig å definere fraksjonen α :

$$\alpha = \frac{SEL_{SS}}{SEL_0}, \quad (16)$$

der SEL_0 er lydeksponeringen fra en lydkilde med konstant styrke (grått felt i Figur 10).

Hvis man kjenner kildestyrken S_0 og dempingskoeffisienten k , er det mulig å beregne lydeksponeringen ut fra tidsintervallet mellom lydimpulsene, for eksempel fra peleslag. Figur 11 viser hvordan α er avhengig av slagintervallet Δt_s .



Figur 11. α som funksjon av lengde til slagintervall.

Lydeksponeringen fra intermittente lydkilder skal altså, om man tar utgangspunkt i lydeksponeringen fra en tenkt konstant kilde, reduseres iht.:

$$SEL = SEL_0 \cdot \alpha, \quad (17)$$

eller enklere:

$$SEL_{dB} = SEL_{0dB} + \alpha_{dB}, \quad (18)$$

der $\alpha_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(\alpha)$.

I eksemplet fra Hammerfest havn, der man jobber med en pelemaskin med en slagfrekvens på 1.5 sekunder minkes lydeksponeringen, SEL med omtrent 20 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ sammenlignet med SEL_{0dB} .

B.5 Sylindrisk spredning

For lydforplantning ved peling er kilden en linjekilde. For slike kilder foretrekkes å bruke en modell basert på dempet sylindrisk spredning, en såkalt DCS-modell, som innebærer en langsommere reduksjon av trykk og lydeksponering som funksjon av avstand sammenlignet med fra f.eks. sprengtrykk. En egnet formulering er gitt av [25], der spisstrykket SPL_{dB} beregnes som funksjon av avstand, d :

$$SPL_{dB}(d) = SPL_{dB}(d_0) - C \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) + \alpha(d, d_0, C, R, H, \theta_M) \quad (19)$$

$$\alpha(d, d_0, C, R, H, \theta_M) = \frac{-C \log_{10}(|R|^2)}{2H \cot(\theta_M)}(d - d_0)$$

Her er d_0 en referanseavstand der spisstrykket $SPL_{dB}(d_0)$ er målt eller estimert. Minkingen med avstand går med $C \text{ dB}/\log_{10}(d/d_0)$ og α er en dempingskoeffisient som uttrykker reduksjonen av energien i lydbølgene da disse reflekteres i bunn. For sylindrisk spredning er $C = 10$ og for sfærisk spredning er $C = 20$. Refleksjonskoeffisienten R er avhengig impedansforskjellen mellom vann og bunn og $2H \cot(\theta_M)$ uttrykker hvor mange ganger lyden reflekteres før strålen kommer til målepunktet. Denne er avhengig av Mach vinkelen (θ_M) og dybden H . Mach vinkelen θ_M er vinkelen

til den dominerende lydølgen som har sin opprinnelse i pelen. Vinkelen er avhengig av forskjellen mellom lydøhastighetene i pelen og i vannet (20), visualisert i figur 12:

$$\sin(\theta_M) = \frac{c_w}{c_p}, \quad (20)$$

der c_w er lydøhastigheten i vannet og c_p er lydøhastigheten i pelen. Denne formuleringen har viset seg vanskelig å tilpasse til data som er begrenset til få måleavstander. Dette kommer av at dempingstermen α er en funksjon av mange parametere og at dempingstermen beror sterkt på spredning C , dybde H og Machvinkelen θ_M . Vi har derfor omformulert α sånn at den blir funksjon av kun avstand d (og d_0), refleksjonskoeffisient R og dybde H ; $\alpha(d, d_0, R, H)$. Denne har viset seg egnet til å beskrive andre typer lydforplantning enn den Machølge som normalt dominerer ramme- og spuntpeling [26].

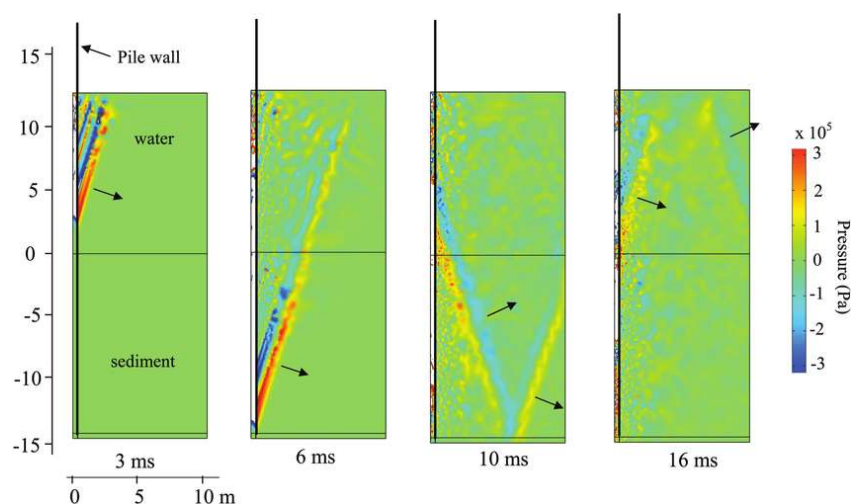
Den enkleste måten å beskrive refleksjonsdemping på, er å se hvor mange ganger en lydølge i middeltall treffer bunn i sin langs sin veg mellom kilde og sensor. Forenklet holder det at se på 45 graders «lydstråler» som beveger seg mellom grenseflatene. Dersom refleksjonen i overflaten er i prinsipp perfekt (det er lite energitap i overflaten siden impedanskontrasten mellom vann og luft høy) telles kun bunnrefleksjoner og da blir avstanden L mellom hver bunnrefleks i en fjord med middeldybde H :

$$L = 2\sqrt{2}H. \quad (21)$$

Dette betyr at, for hver distanse L , reflekteres kun R % av trykkølgen og resten er tapt igjennom bunnrefleksjonene. Siden antall refleksjoner $N_r(d) = d/L$ er en funksjon av avstanden kan dempingen α derfor beskrives kontinuerlig. Dette gir dempingen $\alpha(d, R, H)$ fra bunnrefleksjoner som en funksjon av avstanden d ;

$$\alpha(d, R, H) = -(1 - R)^{N_r(d)} = -(1 - R)^{d/L} = -(1 - R)^{d/(2\sqrt{2}H)}. \quad (22)$$

Denne formulering har viset seg er mer robust iht. tilpasninger med få datapunkter enn ligning (19) og dessuten både enklere og raskere å implementere for lydøksponeringsberegninger.



Figur 12. Visualisering av Mach-lydølge med opprinnelse i pelen. Bilde fra Jiménez-Arranz et al. (2020).

B.6 Kildestyrke

Det er meget stor spredning i kildestyrker for ulike maskiner eller utstyr som danner undervannstøy. Multiconsult har mye erfaring fra en lang rekke utstyr som danner lyd i luft, og dette bibliotek kan anvendes for å beregne relevante kildestyrker i vann, S_0 . For å sammenligne luftakustikk med undervannsakustikk benyttes en intensitetsbetraktning. Den momentane intensiteten I av en lydbølge er;

$$I = \frac{p^2}{Z} = \frac{p^2}{c \rho} \quad (23)$$

, der Z er den akustiske impedansen. Sammenhengen mellom intensitet i vann SPL_{dB} og luft SPL_{dBa} kan skrives som:

$$SPL_{dBa} \approx SPL_{dB} - 62 \text{ dB} \quad (24)$$

Denne ligningen kan anvendes for å estimere en realistisk hydroakustisk kildestyrke basert på våre samlede erfaringer over støykilder fra en lang rekke luftakustiske støyberegninger og støysonkart. Dette gjør at vi med høy konfidens kan anslå kildestyrker til utstyr som ofte anvendes av entreprenører i og rundt Norge.

Det understrekes også at de beregnede kildestyrkene S_0 sammenlignes og kalibreres med den informasjon som finnes i litteraturen. Dette øker også sikkerheten for at kildene er relevante for analysen.

B.7 Refleksjon og transmisjon

Når lyd går igjennom en grenseflate mellom medier med ulike akustisk impedans, skjer en deling av den akustiske energien. For en trykkløse deler refleksjonskoeffisient R^2 og transmisjonskoeffisient T^2 energien slik:

$$R^2 = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2} \quad (25)$$

$$T^2 = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

der Z_1 er den akustiske impedansen i det opprinnelige mediet med innfallende og reflektert lydfelt og Z_2 er impedansen i mediet med det transmitterte feltet. Ifølge typiske verdier i tabell 1, for lydshastighet og tetthet reflekteres ca. 70 % av energien og ca. 30 % forplantes ved en overgang mellom fjell og vann.

Tabell 1. Akustiske egenskaper for fjell, fylling 0/400 og sjøvann og stål, som danner grunnlag for å beregne refleksjon og transmisjon gjennom en overgang mellom medier/grenseflate. [27, 28]

Medium	Lydshastighet, c	Tetthet, ρ
Fast fjell	6000 m/s	2650–2850 kg/m ³
Fylling 0/400 (plastring, porøsitet 20% ²)	2400-3300 m/s	2300–2500 kg/m ³
Fylling 0/400 (kompaktet, porøsitet 10%)	3300-4200 m/s	2500-2700 kg/m ³
Sjøvann	1500 m/s	1000–1030 kg/m ³
Stål	5000 m/s	7800-8000 kg/m ³

Med verdiene ifra Tabell 1 gir en eks. en overgang mellom fjell og sjøvann en transmisjons-koeffisient $T= 55-60\%$ og en refleksjonskoeffisient $R= 80-85\%$, se Tabell 2. Hvis fjellet er mykere, blir R mindre samtidig som T øker. For et hardere material, eks. stål gir overgangen til vann en transmisjon $T= 35-40\%$ og $R= 90-95\%$. For lyden som går igjennom et stålskrog (to grenseflater vann-stål-vann), i eks. en brønnbåt får man en total transmisjon $T= 10-20\%$ mens R kan variere mellom 80-90%.

For en typisk molo bygget på en kompaktet 0/400-fylling (porøsitet=10 %) blir tilsvarende tall for R mellom 55-70 % og T mellom 60-80 %. Skal man se på hvor mye lyd som går igjennom en molo må man regne to overganger (vann-1-kompaktet fylling-2-vann), hvilket gir en total transmisjonskoeffisient T mellom 40-60 %. Man kan også legge til et plastringslag, og da blir det fire overganger, (vann-1-plastring-2-kompaktet fylling-3-plastring-4-vann), hvilket gir omtrent samme konsistente bilde av lydtransmisjonen igjennom moloen på omtrent 40-60%.

Tabell 2. Matrise med tall i % på spennvidde i refleksjons- og transmisjonskoeffisienter, R og T , basert på egenskapene til de ulike mediene i Tabell 1. Refleksjonskoeffisientene R vises over diagonalen og transmisjonskoeffisientene T vises under diagonalen.

Medie	Vann	Fjell	0/400 (10%)	0/400 (20%)	Stål
Vann		80-85	70-80	55-70	90-95
Fjell	55-60		10-30	30-50	40-50
0/400 (10%)	60-70	90-95		10-20	50-65
0/400 (20%)	60-80	85-95	90-95		65-75
Stål	35-40	90-95	75-85	65-75	

² Perfekt pakket «plastring» med sfæriske stein av samme dimensjon gir en porøsitet på 25.9%

Appendiks C. Risiko for fisk

Ved håndtering av risiko anvendes spesielt to parametere; SPL (Maximum Sound Pressure Level/ Spisstrykk) og SEL (Sound Exposure Level/ Lydeksposering). De spesifikke uttrykkene er forklart i definisjonslisten (se seksjon 1 Begreper og definisjoner). I tillegg til denne har Miljødirektoratet publisert norske oversettelser for noen av uttrykkene som anvendes i rapporten [29].

C.1 Deteksjonsterskler

Fisk har en stor spennvidde for lyd deteksjon og har flere evner til å føle trykk. Da lyd forplantes langt under vann og det ofte er mørkt og grumsete, er det mange fiskearter som bruker hørselen som primær sans. Fisk har generelt god hørsel for både trykk og partikkelbevegelse. De aller fleste fiskearter har et trykkfølsomt sidelinjeorgan, men dette anvendes mest sannsynlig mindre for å detektere lyd og mer for jakt, flukt og stimkoordinering [30].

De vanlige artene aktuelle for norske forhold, laksefisker (*Salmonidae*), torskfisker (*Gadidae*) og sildefisker (*Clupeidae*), har noe forskjellige høreterskler og oppfatter noe forskjellige frekvensomfang. Laksefisker har åpen svømmeblære (som henger sammen med mage-tarmkanalen og dermed omgivende vann) og har en høreterskel på like over 100 dB re 1 μ Pa. Torskfisker hører litt bedre med en terskel ca. 20–30 dB lavere enn laks. Dette kommer av at disse har en lukket svømmeblære som fungerer som et resonanskammer, som dessuten ligger nært hørselsorganene. Sild hører best av de tre vanlige artene med en terskel ca. 10 dB lavere enn torskfisker og oppfatter dessuten et bredere spektrum. Mange sildearter har i tillegg gassfylte organer nært hørselsorganene hvilket gjør dem mer følsomme for lyd [11].

Disse tersklene skal settes i relasjon til bakgrunnsteppet av støy som finnes i vannet med forskjellig amplitude og karakter døgnet rundt. Spennvidden her er meget stor, fra meget stille områder uten antropogen innvirkning, der bare vær og vind påvirker støybakgrunnen (ca. 60–80 dB re 1 μ Pa) til meget støyutsatte områder, eksempelvis nær infrastruktur, havner, anløp eller tyngre industri, opp til mellom 120 og 140 dB re 1 μ Pa ([31] [32]).

For å beskrive risiko ved deteksjon blir det brukt begrepet «Sannsynlig reaksjon», basert på terskelnivåene for deteksjon, se

tabell 4 og tabell 5.

C.2 Død / barometrisk trauma

Det mest relevante for fisk er at den dør eller blir permanent skadet. Dette skjer nesten utelukkende i «Nærfeltsonen/dødelighetssonen», men også til viss grad i «Overgangssonen/skadesonen». Grensene er litt flytende og er avhengig av art, størrelse, alder, kondisjon, avstand fra støykilde samt orientering og plassering i vannsøylen. Det er primært indre organer som lever, nyrer eller gonader som skades ved barometrisk trauma. Særlig utsatte er luft- eller gassfylte organer, som svømmeblære og lunger (pattedyr). Trauma skjer ved at gasslommer ekspanderer da omgivende trykk faller ved dekompresjonen som følger etter den initiale kompresjonsbølgen. Dette skaper strekk av vev og muskulatur, og kan årsake rupturer, blødninger og andre skader. Dekompresjonen kan løse ut gass, og danne bobler i hjerte, gjeller, gonader, nyrer, øyne eller hjerne, hvilket kan hemme viktige funksjoner og føre til død. Det samme kan skje etter refleksjon av sjokkbølgen i en rolig overflate da en fasevending kan opptre og kompresjonen vendes til en dekompresjon.

For å bedømme risikoen for alvorlig barometrisk trauma er det passende å anvende den grovere skalaen: «sannsynlig skade» for SPL > 200 dB re 1 μ Pa (10 kPa) og «meget sannsynlig skade» SPL > 220 dB re 1 μ Pa (100 kPa), [33, 34]. Det finnes mer finmaskete grenseverdier oppgitt i [34, 35], hvilke anvendes da en høyere presisjonen er ønskelig.

Her viser man til at trykk over 229–234 dB re 1 μ Pa medfører en stor risiko for momentan død hos fisk. Det bør understrekes at feilkildene fortsatt er mange og beregningsresultatene er avhengige av kvalitet i grunnlagsdata. For en initial risikovurdering gir den grovere risikoskalaen mer rimelige resultater og en mer passende tolking.

C.3 Permanente og temporære skader

Den type skader som ikke leder til døden deles opp i to undergrupper: Permanente (kroniske) eller Temporære (midlertidige) skader. Begge typene er i prinsipp milde barometriske trauma som oppstår ved lavere trykkesponering. Det indikeres at både temporære og permanente terskelforskyvninger kan ramme fisk som blir eksponert for spissttrykk nært grenseverdiene for «sannsynlig skade» (SPL > 200 dB re 1 μ Pa). For mer langvarig lydeksponering kan temporære skader opptre for SEL > 180 dB re 1 μ Pa²s, og mer alvorlige (men gjenopprettbare) skader kan opptre over ca. 200 re 1 μ Pa²s [35].

For denne typen skader er spennvidden mye større enn for direkte barometrisk traume, da disse effektene kan gi sekundære skader, da f.eks. vann suges inn i svømmeblæren (spesielt arter med åpen svømmeblære som laks). Dette kan stresse fisken og gjøre at den skifter adferd. Langvarig stress som fisken ikke greier å adaptere seg til gir såkalt tertiær stressrespons og kan medføre større dødelighet som følge av den ekstrabelastningen som lydeksponeringen skaper [36]. Dette er sterkt koblet til repetert eksponering hvilket gjør at en tilsynelatende lav trykkesponering over lang tid kan akkumulere signifikante skader hos fisk. Overstimulans av ørets hårceller eller nerver kan og gi temporær nedsetting av hørselen, men naturlig nok er denne typen av skade meget vanskelig å studere i eksperimenter og observasjoner.

C.4 Overdøving, frykt og stress

Endring av adferd er enklere å fange opp i eksperimenter. Det bør presiseres at adferdsendringer er knyttet til art, bakgrunnsstøy og situasjon for fisken. Generelt kan man si at for trykkpulser under ca. 200 dB re 1 μ Pa kan man ikke påvise skader på fisk fra observasjoner, men adferdsendringer observeres ned til drøyt 150 dB re 1 μ Pa. De fleste eksperimenter observerer at fisken hører lyden som dannes og gjør endringer i retning eller dyp, en refleksrespons. (Både laks og torsk pleier å gå ned mot bunn da de eksponeres for lyd.) Etter noen repetisjoner blir fisken iblant vant til lyden og opphører med sin adferdsendring. Fisk, lukket inn i oppdrettsanlegg, har ikke mulighet til å svømme unna støyen, dette kan medføre økt stress og endret adferd slik at det induseres en sekundær skade.

Andre lydaspekter dreier seg om overdøving av kommunikasjon eller annen adferd der fisken benytter seg av lyd. Torsk grynter ved gyting da hannene hevder seg og viser en aggressiv oppførsel. Disse gryntingene er relativt lavfrekvente og har en kildestyrke rundt SPL = 120–133 dB re 1 μ Pa [37] [38]. Det er sannsynlig at effektene av denne typen lydforstyrrelse, hvis den er utstrakt over lang tid, kan ha innvirkning på selve gytingen og i forlengelsen effektene på populasjonen. Det kan være at hvis driverne er sterke nok bytter fisken habitat.

C.5 Partikkelbevegelse

Den minst kjente måten for fisk å detektere lyd er den som de fleste fiskearter benytter seg av. Partikkelbevegelse og akselerasjon har først de siste 10–15 årene blitt identifisert som kanskje de viktigste delene av hørselssansen for fisk. Generelt omhandler partikkelbevegelse og akselerasjon lavere frekvenser enn det direkte trykksignalet, se

tabell 4 og tabell 5. Her ser man at for de vanligste artene i norske vann, laksefisker, torskfisker og sildefisker følger egenskapene for partikkelbevegelser de samme som for trykkdeteksjon. Sildefisker hører/føler best og deretter torskfisker og sist laksefisker. Regner man om dB-skalaen havner man rundt 0.01–1 mm/s for hastighet og 1–50 mm/s² for akselerasjon. Det er lite forskning på hvilke nivåer som er skadelige for fisker. Regner man om grenseverdien for «sannsynlig skade» for SPL > 200 dB 1μPa (10 kPa) havner man på en partikkelhastighet rundt ca. 6 mm/s og en akselerasjon på 40 mm/s². Det er mest sannsynlig at de mer følsomme artene (torskfisker og sildefisker) har lavere terskel for skade. Det er verdt å notere at for partikkelbevegelse er skaleringen basert på en plan bølge og dette er ikke sant i alle tilfeller. Generelt så gjelder denne approksimasjonen i midten av vannsøylen, men nært bunn skjer ofte en underestimert av partikkelbevegelsen assosiert med akustisk lydforplantning med opptil 10 dB re 1 mm/s [39]. Samme forfatter viser og at spesifikke kilder, f.eks. peling og spunting (som er like linjekilder) har en bølgeforplantning som er meget lik en plan bølge og dermed kan beskrives godt fra ett partikkelbevegelsesperspektiv.

C.6 Effekter på populasjon

Konsekvensene av støy for fiskepopulasjoner er meget uklare. Havet er åpent for flytting mellom ulike habitat, som gjør det vanskelig å påvise at flytting eller atferdsendringer er relaterte til lydbildet. Det kan dog nevnes at dødelighet for egg og larver også uten antropogen påvirkning vanligvis er stor. Derfor hevder mange forskere at forbigående perioder med høy støy eller sterk lydeksposering ikke har så mye å si for selve populasjonen [11] [40]. Det finnes mange steder på jorden med et ekstremt høyt akustisk støynivå der fortsatt mange dyr kommer for å spise eller gyte, til tross at de sliter med både kommunikasjon og temporære skader.

Appendiks D. Terskelverdier

Tabell 3. Terskelverdier for noen vanlige norske fiskearter ved deteksjon av lyd i form av trykk og partikkelbevegelse og partikkelakselerasjon [11, 41].

Type art	Svømmeblære	Trykk dB re 1 μ Pa	Partikkelbevegelse dB re 1 μ m s ⁻¹	Partikkelakselerasjon dB re 1 μ m ² s ⁻⁴
Plattfisk (Pleuronectiformes), Haier og Skater (Chondrichthyes)	-	90 - 130 dB 100 - 1000 Hz	30 - 70 dB (ca. 1 mm/s) 0.1Hz – 200 Hz	30 - 100 dB (30 μ m/s ² - 100 mm/s ²) 0.1-200 Hz
Laks (Salmonidae)	Åpen	95 - 130 dB 30Hz - 400Hz	30 - 70 dB (ca. 1 mm/s) 30 - 300Hz	50 - 100 dB (0.3 - 100 mm/s ²) 30Hz - 300Hz
Hestmakrill (Carangidae)	Lukket	90-110 dB ³⁾ 300Hz-2000Hz		
Torsk (Gadidae)	Lukket	75 - 100 dB 30Hz - 500Hz	10 - 40 dB (ca. 0.01 mm/s) 0.1Hz - 400Hz	10 - 75 dB (0.003 - 5 mm/s ²) 0.1Hz - 400Hz
Sill (Clupeidae)	Åpen - men i tillegg gassfylte organ ved ørene.	70 - 75 dB 30Hz - 5kHz	10 - 20 dB (ca. 0.01 mm/s) 30Hz - 5 kHz	30 - 65 dB (0.03 - 2 mm/s ²) 30Hz - 5 kHz

Tabell 4. Terskelverdier ved kort- og langvarig lydeksponering for marine pattedyr. Lav frekvens svarer til de større bardehvaler og det høye frekvensbandet er representativt for mindre hvalarter, eksempelvis nise.

Art	Frekvensbånd (kHz)	Støytype			
		SPL [dB re 1 μ Pa]		SEL [dB re 1 μ Pa ² s]	
		Ikke vektet		Vektet over 24 timer	
		TTS	PTS	TTS	PTS
Lavt frekvensbånd (LF)	0.2-19	213	219	168	183
Middels frekvensbånd (MF)	8.8-110	224	230	170	185
Høyt frekvensbånd (HF)	12-140	196	202	140	155
Phocids (seldyr)	1.9-30	212	218	170	185

Tabell 5. Terskelverdier ved kort- og langvarig lydeksponering. Verdiene er basert på studier ved sprenging og peling [11] [40] [35] [12]. Spisstrykket (SPL) er angitt i [dB re 1 μ Pa], og lydeksponering (SEL) er angitt i [dB re 1 μ Pa²s].

Type art	Terskel for endret adferd / reaksjon		TTS – Temporær terskelforskyvning		PTS – Permanent terskelforskyvning		Barometrisk trauma / død		Partikkel- bevegelse mm/s
	SPL	SEL	SPL	SEL	SPL	SEL	SPL	SEL	
Uten svømmeblære	153 ⁴⁾ /192 ⁵⁾	-	206	186	213	216	229-234	219	~ 6 ⁶⁾
Fisk med svømme- blære som ikke er en del av hørselsorganet	153/192	-	206	186	207	203	229-234	210	< 6
Fisk med svømme- blære som en del av hørselsorganet	153/189	160	206	173	207	203	229-234	207	< 6
Fiskelarver/egg	-	-	-	-	-	-	217-242	-	13 ⁷⁾
Terskelverdier brukt i denne rapport	190	160	200	180	210	200	220	210	6

³⁾ Ingen data tilgjengelig for Hestmakrill. Data gjelder en mindre slektning: *Trachurus japonicus*.

⁴⁾ Ref: [44] Konvertert fra 150 dB_{rms} re 1 μ Pa

⁵⁾ Ref: [19]

⁶⁾ Basert på TTS 200 dB re 1 μ Pa

⁷⁾ Ref: [45]

NOTAT

Oppdrag	Naturmangfoldvurderinger ved Spro Havn	Dokumentkode	10257640-01-RIM-NOT-002
Emne	Feltrapport undersøkelser av marint naturmangfold	Tilgjengelighet	Åpen
Oppdragsgiver	Spro Havn AS	Oppdragsleder	Guri Sogn Andersen
Kontaktperson	Stian Mørk	Utarbeidet av	Thea Ødegaard
Kopi		Ansvarlig enhet	10101038 Vannmiljø

SAMMENDRAG

Multiconsult Norge AS har på oppdrag fra Spro Havn AS foretatt en undersøkelse av marint naturmangfold utenfor Spro Havn, Nesodden kommune, i forbindelse med ytterligere motfyllinger for å sikre stabilitet av eksisterende molo, og etablering av en småbåthavn innenfor moloen, som følger boligutvikling i området. Området i og rundt planområdet ble undersøkt med hensyn til marint naturmangfold ved hjelp av undervannsdroner. Resultatene fra undersøkelsen er presentert i dette feltnotatet.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med reguleringsendring av planområdet plan-ID: 3212_20100138, datert 23.04.2024, for Spro Havn på Fagerstrand i Nesodden kommune, er Multiconsult Norge AS engasjert av Spro Havn AS for å gjennomføre feltundersøkelser av marint naturmangfold og oppdatere tidligere utarbeidet konsekvensutredning basert på resultater fra undersøkelsen.

Endringene inkluderer ytterligere motfyllinger for stabilisering av eksisterende molo, samt etablering av småbåthavn innenfor moloen. Planendringen stiller krav til avbøtende tiltak i sjø og tilrettelegging for etablering av naturverdier, for å redusere negativt trykk på økosystemet tilknyttet beslaglegning av bunnsubstrat. Multiconsult Norge AS er i den forbindelse engasjert for å utføre feltundersøkelse av marint naturmangfold og kartlegge tap av naturverdier, samt å utarbeide avbøtende tiltak for tilretteleggelse for naturmangfold, blant annet for sukkertare, hummer og fisk.

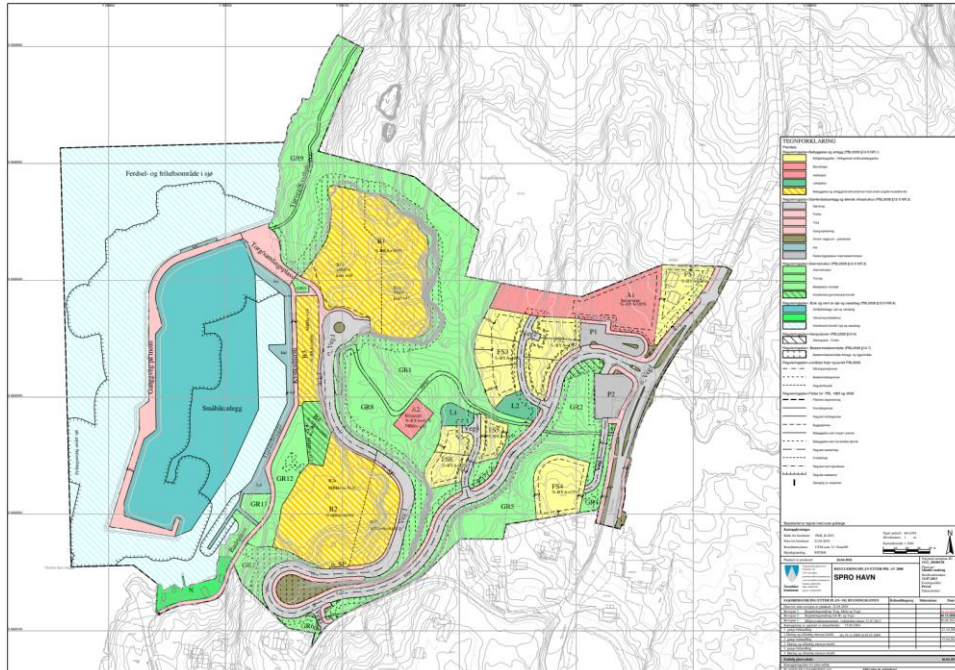
Foreliggende notat inneholder en oppsummering av de viktigste funnene gjort i denne undersøkelsen.

1.2 Beliggenhet og planlagte tiltak

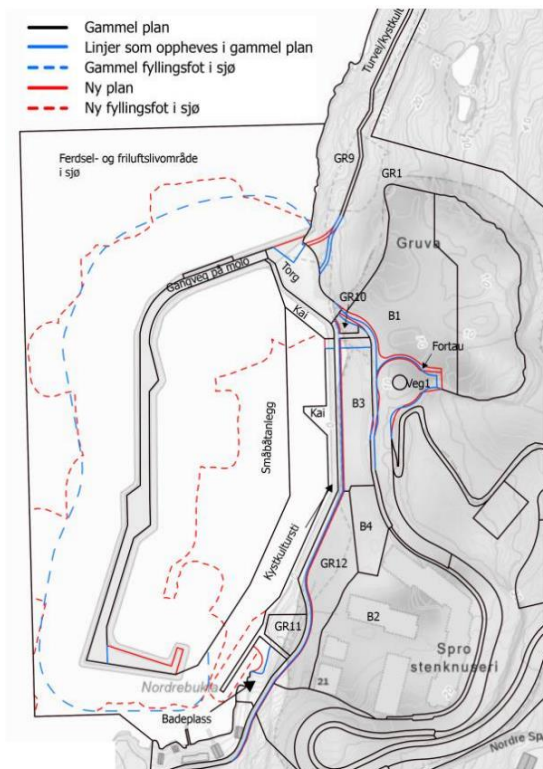
Ifm. geotekniske undersøkelser av eksisterende molo etablert ifm. utbygging av boligfelt Spro Havn i Nesodden kommune, er det behov for ytterligere motfyllinger for å sikre stabilitet av eksisterende molo.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
00	14.06.2024	Feltnotat marint naturmangfold	Thea Ødegaard	Guri Sogn Andersen	Guri Sogn Andersen

Iht. reguleringsendring av planområdet for Spro Havn (plan-ID: 3212_20100138, datert 23.04.2024) skal badeplassen sør for gjestebryggen endres til å inkludere sandstrand og universelt utformet badeanlegg, og utstrekninglinje for molofoten utvides slik at den omfatter nødvendige motfyllinger, som er nødvendige for å stabilisere moloen (Figur 1-1). Nye utfyllinger i forhold til allerede etablert molo er vist i Figur 1-2.



Figur 1-1. Oppdatert plankart datert 23.04.2024



Figur 1-2. Figurer viser endringer av grenser fra gammel til nytt plankart. Stiplede linjer viser utfyllinger under vann. Figur er hentet fra saksfremlegg fra Nesodden kommune Reguleringsendring av områdeplan for Spro Havn plan-ID: 3212_20100138, datert 24.04.2024.

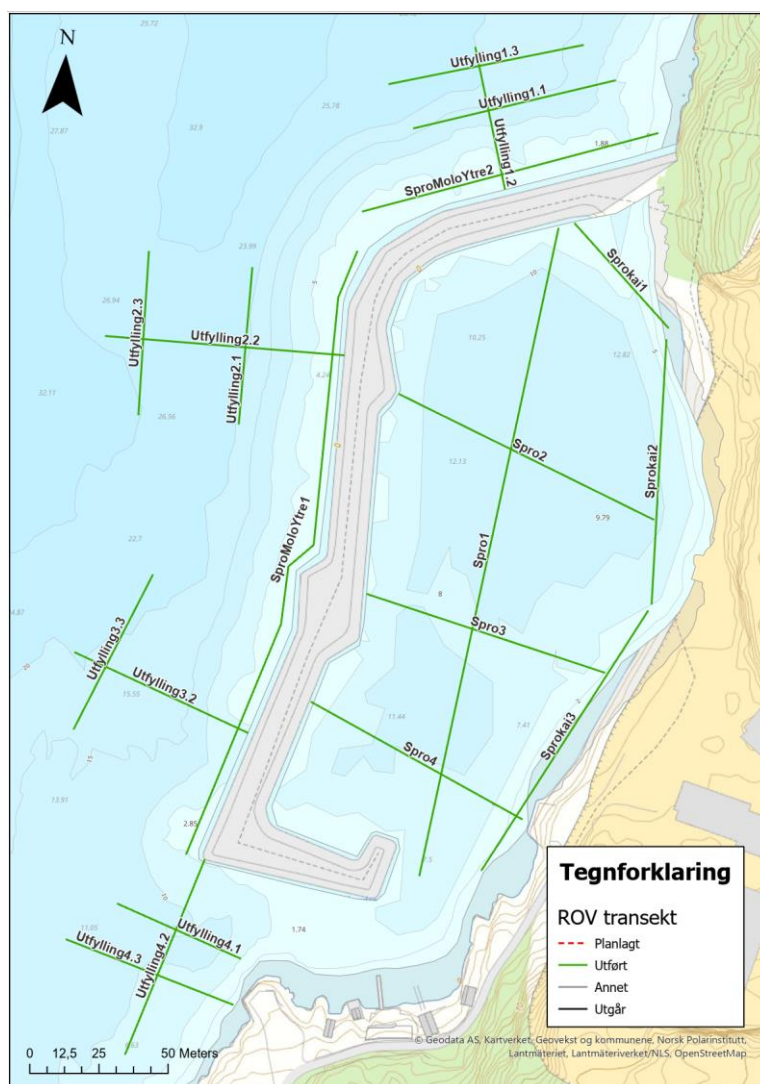
2 Utførte undersøkelser

2.1 Feltarbeid

Feltarbeidet, filming med ROV (BlueROV2 Heavy og Deep Trekker 3 (DTG3) undervannsdroner) ble gjennomført over tre dager, 21.05.2024, 23.05.2024 og 28.05.2024 av Thea Ødegaard fra Multiconsult og Truls Øverland fra Marinereperatørene. Været var sol og blå himmel, men med noen perioder med sterk vind.

Formålet med feltarbeidet var å innhente faktakunnskap om viktige naturtyper i området, samt om det forekommer nøkkelområder eller rødlistede arter som kan påvirkes direkte eller indirekte av tiltakene. Det ble også sett etter fremmede arter som kan spres i forbindelse med tiltaket (1).

Feltarbeidet ble utført etter forhåndsdefinerte transekter, lagt i områder som vurderes å kunne påvirkes av tiltaket, samt inn mot nærliggende områder. Plassering av transekter er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1. Kart over Spro Havn som viser omtrentlig plassering av utførte (grønne) ROV-transekter.

For marin kartlegging etter NiN finnes foreløpig ikke noen konkrete instruks fra myndighetene for hvordan dette skal gjennomføres og beskrives. I denne feltrapporten har vi gjennomført en kartlegging iht. til NIVAs forslag til forvaltningsrelevante marine naturenheter og økologisk kvalitetsvurdering av disse (M-2153 (2) og M-2430 (3)), som favner Miljødirektoratets håndbok 19, internasjonale forpliktelser og koblingen til kartleggingssystemet Natur i Norge (NiN).

3 Resultater

Resultatene er presentert samlet for innsiden av moloen og for hvert område for utfylling utenfor moloen.

3.1 Innenfor moloen

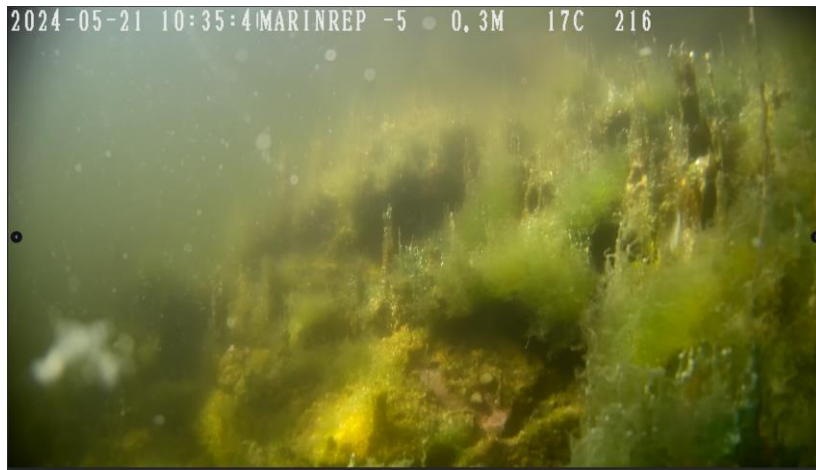
Transektene innenfor moloen (Spro 1-4 og SproKai 1-3) viser relativt like forhold innenfor moloen fordelt på dybde og substrattype. Bunnen består i hovedsak av steinutfylling mot land og molo, mens den «naturlige» sjøbunnen i hovedsak består av mudderbunn. Dybden innenfor moloen varierer noe. Det er to dypere områder, ett i sør og et i nord, med en «rygg» i midten (ved transekt Spro3) (Figur 2-1). Nede i de dypere områdene ble det observert en partikkelsky på omtrent 2-3 meter over bunnen, som ga svært dårlig sikt. I nord var bunnen på omtrent 15 m på det dypeste, mens i sør var de dypeste områdene på omtrent 12 m.

Iht. NiN 3.0 skal **Sterkt endret eller ny marin bunn** tilordnes hovedtypen NA-MM01 inntil det er etablert et økosystem med artssammensetning og dynamikk som ikke skiller seg fra det vi finner på sammenliknbar, lite endret bunn. Det er vurdert at bunnen dannet av steinutfyllingene fra molo og mot land ikke lenger skal tilordnes sterkt endret eller ny marin bunn.

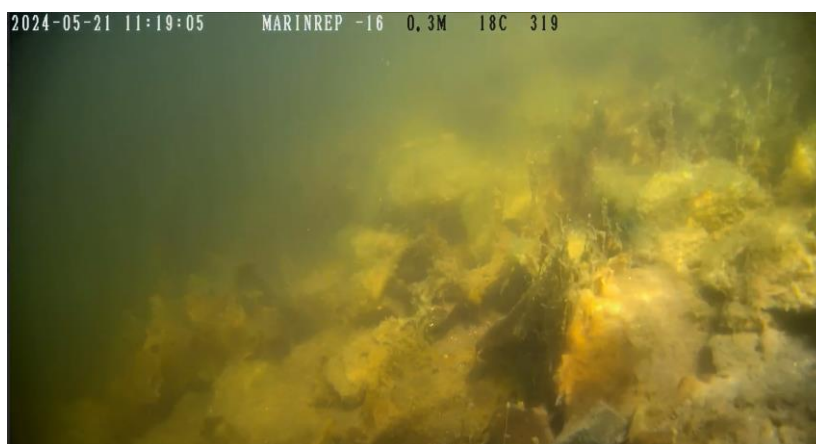
Fra de grunnere områdene mot land og mot molo og nedover til slutten av utfyllingene, er naturtypen i hovedsak kategorisert som hovedtypene NA-MA01 **Fast saltvanns-fjæreltebunn** og NA-MA02 **Eufotisk fast saltvannsbunn**. Området faller innunder naturenhet NE – 3 **Tangsamfunn** etter M-2153 (2) i den øvre delen. Bunnen besto i hovedsak av hardbunn med stein av ulik størrelse, med større mengde tang. Fjæresonen består i hovedsak av grøninalger sterkt påvirket av påvekst av lurv (Figur 3-1, Figur 3-2), rett under er det høyere andel brunalger sterkt påvirket av lurv (Figur 3-3). Den sterke påveksten av lurv og noe dårlig sikt i vannet gjorde artsbestemmelse av makroalgene svært vanskelig. Disse forholdene kan være tegn på høy tilførsel av næringssalter. Det er også observert mindre utbredelse og grunnere av makroalgedekke innerst i moloen i nord enn nærmere innseilingen i sør (Figur 3-4).

I dette området er det observert en del fisk, hovedsakelig leppefisk av artene rødnebb/blåstål (*Labrus mixtus*) og berggyllt (*Acantholabrus pallomi*). Langs land i nordre del ble det også observert et individ av arten tangsprell (*Pholis gunnellus*) (Figur 3-5), og et individ som trolig er en kutlingart.

I de dypere områdene av steinutfyllingen/molofot er det sterk påvekst av lurv direkte på stein med lite makroalger (Figur 3-6). I dette område ble det observert et mindre antall fisk, hovedsakelig leppefisk, trolig berggyllt (*A. pallomi*). Det ble observert noen enkeltforekomster av sukkertare (Figur 3-7), men ikke tett eller i store nok områder til å oppfylle kriteriene for naturtypen sukkertareskog. På de dypere områdene av molofot og ved steiner på bunn som dannet hardt substrat, ble det observert arter som vanlig korstroll (*Asterias rubens*) og sjøanemoner, trolig arten korallnellik (*Protanthea simplex*) (Figur 3-8).



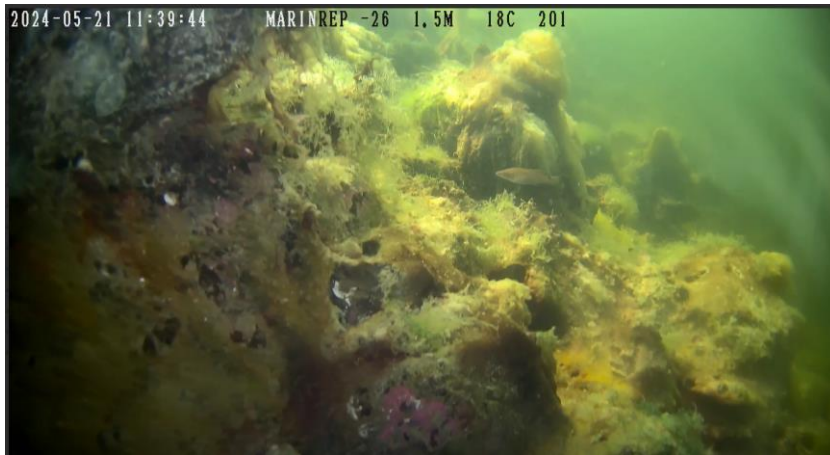
Figur 3-1. ROV-bilde fra transekt Spro3. Grunnere områdene (0,3 m dyp) på molofoten.



Figur 3-2. ROV-bilde fra transekt SproKai1 hel nord langs land innenfor moloen. Overgang mellom Grønnalger og stein dekket av lurv/mudder. Grønnalgebeltet gikk til omtrent 0,4 m dyp, hvor det var en overgang til mindre algedekke, i hovedsak bunn av stein (utfylling) mot land, stein dekket i slam/mudder.



Figur 3-3. ROV-bilde fra transekt Spro3. Molofot med tang/tare vekst, med sterk påvekst av lurv på 2 meters dyp.



Figur 3-4. ROV-bilde fra transekt SproKai3. Steinutfylling langs land i hovedsak dekket av grønne alger, leppefisk trolig arten Rødnebb/blåstål, og skorpedannende rødalge.



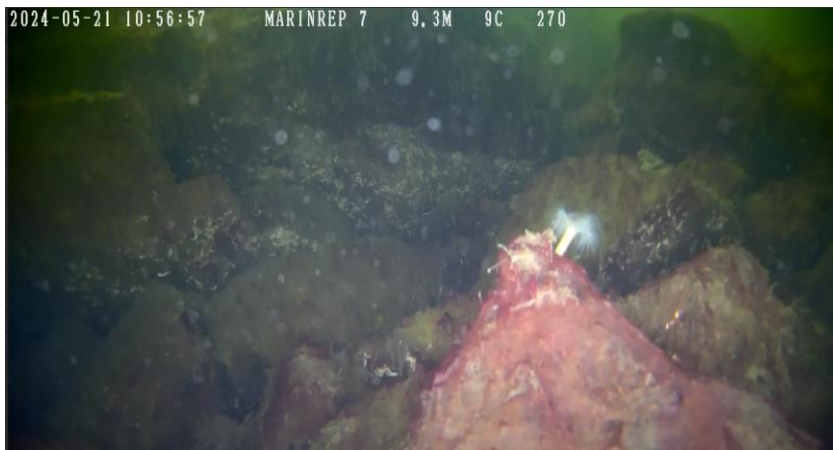
Figur 3-5. ROV-bilde fra transekt SproKai1, nordre del langs land. Observasjon av fiskarten Tangsprell (*Pholis gunnellus*) som ligger på nedre del av molofoten, markert med oransje. Ser overgang fra molofot til mudderbunn med flere større gravehull på omtrent 2,5 meters dybde.



Figur 3-6. ROV-bilde fra transekt Spro3 av molofoten. Steinutfyllingen er dekket av lurv/slam. Det ble observert noen få yngel/småfisk i dette området, men svært lite aktivitet.



Figur 3-7. ROV-bilde fra transekt Spro4 mot molofot i vest. Sterkt påvekst av lurv og et enkelt individ av makroalgen sukkertare.



Figur 3-8. ROV-bilde fra transekt Spro2. Dypere område av molofot viser påvekst av lurv på stein, og sjøanemoner, trolig arten korallnellik (*P. simplex*).

I de dypere områdene innenfor moloen er nedre del av molofoten kategorisert som hovedtype NA-MA03 **Afotisk fast saltvannsbunn** iht. NiN 3.0. Iht. tidligere undersøkelser i indre Oslofjord ligger nedre voksegrenser for alger på omtrent 10-15 meters dyp, men varierer noe spatialt og temporalt (4). På grunn av det høye partikkelinnholdet og observert lysforhold på bunnen, antas det at det ligger mer rundt 10 meter eller grunnere innenfor moloen. Molofoten stopper på 14 meter på det dypeste (transekt Spro2), og noe grunnere i søndre del av moloen (Figur 3-9).



Figur 3-9. ROV-bilde fra transekt Spro4. Overgang fra molofot til mudderbunn på omtrent 11 meters dyp.

I de dypere områdene utenfor molofot/steinutfylling mot land besto bunnen i hovedsak av mudderbunn med gravende megafauna. Det er noe usikkerhet om hvor lys kompensasjonsdypet er innenfor moloen, men vurderes at disse områdene går i NiN 3.0 under hovedtypen NA-MA06 **Afotisk saltvanns-sedimentbunn**, men det er mulig at de grunnere områdene går under hovedtype NA-MA05 **Eufotisk saltvanns-sedimentbunn** dersom de ligger over lys kompensasjonsdypet. Det ble observert både større hull fra gravende megafauna, samt børstemark (Figur 3-10) på omtrent 7-8 meters dyp på «ryggen», og ned til 14 meters dyp i nordre del av moloen (ved transekt Spro2).

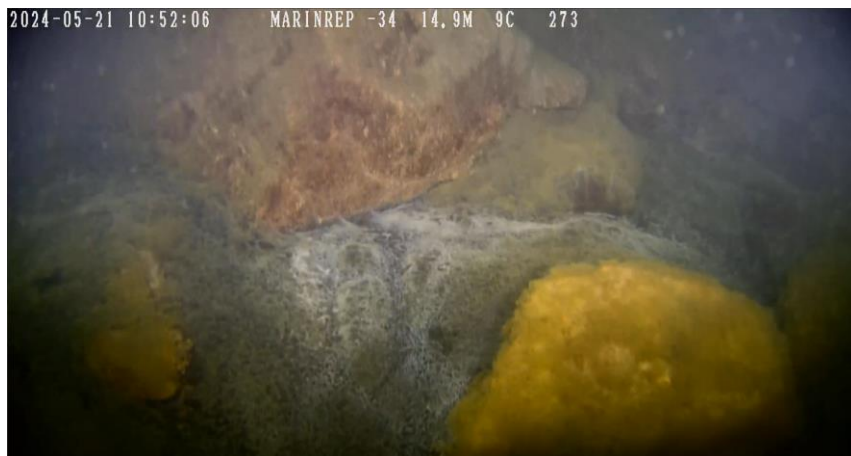


Figur 3-10. ROV-bilde fra transekt Spro3. Mudderbunn med gravehull fra børstemark ca. 3 meter fra land (i øst), og på omtrent 7-8 meters dyp. I bakgrunn er det også større gravehull fra megafauna.

Flere steder på mudderbunnen, spesielt i de dypere områdene innenfor moloen i nord men også i sør, er det observert større områder med bakteriekolonier som kan tyde på anoksiske eller oksygenfattige sedimentforhold (Figur 3-11, Figur 3-12). Disse koloniene er mest utbredt fra 12 meter og dypere. Det ble også observert kolonier av svamp i nærheten av bakteriekoloniene. Det er noe usikkerhet når det kommer til oksygennivåene i bunnsedimentene og hvorvidt dette er en vedvarende tilstand som kan gjøre at disse områdene kan kategoriseres som NiN 3.0 hovedtype NA-MC08 **Marint bunnsystem preget av oksygenmangel**, eller om de vil kategoriseres som NA-MM01 **Sterkt endret eller ny marin bunn**. Dette vil avhenge noe av hvor langt i suksjonen området har kommet etter at moloen ble etablert. Det antas at tilstanden per dags dato vil vedvare, og dermed er eller vil bli marint bunnsystem preget av oksygenmangel.

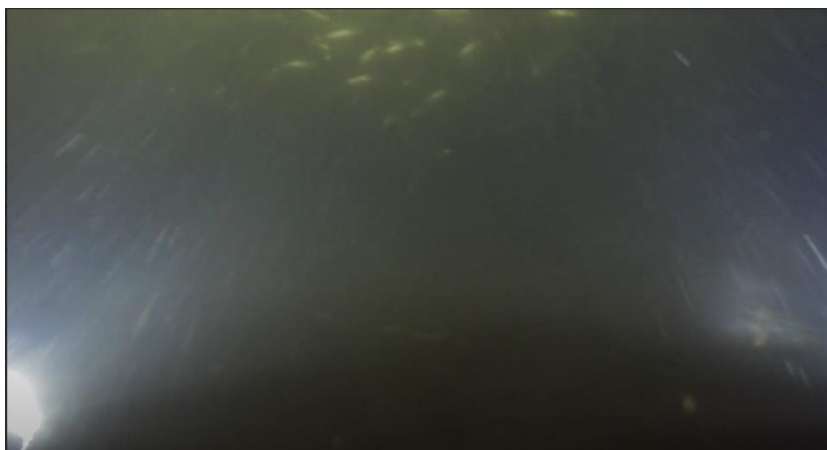


Figur 3-11. ROV-bilder fra transekt Spro4. Mudderbunn som i stor grad er dekket av bakteriekolonier. Dette er tegn på anoksiske forhold i bunnsedimentene. Mulig innslag av svamp.



Figur 3-12. ROV-bilde fra transekt Spro2. Større bakteriekoloni, og en større svampkoloni, trolig arten Brødsvamp (*Halichondria panicea*).

Det ble i de frie vannmassene ved innseilingen observert en større stim av fisk, trolig en makrellstim (Figur 3-13).

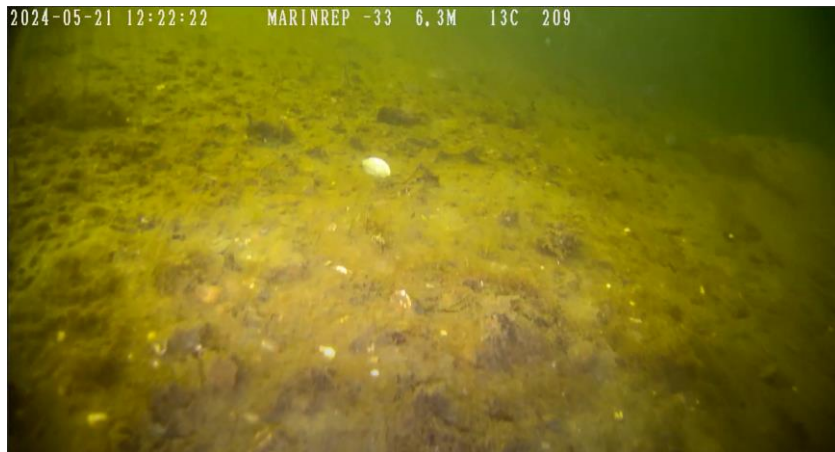


Figur 3-13. ROV-bilde fra transekt Spro3. Fiskestim i de pelagiske vannmassene. Trolig makrellstim, men vanskelig å identifisere art på grunn av dårlig sikt.

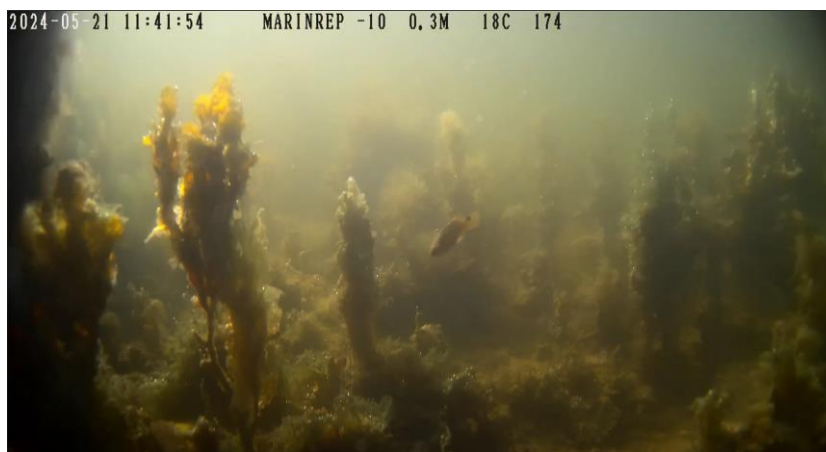
Det er observert en del søppel på den søndre delen innenfor moloen (sør for «ryggen») blant annet stoler, et større antall bildekk og tauverk. Det kan også se ut som om det er et større vrak som ligger på «ryggen» midt i moloen ved transekt Spro3.

3.1.1 Område for strand

Område hvor det er ønske om å etablere strand øst for innseilingen langs land, er hovedtypen mot land NA-MA01 **Fast saltvanns-fjæreltebunn** og NA-MA02 **Eufotisk fast saltvannsbunn**, med en overgang til NA-MA05 **Eufotisk saltvanns-sedimentbunn** på omtrent 3 meters dybde i innseilingen (Figur 3-14). Hardbunnen mot land besto av stein i ulik størrelse med større/høyere forekomster av tang/tare enn ved resten av området langs land (Figur 3-15). Flere steder strakte disse seg nesten opp til overflaten (Figur 3-16). Klyngene av tang/tare hadde tydelig påvekst av lurv. Det ble observert et par individer av leppefisk, arten rødnebb/blåstål (*Labrus mixtus*) (Figur 3-15).



Figur 3-14. ROV-bilde fra bunnen ved innseilingen til moloen i sør. Mudder/sandbunn dekket i lurv/slam, med noen få individer av rødalger.



Figur 3-15. ROV-bilde fra transekt SproKai3 langs land ved steinbryggen. Store forekomster av makroalger med sterk påvirkning av lurv. Observasjon av leppefisk, i bilde arten Bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*).



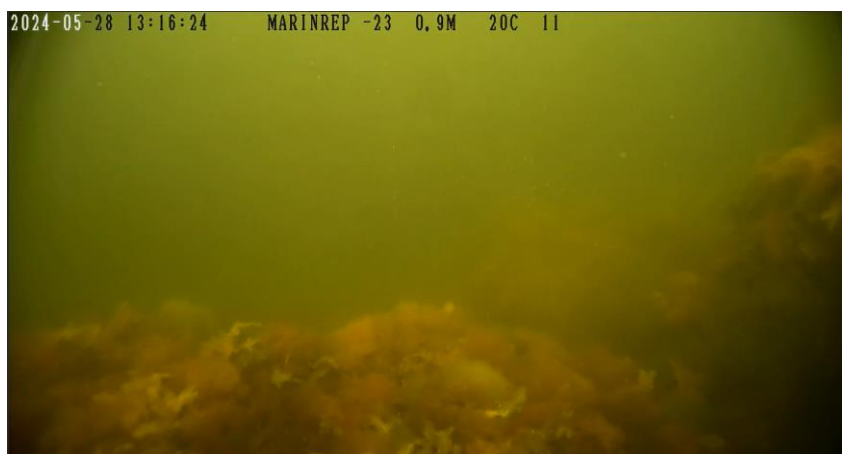
Figur 3-16. Bilde tatt fra båt over området hvor det er ønsket å etablere sandstrand. Forekomst med tang/tare dekket av lurv kan observeres under overflaten.

Det ble ved feltundersøkelser observert flere forekomster av stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) på steinfundamentet for brygge/platting ved innseilingene. Stillehavsøster har fremmedartstatus som svært høy risiko (SE) i Norge.

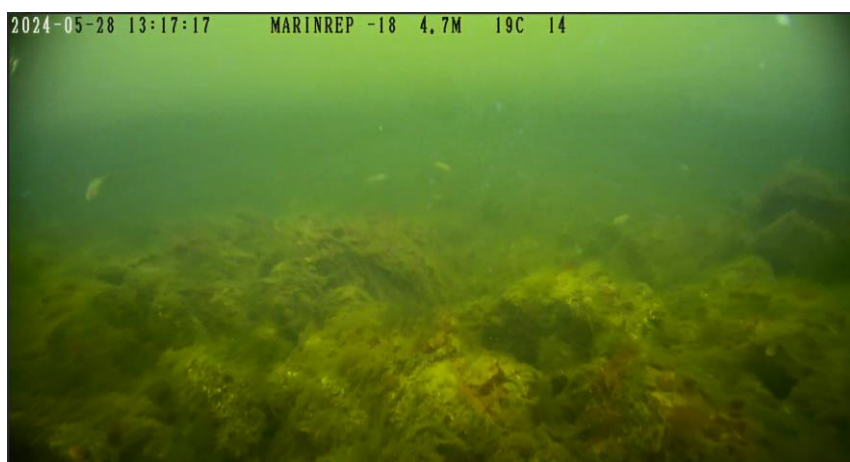
3.2 Utfylling 1 (transekt 1.1, 1.2 og 1.3)

Molofoten i nord faller relativt fort. Det var mye partikler i vannet, og dette ga dårlig sikt. Den øvre delen av molofoten faller innunder naturenhet NE – 3 **Tangsamfunn** etter M-2153 (2). Etter NiN 3.0 er området kategorisert som NA-MA01 **Fast saltvanns-fjæreltebunn** med overgang til hovedtypen NA-MA02 **Eufotisk fast saltvannsbunn**. I de grunnere områdene på molofoten ble det observert dekke av tang/tare, i hovedsak rødalger og sagtang (Figur 3-17). Utenfor mer stein/hardbunn med lurv/slam, en del småfisk, trolig leppefisk observert (Figur 3-18). På nedre del av molofoten var det hovedsakelig flekkvis påvekst av rødalger og sjøpiggsvin (Figur 3-19). I de grunnere områdene ble det observert en større mengde leppefisk av ulike arter, blant annet artene Bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*) og Grønngylt (*Symphodus melops*).

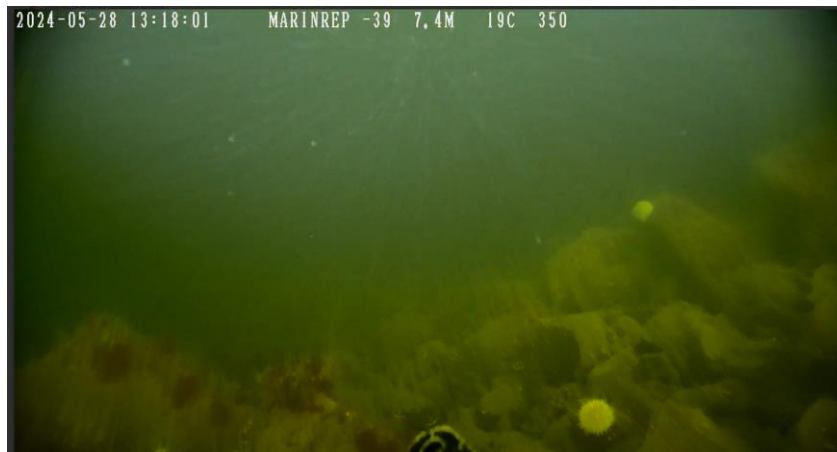
Overgang fra molofot til sand/mudderbunn ved omtrent 13 meters dybde (Figur 3-20). De dypere områdene er kategorisert som NA-MA03 **Afotisk fast saltvannsbunn** (Figur 3-20, Figur 3-21).



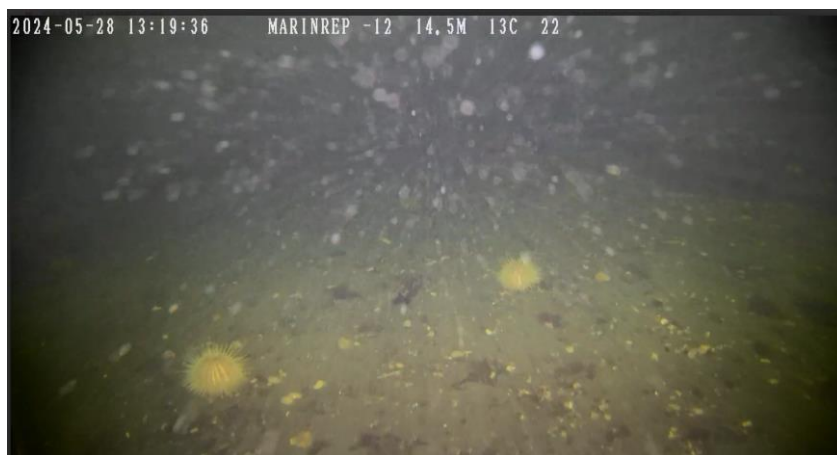
Figur 3-17. ROV-bilde fra transekt Utfylling 1.2. Molofot i vannoverflaten viser steinutryning med dekke av rødalger og sagtang i de grunnere områdene nord for moloen.



Figur 3-18. ROV-bilde fra transekt Utfylling 1.2 viser hardbunn av stein med algepåvekst med stor forekomst av leppefisk.



Figur 3-19. ROV-bilde fra transekt Utfylling1.2, som viser nedre del av molofot. Hardbunn med flekkvis påvekst av rødalger og sjøpiggsvin, trolig arten Langpiggsjøpiggsvin (*Gracilechinus acutus*).

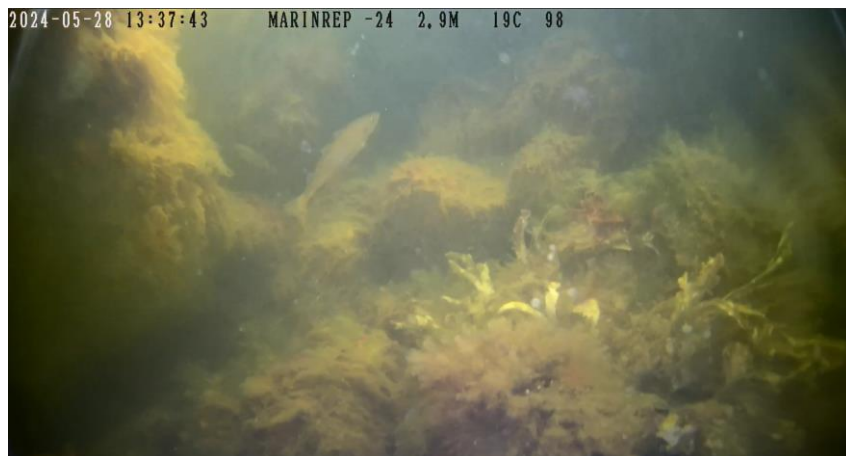


Figur 3-20. ROV-bilde fra transekt Utfylling1.2. Overgang fra molofot til sand/muddebunn er på omtrent 13 meters dyp. Det ble observert flere individer av sjøpiggsvin, trolig arten Langpiggsjøpiggsvin (*Gracilechinus acutus*).



Figur 3-21. ROV-bilde fra transektet Utfylling1.2. Inn mellom sedimentbunnen var det større steiner/fjell med skorpedannende rødalger, et individ av arten Piggkorstroll (*Marthasterias glacialis*), og en eremittkreps (blått).

Det ble også observert torskefisk i de grunnere områdene, trolig arten Lyr (*Pollachius pollachius*) (Figur 3-22), men også i de dypere områdene (Figur 3-23). I de dypere områdene ble det også observert flere individer av Brungylt (*Acantholabrus palloni*) (Figur 3-24).



Figur 3-22. ROV-bilde fra transekt Utfylling1.1. Observasjon av torskefisk i de grunnere områdene av molofoten, trolig arten Lyr (*Pollachius pollachius*).



Figur 3-23. ROV-bilde fra transekt Utfylling1.1. Observasjon av torskefisk i de grunnere områdene av molofoten, trolig arten Lyr (*Pollachius pollachius*).



Figur 3-24. ROV-bilde fra transekt Utfylling1.3 i de dypere områdene. Bunn med steiner som danner substrat for arter som sjøanemoner som korallnelikk (*P. simplex*). Steiner brukes også som gjemmedsted for leppefiskarten brungylt (*Acantholabrus palloni*).

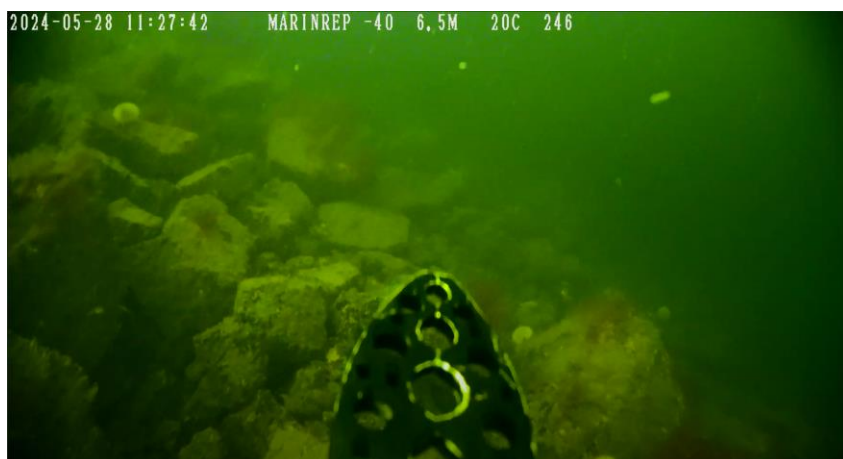
3.3 Utfylling 2 (transekt 2.1, 2.2 og 2.3)

Den øvre delen av molofoten faller innunder naturenhet NE – 3 **Tangsamfunn** etter M-2153 (2). Etter NiN 3.0 er området kategorisert som NA-MA01 **Fast saltvanns-fjæreltebunn** med overgang til hovedtypen NA-MA02 **Eufotisk fast saltvannsbunn** i underkant av fjæreltetet (Figur 3-25), med

mulig grunntype MA02-18 **Moderat til ganske eksponert fastbunn med store hulrom i rødalgebeltet** i de dypere områdene (Figur 3-26). På steine i nedre del av molofoten ble det observasjoner noen få individer av arter som dødmannshånd (*Alcyonium digitatum*) og sjøpiggsvin.

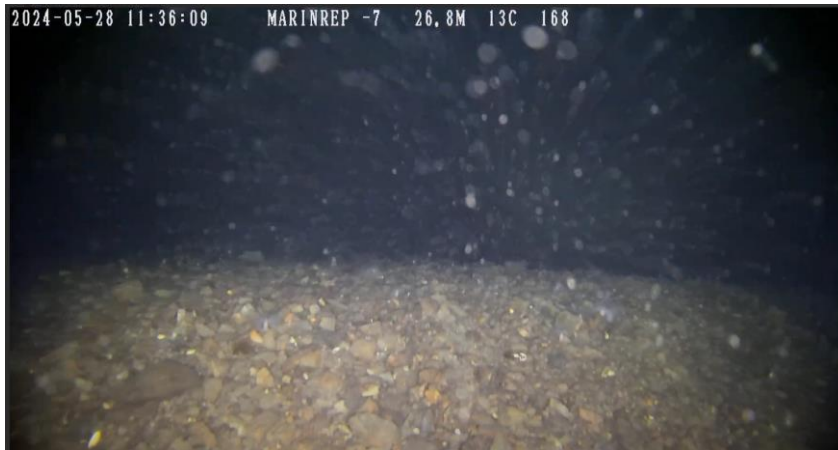


Figur 3-25. ROV-bilde fra transekt Utfylling2.2. Hardbunn dekket av makroalger sterkt påvirket av påvekstalger.



Figur 3-26. ROV-bilde fra transekt Utfylling2.2. Molofot på 6-7 meters dybde. Liten grad av makroalger, men noen få forekomster av rødalger og flere individer av sjøpiggsvin, trolig arten langpiggsjøpiggsvin.

Overgang fra steinmolofot til naturlig bunn er på omtrent 25 meters dyp. Bunnen i de dypere områdene ved utfylling 2 består i hovedsak av NiN 3.0 hovedtypene NA-MA03 **Afotisk fast saltvannsbunn** (Figur 3-27), med større steiner som danner gjemmeder for arter som bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*) (Figur 3-28). Bunnen er i hovedsak dekket av større steiner som antas å være så store at de ikke flyttes av bølger og strøm. Den faste bunnen danner substrat for arter som skorpedannende rødalger, pigghuder som sjøstjerner og kråkeboller, og nesledyr som bløtkorallen dødmannshånd (*A. digitatum*) og sjøanemonen korallnellik (*P. simplex*) (Figur 3-29, Figur 3-30). Det ble også observert fisk, som arten Grønngylt (*Symphodus melops*) (Figur 3-31).



Figur 3-27. ROV-bilde fra transekt Utfylling2.3. Hardbunnen i dybdeintervallet 24-27 meters. Observert sjøanemoner på bunnen, trolig arten korallnellik (*P. simplex*) og et par små korstroll.



Figur 3-28. ROV-bilde fra transekt Utfylling2.3. Observert en leppefisk, trolig arten bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*) som gjemmer seg under en større stein på bunnen.



Figur 3-29. ROV-bilde fra transekt Utfylling2.1. Skorpedannende rødalge, en snegle. Trolig arten stor havsnegl (*Neptunea antiqua*).



Figur 3-30. ROV-bilde fra transekt Utfylling 2.1. Steiner på dypere områder danner substrat for arter som Dødmannshånd (*A. digitatum*), kråkebolle, sjøanemoner, trolig arten korallnellik (*P. simplex*), og kalkkrørsormer.



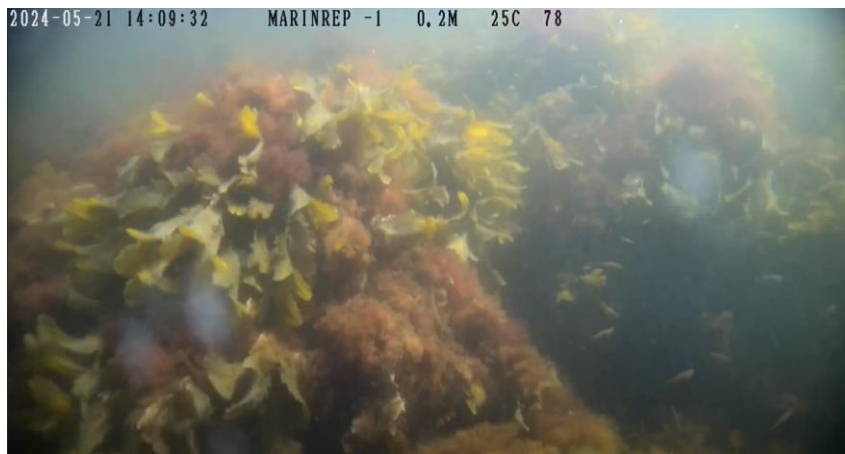
Figur 3-31. ROV-bilde fra transekt Utfylling 2.2. Nedre del av molofoten. Leppefisk, trolig arten grønngylt (*Symphodus melops*).

3.4 Utfylling 3 (transekt 3.2 og 3.3)

Den øvre delen av molofoten faller innunder naturenhet NE – 3 **Tangsamfunn** etter M-2153 (2).

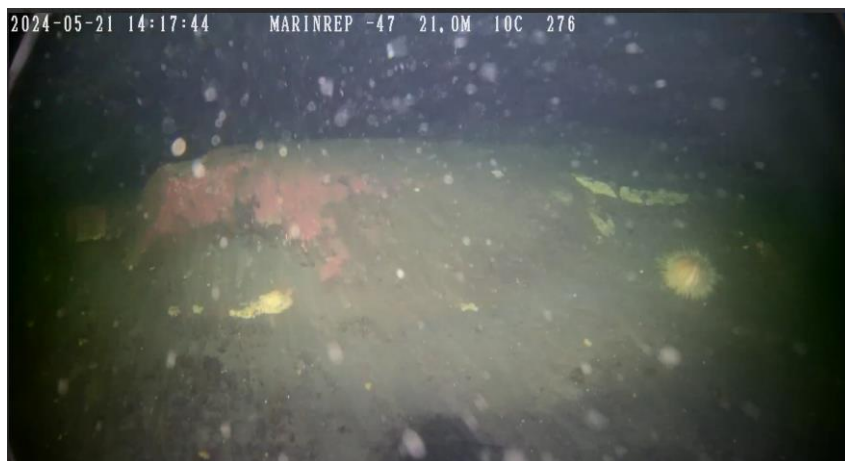
Iht. til NiN 3.0 kategoriseres den øvre delen av molofoten som NA-MA01 **Fast saltvannsfjærebeltedbunn**. I de grunnere områdene mot molo var molofoten i stor grad dekket av alger (brune, grønn og røde) (Figur 3-32). I fjæresonen ble det observert et høyt antall småfisk/ungel. Det var ikke mulig å artsbestemme yngelen fra videoene, men trolig innen berggyltfamilien/leppefisk. I underkant av fjærebeltet er det overgang til hovedtypen NA-MA02 **Eufotisk fast saltvannsbunn**.

Det ble observert store, men spredte individer av sukkertare nedover molofoten fra overflaten ned til i hvert fall 7 meters dypde. Det ble ikke observert store eller tette nok forekomster av sukkertare til å oppfylle kriteriene for naturtypen sukkertareskog.

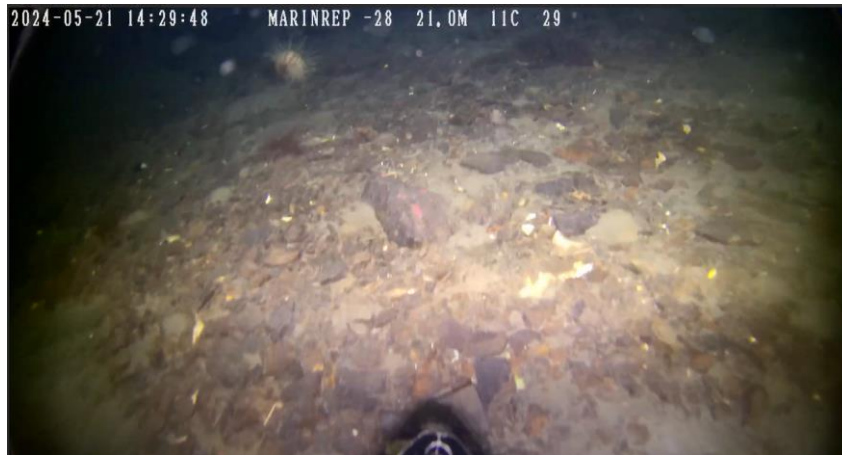


Figur 3-32. ROV-bilde fra transekt Utfylling3.2 inn mot molo. Høyt biologisk mangfold av alger (rødalger, grønnalger og brunalger), samt en større mengde fiskeyngel som ikke er mulig å artsbestemme ut fra ROV-film, men trolig leppefisk-yngel.

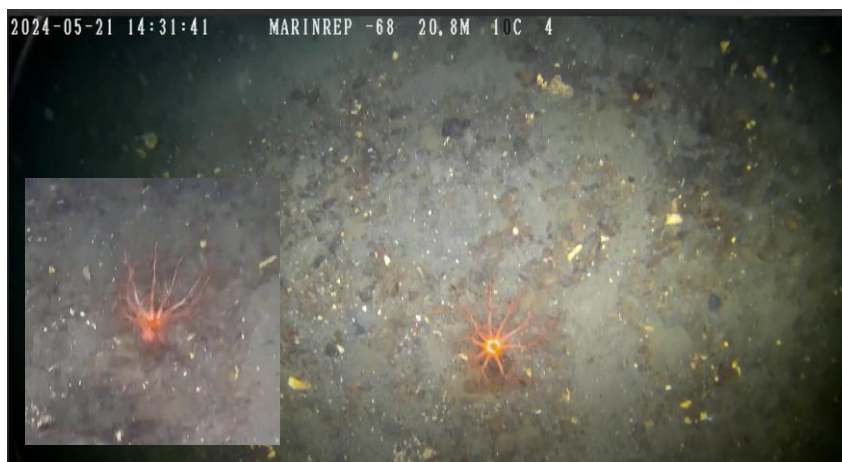
Det kan virke som om bunnen i de dypere områdene veksler mellom NiN 3.0 hovedtypene NA-MA03 **Afotisk fast saltvannsbunn** (Figur 3-33) og NA-MA06 **Afotisk saltvanns-sedimentbunn** (Figur 3-34), da noen områder består av større steiner og fjell, mens andre områder virker å bestå av sand/mudder og har gravende megafauna som sjøpølsearten Rød skjellpølse (*Psolus phantapus*) (Figur 3-35). Steinene og fjell danner substrat for arter som skorpedannende rødalger, og nesledyr som arten Liten sjøgran (*Halecium halecinum*), bløtkorallen dødmannshånd (*A. digitatum*), sjøanemonen korallnellik (*P. simplex*), og bergkorallen begerkorall (*Caryophyllia smithii*) (Figur 3-36, Figur 3-37). Det ble også observert pigghuder som korstroll og kråkeboller, og krabbearten taskekrabbe (*Cancer pagurus*) (Figur 3-38).



Figur 3-33. Bilde fra ROV transekt Utfylling3.2, viser bunnen på omtrent 21 meters dybde. Bunnen besto av veksling mellom hardbunn av fjell og grus, og bløtbunn av sand/mudder. Større steiner/fjell på bunnen var i stor grad dekket av skorpedannende rødalger, og det ble observert arter som sjøpiggsvin, trolig arten Langpiggsjøpiggsvin (*Gracilechinus acutus*).



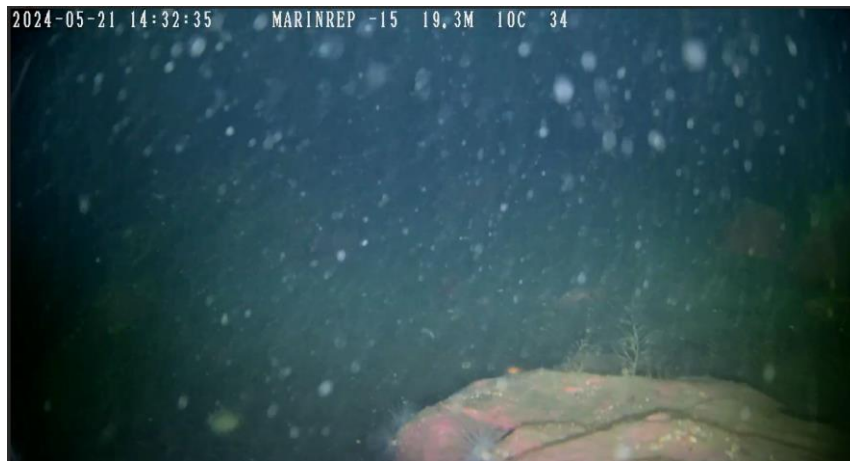
Figur 3-34. ROV-bilde fra transekt Utfylling3.3. Hardbunn av steiner i ulike størrelser med noe sand.



Figur 3-35. ROV-bilde fra transekt Utfylling3.3 som viser et individ av sjøpølsearten Rød skjellpølse (*Psolus phantapus*). Innlimt bilde nede i venstre hjørne viser sideprofil av samme individ.



Figur 3-36. ROV-bilde fra transakt Utfylling3.3. En større stein/fjell som i stor grad er dekket av skorpedannende rødalger, med steinkoraller, trolig arten begerkorall (*Caryophyllia smithii*) og piggkorstroll (*Marthasterias glacialis*).



Figur 3-37. ROV-bilde fra transekt Utfylling3.3, viser toppen av steinen i Figur 3-36. Det ble observert sjøanemoner, trolig arten korallnellik (*P. simplex*) og det som trolig er hydroiden Liten sjøgran (*Halecium halecinum*).

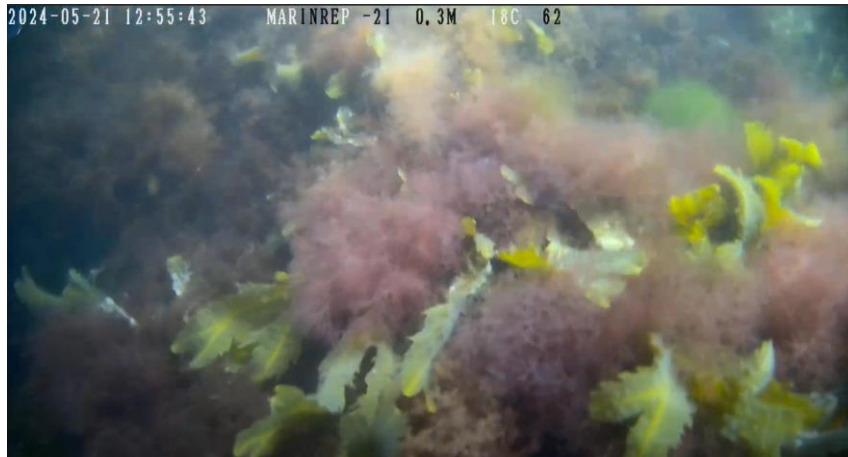


Figur 3-38. ROV-bilde fra transekt Utfylling3.2. Taskekrabbe (*Cancer pagurus*), skorpedannende rødalger, og sjøanemoner, trolig arten korallnellik (*P. simplex*).

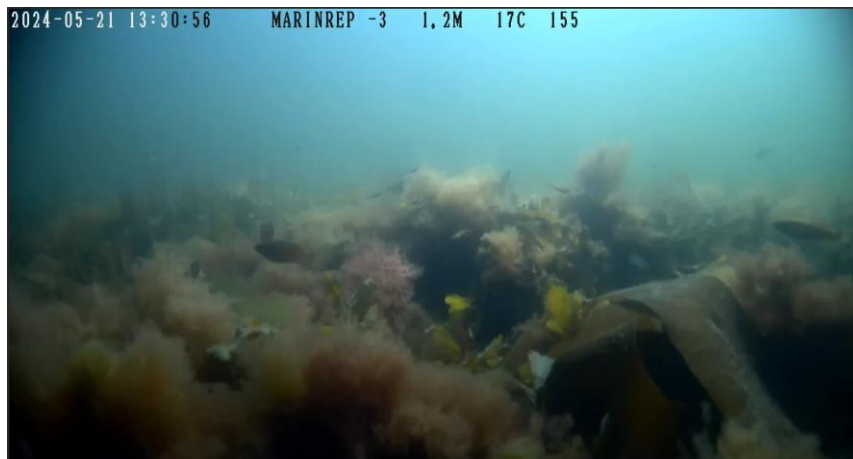
3.5 Utfylling 4 (transekt 4.1, 4.2 og 4.3)

Den øvre delen av molofoten og mot land i øst er kategorisert som NiN 3.0 hovedtype NA-MA01 **Fast saltvanns-fjæreltebunn** (Figur 3-39) og NA-MA02 **Eufotisk fast saltvannsbunn** (Figur 3-40) ned til omtrent 11 meters dyp (Figur 3-41). I de grunnere områdene av molofot og mot land var substratet i stor grad dekket av alger (brune, grønne og røde), men med sterk påvekst av lurv (Figur 3-42). I de grunnere områdene ble det observert et høyt antall småfisk/ungel (Figur 3-40). Det var ikke mulig å artsbestemme yngelen fra videoene, men trolig innen berggyltfamilien/leppefisk.

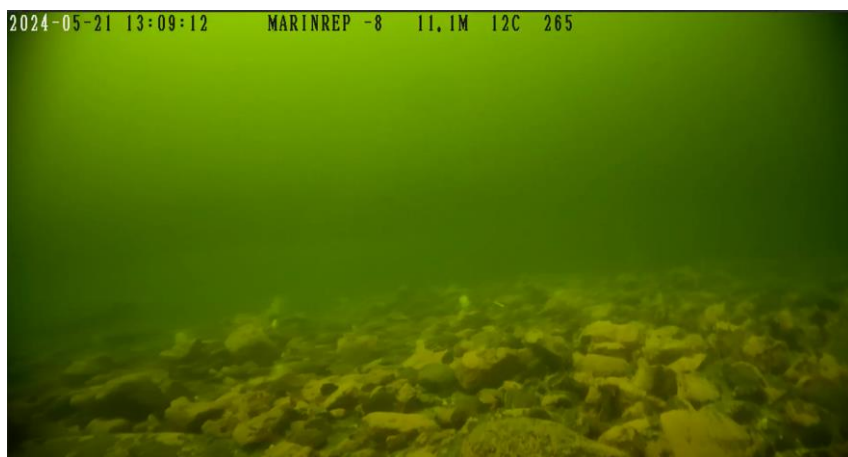
Det er observert flere individer av torskefisk mot moloen, trolig sypike (*Trisopterus minutus*), og leppefisk, trolig arten Grønngylt (*Symphodus melops*). Helt inne mot land ble det observert leppefisk (trolig bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*) og gressgylt (*Centrolabrus exoletus*). Et større individ av berggylt (Figur 3-43).



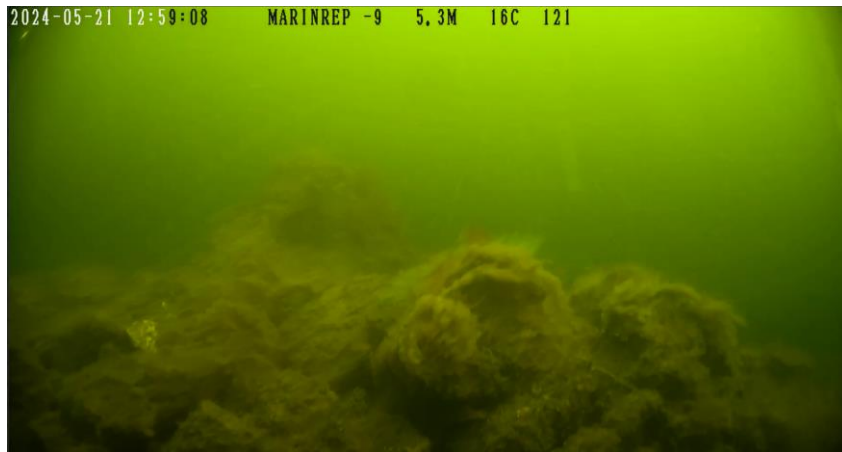
Figur 3-39. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.2 fra de grunne områdene på molofot. Steinbunn som hovedsakelig er dekket av Sagtang og rødalger, mulig Vanlig havdun (*Pterothamnion plumula*).



Figur 3-40. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.3 mot land. Høyt biologisk mangfold Grønne-, brune-, og røde makroalger. Sagtang og sukkertare. Flere fisk som i hovedsak er leppefisk, trolig for det meste arten bergnebb.



Figur 3-41. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.1 fra dypere områder utenfor molofot viser hardbunn av stein.



Figur 3-42. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.1. Steintuffing mot molo. Steinen er dekket av makroalger sterkt påvirket av lurv.



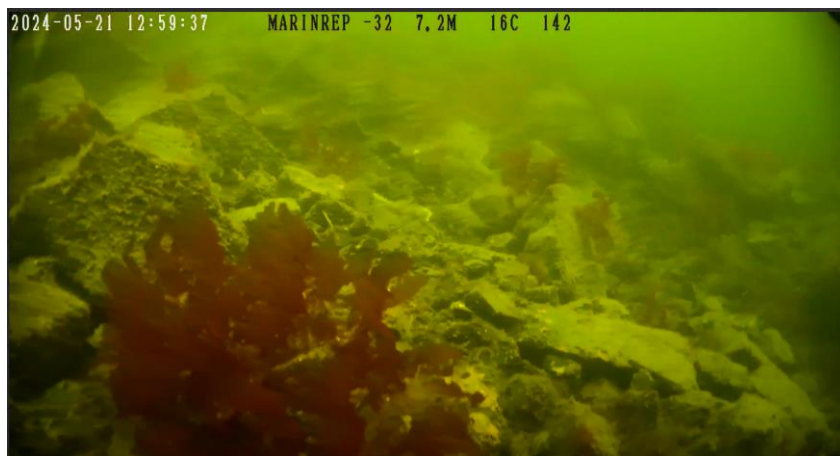
Figur 3-43. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.1 Trolig arten berggyllt (*Labrus bergylta*).

I de dypere områdene fra omtrent 6-9 meter dyp, er substratet i hovedsak dominert av flekkvis forekomster av rødalger (Figur 3-44, Figur 3-45), og kategoriseres som grunntype MA02-18 **Moderat til ganske eksponert fastbunn med store hulrom i rødalgebeltet** etter NiN 3.0. På steine i nedre del av molofoten ble det observert noen få individer av arter som dødmannshånd og sjøpiggsvin. Det er også flere enkeltindivider av sukkertare innenfor hele området for utfylling 4, men ikke i store eller tette nok forekomster til å oppfylle kriteriene for naturtypen sukkertareskog.

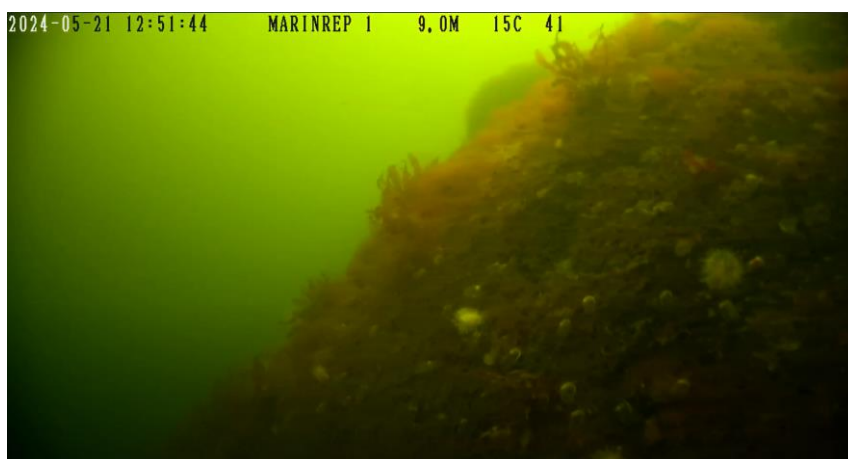
Det er flere større kampesteiner øst for transekt utfylling4.2 (mot land). Steinene hadde forekomster av dødmannshånd, korallnellik, og alger, hovedsakelig sagtang og rødalger (Figur 3-46). Det er observert en større mengde yngel, som tyder på viktige oppvekstområder.



Figur 3-44. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.2. Belte av rødlager på bunnen, fra omtrent 6 til 9 meter. En sukkertare markert med rødt.



Figur 3-45. ROV-bilde fra transekt utfylling4.2. Molofot med flekkvise forekomster av bladformet/opprett rødalger.

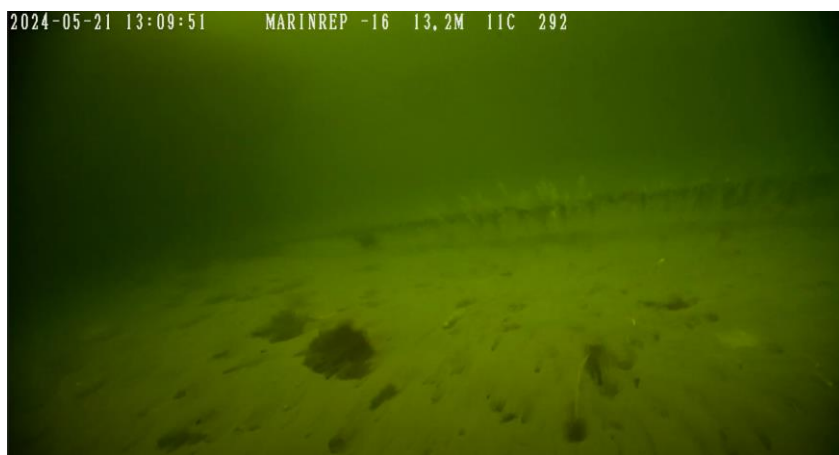


Figur 3-46. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.3. En av flere større steiner mot land. Skaper bunns substrat for dødmannshånd (*A. digitatum*), korallnellik (*P. simplex*), og rødalger.

Ved omtrent 11-12 meters dyp er det en overgang til hovedtype NA-MA05 **Eufotisk saltvanns-sedimentbunn** (Figur 3-47, Figur 3-48). På sedimentbunnen er det spredte steiner som danner substrat for arter som dødmannshånd (Figur 3-49).



Figur 3-47. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.2 fra overgang fra molofot mot naturlig sand/mudderbunn på omtrent 11 m dybde. Flere individer av sukkertare, med påvekst av lurv og mosedyr.



Figur 3-48. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.3 av sedimentbunn. Tauverk med ansamling av sekkedyr.



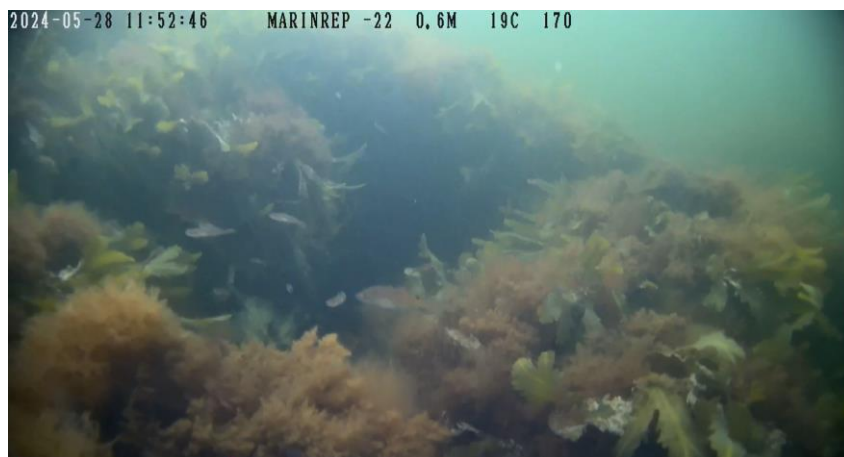
Figur 3-49. ROV-bilde fra transekt Utfylling4.1 av dypere områder med sedimentbunn av grus/sand/mudderbunn med spredte steiner som danner substrat for arter som dødmannshånd.

3.6 SproMoloYtre 1 (vestsiden)

Langs vestsiden av moloen på utsiden faller den øvre delen av molofoten innunder naturenhet NE – 3 **Tangsamfunn** etter M-2153 (2). Etter NiN 3.0 er området kategorisert som NA-MA01 **Fast saltvanns-fjæreltebunn** (Figur 3-50), med overgang til hovedtypen NA-MA02 **Eufotisk fast saltvannsbunn** (Figur 3-51).

Molofoten går ned til omtrent 5 meters dybde, og det vokser alger på steinbunnen ned til omtrent 4-5 meter. Innenfor tangbeltet ble det observert spredte enkeltindivider av sukkertare, men ikke i store nok områder eller tetthet for å bli definert som naturtypen Sukkertareskog.

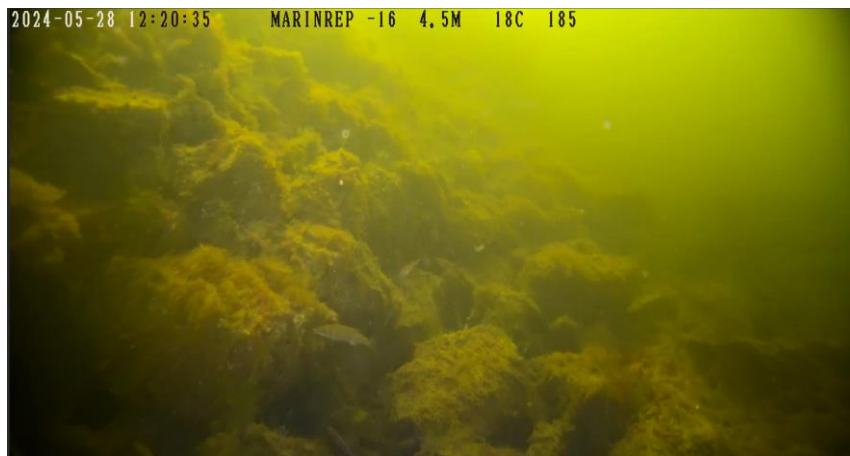
Det ble observert flere arter av fisk langs vestsiden av molofoten. Det ble observert flere arter av leppefisk langs hele vestsiden av moloen (Figur 3-52), blant annet en større mengde fisk av arten Bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*). Det er også observert flere individer av torskefisk langs molofoten mellom omtrent 2 til 6 meters dyp. De fleste ble observert langs nordre del av vestsiden av moloen. Observasjonene er trolig av arten Lyr, men noe vanskelig å se på grunn av dårlig sikt i vannet (Figur 3-53). Det ble også observert det som trolig er et individ av arten lusuer (*Sebastes viviparus*) (Figur 3-54).



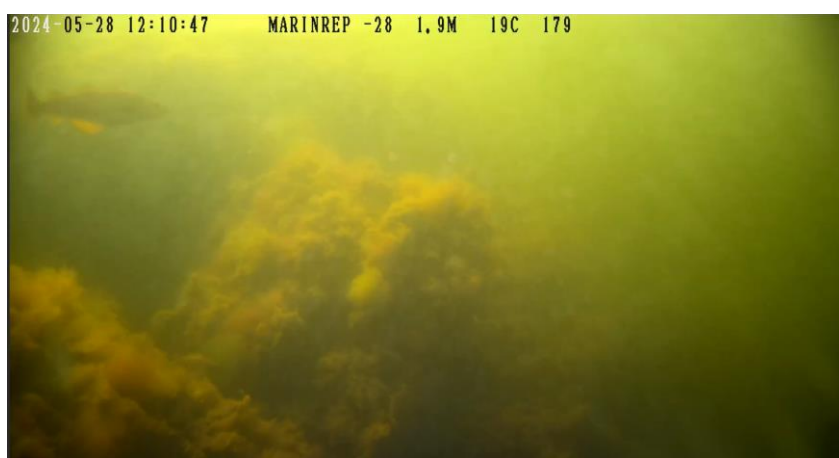
Figur 3-50. ROV-bilde fra transekt SproMoloYtre1. Stim av yngel utenfor nordre del av vestsiden av moloen, trolig yngel av leppefisk, samt et individ av det som trolig er bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*). Molofot danner hardbunn av stein, med makroalgengesamfunn.



Figur 3-51. ROV-bilde fra transekt SproMoloYtre1 av nedre del av tarebeltet med sukkertareforekomster med påvekst av mosdyr.



Figur 3-52. ROV-bilde fra transekt SproMoloYtre1. Søndre del av vestsiden molo, leppefisk som beiter på alger på steinene.



Figur 3-53. ROV-bilde fra transekt SproMoloYtre1. Observasjon av torskefisk omtrent midt på moloens vestside, trolig arten lyr.



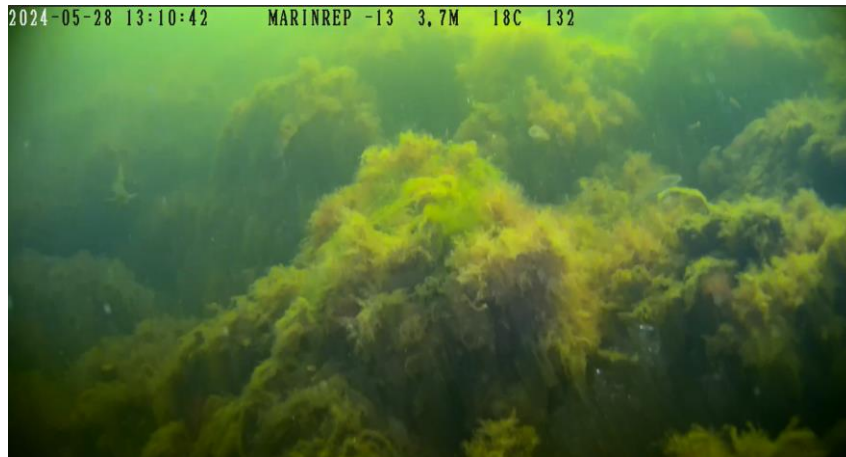
Figur 3-54. ROV-bilde fra transekt SproMoloYtre1. Observasjon av det som trolig er fiskearten lusuer (*Sebastes viviparus*) omtrent midt på vestre side av moloen.

3.7 SproMoloYtre 2 (nordsiden)

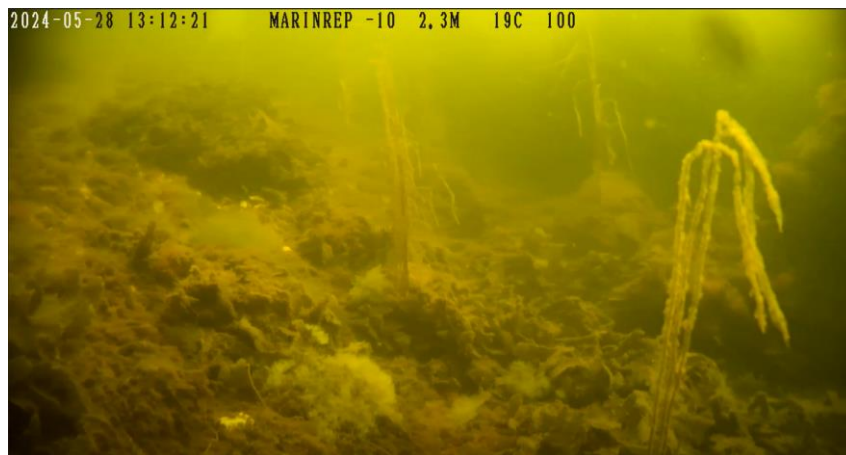
Langs nordsiden av moloen på utsiden faller den øvre delen av molofoten innunder naturenhet NE – 3 **Tangsamfunn** etter M-2153 (2). Etter NiN 3.0 er området kategorisert som NA-MA01 **Fast saltvanns-fjæreltebunn**, med overgang til hovedtypen NA-MA02 **Eufotisk fast saltvannsbunn**.

Langs nordsiden av molofoten på utsiden av moloen, ble det observert hardbunn av stein fra steinutfylling ifm. etablering av moloen. Det var høy påvekst av tang/tare, både grønn, brune og røde (Figur 3-55, Figur 3-56). På grunn av mye partikler og påvekst av lurv, er det vanskelig å artsbestemme makroalgesamfunnene. Det kan virke som om det er sterkest påvekst av lurv i overflaten med noen reduksjon dypere.

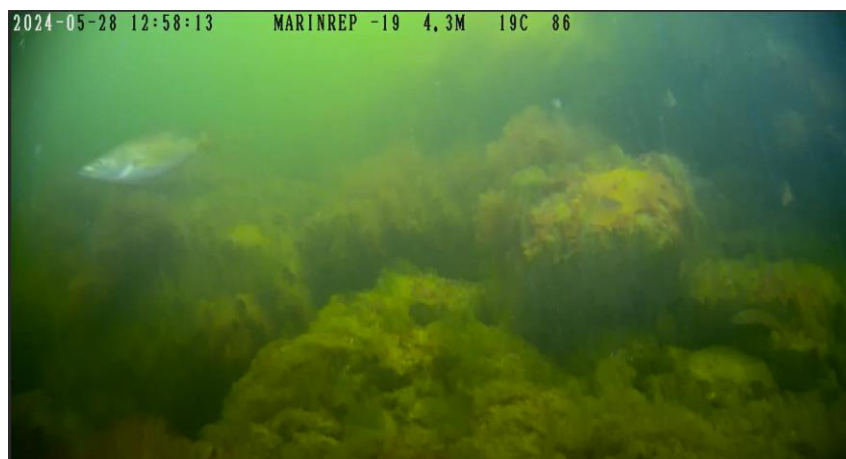
Det ble observert flere arter av fisk, både flere arter av leppefisk, og kjønnsmoden og juvenilt individ av det som trolig er torskefiskarten lyr (*Pollachius pollachius*) (Figur 3-57, Figur 3-58).



Figur 3-55. ROV-bilde fra transekt SproMoloYtre2. Hardbunn med makroalger mot land, med påvekst av lurv.



Figur 3-56. ROV-bilde fra transekt SproMoloYtre2. Hardbunn med makroalger mot land, med påvekst av lurv.



Figur 3-57. ROV-bilde fra transekt SproYtreMolo2. Observasjon av torskefisk, trolig arten lyr (*Pollachius pollachius*).



Figur 3-58. ROV-bilde fra transekt SproYtreMolo2. Observasjon av torskfisk, trolig et juvenilt individ av arten lyr (*Pollachius pollachius*).

4 Referanser

- (1) www.artsdatabanken.no
- (2) Bekkby, T., Rinde E., Oug E., Buhl-Mortensen, P., Elvenes, Thormar, J., S., Dolan, M., Mjelde, M., Gitmark, J., K., Moy, S. K., Schneider, S., Gonzales-Mirelis, G., Systad G., van Son, T. C. 2021. Forslag til forvaltningsrelevante marine naturenheter. Miljødirektoratet, M-2153.
- (3) Bekkby, T., Rinde E., Kvile Ø. K., Brkljacic M. S., Thormar, J., Mjelde, M., Gitmark, J., K., Schneider, S., Oug E., 2022. Forslag til variabler for økologisk kvalitet for lokaliteter av forvaltningsrelevant marin natur. Miljødirektoratet M-2430.
- (4) Staalstrøm, A., Engesmo, A., Andersen, G.S., Gran, S., Borgersen, G., Moy, S., Valestrand, L., Brooks, S., Hylland, K., Holth, T.F. (2021). *Undersøkelser av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord - Årsrapport 2020*. NIVA, ISBN 978-82-577-7386-1.

SØKNADSVEDLEGG

OPPDRAAGSGIVER

Spro Havn AS

VEDLEGG E

Geotekniske vurderinger

Innhold

E1. Geoteknisk datarapport	2
E2. Molo for Nordre Spro Småbåtanlegg	3
E3. Molo for Nodre Spro småbåtanlegg.....	4

Multiconsult

E1. Geoteknisk datarapport

Rapport nr. 712690-2-RIG-RAP-001

RAPPORT

Innseiling Oslo, Spro Havn

OPPDRAKSGIVER

Kystverket

EMNE

Geoteknisk datarapport

DATO / REVISJON: 28. september 2015 / 00

DOKUMENTKODE: 712690-2-RIG-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Innseiling Oslo, Spro Havn	DOKUMENTKODE	712690-2-RIG-RAP-001
EMNE	Geoteknisk datarapport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Kystverket	OPPDRAGSLEDER	Magnus Hagen Brubakk
KONTAKTPERSON	Magnus Rørvik	UTARBEIDET AV	Magnus Hagen Brubakk
KOORDINATER	SONE: UTM32 ØST: 587765 NORD: 6625207	ANSVARLIG ENHET	1012 Oslo Geoteknikk Bygg & Infrastruktur

SAMMENDRAG

Det planlegges etablering av molo i forbindelse med ny småbåthavn ved Spro i Nesodden kommune.

I den forbindelse har Multiconsult utført grunnundersøkelser. Undersøkelsene er utført fra båt innleid fra Arne Rød og Co AS. Foreliggende rapport presenterer data fra utførte undersøkelser.

00	28.09.2015	Utarbeider	MHB	JAF	SteG
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Grunnundersøkelser	5
2.1	Feltundersøkelser	5
2.1.1	Anmerkninger til utførte feltundersøkelser og resultater	5
2.2	Laboratorieundersøkelser	5
3	Topografi og grunnforhold	6
3.1	Områdebeskrivelse	6
3.2	Justering av vanddybde	6
4	Totalsonderinger	8
5	Referanser	8

Bilag

Geoteknisk bilag - Feltundersøkelser

Geoteknisk bilag - Metodestandarder

Geoteknisk bilag - Laboriestandarder

Tegninger

712690-2	1	Borplan
	10	Prøveserie
	20-28	Totalsonderinger
	30-33	CPT
	60	Korngradering

1 Innledning

Det planlegges etablering av molo i forbindelse med ny småbåthavn ved Spro i Nesodden kommune. I den forbindelse har Multiconsult utført grunnundersøkelser. Undersøkelsene er utført fra båt innleid fra Arne Rød og Co AS.

Rapporten presenterer data fra grunnundersøkelsene, og inneholder kun en kort beskrivelse av grunnforholdene.

2 Grunnundersøkelser

2.1 Feltundersøkelser

Feltarbeidene har pågått i perioden uke 35 til 37 høsten 2015 og består av:

- 8 totalsonderinger
- 1 CPT
- 1 prøveserie
- Dybdekartlegging og relativ hardhet.

Totalsonderinger gir informasjon om løsmassenes beskaffenhet og lagringsforhold, samt antatt dybde til berg.

2.1.1 Anmerkninger til utførte feltundersøkelser og resultater

Fartøy ble plassert og fortøyd ut fra oversendte GPS koordinater. Koordinater ble ikke målt inn på nytt etter utførelse og posisjon vurderes å ligge innenfor et avvik på ca. 5m

Det er knyttet noe usikkerhet til registrering av vanddyp ved utførelse av grunnundersøkelser. Dette fordi bløte toppmasser på sjøbunn er utfordrende å registrere ved nedsetting av borstengene. Avviket er imidlertid neglisjerbart.

For totalsondering 5 og 6 var det feil på kraftgiveren på borrhjulet. Ved opptegning er derfor registrert matekraft fjernet. Totalsondering 6 ble kjørt på nytt, da som 6A.

Det ble gjort to forsøk på å penetrere CPT i full løsmasse dybde. Begge forsøkene stoppet i faste masser mellom 3-5m. Resultater fra begge sonderingene er presentert i rapporten.

2.2 Laboratorieundersøkelser

Laboratoriearbeidene bestod av:

- Rutineundersøkelser for opptatt prøveserie
- Kornfordeling av utvalgte prøvestykker

2.3 Dybdekartlegging og relativ hardhet

Resultater fra dybdekartlegging oversendes når resultater foreligger.

3 Topografi og grunnforhold

3.1 Områdebeskrivelse

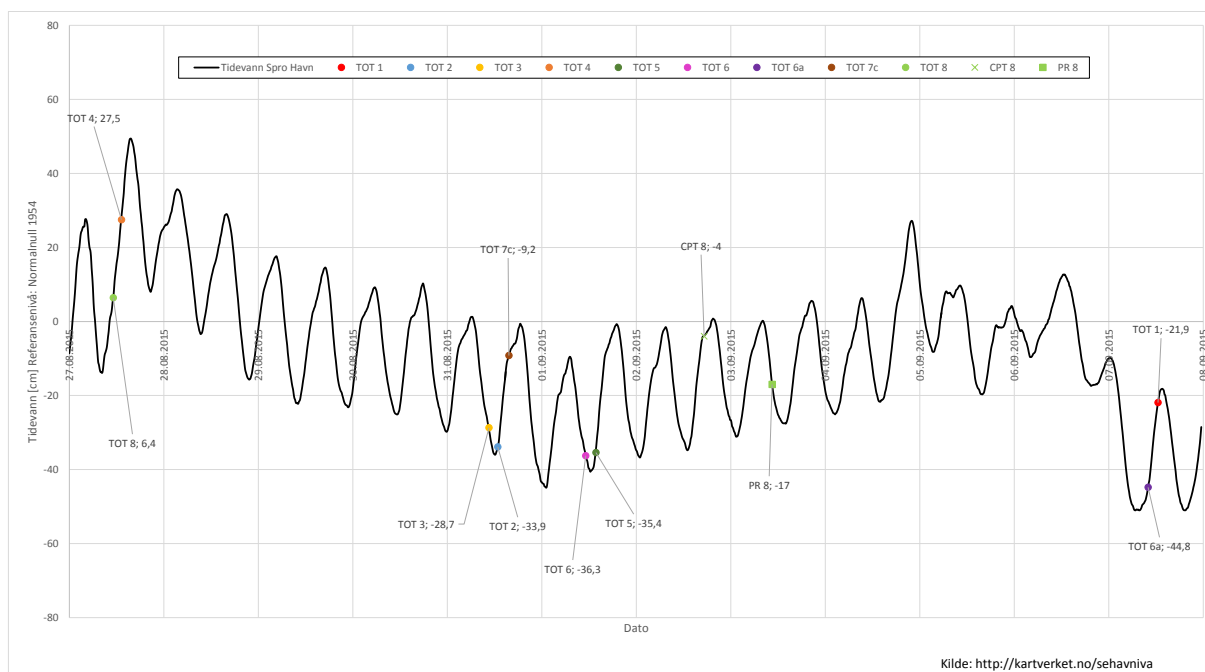
Området som grunnundersøkelsene er utført og ny molo er planlagt, skrår av vestover. Registrerte vanddybder (sjøbunnskoter) varierer fra 12 til 28 meter. Basert på foreliggende kartdata øker sjøbunshelningen ytterligere vestover utførte undersøkelser.

Løsmassemengden varierer fra 0 til 7.7 m i de utførte sonderingene. Resultater fra laboratorieundersøkelsene viser at løsmassene består av bløt siltig leire.

3.2 Justering av vanddybde

Det er foretatt en justering av vanddybde i forhold til tidevannstabellen hentet fra /1/.

Figur 3-1 viser tidevannstabellen for den gitte perioden med tidspunkt for utførelse av de respektive undersøkelsene.



Figur 3-1 Tidevannstabell med tidspunkt for utførelse av grunnundersøkelser

Tabell 1 viser justeringen av vanddybde med tidevannstabell i forhold til registrering av vanddybde i borbok.

Tabell 1 Justering av vanndybder

	Tidspunkt	Tidevann [cm]	Vanndybde i borbok [m]	Kote NN1954 [m]
TOT 1	07.09.2015 12:30	-21,9	27,5	-27,7
TOT 2	31.08.2015 12:50	-33,9	20,7	-21,0
TOT 3	31.08.2015 10:35	-28,7	18	-18,3
TOT 4	27.08.2015 13:15	27,5	14,7	-14,4
TOT 5	01.09.2015 13:45	-35,4	21	-21,4
TOT 6	01.09.2015 11:10	-36,3	18	-18,4
TOT 6a	07.09.2015 10:00	-44,8	17,8	-18,2
TOT 7c	31.08.2015 15:40	-9,2	16,8	-16,9
TOT 8	27.08.2015 11:10	6,4	12	-11,9
CPT 8	02.09.2015 17:15	-4	12,5	-12,5
PR 8	03.09.2015 10:30	-17	-	-

4 Totalsonderinger

Tabell 2 viser sammenstilling av borleders kommentar ved utførelse av totalsonderingene. Vi presiserer at borleders kommentarer er basert på skjønn/vurdering av masstype under boring og kun er veiledende.

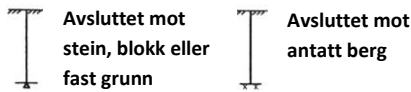
Tabell 2 Totalsonderinger, sammenstilling av borleders kommentarer

Borpunkt	Vanddybder [m]	Boret dybde i løsmasser [m]	Boret dybde i berg [m]	Fra dybde	Til dybde	Borleders kommentar
1	27,7	0,9	0	0 27,7	27,7 28,6	Vann Antatt fjell, Skrens på fjell
2	21,0	0,6	2,0	0 21,0 21,2 21,6	21,0 21,2 21,6 23,6	Vann Silt-leire Stein-morene Fjell
3	18,3	1,7	2,0	0 18,3 19,2 20,0	18,3 19,2 20,0 22,0	Vann Silt-leire Stein-morene Fjell
4	14,4	2,0	2,0	0 14,4 16,4	14,4 16,4 18,4	Vann Silt-leire Fjell
5	21,4	0,4	2,0	0 21,4 21,8	21,4 21,8 23,8	Vann Silt-leire Fjell
6	18,4	2,0	2,0	0 18,4 20,2 20,4	18,4 20,2 20,4 22,4	Vann Silt-leire Stein-morene Fjell
6A	18,2	1,2	0,0	0 18,2 19,4	18,2 19,4 19,4	Vann Silt-leire Antatt fjell, fare for brekkasje
7C	16,9	2,4	1,4	0 16,9 19,3	16,9 19,3 20,7	Vann Silt-leire Fjell
8	11,9	7,7	2,0	0 11,9 16,7 19,6	11,9 16,7 19,6 21,6	Vann Silt-leire Silt-sand-leire Fjell

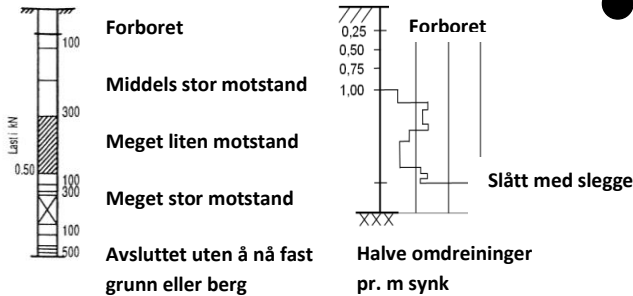
*Alle dybder er justert for tidevann, ref. Tabell 1

5 Referanser

/1/ Tidevannstabell, <http://kartverket.no/sehavniva>

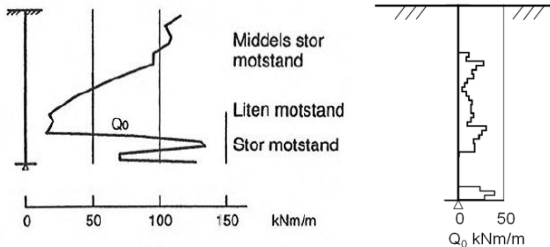


Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



DREIESONDERING (NGF MELDING 3)
Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$ -omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.

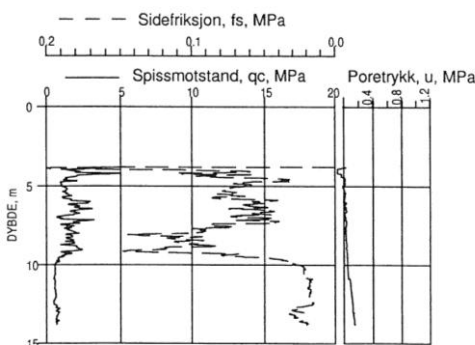
Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrek for hver 100 $\frac{1}{2}$ -omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikalast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.



RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres.

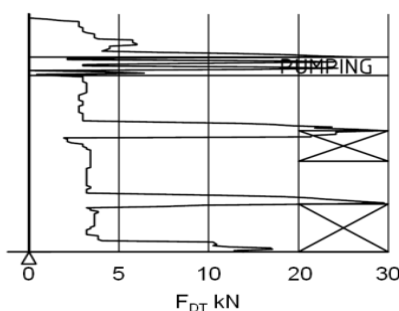
Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming.
 $Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$



TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)

Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand q_c og sidefriksjon f_s kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket u måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene.

Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).

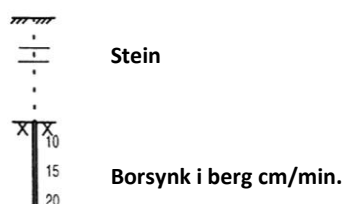


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

Utføres med glatte skjøtbare $\phi 36$ mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.

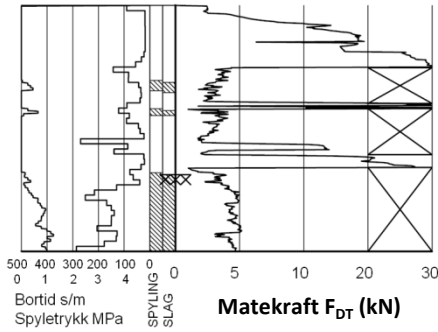
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.



BERGKONTROLLBORING

Utføres med skjøtbare $\phi 45$ mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner. For verifisering av berginntrengning bores 3 m ned i berget, eventuelt med registrering av borsynk for sikker påvisning.



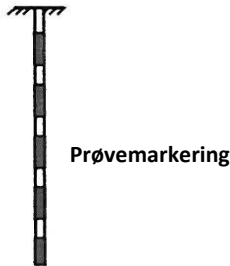
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)

Kombinerer metodene dreietrykkssondering og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm skjøtbare borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykkmodus, og boret presses ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



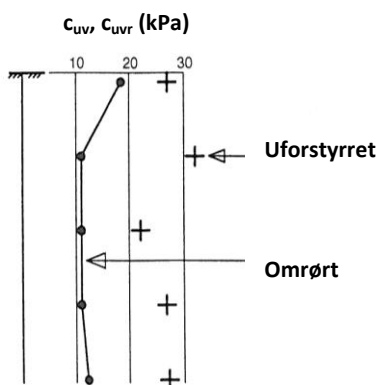
⊙ MASKINELL NAVERBORING

Utføres med hul borstang påsveisert en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er også mulig å benytte enklere håndholdt utstyr som for eksempel skovlprøvetaking.



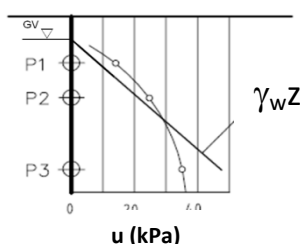
⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde blir prøvesylinderen presset ned mens innerstangen med stempelet holdes i ro. Det skjæres derved ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom $\phi 54$ mm (vanligst) og $\phi 95$ mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere. Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet. Stempelprøvetaking gir vanligvis prøver i Kvalitetsklasse 1-2 for leire.



+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)

Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner $b \times h = 55 \times 110$ mm eller 65×130 mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden rundt vingen når brudd. Det tilhørende dreiemomentet blir registrert. Dette utføres med jorden i uforstyrret ved første gangs brudd og omrørt tilstand etter 25 gjentatte omdreininger av vingekorset. Udrenert skjærfasthet c_{uv} og c_{ur} beregnes ut fra henholdsvis dreiemomentet ved brudd og etter omrøring. Fra dette kan også sensitiviteten $S_t = c_{uv}/c_{ur}$ bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlagingstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



⊖ PORETRYKSMÅLING (NGF MELDING 6)

Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerrør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stige høyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene. Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende norske veiledninger fra NGF (Norsk Geoteknisk Forening), norske standarder (NS) og andre referansedokumenter:

NGF Veiledninger Norske standarder NS	Tema
NGF 1 (1982)	SI Enheter
NGF 2, rev.1 (2012)	Symboler og terminologi
NGF 3, rev. 1 (1989)	Dreiesondering
NGF 4 (1981)	Vingeboring
NGF 5, rev.3 (2010)	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF 6 (1989)	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF 7, rev. 1 (1989)	Dreietrykksondering
NGF 8 (1992)	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF 9 (1994)	Totalsondering
NGF 10, rev.1 (2009)	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF 11 rev.1 (2012) NS-EN ISO 22475-1 (2006)	Prøvetaking
Statens vegvesen Geoteknisk felthåndbok 280 (2010)	Feltundersøkelser

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

Laboratorieundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende norske standarder (NS) og referansedokumenter:

Norske standarder NS	Tema
NS8000 (1982)	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001 (1982)	Støtflytegrense
NS8002 (1982)	Konusflytegrense
NS8003 (1982)	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004 (1982)	Svinngrense
NS8005 (1990)	Kornfordelingsanalyse
NS8010 (1982)	Jord – bestanddeler og struktur
NS8011 (1982)	Densitet
NS8012 (1982)	Korndensitet
NS8013 (1982)	Vanninnhold
NS8014 (1982)	Poretall, porøsitet og metningsgrad
NS8015 (1987)	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016 (1987)	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS8017 (1991)	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018 (1993)	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS14688-1 og -2 (2009)	Klassifisering og identifisering av jord
NS-EN ISO/TS 17892-8 + -9 (2005)	Treaksialforsøk (UU, CU)
Statens vegvesen Håndbok 015 (2005)	Laboratorieundersøkelser

MINERALSKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)

Ved prøveåpning klassifiseres og identifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjoner er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse (mm)	<0,002	0,002-0,063	0,063-2	2-63	63-630	>630

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leire til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

ORGANISKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Benevnelse	Beskrivelse
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet.
• <i>Fibrig torv</i>	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke.
• <i>Delvis fibrig torv, mellomtorv</i>	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene.
• <i>Amorf torv, svarttorv</i>	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens.
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler.
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold.
Mold og matjord	Sterkt omvandlet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget.

SKJÆRFASTHET

Skjærfastheten uttrykkes ved jordens skjærfasthetsparametre a, c, ϕ (tan ϕ) (effektivspenningsanalyse) eller c_u (c_{uA} , c_{uD} , c_{uP}) (totalspenningsanalyse).

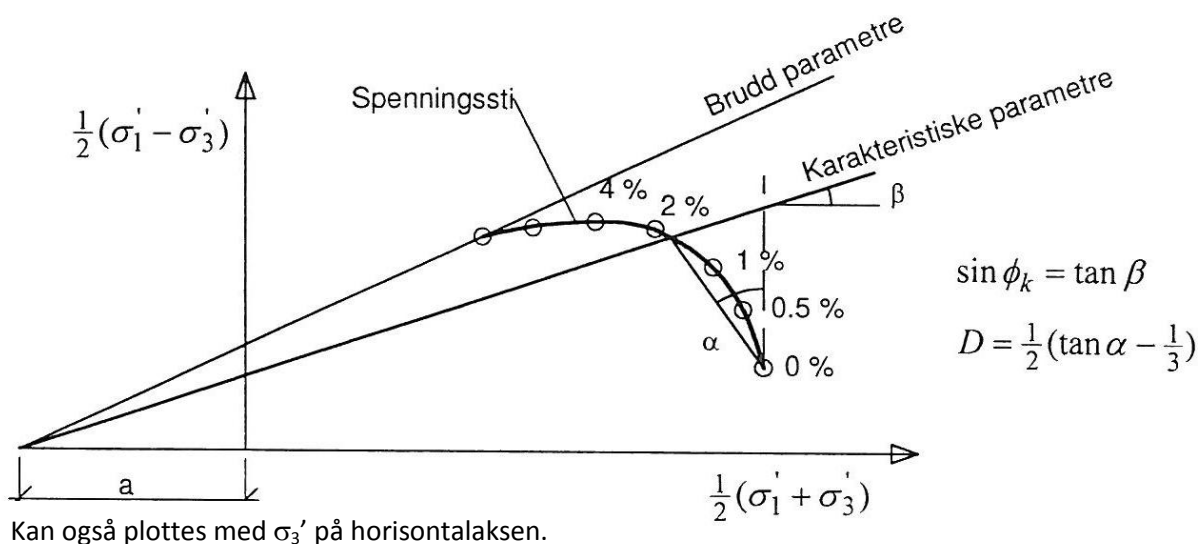
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a, c, ϕ (tan ϕ) (kPa, kPa, °, (-))

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon), tan ϕ (friksjon) og eventuelt $c = a \tan \phi$ (kohesjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyingsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

For korttids effektivspenningsanalyse kan også poretrykkparametrene A, B og D bestemmes fra forsøksresultatene.

Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærfasthet, c_u (kPa)

Udrenert skjærfasthet bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen. Denne skjærfastheten representerer en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{ut}) (NS8016), konusforsøk (c_{ukr} , c_{ukr}) (NS8015), udrenerte treaksialforsøk (c_{uA} , c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykkmåling (CPTU) (c_{ucptu}) eller vingebor (c_{uv} , c_{ur}).



SENSITIVITET S_t (-)

Sensitiviteten $S_t = c_u/c_r$ uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet (NS 8015) eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet c_r ($s_r < 0,5$ kPa), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

VANNINNHOLD (w %) (NS 8013)

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff i massen og bestemmes fra tørking av en jordprøve ved 110°C i 24 timer.

KONSISTENSGRENSER – FLYTEGRENSE (w_l %) OG PLASTISITETSGRENSE (w_p %) (NS 8002 & 8003)

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisiteten $I_p = w_l - w_p$ (%) angir det plastiske området for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

DENSITETER (NS 8011 & 8012)

Densitet (ρ , g/cm ³)	Masse av prøve pr. volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del.
Korndensitet (ρ_s , g/cm ³)	Masse av fast stoff pr. volumenhet fast stoff
Tørr densitet (ρ_d , g/cm ³)	Masse av tørt stoff pr. volumenhet

TYNGDETETHETER

Tyngdetetthet (γ , kN/m ³)	Tyngde av prøve pr. volumenhet ($\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$, der $g = 10 \text{ m/s}^2$)
Spesifikk tyngdetetthet (γ_s , kN/m ³)	Tyngde av fast stoff pr. volumenhet fast stoff ($\gamma_s = \rho_s g$)
Tørr tyngdetetthet (γ_d , kN/m ³)	Tyngde av tørt stoff pr. volumenhet ($\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$)

PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

Poretall e (-)	Volum av porer dividert med volum fast stoff ($e = n/(100-n)$) der n er porøsitet (%)
Porøsitet n (%)	Volum av porer i % av totalt volum av prøven

KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter $d > 0,063 \text{ mm}$. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved setningsberegning og bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon og belastes vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last. Sammenhengende verdier for last og deformasjon (tøyning ϵ) registreres, og materialets deformasjonsmodul (stivhet) kan beregnes som $M = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon$. Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen σ' . Deformasjonsmodulen viser en systematisk oppførsel for ulike jordarter og spenningstilstander, og oppførselen kan hensiktsmessig beskrives med modulfunksjoner og inndeles i tre modeller:

Modell	Moduluttrykk	Jordart - spenningsområde
Konstant modul	$M = m_{oc}\sigma_a$	OC leire, $\sigma' < \sigma'_c$ (σ'_c = prekonsolideringsspenningen)
Lineært økende modul	$M = m(\sigma'(\pm \sigma_r))$	Leire, fin silt, $\sigma' > \sigma'_c$
Parabolisk økende modul	$M = m\sqrt{\sigma'\sigma_a}$	Sand, grov silt, $\sigma' > \sigma'_c$

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

Permeabiliteten defineres som den vannmengden q som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng: $q = kiA$, der A er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og i = hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_r som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

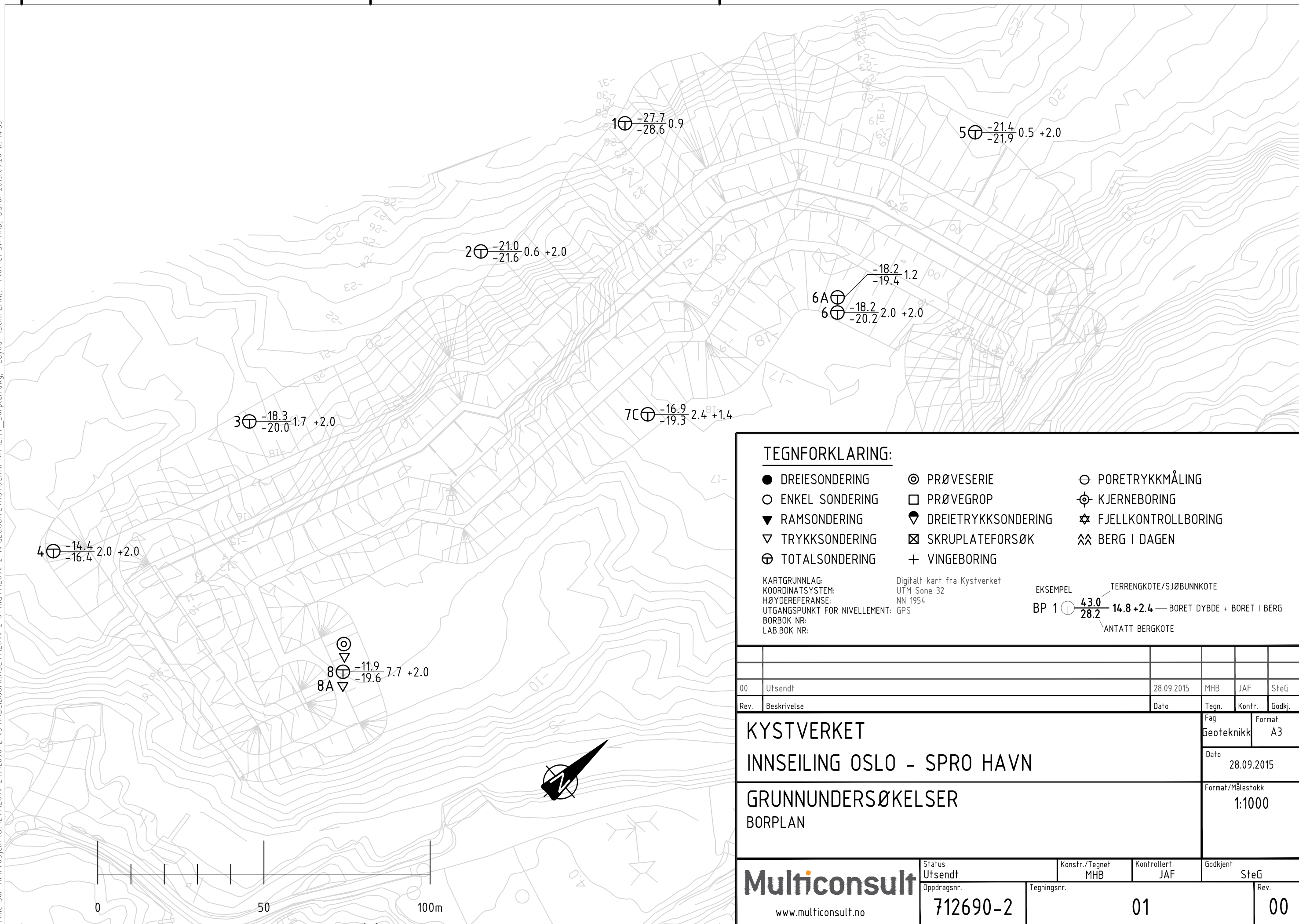
TELEFARLIGHET

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stighøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig).

HUMUSINNHOLD

Humusinnholdet bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse). Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala. Andre metoder, som glødning av jordprøve i varmeovn og våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd, kan også benyttes.

\\mc-sor-fil\Prosjekt\0712\712690-2\712690-2-03 ARBEIDSMÅL\712690-2-01 RIG\712690-2-10 GEOSUITE\AUTOGRAF\RIT\LAY_Borplan.dwg - Layout: (BORPLAN) - Plottet av: mhb, Dato: 2015.09.28 kl 14.53



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊠ FJELLKONTROLLBORING
- ⊠ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra Kystverket
 KOORDINATSYSTEM: UTM Sone 32
 HØYDEREFERANSE: NN 1954
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS
 BORBOK NR:
 LAB.BOK NR:

EKSEMPEL TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 BP 1 ⊕ $\frac{43.0}{28.2}$ 14.8 + 2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

00	Utsendt	28.09.2015	MHB	JAF	SteG
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
KYSTVERKET INNSEILING OSLO - SPRO HAVN GRUNNUNDERSØKELSER BORPLAN			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3	
			Dato	28.09.2015	
			Format/Målestokk: 1:1000		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Utsendt	MHB	JAF	SteG
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		712690-2	01	00	

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold Konsistensgrenser (%)					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					S _t (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
1	LEIRE, siltig enk. gruskorn. bløte lommer. foto	K	K						1.87	52							5
2	LEIRE, siltig, sandig m/enk. bløte lommer	K	K						1.98	44							2
3	LEIRE, siltig m/sand og grus	K	K						2.10	38							2
4	Øvre 20cm: SANDm enk.gruskorn 1cm leirelag, noe fritt vann. Nederst:SAND, siltig, leirig, grusig stopp mot fast	K	K						2.24	28							
5																	

Symboler



Enaksialforsøk (strek angir deformasjon (%) ved brudd)

○ Vanninnhold
 ┌ Plastisitetsindeks, I_p

▼ Omrørt konus
 ▽ Uomrørt konus

ρ = Densitet
 S_t = Sensitivitet

T = Treksialforsøk
 Ø = Ødometerforsøk
 K = Korngradering

ρ_s : 2.75 g/cm³
 Grunnvannstand: m
 Borrbok:
 Lab-bok: Digital

PRØVESERIE

Borhull:

8

KYSTVERKET

Innseiling Oslo, Spro havn

Dato:

2015-09-17

Multiconsult
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:
 RHS

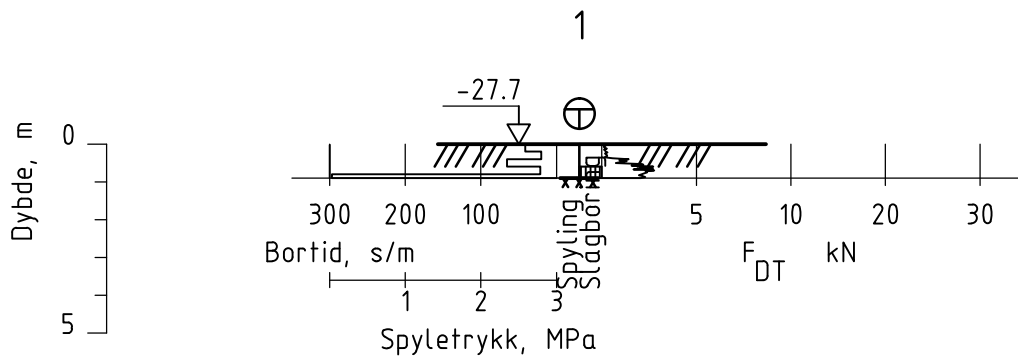
Oppdragsnummer:
 712690-2

Kontrollert:
 GEO

Tegningsnr.:
 10

Godkjent:
 MHB

Rev nr.:
 00



Dato boret :07.09.2015

Posisjon: X 6626383.00 Y 588895.00

TOTALSONDERING

Dato
28.09.2015

KYSTVERKET
INNSEILING OSLO, SPRO HAVN

Format/Målestokk:
1:200

Multiconsult

www.multiconsult.no

Fag
GEOTEKNIKK

Konstr./Tegnet
MHB

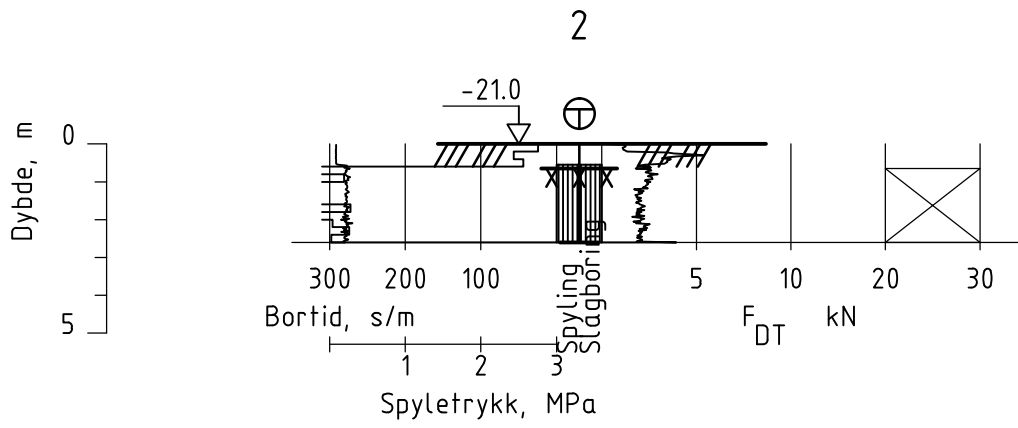
Kontrollert
JAF

Godkjent
SteG

Oppdragsnr.
712690-2

Tegningsnr.
20

Rev.
00



Dato boret :31.08.2015

Posisjon: X 6626325.00 Y 588895.00

TOTALSONDERING

Dato
28.09.2015

KYSTVERKET
INNSEILING OSLO, SPRO HAVN

Format/Målestokk:
1:200

Multiconsult

www.multiconsult.no

Fag
GEOTEKNIKK

Konstr./Tegnet
MHB

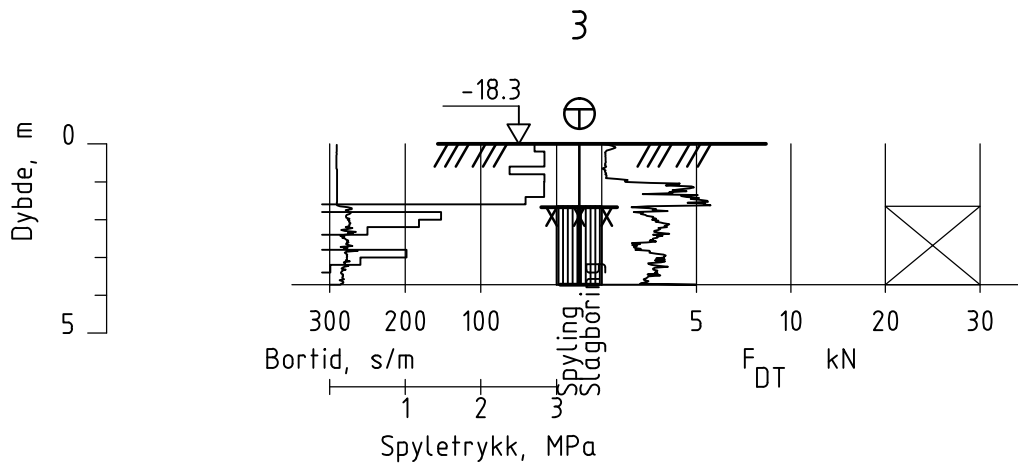
Kontrollert
JAF

Godkjent
SteG

Oppdragsnr.
712690-2

Tegningsnr.
21

Rev.
00



Dato boret :31.08.2015

Posisjon: X 6626239.00 Y 588887.00

TOTALSONDERING

Dato
28.09.2015

KYSTVERKET
INNSEILING OSLO, SPRO HAVN

Format/Målestokk:
1:200

Multiconsult

www.multiconsult.no

Fag
GEOTEKNIKK

Konstr./Tegnet
MHB

Kontrollert
JAF

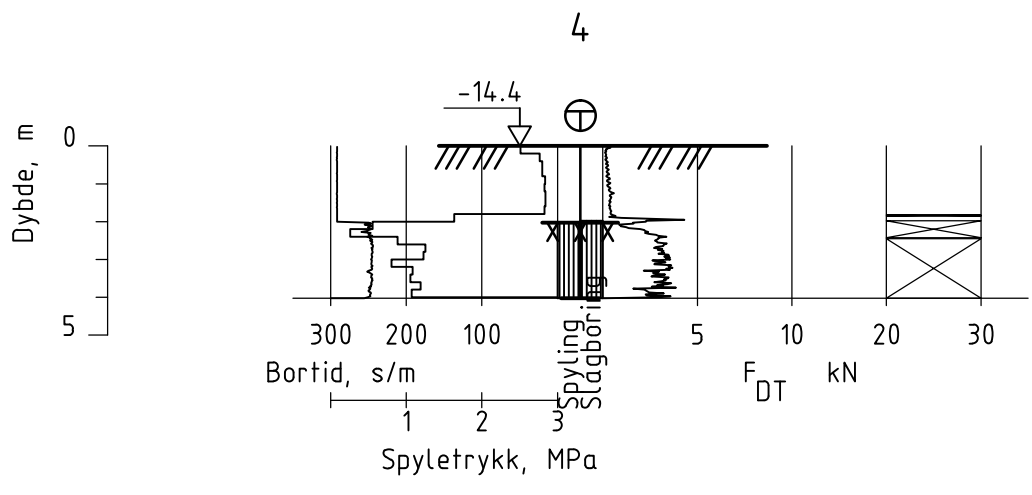
Godkjent
SteG

Oppdragsnr.
712690-2

Tegningsnr.
22

Rev.
00

\\mc-sor-fil\Prosjekt\0712\712690-2\712690-2-03 ARBEIDSSOMRÅDE\712690-2-01 RIG\712690-2-10 GEOSUITE\AUTOGRAF.RIT\LAY_Totalsonderinger.dwg

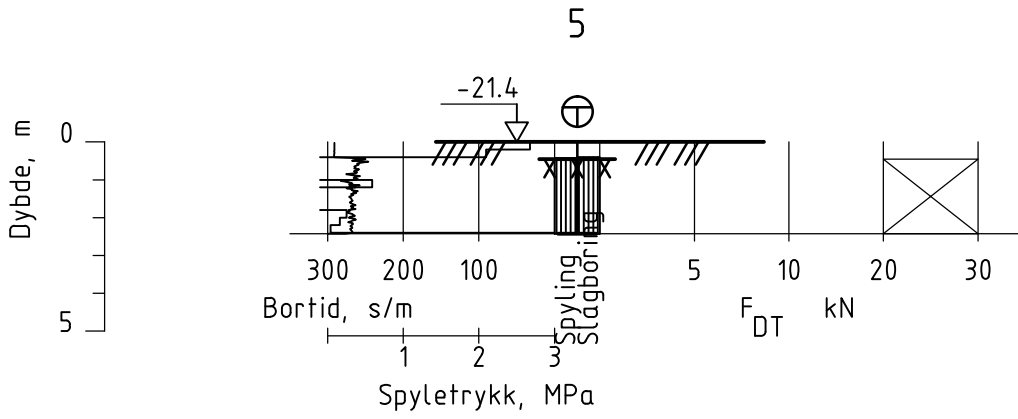


Dato boret :27.08.2015

Posisjon: X 6626169.00 Y 588877.00

TOTALSONDERING			Dato 28.09.2015
KYSTVERKET INNSEILING OSLO, SPRO HAVN			Format/Målestokk: 1:200
 www.multiconsult.no	Fag GEOTEKNIKK	Konstr./Tegnet MHB	Kontrollert JAF
	Oppdragsnr. 712690-2	Tegningsnr. 23	
			Godkjent SteG
			Rev. 00

\\mc-sor-fil\Prosjekt\0712\712690-2\712690-2-03 ARBEIDSSOMRÅDE\712690-2-01 RIG\712690-2-10 GEOSUITE\AUTOGRAF.RIT\LAY_Totalsonderinger.dwg



Dato boret :01.09.2015

Posisjon: X 6626460.00 Y 588967.00

TOTALSONDERING

Dato
28.09.2015

KYSTVERKET
INNSEILING OSLO, SPRO HAVN

Format/Målestokk:
1:200

Multiconsult

www.multiconsult.no

Fag
GEOTEKNIKK

Konstr./Tegnet
MHB

Kontrollert
JAF

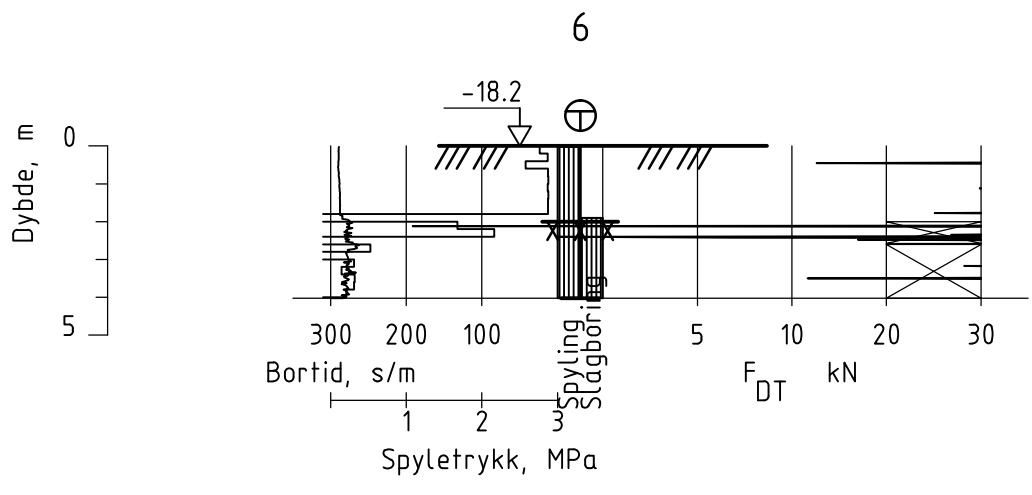
Godkjent
SteG

Oppdragsnr.
712690-2

Tegningsnr.
24

Rev.
00

\\mc-sor-fil\Prosjekt\0712\712690-2\712690-2-03 ARBEIDSSOMRÅDE\712690-2-01 RIG\712690-2-10 GEOSUITE\AUTOGRAF.RIT\LAY_Totalsonderinger.dwg

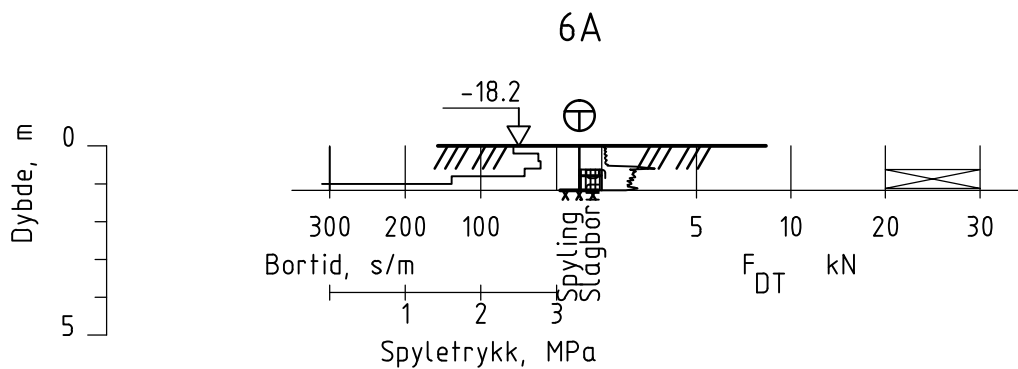


Dato boret :01.09.2015

Posisjon: X 6626393.00 Y 588980.00

TOTALSONDERING			Dato 28.09.2015
KYSTVERKET INNSEILING OSLO, SPRO HAVN			Format/Målestokk: 1:200
 www.multiconsult.no	Fag GEOTEKNIKK	Konstr./Tegnet MHB	Kontrollert JAF
	Oppdragsnr. 712690-2	Tegningsnr. 25	
			Godkjent SteG
			Rev. 00

\\mc-sor-fil\Prosjekt\0712\712690-2\712690-2-03 ARBEIDSMRÅDE\712690-2-01 RIG\712690-2-10 GEOSUITE\AUTOGRAF\FIT\LAY_Totalsonderinger.dwg



Dato boret :07.09.2015

Posisjon: X 6626393.00 Y 588980.00

TOTALSONDERING

Dato
28.09.2015

KYSTVERKET
INNSEILING OSLO, SPRO HAVN

Format/Målestokk:
1:200

Multiconsult

www.multiconsult.no

Fag
GEOTEKNIKK

Konstr./Tegnet
MHB

Kontrollert
JAF

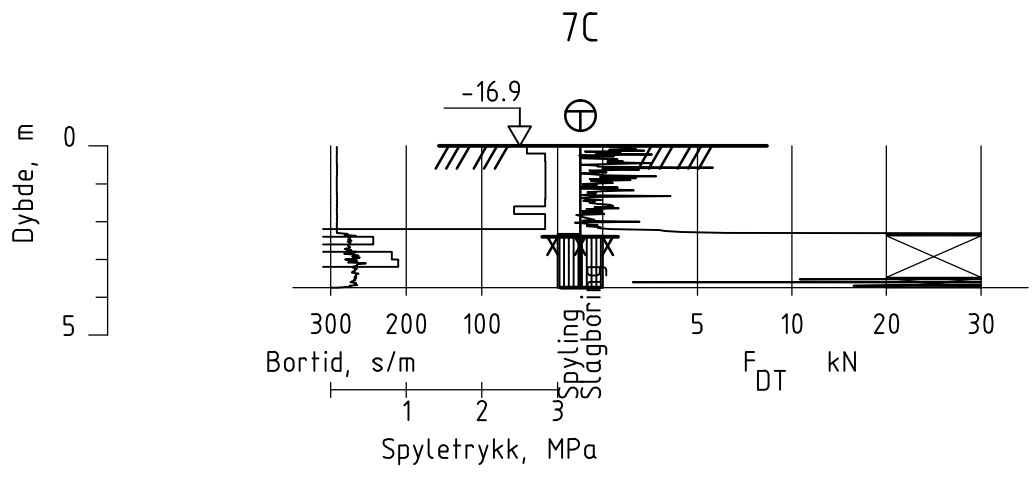
Godkjent
SteG

Oppdragsnr.
712690-2

Tegningsnr.
26

Rev.
00

\\mc-sor-fil\Prosjekt\0712\712690-2\712690-2-03 ARBEIDSSOMRÅDE\712690-2-01 RIG\712690-2-10 GEOSUITE\AUTOGRAF\FIT\LAY_Totalsonderinger.dwg

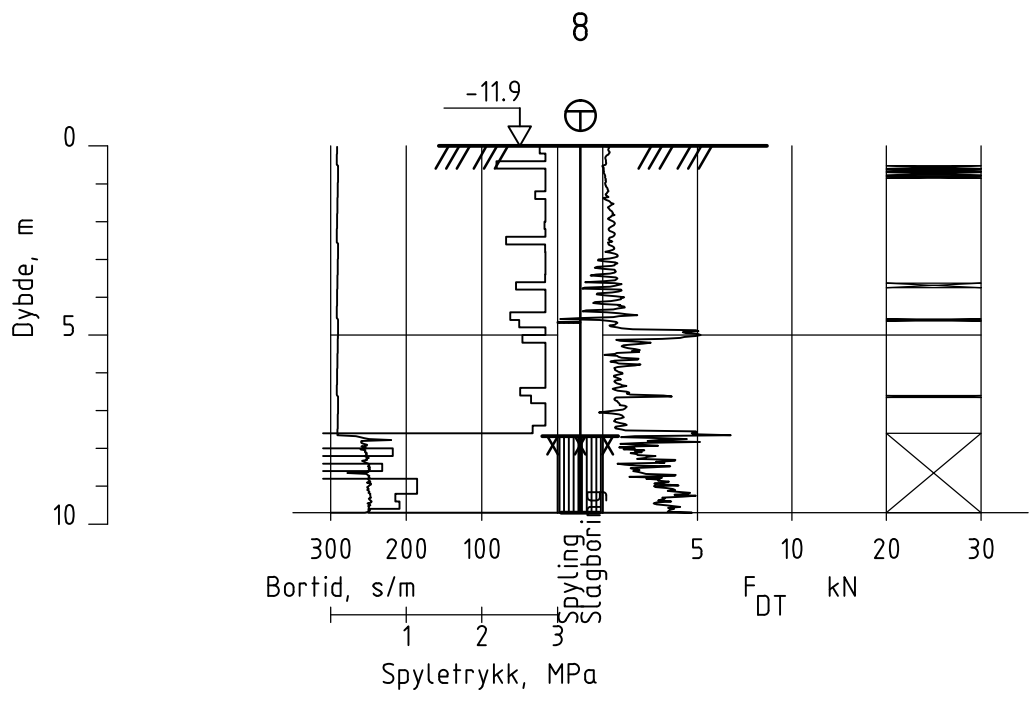


Dato boret :31.08.2015

Posisjon: X 6626330.00 Y 588965.00

TOTALSONDERING			Dato 28.09.2015
KYSTVERKET INNSEILING OSLO, SPRO HAVN			Format/Målestokk: 1:200
 www.multiconsult.no	Fag GEOTEKNIKK	Konstr./Tegnet MHB	Kontrollert JAF
	Oppdragsnr. 712690-2	Tegningsnr. 27	
			Godkjent SteG
			Rev. 00

\\mc-sor-fil\Prosjekt\0712\712690-2\712690-2-03 ARBEIDSONMRÅDE\712690-2-01 RIG\712690-2-10 GEOSUITE\AUTOGRAF.RIT\LAY_Totalsonderinger.dwg

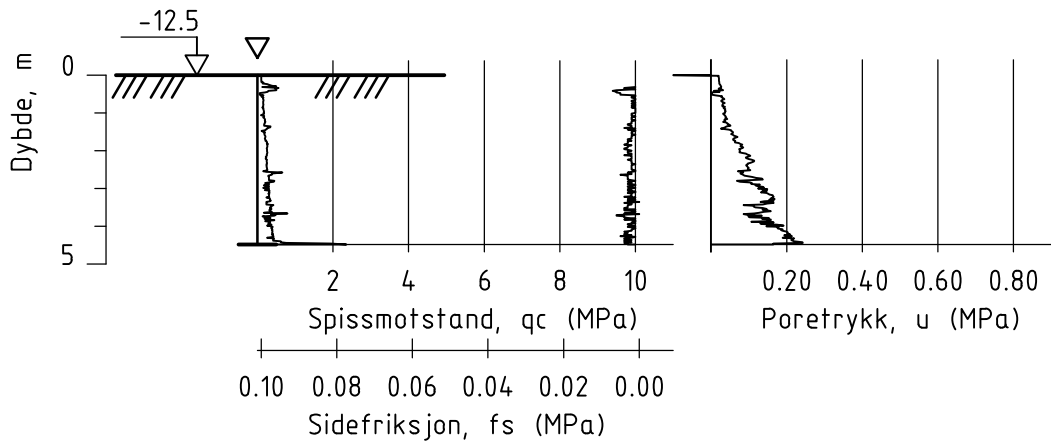


Dato boret :27.08.2015

Posisjon: X 6626210.00 Y 588962.00

TOTALSONDERING			Dato 28.09.2015
KYSTVERKET INNSEILING OSLO, SPRO HAVN			Format/Målestokk: 1:200
 www.multiconsult.no	Fag GEOTEKNIKK	Konstr./Tegnet MHB	Kontrollert JAF
	Oppdragsnr. 712690-2	Tegningsnr. 28	
			Godkjent SteG
			Rev. 00

8A CPT



Dato boret :02.09.2015

Posisjon: X 6626210.00 Y 588962.00

CPT

Dato
28.09.2015

KYSTVERKET
INNSEILING OSLO, SPRO HAVN

Format/Målestokk:
1:200

Multiconsult

www.multiconsult.no

Fag
GEOTEKNIKK

Konstr./Tegnet
MHB

Kontrollert
JAF


Godkjent
SteG

Oppdragsnr.
712690-2

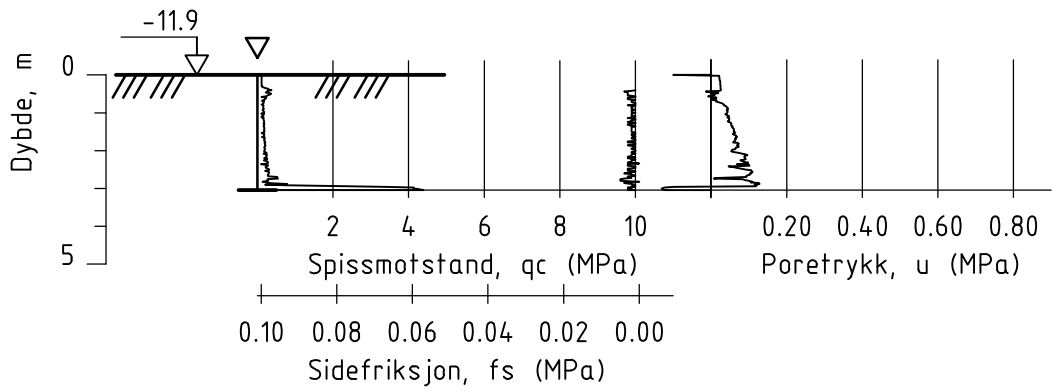
Tegningsnr.
30

Rev.
00

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4842	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,837	Arealforhold, b:	0,000
Kalibreringsdato:	22.05.2015	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0,5	2,0
Måleområde (MPa):	50,0	0,5	2,0
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,48	0,01	0,02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	31,05	0,56	1,63
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Terje Plassen	Assistent:	Tom-Einar Wennberg
Filtertype:	Porøst	Mettemedium:	Glyserin
Mettemetode:		Lufttemperatur (°C):	4,0
Forankring:		Max. helning (°):	1,5
Merknad 1:			
MÅLE VARIABLE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	1,55	0,03	0,08
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):			
Etter sondering (DOS):			
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	0,0	0,0
Før sondering (Windows):			
Etter sondering (Windows):	0,004	0,400	-0,600
Avvik (Windows) (kPa):	3,9	0,4	-0,6
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	5,93	0,44	0,70
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil			
ANVENDELSESKLASSE	1	1	1
Oppdragsgiver: Kystverket Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: Innseiling Oslo , Spro Havn		
CPTU id.:	8A	Sonde:	
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:
	21.09.2015	MHB	JAF
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Versjon:
	712690-2	31	04.12.2014

8 CPT



Dato boret :02.09.2015

Posisjon: X 6626210.00 Y 588962.00

CPT

Dato
28.09.2015

KYSTVERKET
INNSEILING OSLO, SPRO HAVN

Format/Målestokk:
1:200

Multiconsult

www.multiconsult.no

Fag
GEOTEKNIKK

Konstr./Tegnet
MHB

Kontrollert
JAF


Godkjent
SteG

Oppdragsnr.
712690-2

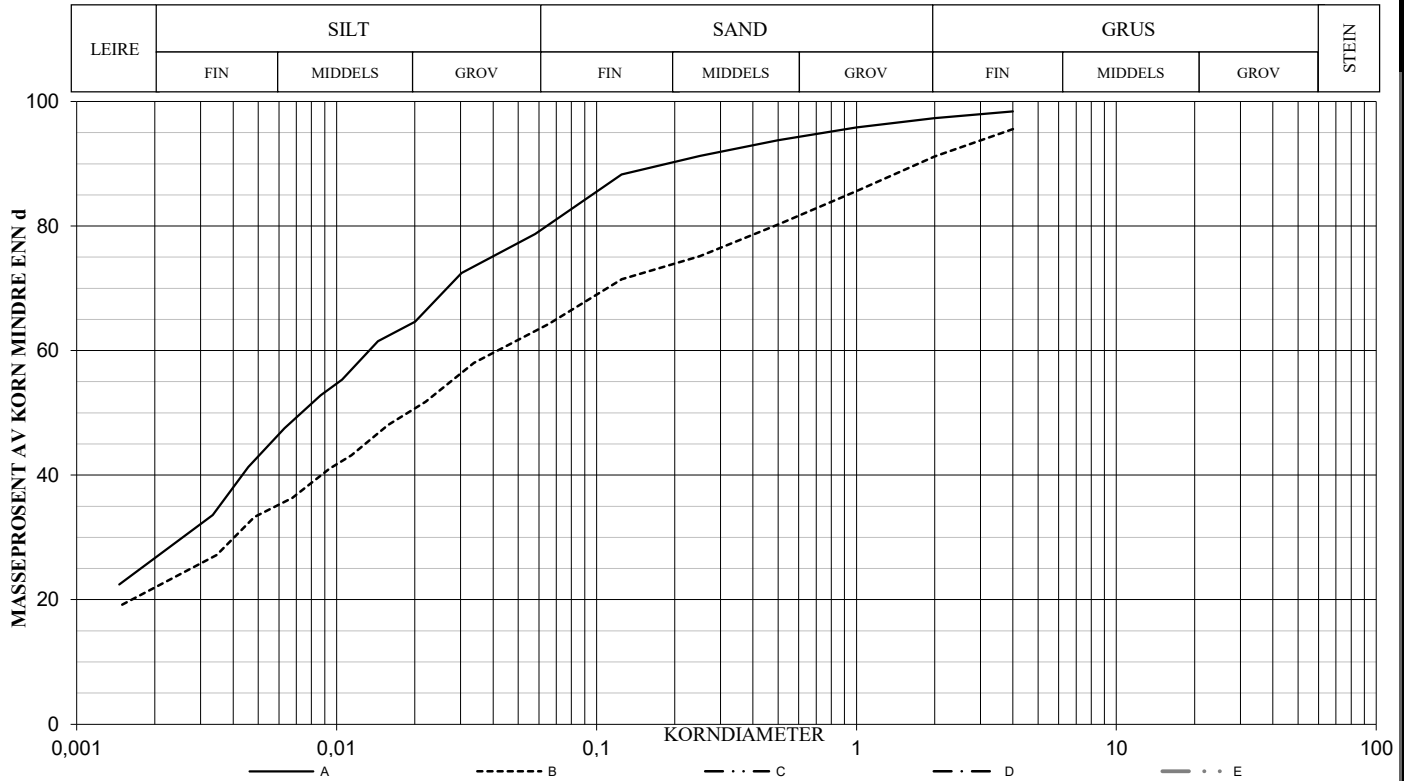
Tegningsnr.
32

Rev.
00

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4842	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,837	Arealforhold, b:	0,000
Kalibreringsdato:	22.05.2015	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0,5	2,0
Måleområde (MPa):	50,0	0,5	2,0
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,48	0,01	0,02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	31,05	0,56	1,63
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Terje Plassen	Assistent:	Tom-Einar Wennberg
Filtertype:	Porøst	Mettemedium:	Glyserin
Mettemetode:	Lufttemperatur (°C):		4,0
Forankring:	Max. helning (°):		1,7
Merknad 1:			
MÅLEVARIABLE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	1,55	0,03	0,08
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):			
Etter sondering (DOS):			
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	0,0	0,0
Før sondering (Windows):			
Etter sondering (Windows):	0,002	0,400	0,100
Avvik (Windows) (kPa):	2,4	0,4	0,1
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	4,43	0,44	0,20
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil	1		
ANVENDELSESKLASSE	1	1	1
Oppdragsgiver: Kystverket Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: Innseiling Oslo , Spro Havn		
CPTU id.:	8	Sonde:	4842
MULTICONSULT AS	Dato: 21.09.2015	Tegnet: MHB	Kontrollert: JAF
	Oppdrag nr.: 712690-2	Tegning nr.: 33	Versjon: 04.12.2014

SYMBOL	SERIE NR.	DYBDE (m)	JORDARTS BETEGNELSE	Anmerkninger	METODE		
					TS	VS	HYD
A	8	0,2-1,0	LEIRE, siltig		X	X	
B	8	1,2-2,0	LEIRE, siltig, sandig		X	X	
C							
D							
E							



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

SYM BOL	Tele gruppe	W %	Su kN/m ²	Su r kN/m ²	Plastisitet		Glødetap Ogl %	< 0,02 mm %	Tot. densitet kN/m ³	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₅₀ mm	D ₆₀ mm
					W _f	W _p							
A											0,0027	0,0074	0,0135
B											0,0041	0,0190	0,0422
C													
D													
E													

KORNGRADERING

KYSTVERKET
Innseiling Oslo, Spro Havn

Konstr./Tegnet
RHS

Kontrollert
GEO

Godkjent
MHB

Dato
16.09.15

Multiconsult
www.multiconsult.no

OPPDRAK NR.

712690-2

TEGN.NR.

60

REV.

00

E2. Molo for Nordre Spro Småbåtanlegg

Rapport nr. 5147245-RIG01

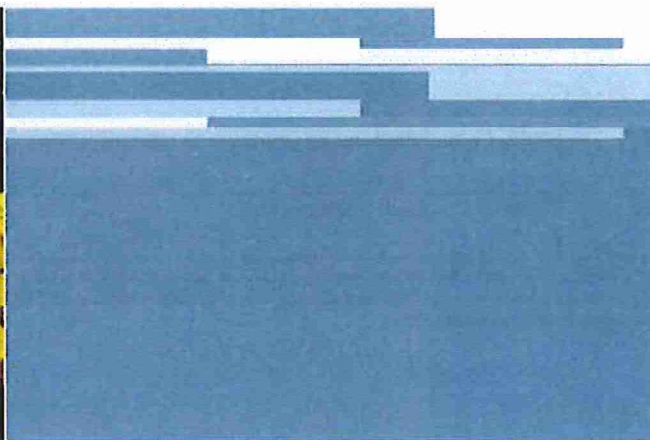
Spro Havn

Molo for Nordre Spro Småbåtanlegg

Geotekniske vurderingar

5147245 – RIG01

2015-10-28 Oppdragsnr.: 5147245



00	2015-10-30	Stabilitet og utforming av fylling for molo	KnHBe <i>KnHBe</i>	BH <i>BH</i>	SA <i>SA</i>
Rev.	Dato:	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	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.

Norconsult AS | Pb. 626, NO-1303 Sandvika | Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika

Innhold

1	Innleiing	5
2	Geoteknisk prosjektering – forutsetningar og sikkerhetskrav	6
2.1	Regelverk	6
2.2	Sikkerhetsprinsipper	6
2.2.1	Geoteknisk kategori	6
2.2.2	Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/RC)	6
2.2.3	Partialfaktor for jordparametre – γ_M	7
2.2.4	Jordskjelv	7
2.2.5	Sjøvasstand og poretrykk	7
3	Grunnforhold	8
4	Berekningsgrunnlag og parameterval	9
4.1	Lagdeling	9
4.2	Berekningsparametere	9
5	Stabilitetsberekningar	10
5.1	Analyseverktøy	11
5.2	Konsolidering	11
5.3	Geometri	11
5.4	Resultat	12
6	Geotekniske vurderingar og konklusjon	16
6.1	setningar	16
6.2	Fylling i sjø - utlegging	16

Vedlegg	Antall sider	Tittel
Vedlegg 1	1	Kart over relativ hardhet
Vedlegg 2	7	Tolking av trykksonderingar
Vedlegg 3	1	Skisse av motfyllingar

Samandrag

Utfyllinga utførast innleiingsvis frå lekter og avslutningsvis frå land. Ved utfylling frå lekter er det ikkje direkte fare for liv og helse ved ei eventuell utgliding. Berekningar antyder at det vil skje utgliding/brudd etter kun 3-4 meter med oppfylling frå lekter. Massefortrenging og mindre utglidingar/brudd vil skje i denne fasen. Det må forventast at ein del fyllmasser går med til massefortrenging. Om massefortrenging kan godtas av oppdragsgivar med tanke på forureining, kan det fyllast vidare opp med lekter. Før fylling frå land kan utførast, må leira få tid til å konsolidere. Når det fylles ut frå land vil ei utgliding medføre stor fare for liv og helse og nødvendig sikkerhetsfaktor for denne delen av arbeidet må følge krav om $F \geq 1,4$. Nødvendige motfyllingar for å oppnå dette kravet er berekna.

Endeleg stabilitetsberekningar er basert på at leira får tid til å konsolidere etter utlegging av fyllmasser opp til kote -4.0 m frå lekter. I tillegg må leira under motfyllingane få tid til å konsolidere før fylling frå land kan gjennomførast.

Stabilitetsberekningar er basert på full konsolidering i leira. I snitt 6 er det også gjort berekningar der leirlaget har styrke tilsvarande 50 % konsolidering. Nødvendig motfylling er altså avhengig av gitt konsolideringstid. Basert på erfaringsparameterar anbefaler vi ei konsolideringstid på 2 år for at snitt 1 til snitt skal være fullt konsolidert, og at snitt 6 skal ha oppnådd 50 % konsolidering. For at snitt 6 skal bli fullt konsolidert, anslås det ei konsolideringstid på 3-4 år.

Langs moloen er det berekna totalt 7 motfyllingar. I vedlegg 3 er plassering og mektighet av desse skissert.

1 Innleiing

Dette dokumentet omhandlar ein planlagt molo for Nordre Spro småbåtanlegg på Nesodden.

Multiconsult utførte grunnundersøkingar i veke 35 til 37 hausten 2015. Grunnundersøkingane er presentert i Multiconsult rapport 712690-2-RIG-RAP-001. Norconsult har utført stabilitetsberekningar av planlagt utfylling for å avgjere endelig utforming av moloen. Denne rapporten presenterer resultat frå stabilitetsberekningane samt føringar for helning og utlegging av fyllinga.

Det planleggast å fyller opp til kote +3,0 i et område med dybde opp mot 30 meter (ved fyllingsfot). Høgderreferansane i føreliggjande rapport henviser til Sjøkartnull dersom ikkje anna er spesifisert.

2 Geoteknisk prosjektering – forutsetningar og sikkerhetskrav

2.1 REGELVERK

Gjeldande regelverk leggst til grunn for prosjekteringa, og for geoteknisk prosjektering gjelder dermed:

- NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 0)
- NS-EN 1990-1:2002/A1:2005+NA:2010, Endringsblad A1
- NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7 del 1 – Allmenne regler)
- NS-EN 1997-2:2004 + NA:2008 (Eurokode 7 del 2 – Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver)

2.2 SIKKERHETSPRINSIPPER

Tiltaket er klassifisert som nedanfor:

- Geoteknisk kategori: 2
- Konsekvens- og pålitelighetsklasse: CC/RC: 2
- Kontroll av prosjektering og utførelse: Normal

2.2.1 Geoteknisk kategori

Geoteknisk kategori 2 omfattar konvensjonelle arbeider utan unormale risikoar eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold. Arbeidet inneberer utfylling i sjø som går inn under geoteknisk kategori 2.

2.2.2 Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/RC)

I henhold til Eurokode 0 Tabell NA.A1 (901), skal konsekvensklasse/pålitelighetsklasse bestemast. Dette oppdraget vurderast for konstruksjonar generelt i konsekvensklasse/pålitelighetsklasse 2.

Veiledende eksempler for klassifisering av Byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse (CC/RC)			
	1	2	3	4
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller ¹⁾		(X)	X	(X)
Veg- og jernbanebruer			X	
Kai- og havneanlegg		X	(X)	
Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.		X	(X)	
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold ¹⁾	X	(X)		

¹⁾ Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk.

2.2.3 Partialfaktor for jordparametre – γ_M

Følgjande krav er gitt i Eurocode 7 (Tabell A.2):

- $\gamma_M \geq 1,4$ ved totalspenningsanalyser
- $\gamma_M \geq 1,25$ ved effektivspenningsanalyser

2.2.4 Jordskjelv

Jfr. Eurocode 8, plasserast moloen i seismisk klasse I (kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid). Det er normalt ikkje krav om seismiske dimensjonering for konstruksjonar i seismisk klasse I.

2.2.5 Sjøvasstand og poretrykk

Lågaste observerte vasstand ved Nordre Spro brygge er -0,5 m (Ref. Kartverket). Stabilitetsberekningane er gjennomført med poretrykk rekna hydrostatisk frå kote -1,0.

3 Grunnforhold

I Notat *Geo-002* utarbeida av Norconsult, er resultat frå dykkarundersøking og kartlegging med multistråle ekkolodd vurdert. Undersøkingane avdekka at det er blaut lausmasse under og ved deler av moloen. Områder med potensielt større mektigheter av lausmasser er antyda med kvitstipla linjer i vedlegg 1 i Notat *Geo-002*. På bakgrunn av dette er punkter for utfyllande grunnundersøkingar valt.

Grunnforholda er presentert i rapport nr. 712690-2-RIG-RAP-001, utarbeida av Multiconsult. Følgjande beskriving av grunnforholda er utklipp frå datarapporten:

«Området som grunnundersøkelsene er utført og ny molo er planlagt, skråar av vestover. Registrerte vanndybder (sjøbunnskoter) varierer fra 12 til 28 meter (NN 1954). Basert på foreliggende kartdata øker sjøbunnsheiningen ytterligere vestafor utførte undersøkelser.

Løsmassemektingen varierer fra 0 til 7.7 m i de utførte sonderingene. Resultater fra laboratorieundersøkelsene viser at løsmassene består av bløt siltig leire.»

Sjøbotn i området der moloen er planlagt er kupert. I borpunkt 1 til borpunkt 6 er det registrert mindre enn 2,0 m dybde til berg. I borpunkt 7 er det registrert 2,4 m med lausmasse ned til berg. Største mektighet av lausmasse er registrert i borpunkt 8, med 7,7 m dybde til berg. Ved borpunkt 8 er det utført trykksondering (CPTu), samt tatt opp en prøveserie.

Utførte sonderingar strekk seg ikkje forbi fyllingsfoten. Det er derimot utført dybdekartlegging over eit større område med multistråle ekkolodd som også gir backscatter data (reflektivitetsdata). Dette gir eit visuelt bilde av kor hard sjøbotnens overflate er og kor det er sannsynleg med bart berg. Denne type kartlegging er utført to ganger, og resultatene stemmer godt overens.

4 Berekningsgrunnlag og parameterverval

4.1 LAGDELING

Med basis i utførte grunnundersøkingar er følgjande generelle lagdeling lagt til grunn for stabilitetsberekningane

- Lag 1: Fylling av sprengstein
- Lag 2: Siltig leire

Tjuknad av leirlaget i dei ulike snitta er bestemt ut i frå utførte totalsonderingar.

Leirlaga i Snitt 1 til snitt 5 har tjuknad på 0 - 2,5 m. I snitt 6 er det antatt lausmassemektighet på opp til 8 m.

Sidan det er vanskelig å anslå graden av massefortrening, er det antatt å ikkje inkludere effekten av massefortrening i stabilitetsberekningane (konservativt).

I berekningane er bart berg antatt utifrå to separate undersøkingar med multistråle ekkolodd. Kart over relativ hardhet basert på desse undersøkingane er vedlagt i *Notat Geo-002*, og i Vedlegg 1. Karta indikerer kor det er sannsynleg med bart berg.

4.2 BEREKNINGSPARAMETERE

Materialparametere for fyllmasser av sprengstein er basert på erfaringsverdiar i Figur 2.39 i Statens Vegvesens handbok V220. Ved val av styrkeparametre for sprengsteinmassane er det antatt at det nyttast bergart med normalt god styrke, og ikkje svake bergartar som fyllitt eller tilsvarande.

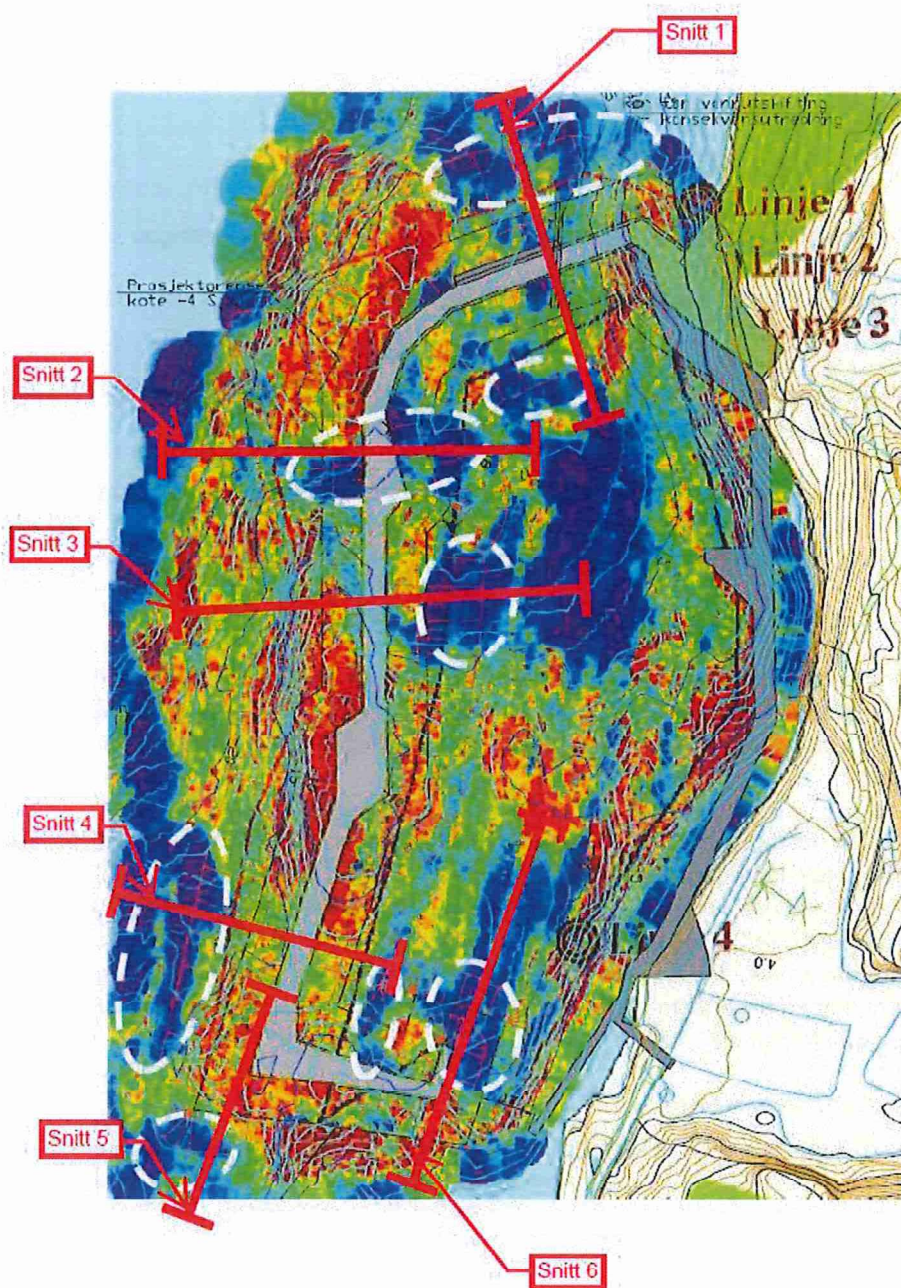
I borpunkt 8 er det tatt opp en prøveserie. Resultat frå uomrørt og omrørt konus av prøver tatt frå 0 til 3 m dybde viser lav skjærfasthet i leira (0-10 kPa). Sensitiviteten, S_t , er mellom 1 og 5. Ved 3,5 m dybde er det tatt opp prøve som inneholdt sand med enkelte gruskorn. Det er gjennomført to forsøk på å penetrere CPTu i full lausmassedybde ved borpunkt 8. Begge forsøka stoppa i faste masser mellom 3 - 5 m. Dette tyder på innslag av sand, grus og stein, med dybden i lausmassene. Talking av udrenert skjærfasthet frå CPTu-data, indikerer at leira er normalkonsolidert. Valte materialparametere er gitt i Tabell 1.

Tabell 1: Materialparametere

	Friksjonsvinkel, φ [°]	Attraksjon, a [kPa]	Direkte udrenert skjærfasthet, s_{uD} [kPa]	Tyngdetetthet over vatn, γ [kN/m ³]	Effektiv tyngdetetthet under vatn, γ' [kN/m ³]
Sprengstein	42	0		19	11
Siltig leire	-	0	$0,18 \cdot \sigma'_{v0}$	20	10

5 Stabilitetsberekningar

Det er utført stabilitetsberekningar for 5 ulike snitt. Sjå figur under for plassering.



Figur 1: Plassering av snitt. Bakgrunnskartet indikerer relativ hardhet av sjøbotn.

5.1 ANALYSEVERKTØY

Stabilitetsberekningane er utført med programmet GeoSuite Stability versjon 14.0.0. GeoSuite Stability er basert på likevektsbetrakning i bruddgrensetilstanden ("Limit equilibrium method"). Berekningane utførast i hovudsak for sirkulærsynlindriske glideflater, men samansette glideflater er også aktuelle. Kombinert $a\phi$ - og s_u -analyse (ADP- analyse) for endeleg utfylling vil bli gjennomført.

5.2 KONSOLIDERING

Det kan maksimalt settast opp eit poreovertrykk lik effektiv tyngde av utfyllinga. Poreovertrykket vil deretter avta over tid avhengig av leiras permeabilitet og tjuknad av leirlaget. Tida det tar for poreovertrykket å bli borte kan uttrykkast ved likninga $t = H^2 / C_v$, der H [m] er tjuknaden av leirlaget og C_v [$m^2/år$] er eit uttrykk for leiras dreneringsevne. På bakgrunn av erfaringsverdiar og utførte grunnundersøkingar i området antas C_v for leirlaget å ligge mellom 1 til 2 $m^2/år$.

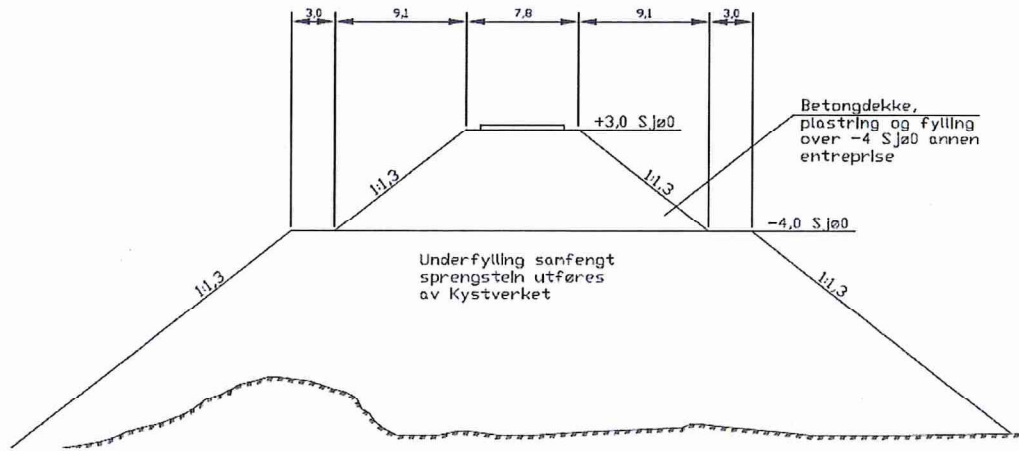
Stabiliteten av utfyllinga er avhengig av kor raskt leira under fyllinga konsoliderer. Dette kan målast ved å sjå på kor stort poreovertrykk som settast opp på grunn av utfyllinga og kor fort dette poreovertrykket avtar. Viss ein ikkje får installert poretrykksmål, må vurderingane av konsolideringsgrad baserast på setningsmåling av fyllinga samt erfaringsparametere frå liknande tilfelle.

I berekningane er S_u -parameterane for leira justert etter fyllingstjuknad og konsolideringstid. Stabilitetsberekningane er basert på full konsolidering i alle snitt. For snitt 6 er det også gjort berekningar der det antas at leirlaget har styrke tilsvarande 50 % konsolidering. Det antas at snitt 1 til snitt 5 vil være fullt konsolidert etter 1-2 år, og at snitt 6 har oppnådd 50 % konsolidering etter same tid. For at snitt 6 skal bli fullt konsolidert, anslås det ei konsolideringstid på 3-4 år

Direkte udrenert skjærstyrke, s_{uD} , for normalkonsolidert leire antas å være lik $0,18 \times \sigma'_v$. Det antas at styrken i leirlaget vil auke med $0,18 \times \sigma'_v$ på grunn av auka vertikalspenningar frå fyllingsvekta, ved full konsolidering. Vekta, γ' , for ei steinfylling lagt ut under vatn settes til 11 kN/m^3 . Ved 50 % konsolidering av ei 8 m høg utfylling under vatn blir dermed styrkeauka i leira $0,18 \times 11 \times 8 \times 0.50 \approx 8$ kPa.

5.3 GEOMETRI

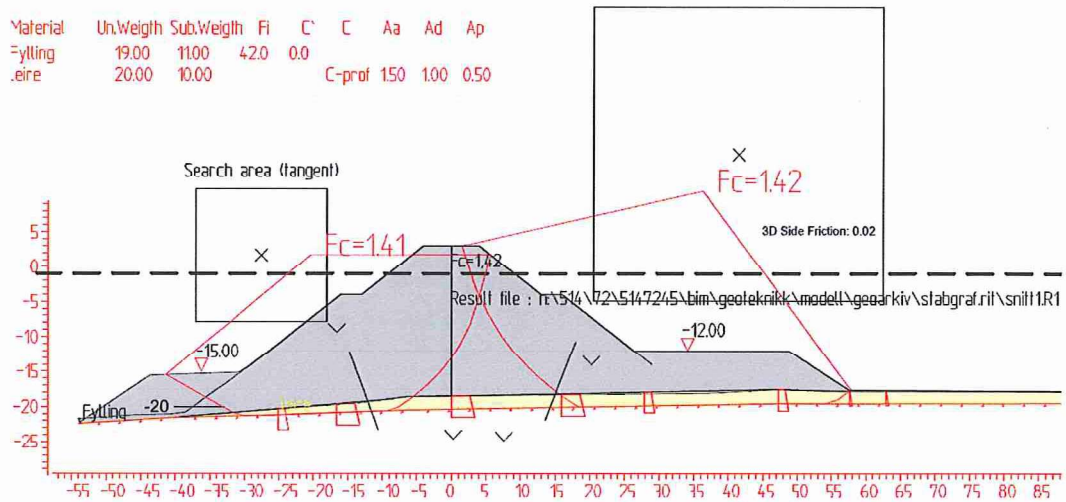
Det er utført berekningar for endelig situasjon med oppbygging av molo som vist i figur under, med fronthelning 1:1,3.



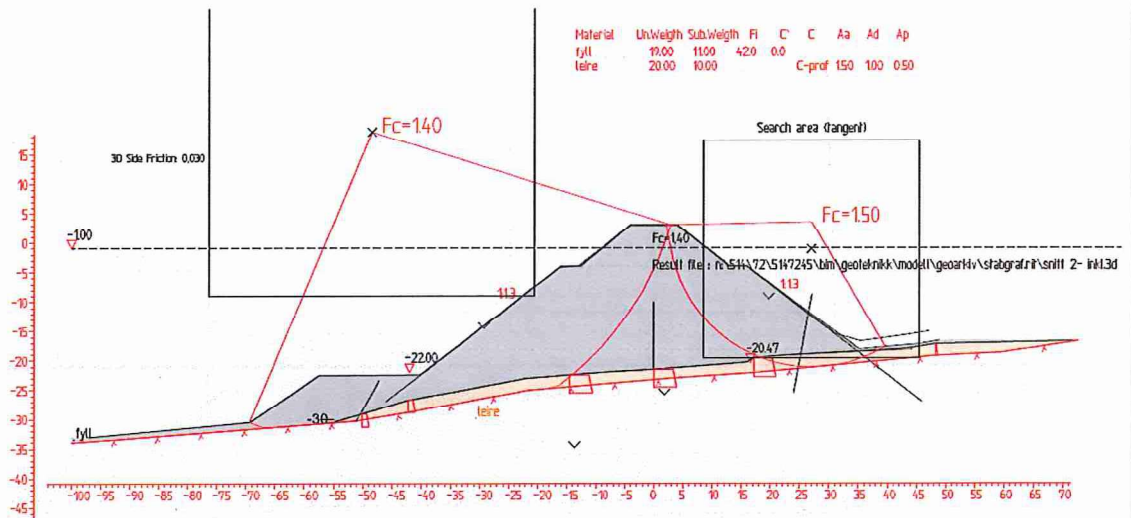
Figur 2: Snitt av planlagt molo

5.4 RESULTAT

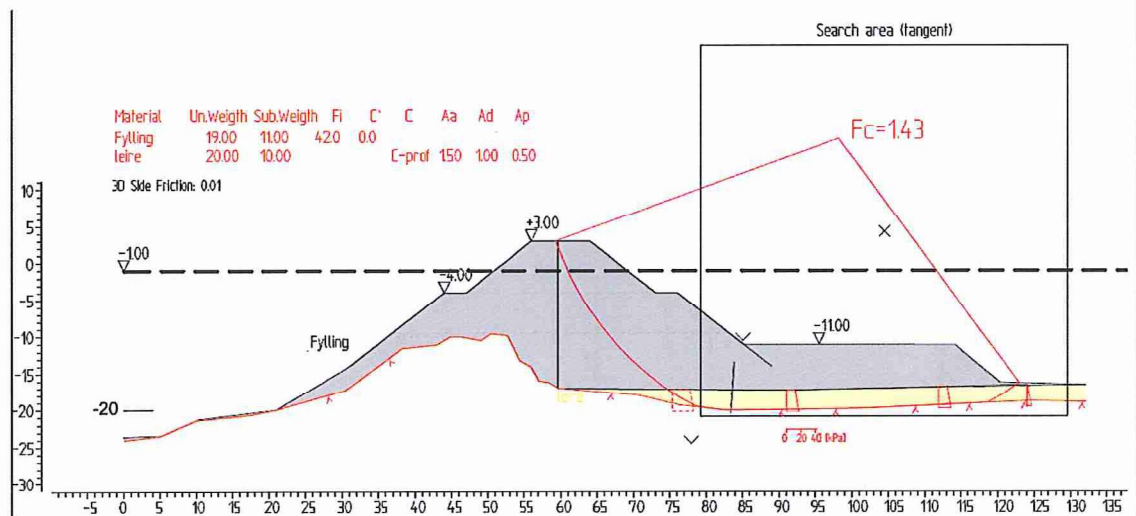
Eigenstabiliteten i fyllinga antas å være tilfredsstillende. Kritisk glideflate styres derfor til å gå gjennom fyllings-tå. Beregningsresultat med nødvendig motfylling for å oppnå sikkerhetsfaktor på minimum 1,4, er presentert under.



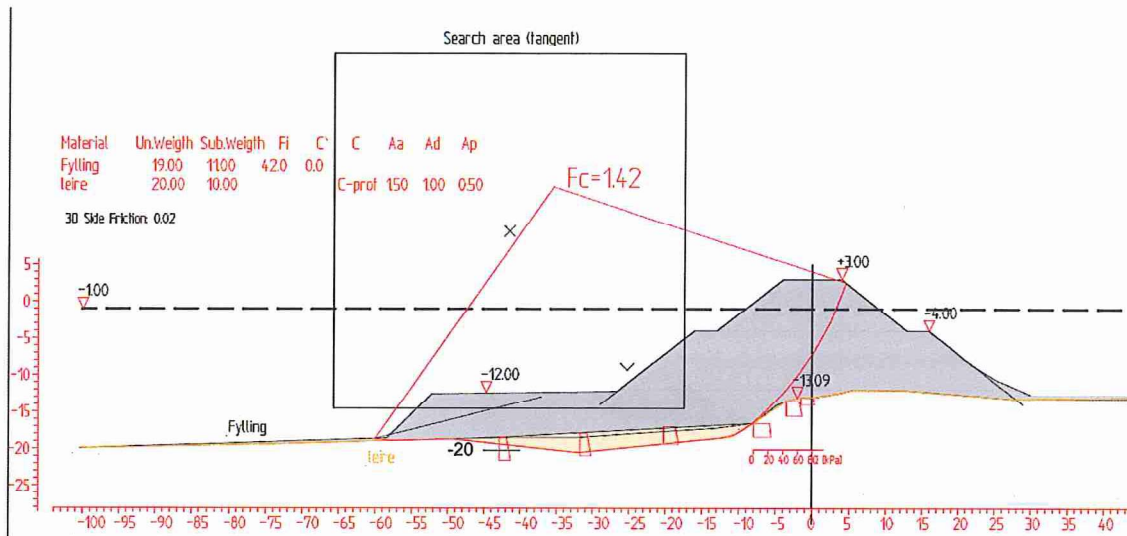
Figur 3: Snitt 1. Leira antas 100% konsolidert for underfylling opp til kote -4,0, utvendig motfylling til kote -15,0, og innvendig motfylling opp til kote -12,0.



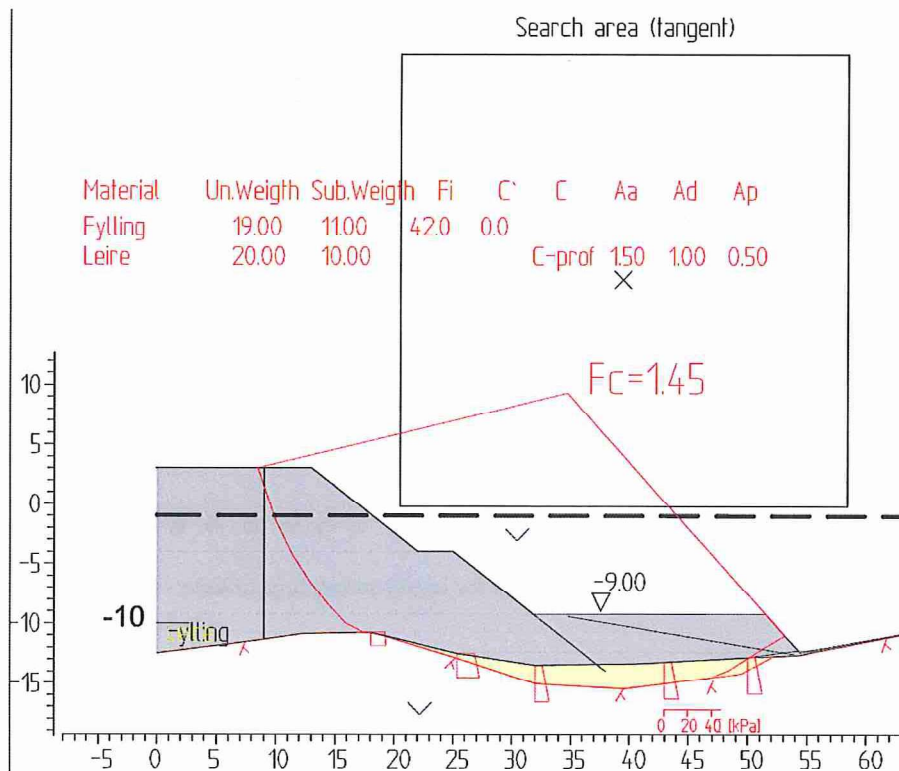
Figur 4: Snitt 2. Leira antas 100% konsolidert for underfylling opp til kote -4,0 og utvendig motfylling til kote -22,0.



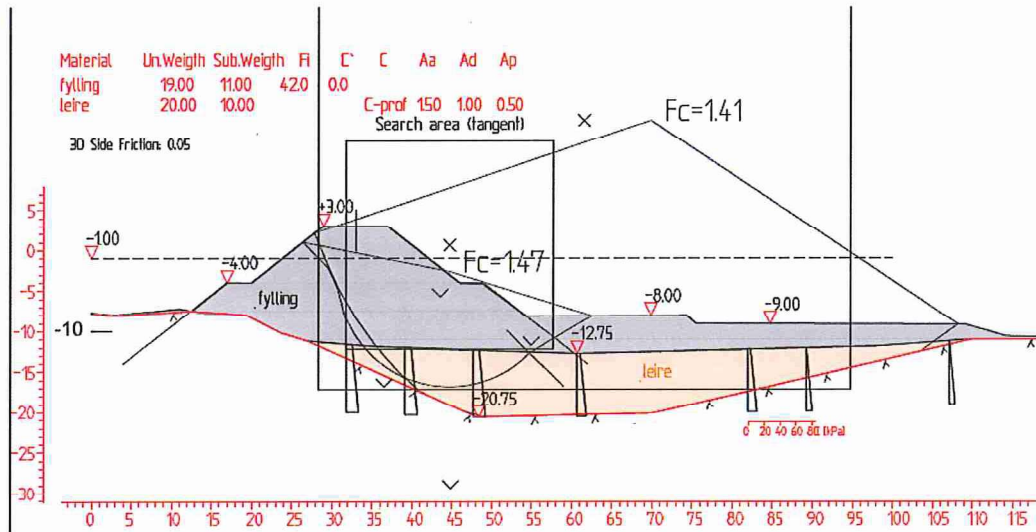
Figur 5: Snitt 3. Leira antas 100% konsolidert for underfylling opp til kote -4,0 og motfylling opp til kote -11,0.



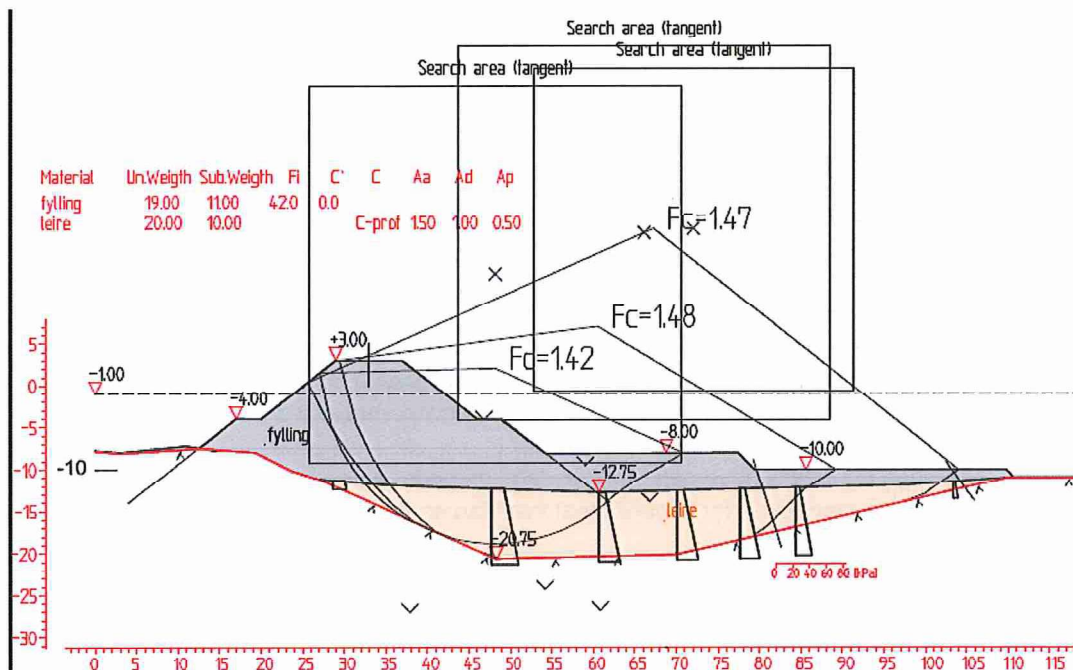
Figur 6: Snitt 4. Leira antas 100% konsolidert for underfylling opp til kote -4,0 og motfylling opp til kote -12,0.



Figur 7: Snitt 5. Leira antas 100% konsolidert for underfylling opp til kote -4,0 og motfylling opp til kote -9,0.



Figur 8: Snitt 6. Leira antas 50% konsolidert for underfylling opp til kote -4,0 og motfylling opp til kote -8,0 og -9,0, som vist.



Figur 9: Snitt 6. Leira antas 100 % konsolidert for underfylling opp til kote -4,0 og motfylling opp til kote -8,0 og -10,0, som vist.

6 Geotekniske vurderingar og konklusjon

Utførte stabilitetsberekningar viser at det må leggest ut motfyllingar ved deler av moloen. Underfylling (opp til kote -4,0) og motfylling må ligge lenge nok til at leira under får tid til å konsolidere, før vidare oppfylling frå land kan utførast.

6.1 SETNINGAR

Primærsetningane i massane under fyllinga vil bli utvikla i løpet av byggeperioden, sidan lausmassane må gis tid til å konsolidere for underfylling og motfylling før utfylling frå land kan utførast. I byggeperioden vil desse setningane resultere i meirforbruk av masser i fyllinga utover teoretisk volum.

I tillegg må det påreknas eigensetningar i sjølve fyllinga. Normalt vil eigensetningane i ei ukomprimert sjøfylling bli i storleiksorden 1-2 % av fyllingsmektigheta, der noko vil bli utvikla i fyllingsperioden og det resterande i løpet av 1-2 år etter avslutta fylling. Over vatn, der fyllinga kan leggas ut og komprimerast lagvis, kan det forventast setningar i storleiksorden 0,25-0,5 %.

6.2 FYLLING I SJØ - UTLEGGING

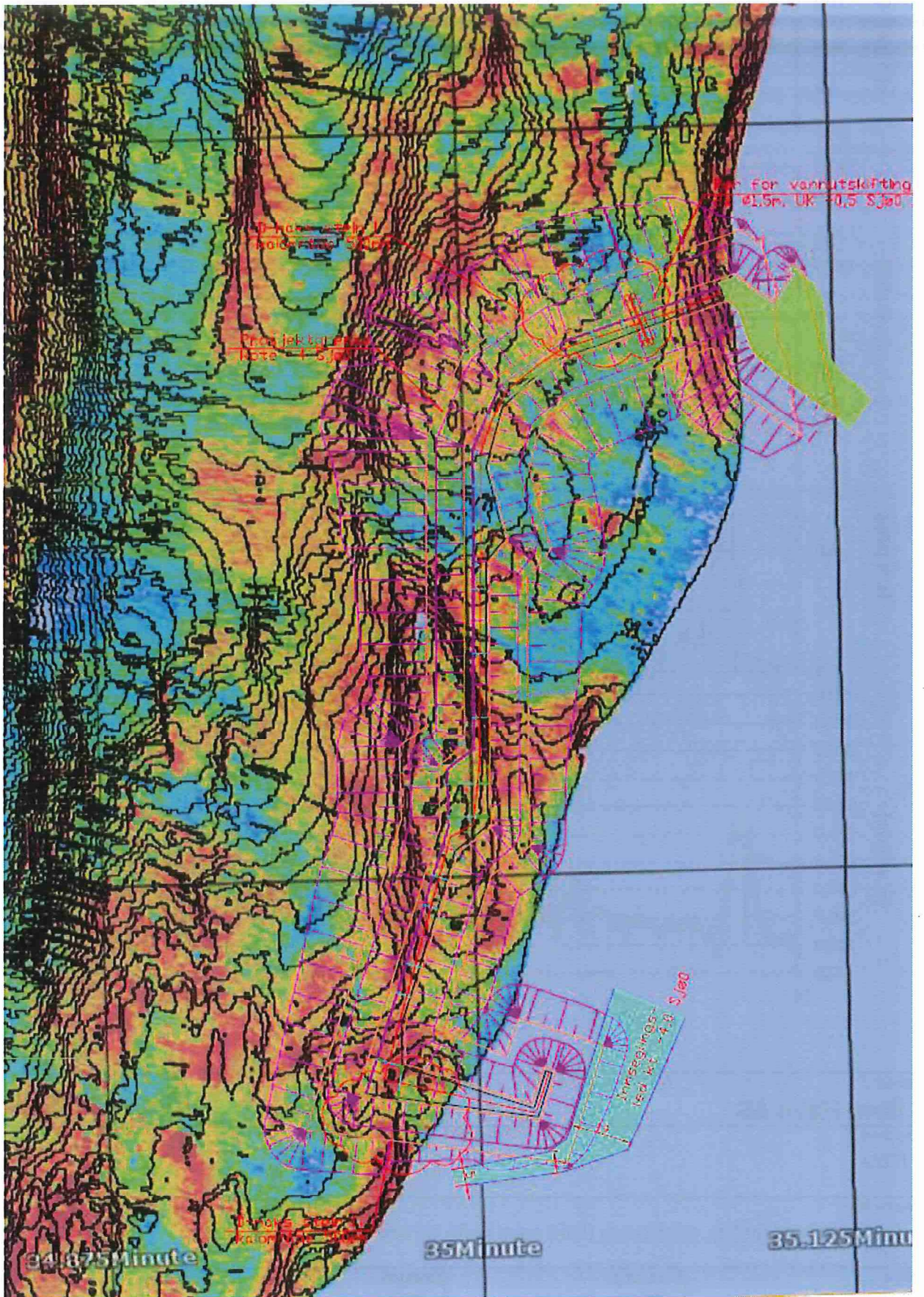
Det visast til Statens Vegvesens Handbok V221 kap. 2.3.4 for fylling i sjø.

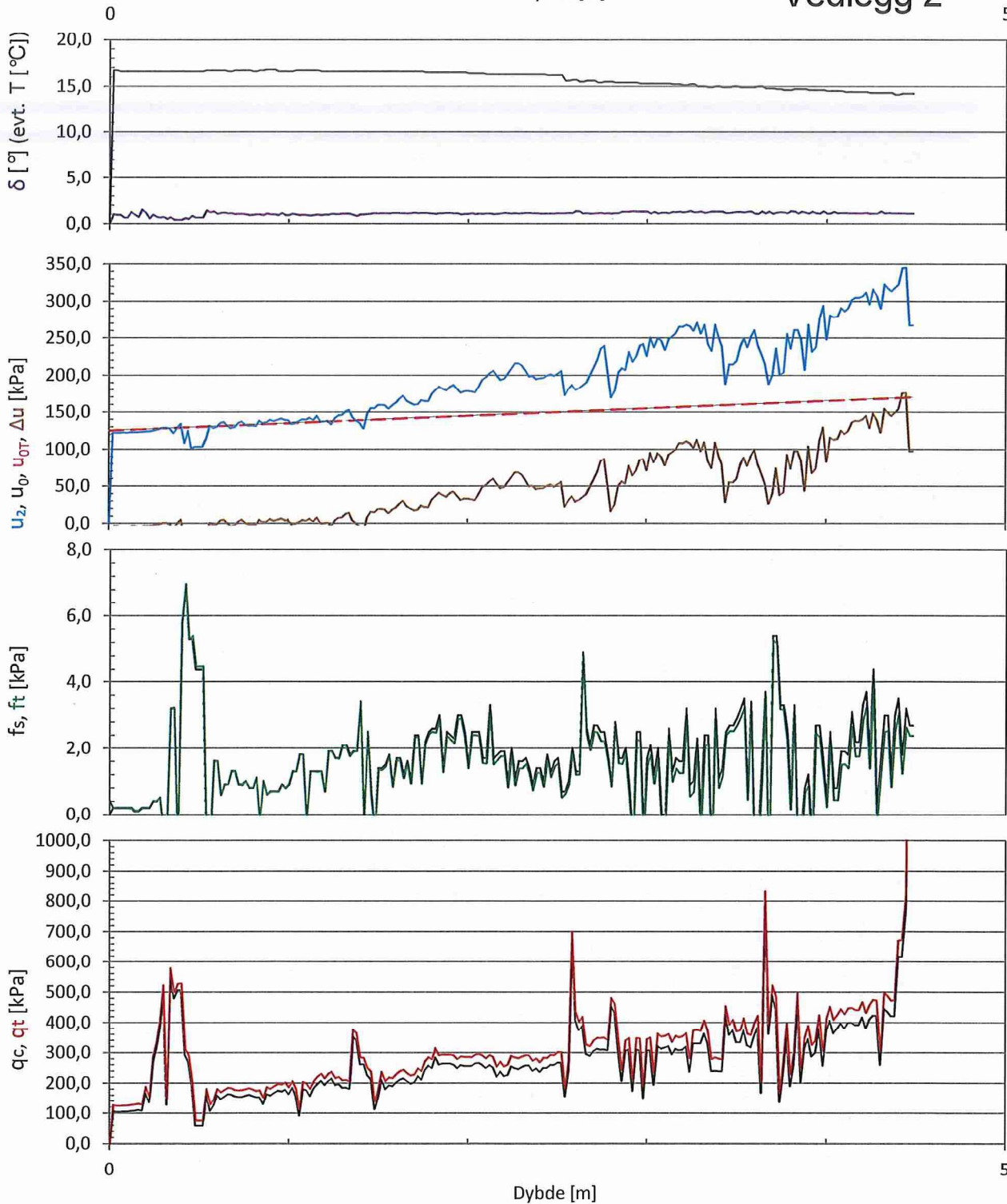
For å oppretthalde kravet om nødvendig sikkerhet for stabiliteten av fyllinga, leggest fyllinga ut med minimumshelning 1:1,3. Utfyllingsarbeid må utførast på ein slik måte at risiko for menneskap og utstyr er begrensa til et minimum. Utfylling med lekter opp til høgast mulig praktisk nivå er då eit vesentlig element. Utfylling bør utførast lagvis, frå lågaste nivå i utfyllingsområdet. Lagtjukkelse tilpassas aktuelt lekterutstyr, men bør være i størrelsesorden 2-3 m.

Utfyllinga må følges nøye opp med gjentatte mengde- og nivåkontroller. Det bør utarbeidast loddeprofiler/loddekart for kontroll av at kvart lag er etablert som forutsatt før utlegginga av neste lag.

Erfaringstall med hensyn til utvidelsesfaktoren frå fast berg, ref. Handbok V221, er for fylling i vatn/sjø: 1,50-1,55. Ved fylling i sjø er det viktig å være oppmerksom på at det går med mykje meir masse enn teoretisk berekna. Årsaken er at ein god del masse havnar utanfor fyllingsprofilen pga. unøyaktig fylling eller sterk strøm, noko går med til eigensetning i fyllinga, og noko går med til å fortrenge lausmasser.


Vedlegg 1: Relativ hardhet. Blått indikerer områder med blaute masser, raudt indikerer berg.



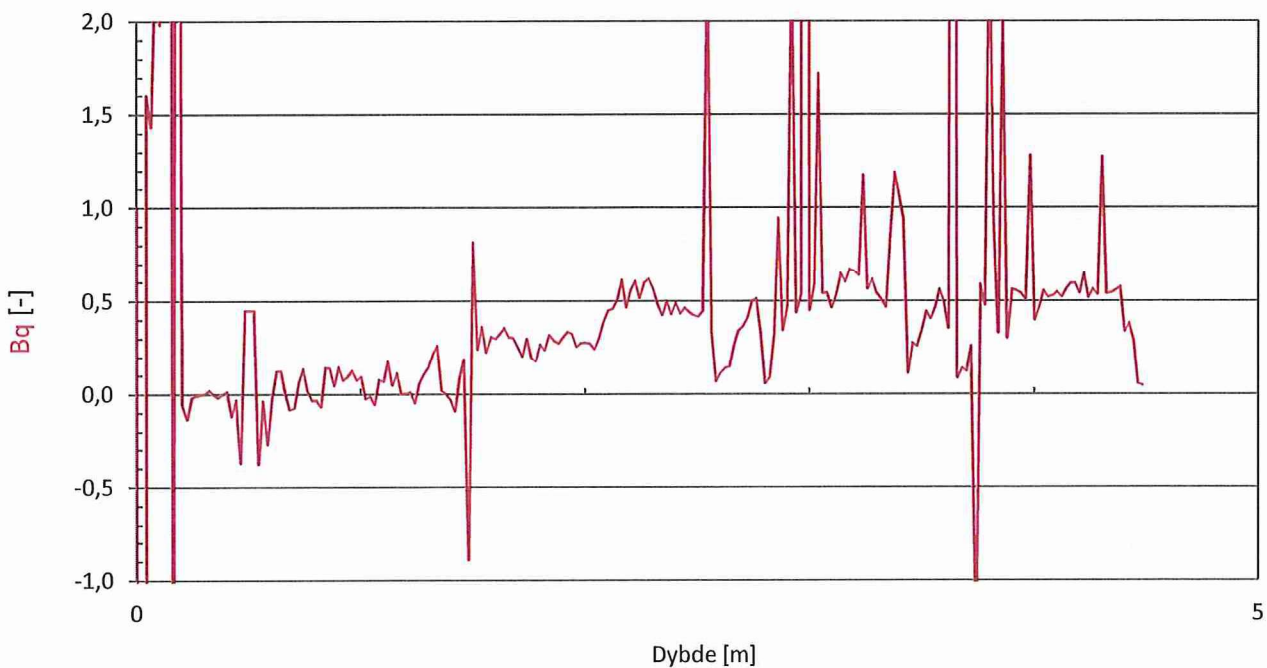
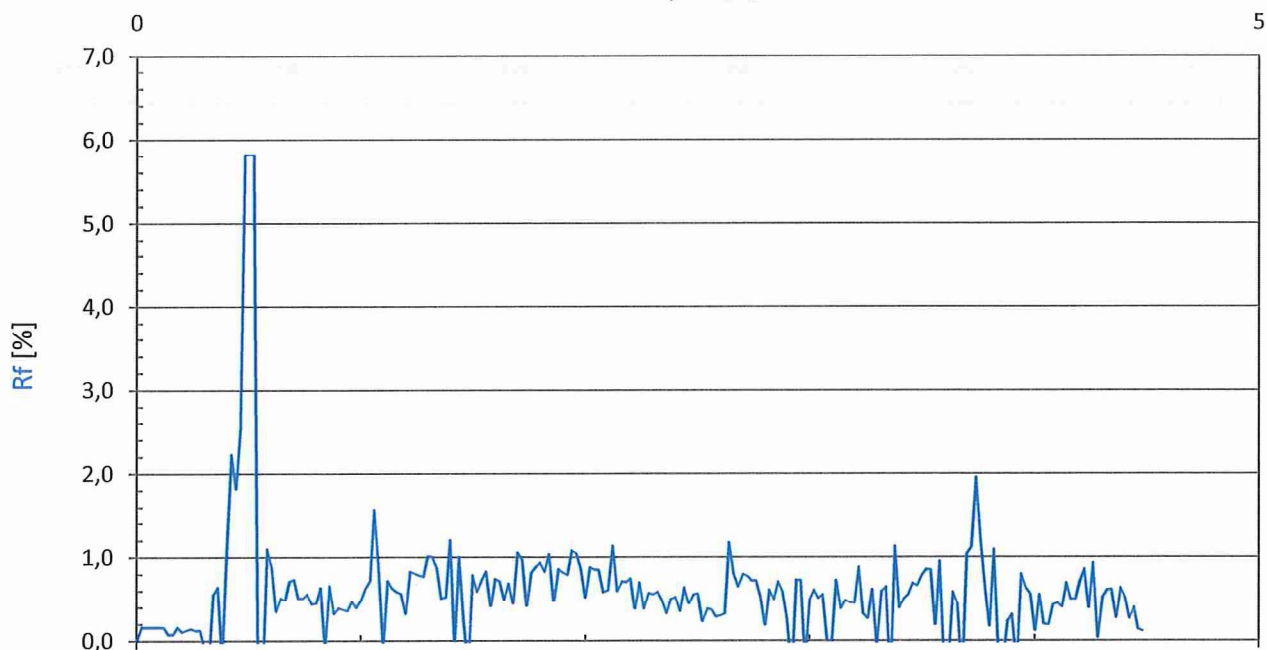



Dybde [m]

5

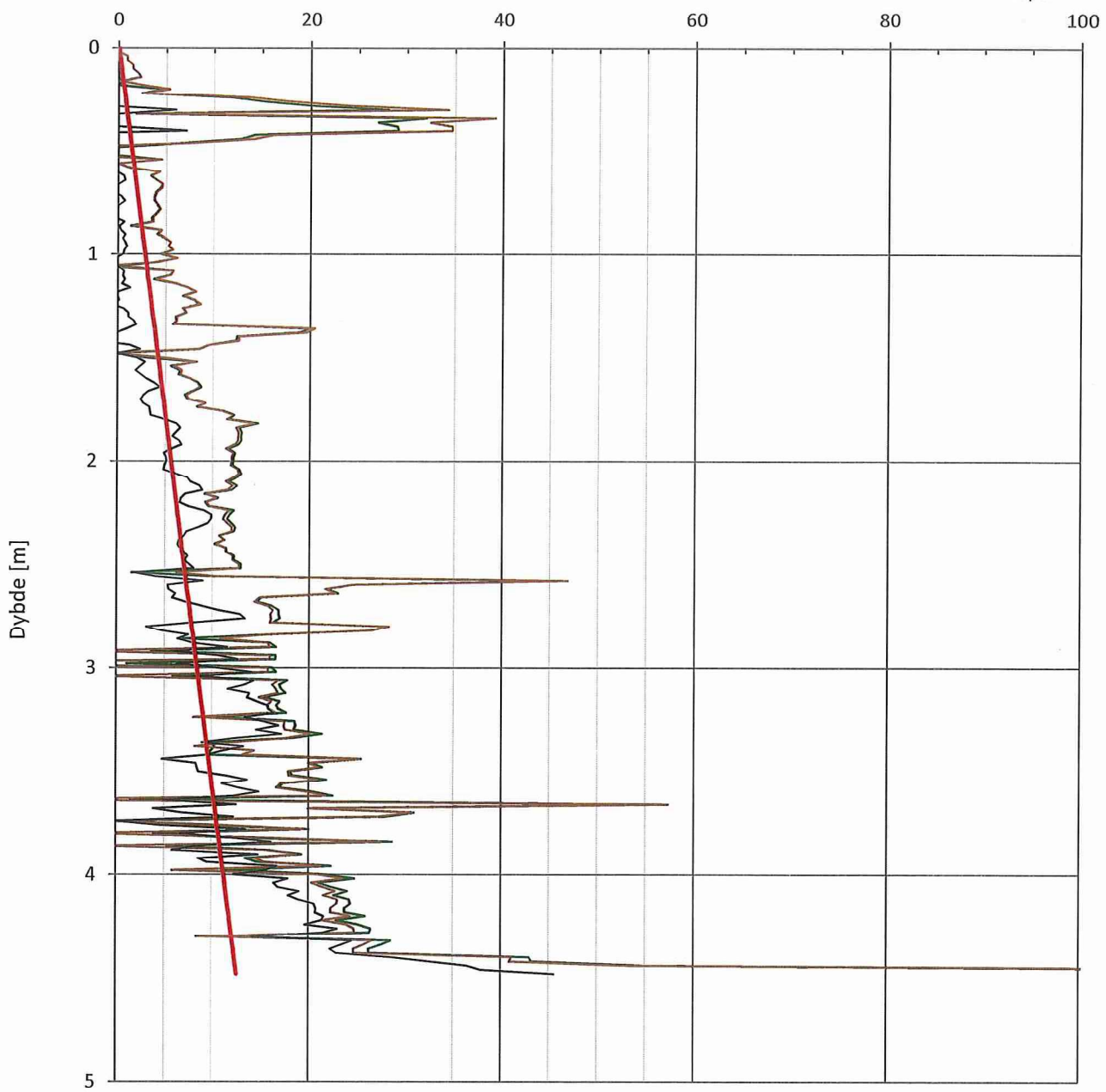
Kunde Spro Havn AS			Norconsult 	
Oppdrag Molo		5147245	Figur 1	Posisjon 8a
Beskrivelse Spissmotstand (q_c/q_t), sidefriksjon (f_s/f_t) samt pore- og vanntrykk (u_2/u_0)			Dato 2015-10-06	Revisjon
Utført KnHBe	Kontrollert BH	Godkjent BH	Rapport 5147245-RIG01	Anv. klasse 1

Dybde [m]



Kunde Spro Havn AS			Norconsult 	
Oppdrag Molo		5147245	Figur 2	Posisjon 8a
Beskrivelse Poretrykksforhold (Bq), friksjonsforhold (Rf)			Dato 2015-10-06	Revisjon
Utført KnHBe	Kontrollert BH	Godkjent BH	Rapport 5147245-RIG01	Anv. klasse 1

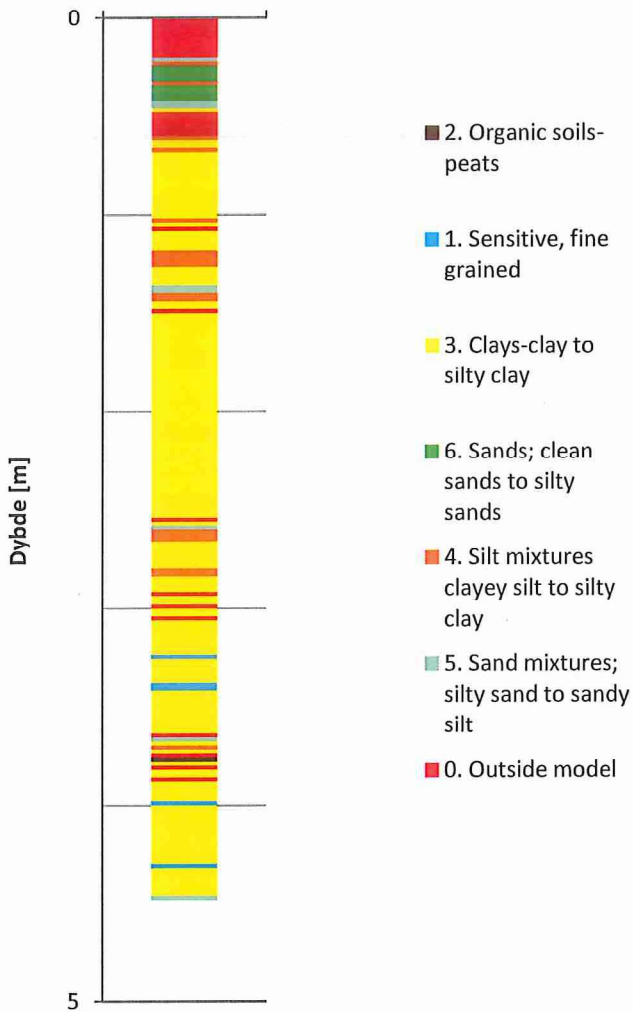
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]



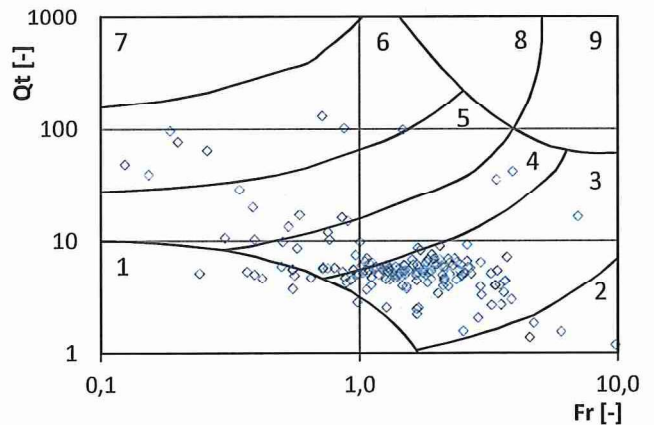
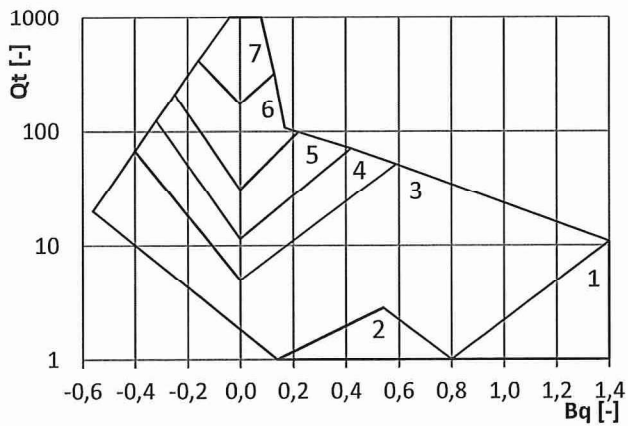
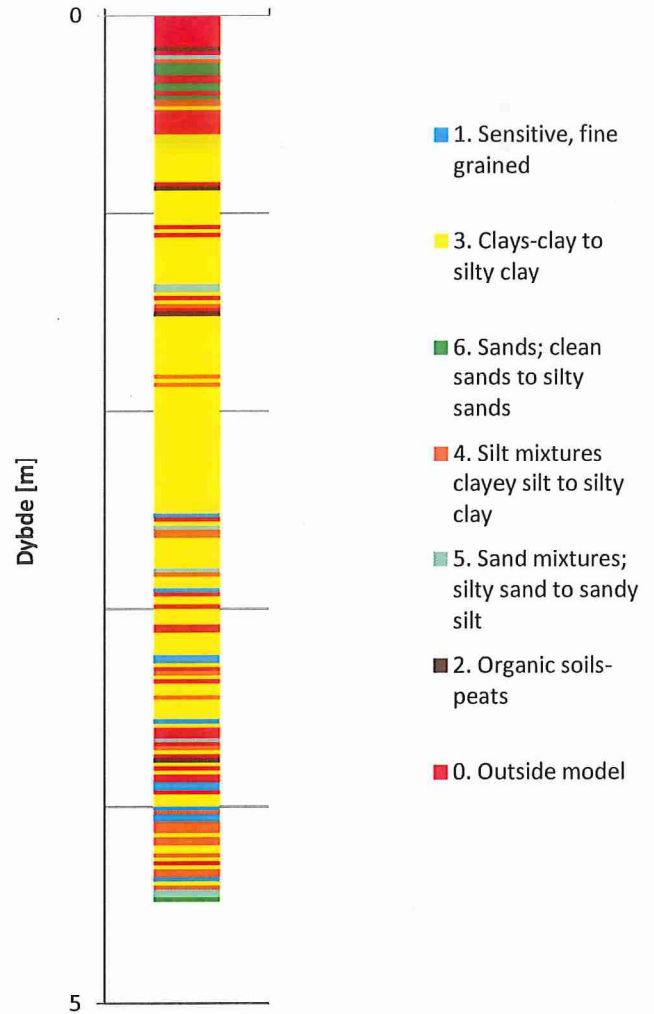
- Nkt (OCR3) - Karlsrud et al (2005)
- Nke (Bq) - Karlsrud et al (2005)
- NΔu (OCR3) - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,28 \cdot \sigma'_{vo}$
- Treaks Pos. 8a
- Enaks Pos. 8a
- ▲ Konus Pos. 8a
- ◆ Ving Pos. 8a
- Anbefalt


Kunde Spro Havn AS		Norconsult	
Oppdrag Molo		5147245	Figur 3
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (cuC) fra CPTu		Dato 2015-10-06	Posisjon 8a
Utført KnHBe	Kontrollert BH	Godkjent BH	Revisjon
		Rapport 5147245-RIG01	Anv. klasse 1

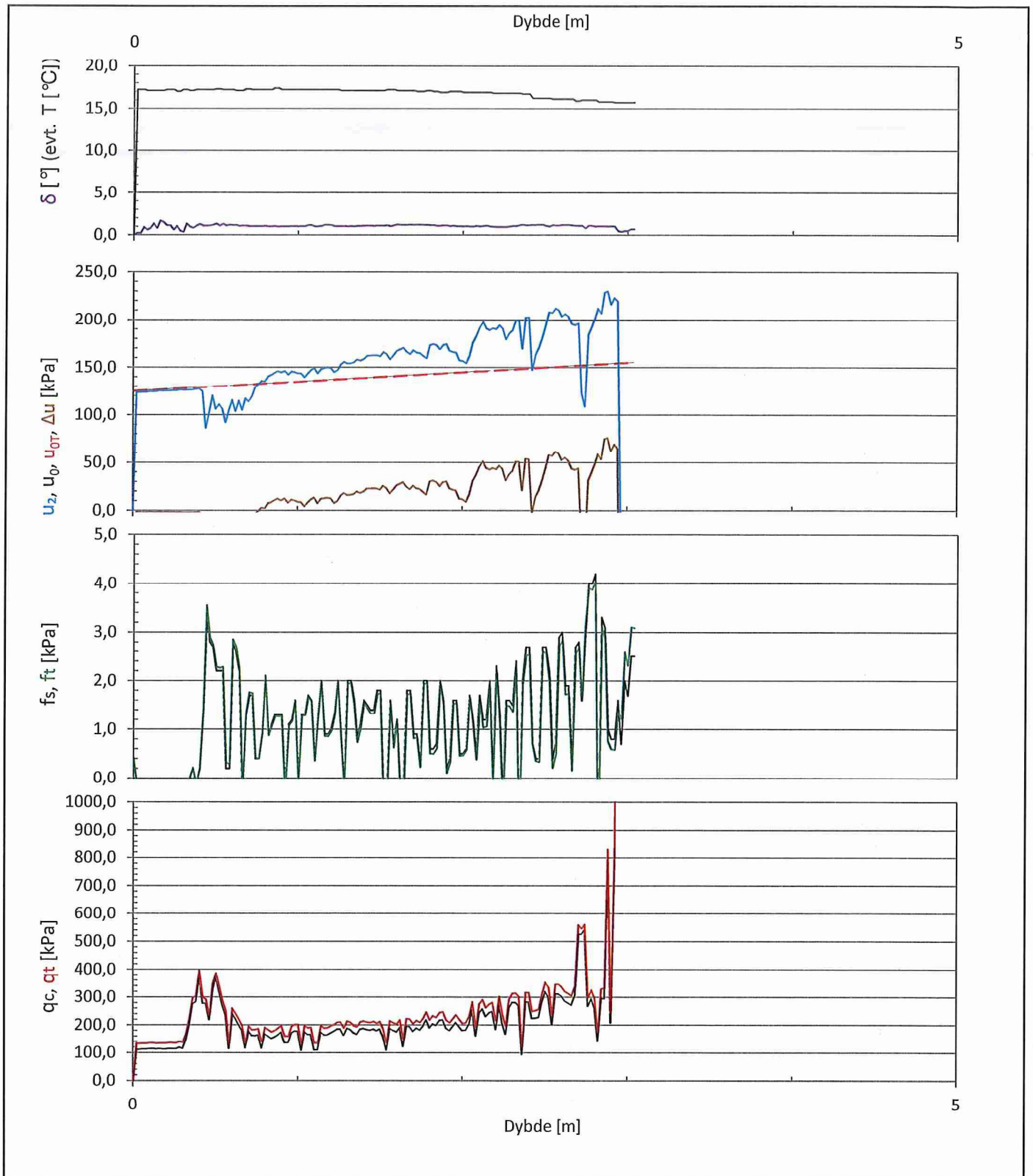
Robertson 1990 basert på Bq




Robertson 1990 basert på Fr

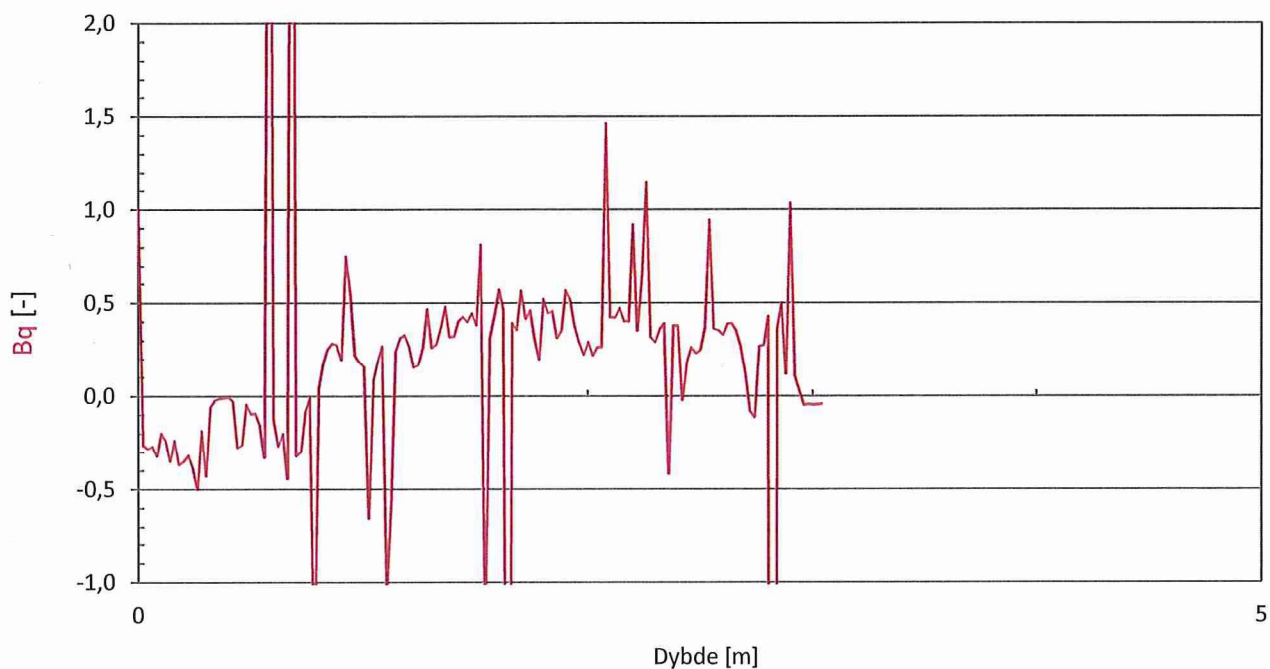
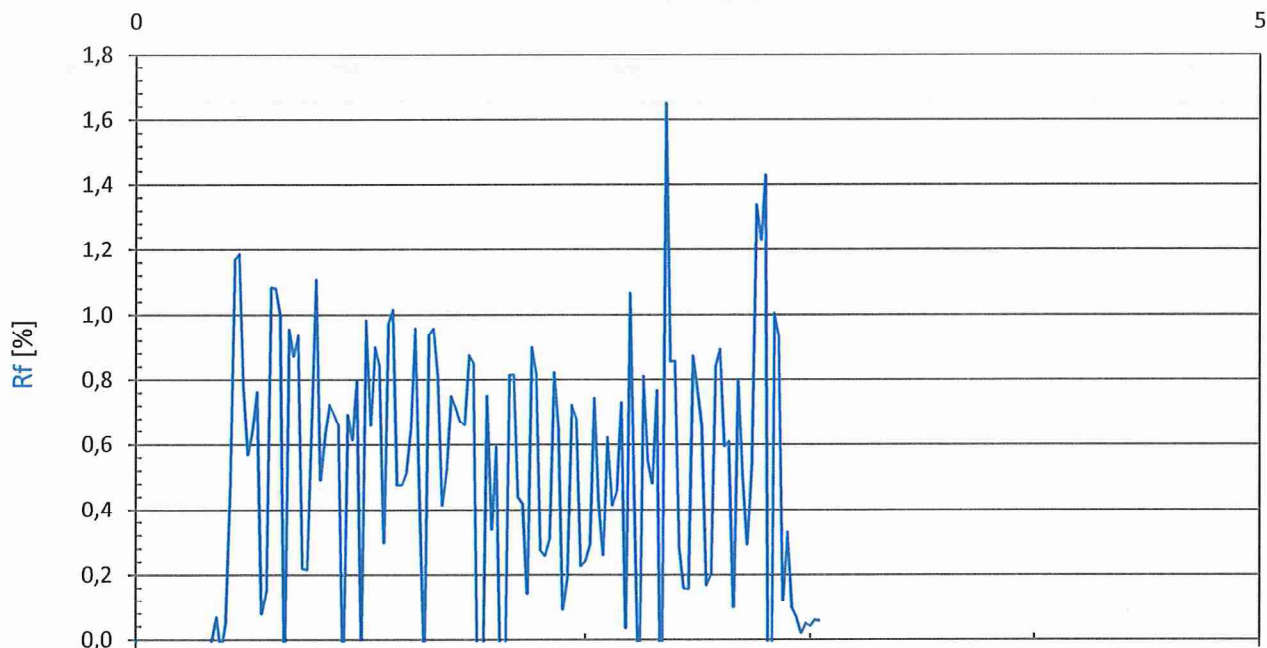



Kunde Spro Havn AS			Norconsult 	
Oppdrag Molo		5147245	Figur 7	Posisjon 8a
Beskrivelse Jordartsklassifisering etter Robertson (1990)			Dato 2015-10-06	Revisjon
Utført KnHBe	Kontrollert BH	Godkjent BH	Rapport 5147245-RIG01	Anv. klasse 1



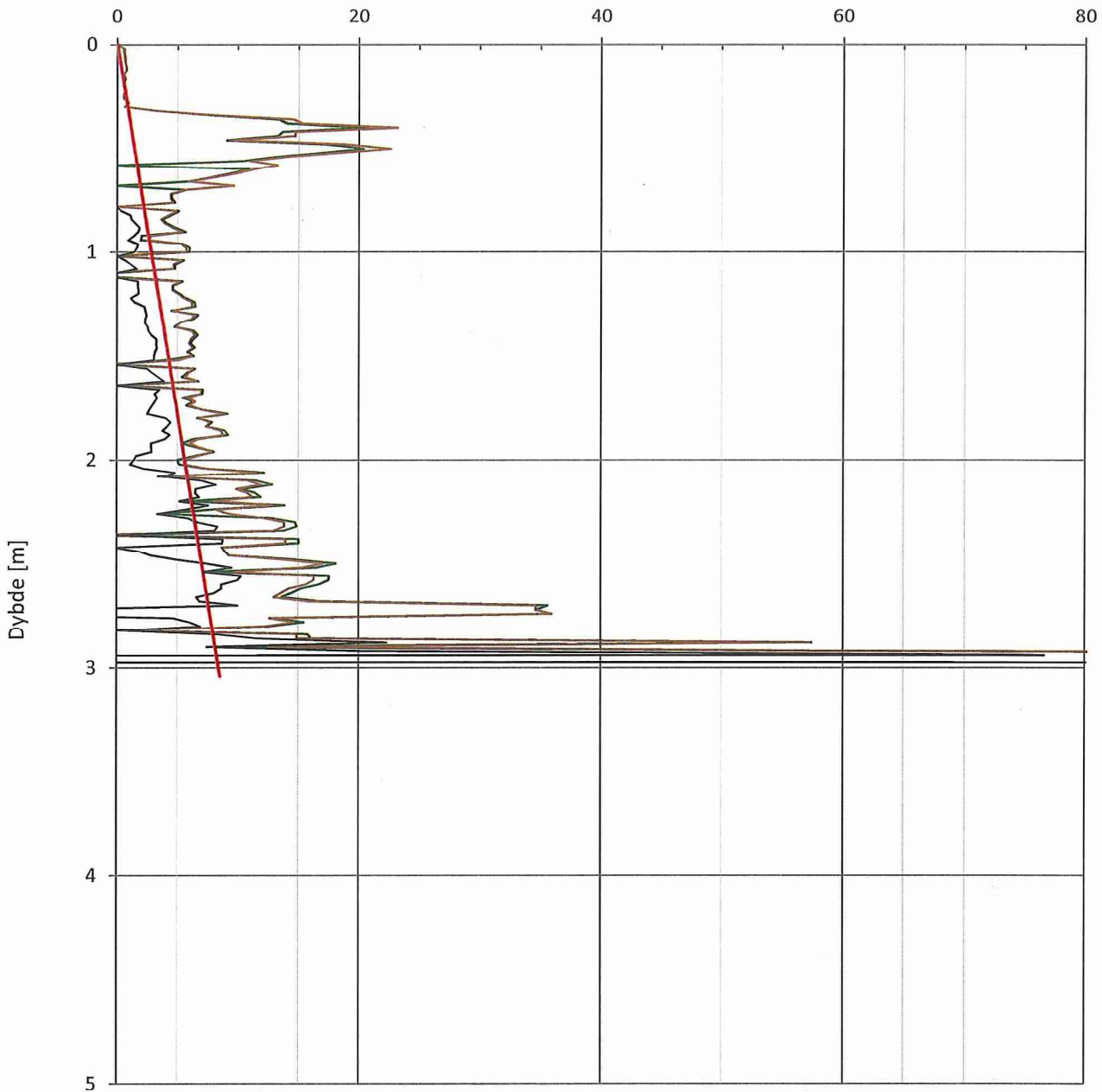
Kunde Spro Havn AS		Norconsult 	
Oppdrag Molo	5147245	Figur 1	Posisjon 8
Beskrivelse Spissmotstand (qc/qt), sidefriksjon (fs/ft) samt pore- og vanntrykk (u ₂ /u ₀)		Dato 2015-10-06	Revisjon
Utført KnHBe	Kontrollert BH	Godkjent BH	Rapport 5147245-RIG01
			Anv. klasse 2

Dybde [m]




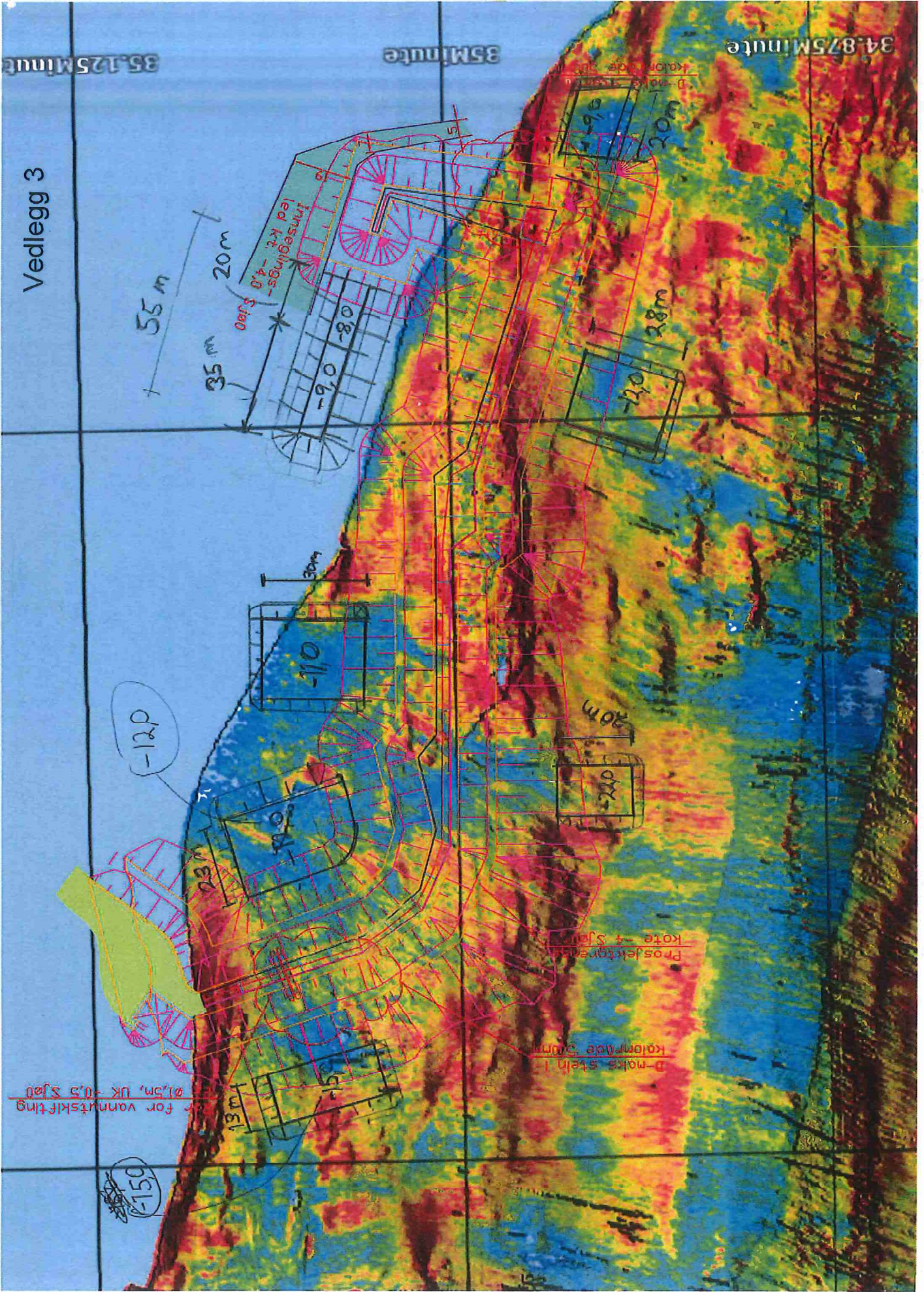
Kunde Spro Havn AS			Norconsult 	
Oppdrag Molo		5147245	Figur 2	Posisjon 8
Beskrivelse Poretrykksforhold (Bq), friksjonsforhold (Rf)			Dato 2015-10-06	Revisjon
Utført KnHBe	Kontrollert BH	Godkjent BH	Rapport 5147245-RIG01	Anv. klasse 2

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]



- Nkt (OCR3) - Karlsrud et al (2005)
- Nke (Bq) - Karlsrud et al (2005)
- NΔu (OCR3) - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,28 \cdot \sigma'_{v\sigma}$
- Treaks Pos. 8
- Enaks Pos. 8
- ▲ Konus Pos. 8
- ◆ Ving Pos. 8
- Anbefalt

Kunde Spro Havn AS			Norconsult 	
Oppdrag Molo		5147245	Figur 3	Posisjon 8
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (cuC) fra CPTu			Dato 2015-10-06	Revisjon
Utført KnHBe	Kontrollert BH	Godkjent BH	Rapport 5147245-RIG01	Anv. klasse 2



34.875 Minute

35 Minute

35.125 Minute

Vedlegg 3

55 m
35 m
20 m

0'4 - 3,4 på
-56 m på
-90 -80

D-maks stein l
kajen 0,05 30m

28 m

110
30 m

-120

110
23 m

20 m
120

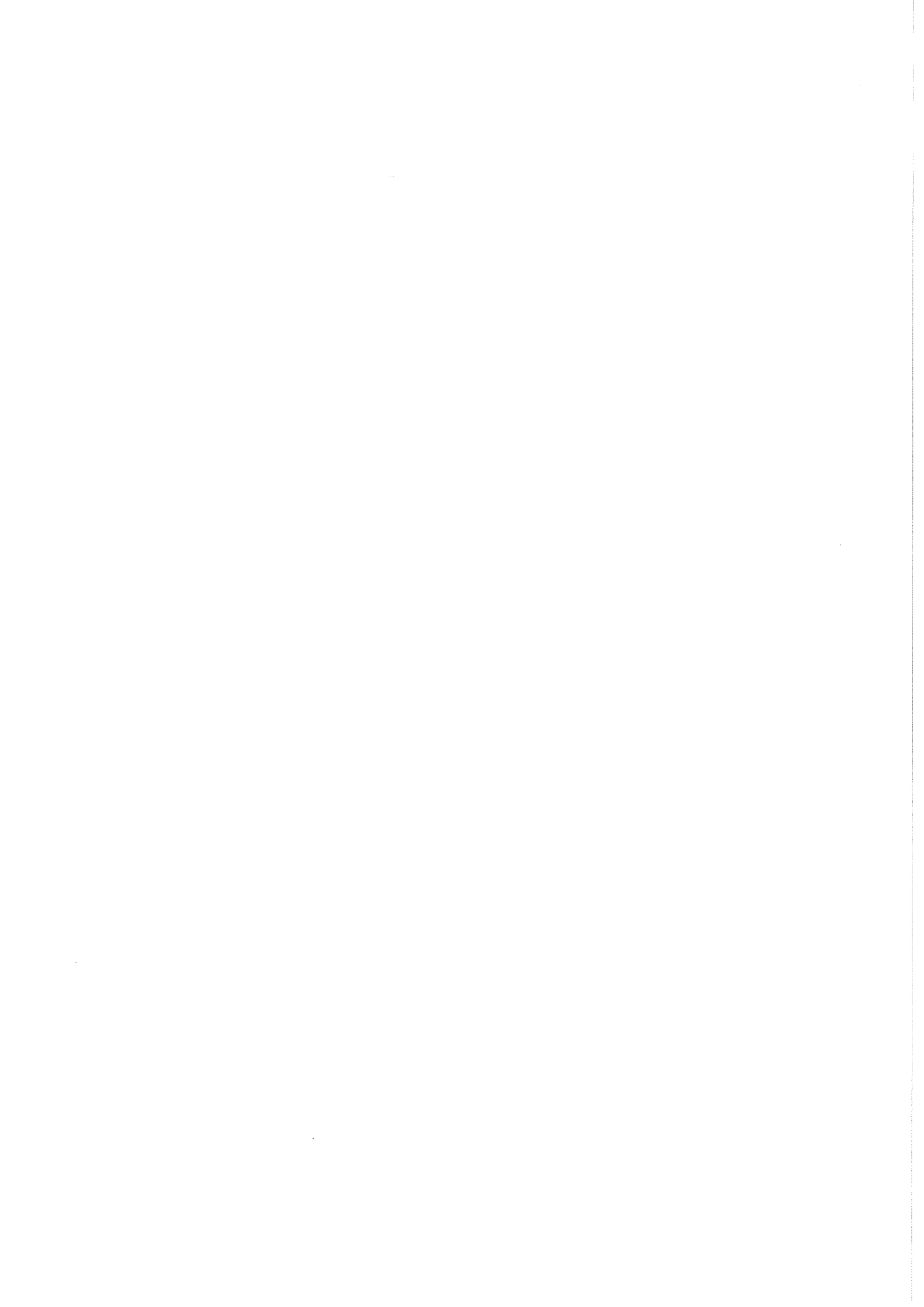
Prosjektgrense
kote + sjø

D-maks stein l
kajen 0,05 30m

for vannutskifting
ø1,5m, UK +0,5 sjø

13 m
15

-150



Til: Spro havn AS
Fra: Norconsult AS v/Bård Venås
Dato/Rev: 2015-10-13

Vurdering av vanngjennomstrømning

Det planlegges bygget en molo ved Spro havn. Tegning av denne er vist i figur 1. For å sikre tilstrekkelig vannutskiftning innenfor moloen er det foreslått å etablere av rør eller kulvert gjennom moloen på nordsiden. Tiltaket vurderes i dette notatet.

Ved overslagsberegningene er det anslått at havneområdet som «lukkes inne» er ca. 200 meter langt i nord-sørlig retning og ca. 100 meter bredt øst-vestlig retning. Det er videre benyttet en midlere dybde i bassenget på 15 meter. Vannvolumet innenfor moloen er med disse antagelsene regnet som 300.000 m³.

Forhold som vil påvirke vannutskiftningen innenfor moloen vil være:

1. Tidevannsstrømning
2. Vinddrevet strømning
3. Tilsig av vann inne i havneområdet
4. Ferdsl inn og ut av havn (propellstrøm m.m.)
5. Bølger
6. Sjiktninger i salinitet og temperatur

Notatet fokuserer på punkt 1 og 2 som antas å være de viktigste forholdene. Når det gjelder pkt. 3 er det ikke kjent at det er noe større tilsig av vann innenfor moloen enn utenfor. Båtenes størrelser og aktiviteten i området antas å være slik at punkt 4 bidrar lite. Moloen er laget for å beskytte effektivt mot bølger fra alle retninger og punkt 5 har derfor liten påvirkning. Påvirkning av sjiktninger i salinitet og temperatur har betydelig effekt på forholdene i fjorden, men vurderes å være begrenset innenfor moloen.

Tidevann

Figur 2 viser vannstandsdata for Spro. En ser at tidevannsforskjellene er små: det er 27 cm mellom middel høyvann (MHW) og middel lavvann (MLW), og 70 cm mellom høyeste (HAT) og laveste (LAT) astronomiske tidevann. Værets virkning på vannstanden er relativt stor i forhold til tidevann og høyvann opp til 170 cm forekommer i gjennomsnitt 1 gang per år.

Med tanke på normal vannutskiftning tas det utgangspunkt i midlere vannstandsending. Endringene i vannstand vil «pumpe» ca. 3-4 % av vannet innenfor moloen ut og inn per døgn, altså i løpet av to tidevannsykluser. Virkningen av dette på vannutskiftning er begrenset, isolert sett, siden det for en stor del er det samme vannet som pumpes fram og tilbake ved utløpet av havneområdet. Sett i sammenheng med «omrøring» av vannet i bassenget, først og fremst forårsaket av vind, vil derimot virkningen av slik direkte tidevannsutskiftning ha en viss betydning.

Indirekte, vil Tidevannet sette opp en strøm i fjorden langs moloen, som iogså påvirker utskiftningen. Det er anslagsvis rundt 150 km² vannflate i Oslofjorden innenfor Spro. Med en gjennomsnittlig tidevannsendring på 0,27 m passerer dermed ca. 40 millioner m³ vann passere forbi Spro i løpet av 6 timer. Tverrsnittet av fjorden her er grovt vurdert å være rundt 200.000 m³. Dette innebærer at gjennomsnittlig tidevannsstrøm forbi Spro på ca. 1 cm/s, innover eller utover.

En forenklet CFD strømningsanalyse (CFD fra engelsk Computational Fluid Dynamics) er utført for denne situasjonen. Resultatene, samt geometrien til molo og havn som er benyttet er vist i figur 3. Fargeskalaen viser strømningshastighet i henhold til skalaen til venstre i figurene. Pilene viser lokal strømningsretning.

I simuleringene er strømmen ute i fjorden 1 cm/s fra hhv. nord og sør. En ser at resulterende strøm gjennom forbindelsen i nordsiden er hhv. 0,9 og 0,4 cm/s ved disse situasjonene. Det er viktig å huske at dette er overslagsberegninger.

Det er rimelig å anta at hastigheten gjennom rør/kulvert er nesten den samme som strømmen i fjorden ved strøm fra nord, og rundt halvparten ved strøm fra sør.

Vinddrevet strømming

Vi har ingen vinddata fra Spro, men ut fra beliggenheten kan det være nærliggende å tro at gjennomsnittlig vindhastighet ligger mellom 3 og 4 m/s, og at de framherskende vindretningene er hhv. fra nord og sør langs fjorden.

Det er utført overslagsmessige CFD-simuleringer for en vindhastighet på 3 m/s og en typisk vindfriksjon for vind over sjø¹. Den vinddrevne strømmen øker med tid og resultatene er tatt ut etter tre timer med konstant vind.

Resulterende strøm i overflatesjiktet er vist i figur 4 for vind fra nord og sør. En ser at resulterende strøm gjennom rør/kulvert er ca. 2 cm/s i begge tilfeller.

Konklusjon

Vinden er den viktigste drivkraften for vannutskifting innenfor moloen. Det er viktig å legge merke til at vinden driver strøm i hovedsak i overflatesjiktet og at rør/kulvert derfor bør plasseres så nær vannoverflaten som mulig.

Det anslås at gjennomsnittlig hastighet gjennom rør/kulvert vil være rundt 2,5 cm/s. Teoretisk oppholdstid for vannet innenfor moloen blir da

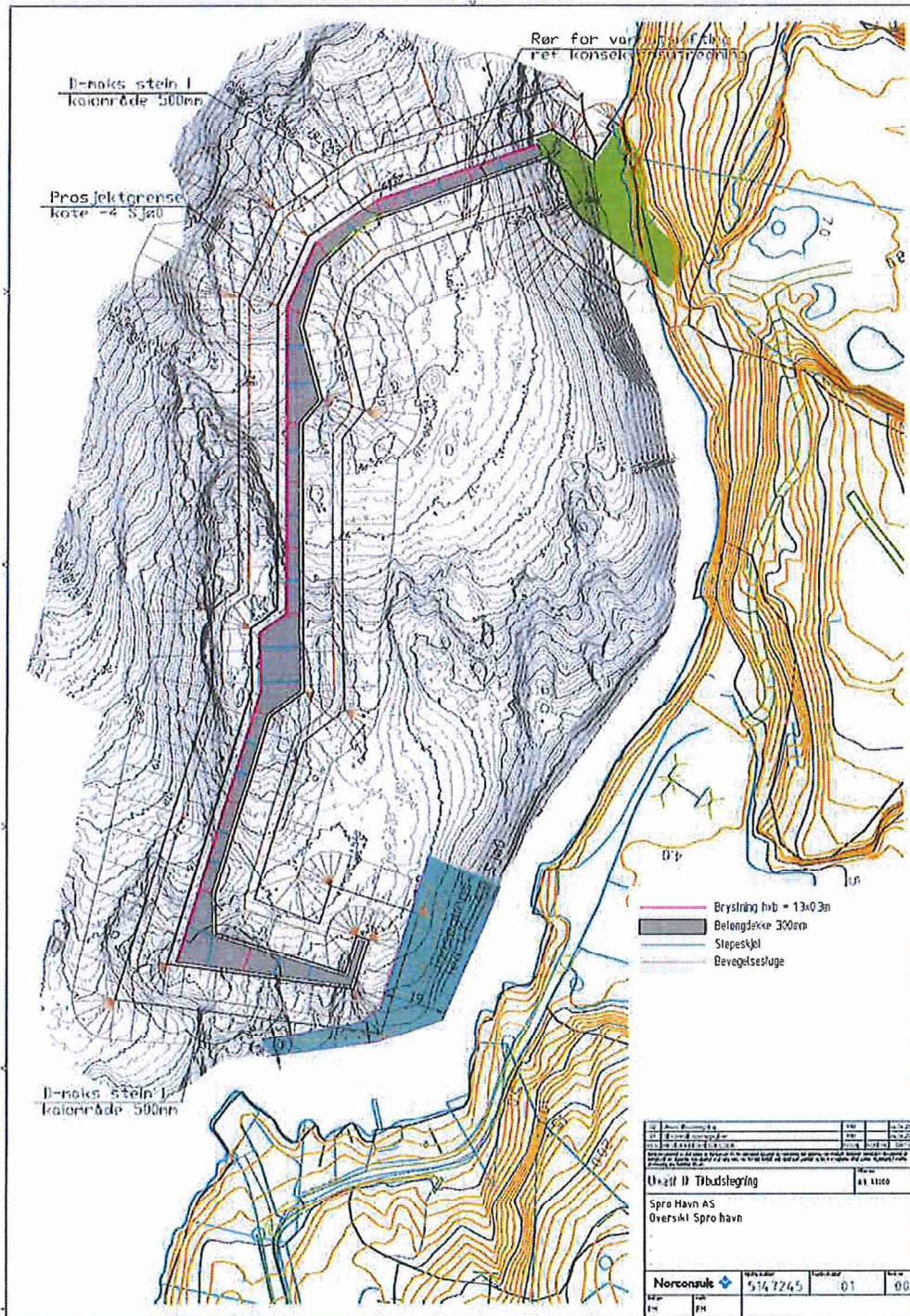
$$t = \frac{V_{basseng}}{A_{kulvert} \cdot U_{kulvert}} = \frac{300.000 \text{ m}^3}{A_{kulvert} \cdot 0,025 \text{ m/s}}$$

Skissert løsning på tegning er to ø1500 rør. Dette gir et tverrsnitt på ca. 3,5 m² og en rundt 40 døgn.

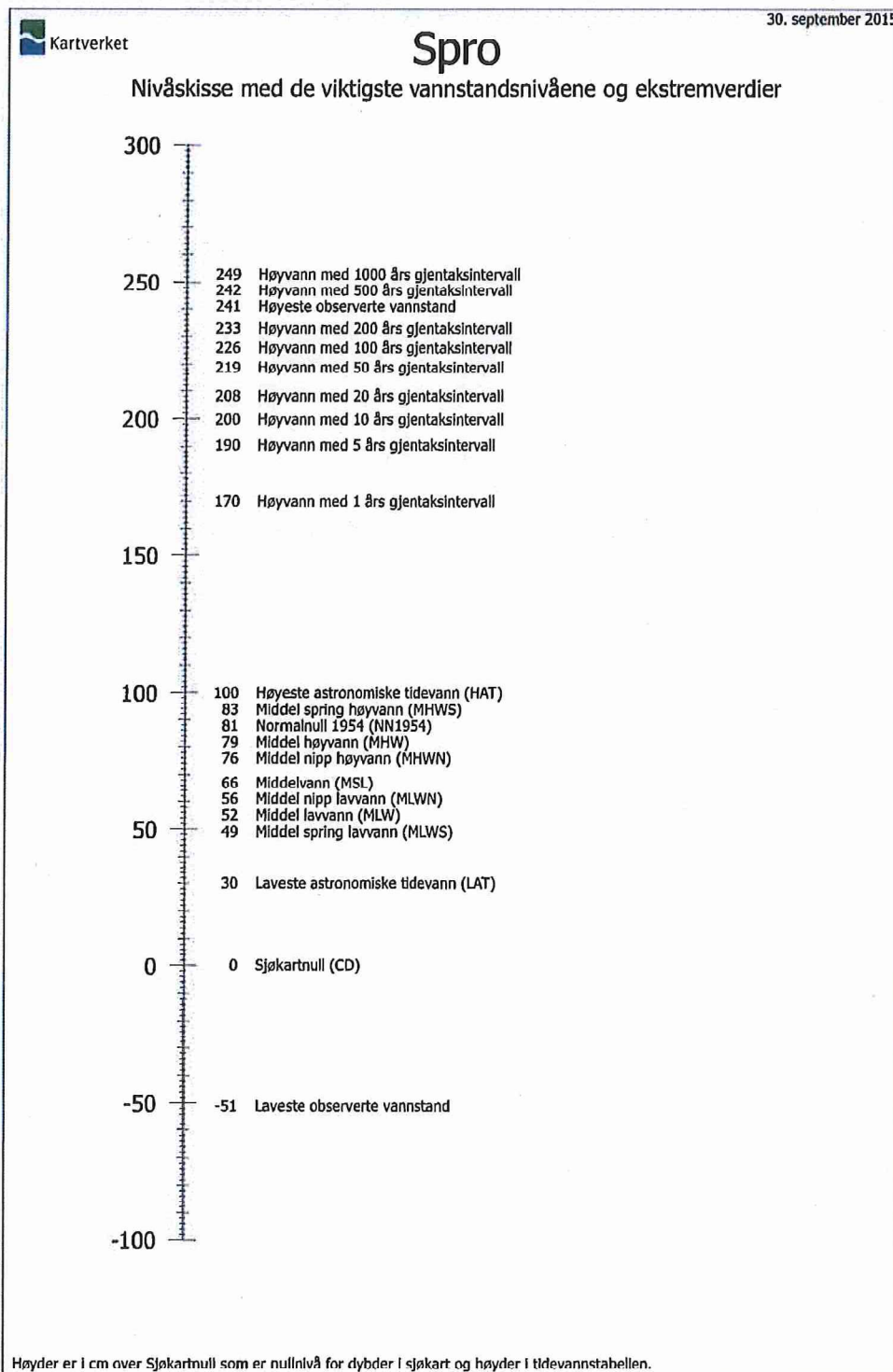
Dette anses å burde være tilstrekkelig hvis det er forholdsvis «normal aktivitet» inne i bassenget.

For å være på den sikre siden anbefaler vi at røroarealet økes noe ved å legge inn et tredje rør (totalt 5,3 m²).

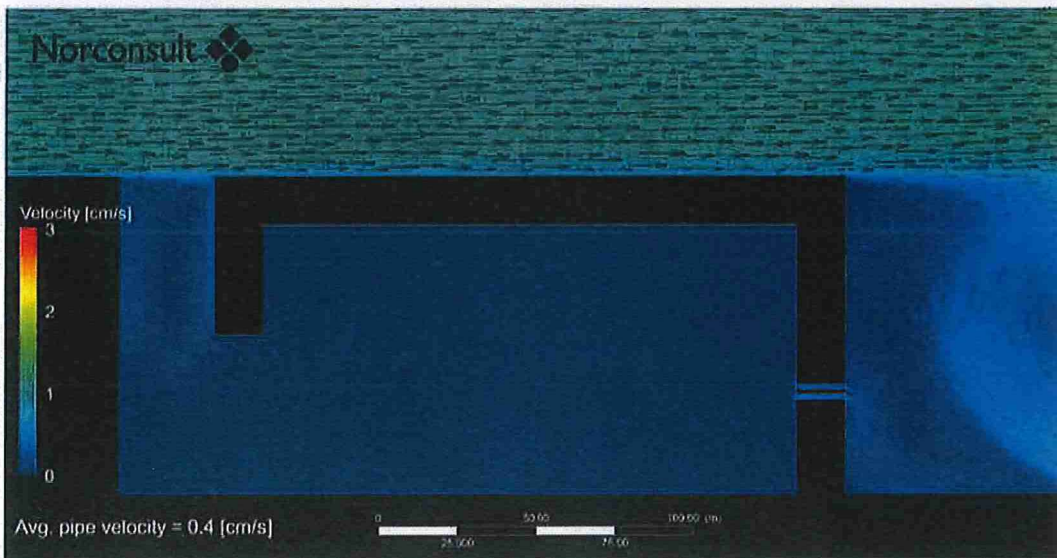
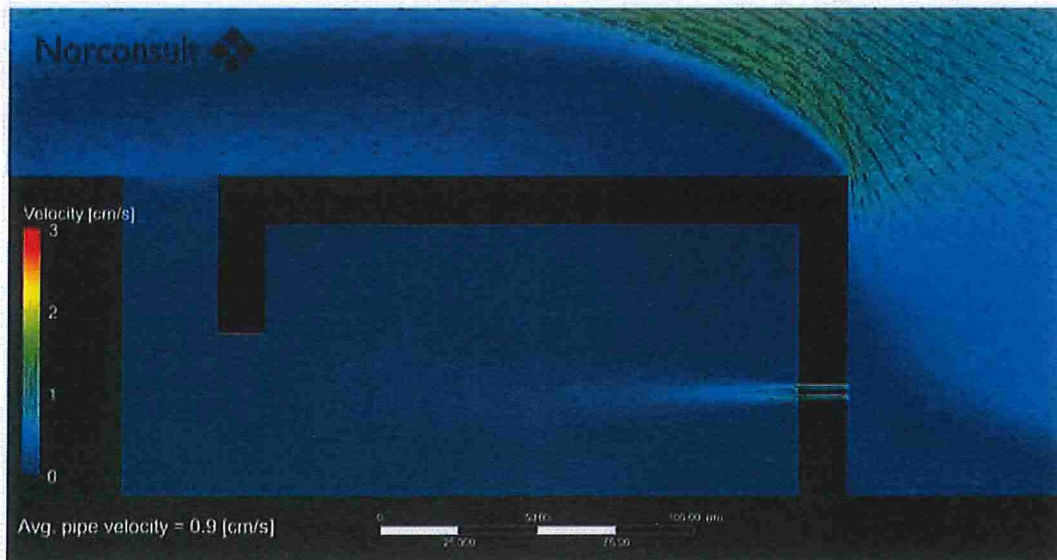
¹ Skjærkreftene beregnes som $\tau = \rho C_d U^2$. Dragkoeffisienten C_d satt til 0.001. Dette er en typisk verdi, men varierer i praksis med varighet av vind og bølgestørrelse.



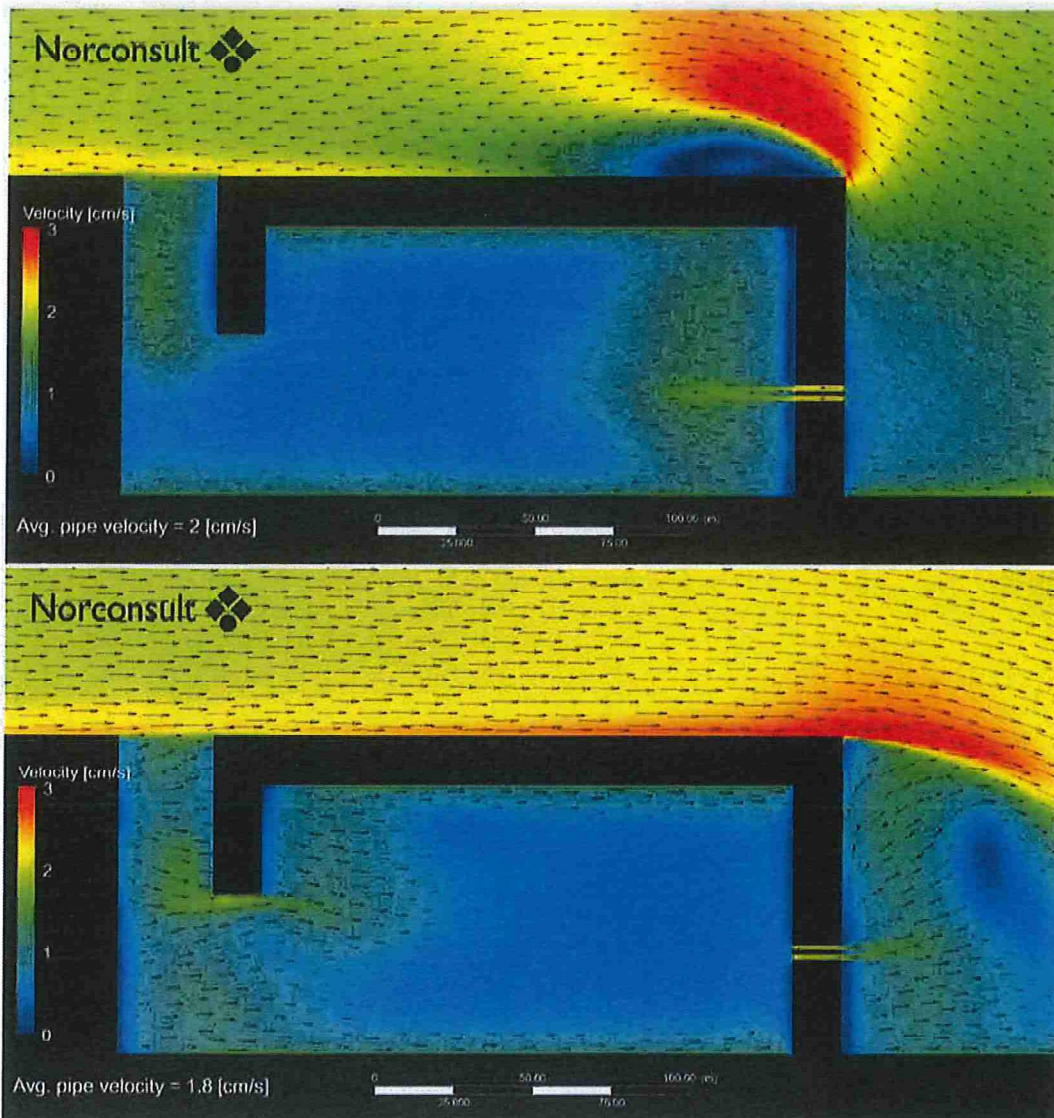
Figur 1: Tegning av planlagt havn og molo.



Figur 2: Tidevannsdata beregnet for Spro (<http://kartverket.no/sehavniva/>).



Figur 3: Beregning av strøm gjennom kulvert/rør. Øverst 1 cm/s strøm fra nord. Nederst 1 cm/s strøm fra sør.



Figur 4: Beregning av strøm gjennom kulvert/rør. Øverst: etter 3 timer med 3 m/s vind fra nord. Nederst etter tre timer med 3 m/s vind fra sør.

Sandvika, 2015-10-13

Utarbeidet:


 Bård Venås

Fagkontroll:


 Bent A. Børresen

Godkjent:


 Svend Arntzen

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.

Til: Spro Havn
Fra: Guri Sogn Andersen
Dato 2015-11-17

Tittel

Spro Havn AS planlegger å anlegge en molo i Spro Havn ved bruk av steinmasser fra farledsutbedringen i indre Oslofjord. Fylkesmannen har i brev datert 18.09.2015 gitt tillatelse til dette. Tillatelsens vilkår krever at steinmoloen ikke skal føre til vesentlig redusert vanngjennomstrømning i bukta. Kravet stilles på bakgrunn av nasjonale målsetninger nedfelt i Vannforskriften og Naturmangfoldloven. Dette notatet belyser effekter som kan forventes på marint naturmiljø, og effektene vurderes opp mot de nasjonale målsetningene om økologisk og kjemisk tilstand i vannforekomster samt bevaring av biologisk mangfold.

Vurderingene tar utgangspunkt i notatet «Vurdering av vanngjennomstrømning» (Norconsult, 2015-10-13) samt tilgjengelig informasjon om marine naturforhold. Området der moloen skal ligge er undersøkt ved dykking og filmet i forbindelse med grunnundersøkelsene (Agder dykk, 2015), og det er mulig å si noe om biologien i området basert på disse klippene. Områdene fra moloen og inn til land ble undersøkt ved hjelp av dropkamera og ROV den 11. november 2015. Med på befaring var Lars Dalen, Marinereparatørene.

Dette notatet fokuserer kun på effekter som kan forventes av redusert vanngjennomstrømning i forbindelse med moloanleggelsen, og tiltak som gjøres for å sikre vanngjennomstrømning. Øvrige tiltak knyttet til prosjektet i Spro Havn vil også kunne påvirke marint naturmiljø, men omtales ikke her.

1 Tilgjengelig informasjon

Følgende datakilder ble benyttet:

- Naturbase
- Vannmiljø
- Vann-nett
- Artsdatabanken
- Videoklipp fra dykkertransekt i f.ø.m. grunnundersøkelsene for Spro Havn
- Videoklipp fra bunnkartlegging for Fagrådet i indre Oslofjord

Følgende litteratur ble lagt til grunn for områdebeskrivelsen:

- Fagrapporter for Fagrådet i indre Oslofjord – tilgjengelig på nett: <http://www.indre-oslofjord.no/>
- Fagrapporten «Biologisk mangfold i Nesodden kommune» (NIJOS, 2003)
- Fagrapporten «Biologisk mangfold i Nesodden kommune – oppdatering av naturtypedata 2008» (BioFokus, 2008)
- Konsekvensanalysen «Spro Havn – boligutvikling»
- Konsekvensanalysen «Steds-, bolig- og næringsutvikling i steinbrudd på Spro» (Rambøll, 2008)
- Arbeidsrapporten «Dykkerundersøkelser ved Spro Havn» (Agder dykk AS, 2015).

2 Området i dag

Spro Havn planlegger utbygging av boligområde med ny adkomstveg, molo, småbåthavn, næringsbebyggelse, bebyggelse til allmenntilgjengelige formål, friluftsområder og kystkultursti. Området som skal utbygges ligger i og ved to nedlagte steinbrudd på Nordre Spro på vestsiden av Nesodden, mellom Fjellstrand og Fagerstrand. Landområdet grenser til Vestfjorden i indre Oslofjord og ligger litt nord for øya Langåra.



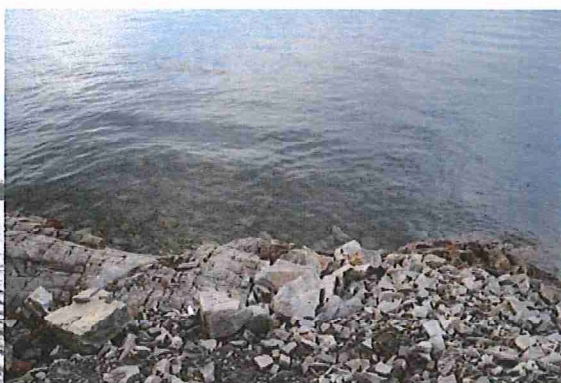
Figur 1 Utsikt mot nord fra kai



Figur 2 Utsikt mot nordvest fra bak båthus



Figur 3 Utsikt mot sørøst fra steinbrudd i nord



Figur 4 Strandlinje

2.1 Vannforekomst

Vannområdet Oslofjorden regnes å være av kysttype «Moderat eksponert kyst», er permanent lagdelt og har generelt sett en relativt svak strømhastighet. Oslofjorden er en terskelfjord og oppholdstiden for bunnvannet er oftest lang (måneder/år). På grunn av en lang historie med påvirkning fra områdene rundt Oslo i form av industri, svært utviklet infrastruktur, kloakk, jordbruk og fiske har fjorden vært ansett som svært belastet. I dag regnes den kjemiske tilstanden i fjorden å være nokså dårlig (eller «Oppnår ikke god»), mens den økologiske tilstanden regnes som «Moderat» i henhold til gjeldende system for klassifisering (vann-nett.no).

2.2 Lokal påvirkning i dag

Området som planlegges utbygget omfatter to nedlagte steinbrudd. Det er rimelig å anta at også undervannsmiljø vil være preget av disse to lokalitetene gjennom endret avrenning fra landmasser over noe tid. Undersøkelser av innholdet av «steinstøv» i avrenningsvolum fra andre nedlagte steinbrudd viser imidlertid at akkurat denne partikkeldelen er uproblematisk relativt kort tid etter avvikling (<5 år).

Ferskvannsavrenning som inneholder partikler og næringssalter vil kunne påvirke undervannsmiljøet lokalt. Det vites ikke hvor stor avrenningen fra tilgrensende felt til havneområdet er i dag eller hvordan dette tilføres sjø, men man kan anta at påvirkningen ikke er stor nok til at miljøet skiller seg betydelig fra nærliggende strandsoner.

2.3 Marint naturmiljø

Det er ikke registrert forekomster av viktige naturtyper i sjø i havneområdet i Naturbase. Det er imidlertid verdt å bemerke at dette ikke nødvendigvis betyr at viktige marine naturtyper ikke finnes her. Det finnes lite tilgjengelige data fra området, og kartlegging ser ikke ut til å ha blitt foretatt i nyere tid.

Det finnes gytefelt i nærheten og området brukes av fritidsfiskere. Det er også vanlig å drive hummerfangst langs hele nesoddlandet i perioden for hummerfiske.

I forbindelse med grunnundersøkelsene i planfasen ble områdene der moloen skal plasseres undersøkt ved dykking. Transektdykkene ble filmet og filmene er nå gjennomgått for å fremskaffe en overordnet beskrivelse av marint naturmiljø. Supplerende undersøkelser ble foretatt med dropkamera i november 2015:

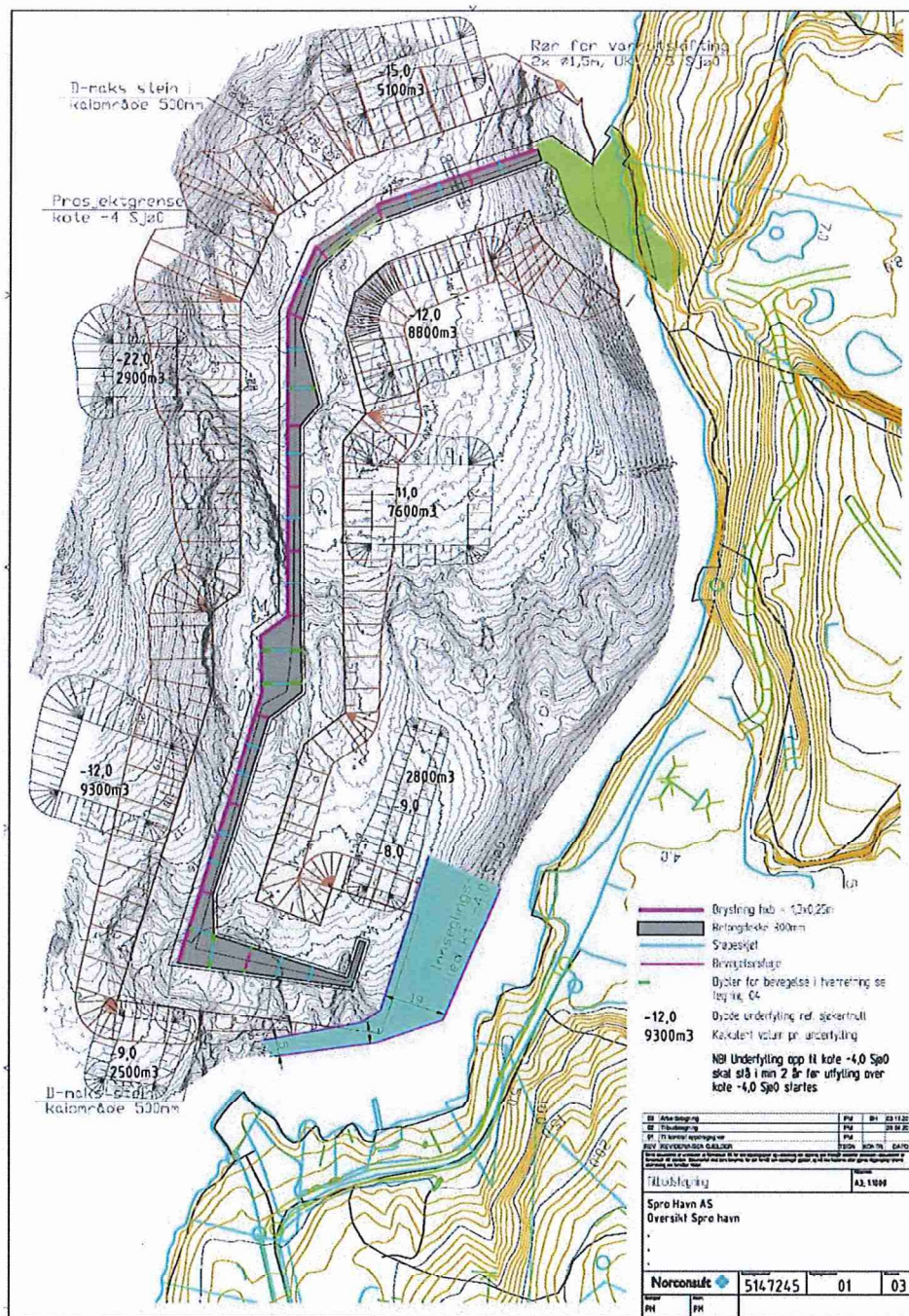


Figur 5 Utsnitt fra filmer tatt 11. november fra 8-15 m dyp, Nordre Spro (Norconsult). Det var relativt dårlig sikt. Bildene viser substrattyper og dødningehånd (øverst t.h.), bergnebb, torsk og løsrevet tang (nederst t.v.)

Generelt ser havbunnen ut til å være dominert av steinrøys og flatere områder med mudder og sand i varierende tykkelse med innslag av eksponert fjell. I strandkanten sees tangsamfunn på fast fjell og store steiner, og ellers relativt grov sand iblandet skjell i flate områder. Sagtangen dominerer blant brunalgene. Av fauna er det observert dødningehånd, sjøroser, kråkeboller, sjøstjerner, skjell av varierende arter, ansamlinger av sekkdyr, snegl, strandkrabbe, eremittkreps, rur, småfisk, flyndre og

torsk og spor etter gravende organismer. Slike områder er også godt egnet som hummerhabitat. Filmene tyder på at området er svært representativt og tilsvarer naturmiljø som ellers er vanlig langs Nesodlandet.

3 Forventede endringer i fysiske forhold



Figur 6 Tegning av planlagt havn og molo

Vanngjennomstrømmingen i området er god i dag, men vil endres som følge av den planlagte moloen og motfyllingene (Figur 6). I området fra moloen og inn mot land vil gjennomstrømmingen bli redusert. Dette vil endre graden av vannutskiftning, og vannets oppholdstid i bassenget regnes å kunne bli i gjennomsnitt rundt 40 døgn dersom vannhastighet gjennom rør/kulvert er 2,5 cm/s (med to rør). Vind er den viktigste drivkraften for vannutskiftningen innenfor moloen, og vind driver i hovedsak strøm i overflatesjiktet (se notat Norconsult, 2015-10-13). Spro Havn planlegger ytterligere to rør i overflaten, ett i moloens 90 ° knekk sør og ett inne ved land i nord.

Vannutskiftningen vil være dårligere i dypere vannlag og dette kan føre til oksygenmangel og oppbygging av H₂S. De innerste områdene i havnen er mest utsatt fordi disse områdene er dypest, og fordi grunnere områder og motfyllinger i midten av bassenget fungerer som barrierer med relativt smale åpninger der vannet kan passere. På større skala gjør terskelen i Drøbaksundet at hele Vestfjorden er utsatt for lave oksygenkonsentrasjoner i perioder. Moloen antas å ville forverre dette problemet inne i havneområdet.

Dersom området tilføres mye ferskvann kan dette øke lagdelingen i vannmassene og kunne påvirke oksygenforholdene i det dype bassenget ytterligere i negativ retning. Tilføring av ferskvann kan komme fra naturlig avrenning til det planlagte havneområdet, og som følge av avrenning fra det prosjekterte anlegget både i anleggsfasen og når bygg med tilhørende infrastruktur er ferdigstilt. Det er imidlertid lite som tyder på at dette er en stor fare ved Spro.

4 Vurdering av effekter av forventede endringer

Grovt sett varierer sammensettingen av arter i marine samfunn nokså forutsigbart med eksponeringsgrad eller grad av vannbevegelse. Det må imidlertid nokså store endringer i eksponering til for at dette skal gi betydelige utslag i de biologiske samfunnene. Vannkvaliteten vil også kunne endres dersom redusert vannutskiftning fører til opphopning av næringssalter, forurensing fra f.eks. småbåter og byggeaktivitet og dårligere oksygenforhold.

Med redusert vannbevegelse og økt oppholdstid for vann vil man forvente å se en viss grad av endring i marin flora. Effektene vil ikke nødvendigvis være forårsaket av endret vanngjennomstrømming i seg selv, men være en konsekvens av indirekte påvirkning gjennom f.eks. økt partikkeloppbygning, og typisk medfølgende effekter som redusert lysgjennomtrengelighet i vannmassene og økt sedimentering. Dette vil påvirke fotosyntetiserende organismer som tang negativt, ved at dypet for nedre voksegrense reduseres (blir grunnere). Marin fauna som småfisk, krepsdyr og bløtdyr vil igjen kunne påvirkes av reduksjoner i den vertikale bredden på tangbeltet, fordi viktige leveområder forsvinner.

Faunaen vil også kunne påvirkes negativt av utbyggingen dersom oksygenforholdene i bunnvannet forverres. Både lave oksygenkonsentrasjoner og oppbygging av hydrogen sulfid (H₂S) som følger av dette vil kunne gjøre spesielt den dype delen av bassenget skadelig, og i verste fall ulevelig for en rekke dyr. Reproduksjonen hos arter som reker, hummer, og sjøkreps er sårbar for lave oksygenkonsentrasjoner i vannet fordi de bærer egg på utsiden av kroppen. Eggene trenger gode oksygenforhold for å utvikle seg. Fisk og andre organismer som lett kan bevege seg, vil forlate områder med for lite oksygen hvis de kan. Mer stasjonære dyr som lever på bunnen eller i bunnsedimentene, vil derimot kunne dø ved lave oksygenkonsentrasjoner. Hvis det dannes H₂S (typisk følge av bakteriell nedbrytning i oksygenfattig miljø), vil vannet bli giftig for bunnlevende marine organismer. Resultatet av dårlige oksygenforhold i havnebassenget er uansett et lokalt tap av biologisk mangfold.

Smådyr som lever i både tang, sand og mudder er viktige næringskilder for en rekke større krepsdyr, bløtdyr, pigghuder, fisk og sjøfugl. Derfor kan endringer forårsaket av moloen også påvirke biologisk mangfold gjennom trofiske kaskader av negative effekter (forplantning av effekter oppover i næringsnett). På den annen side er moloer ofte egnet som substrat for tang og tare, og hulrom

mellom stein fungerer godt som skjulested for fisk og krepsdyr. Hummer trives også godt i slike miljø. Utsiden av moloen på Spro kan således skape nytt grunnlag for marine organismsamfunn. Aktivitet i området kan gjøre at fugl heller foretrekker andre plasser i hekkesesongen, men det er vanlig å se sjøfugl på matsøk eller overvintrende fugl også i havneområder. Samlet sett vil derfor effekten på høyere fauna i området neppe merkes.

De planlagte rørene/kulvertene vil begrense langsiktige skadelige effekter på naturmiljøet og den økologiske og kjemiske tilstanden innenfor moloen. Vannutskiftningen er beregnet å ta om lag 40 døgn (se notat fra Norconsult, 2015-10-13), men vil antagelig gå noe raskere fordi flere rør enn det som lå til grunn for modellen planlegges. Det er uvanlig å gjøre modelleringer av dette i forbindelser med prosjekter i så liten skala fordi det er svært ressurskrevende. I dette tilfellet er det utført, men modellen tar ikke hensyn til lagdeling eller bunntopografien i området. En mer kompleks modell ville blitt uhensiktsmessig kostbar. Selv om oppholdstiden for vann i bassenget i snitt skulle være 40 døgn kan altså bunnvannet tenkes å være der lenger, spesielt i den dypeste delen av bassenget. Båttrafikk vil kunne bidra til økt omrøring, men småbåter vil nok i liten grad påvirke de dypeste områdene og dessuten kun være tilstede i særlig omfang på sommeren. For å begrense risikoen for skade på det marine naturmiljøet og vannkvaliteten bør man legge opp til så god vanngjennomstrømning og vannutskiftning som mulig. Fire rør, slik som planlagt vil sannsynligvis gi tilstrekkelig god vannkvalitet i overflaten. Det bør også vurderes om det skal foretas grep for utbedring av vannutskiftningen på dypere vann. Dette kan vurderes gjennom overvåking av oksygenforholdene i bunnvannet over en lengre periode etter at molen er bygget. Det planlegges å anlegge ispropell- eller bobleanlegg i havnen for å legge til rette for opplag i havneanlegget vinterstid. Ved behov kan tiltak for å bedre vannsirkulasjonen i dypvannet være å kjøre dette anlegget i perioder, også utenom vintersesongen. Bobleanlegg vil antagelig være mer skånsomt og fungere bedre enn propellanlegg med hensyn til bunnforhold og bunnfauna.

5 Vurdering av effekter og anbefalinger sett i sammenheng med Naturmangfoldloven og Vannforskriften

Naturmangfoldloven

Formålet med Naturmangfoldloven er å bevare naturens mangfold med tanke på biologiske, geologiske og landskapsmessige former, så vel som med tanke på økologiske prosesser. Dette skal skje gjennom bærekraftig bruk og vern, som også skal sikre grunnlag for menneskers virksomhet, kultur, helse og trivsel både nå og i fremtiden. Til grunn for offentlig beslutningstaking legges prinsippene i §§ 8-12

Kunnskapen om marint naturmiljø i det planlagte havneområdet anses å stå i et rimelig forhold til sakens karakter og risiko for skade på naturmangfoldet, og dekker således kravet i § 8. Det er en reell fare for skade på marint naturmiljø som følge av redusert vannutskiftning av bunnvann i bassenget. Vurdering av tiltak som tar sikte på å minimere risikoen for skade er nødvendig jfr. § 12:

§ 12.(miljøforsvarlige teknikker og driftsmetoder)

For å unngå eller begrense skader på naturmangfoldet skal det tas utgangspunkt i slike driftsmetoder og slik teknikk og lokalisering som, ut fra en samlet vurdering av tidligere, nåværende og fremtidig bruk av mangfoldet og økonomiske forhold, gir de beste samfunnsmessige resultater.

Det anbefales å overvåke tilstanden i bunnvannet. Ved skadelig lave oksygenkonsentrasjoner må det, dersom praktisk og kostnadsmessig gjennomførbart, iverksettes tiltak som kan bedre vannutskiftningen også i de dypeste områdene av bassenget. Vannkvaliteten her vil være av betydning for biologisk mangfold, området økologiske funksjon og menneskers trivsel i nærheten av det.

Andre aktuelle avbøtende tiltak med hensyn til marint naturmiljø i forbindelse med prosjektet i Spro havn kan være tilrettelegging for blåskjell, hummer og tang- og taresamfunn rundt moloen og motfyllinger og ved brygger. Tangsamfunn utvikles lettest på ru overflater og blåskjell og andre dyr trives godt i heterogene miljøer – det vil si der det er rikelig tilgang på vegetasjon, sprekker og hulrom der de finner mat, beskyttelse og skjul.

Vannforskriften

I henhold til nasjonale målsetninger slik de er nedfelt i Vannforskriften skal overflatevann beskyttes mot forringelse, og tilstanden skal forbedres og gjenopprettes med sikte på at vannforekomstene skal ha minst god økologisk og god kjemisk tilstand innen 2021. Det er høy risiko for at målet ikke vil oppnås i Oslofjorden (vann-nett.no/saksbehandler).

I Vannforskriften er alt kystvann definert som overflatevann. Med vannforekomst menes en «avgrenset og betydelig mengde av overflatevann, som for eksempel innsjø, magasin, elv, bekk, kanal, fjord eller kyststrekning, eller deler av disse, eller en avgrenset mengde grunnvann innenfor en eller flere akviferer». Havnebassenget ved Spro vil ikke kunne defineres som en egen vannforekomst, men tilstanden her er likevel av betydning for overflatevannet i et større område.

Vannforskriftens § 12 åpner likevel for inngrep som kan føre til mangel på måloppnåelse:

§ 12.(ny aktivitet eller nye inngrep)

Ny aktivitet eller nye inngrep i en vannforekomst kan gjennomføres selv om dette medfører at miljømålene i § 4 - § 6 ikke nås eller at tilstanden forringes, dersom dette skyldes

a) nye endringer i de fysiske egenskapene til en overflatevannforekomst eller endret nivå i en grunnvannsforkomst, eller

b) ny bærekraftig aktivitet som medfører forringelse i miljøtilstanden i en vannforekomst fra svært god tilstand til god tilstand.

I tillegg må følgende vilkår være oppfylt:

a) alle praktisk gjennomførbare tiltak settes inn for å begrense negativ utvikling i vannforekomstens tilstand,

b) samfunnsnyttene av de nye inngrepene eller aktivitetene skal være større enn tapet av miljøkvalitet, og

c) hensikten med de nye inngrepene eller aktivitetene kan på grunn av manglende teknisk gjennomførbarhet eller uforholdsmessig store kostnader, ikke med rimelighet oppnås med andre midler som miljømessig er vesentlig bedre.

Utbyggingen ved Spro synes derfor ikke å være i strid med Vannforskriften, forutsatt at alle praktisk gjennomførbare tiltak for å begrense negativ påvirkning gjennomføres, herunder tiltak for å gi så god vanngjennomstrømming og vannutskifting som mulig.

6 Oppsummering/Konklusjon

- Ved anleggelse av molo vil det skje en endring i vannets oppholdstid i det området som blir havnebasseng.
- Konsekvensen for marint naturmiljø antas å bli en reduksjon i vertikal utbredelse av tang innenfor moloen og en forverring av oksygenforhold i bunnvannet, spesielt lengst nord i bassenget.
- Fire rør (planlagt) i stedet for to (modellen) vil redusere risikoen for påvirkning på tangbeltet.

- Overvåking over en lengre periode (> 1 år) vil gi oversikt over forholdene i bunnvannet og svare på om det er nødvendig å iverksette ytterligere tiltak for å bedre vannutskiftningen i de dypeste områdene.

E03	2015-11-17	Revisjoner etter kommentar fra kunde	Gusan	Ellun	Sa
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.

E3. Molo for Nodre Spro småbåtanlegg. Geoteknisk vurdering av fyllinger

Rapport nr. 52307360-RIG-01

Spro Havn

► Molo for Nordre Spro småbåtanlegg

Geoteknisk vurdering av fyllinger

Oppdragsnr.: 52307360 Dokumentnr.: 52307360-RIG-01 Versjon: J04 Dato: 2024-03-05



Oppdragsgiver: Spro Havn
Oppdragsgivers kontaktperson: Stian Mørk
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder: Magnus Thorsen Bach-Gansmo
Fagansvarlig: Birger Hollerud
Andre nøkkelpersoner: Isisir Haugen

J04	2024-03-05	Presiseringer i sammendrag og innledning	MagBac		
J03	2024-02-29	Mindre tekstendringer og vedlegg plantegning	MagBac		
J02	2024-02-16	Presisering ang. referansenivå og oppdatering av snitt 2	IsiHau	BH	MacBac
J01	2024-02-08	For bruk	IsiHau	BH	MagBac
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult 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 har tidligere prosjektert motfyllinger i sjø i forbindelse med oppføring av molo for Nordre Spro småbåtanlegg på Nesodden i 2015. Prosjekteringen, inkludert skisser av motfyllinger, er presentert i rapport 5147245-RIG-01 [1].

Moloen ble etablert i perioden 2015-2020. Senere undervannsmålinger har vist at fyllingene stedvis ikke er helt anlagt som prosjektert. I tillegg er to av motfyllingene angitt i rapport 5147245-RIG-01 prosjektert til å krysse reguleringsgrensen.

Hensikten med denne rapporten er å vurdere om stabiliteten er tilstrekkelig i dagens fyllinger, samt se om motfyllinger prosjektert utenfor reguleringsgrense kan justeres til å være innenfor.

Stabilitet er beregnet langs samtlige tidligere snitt. Det konkluderes med at dagens sikkerhet er tilfredsstillende for snitt 1 i sin helhet, samt for snitt 2 (mot havnebasseng).

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet bør det fylles ytterligere i snitt 2 (mot sjø), snitt 3 (mot havnebasseng), snitt 4 (mot sjø), snitt 5 (mot sjø) og snitt 6 (mot havnebasseng). For snitt 2 anbefales ytterligere utfylling utført som prosjektert i rapport [1]. En helhetlig vurdering av glidesirkel sammen med dagens terreng og prosjektert terreng tilsier at videre utfylling i øvrige snitt kan etableres i noe mindre utstrekning enn først prosjektert. I dette inngår at fyllingshøyde og lengde langs beregningsnittene justeres, mens bredde beholdes. Dimensjonene til samtlige motfyllinger er vist i respektive figurer i rapporten.

Motfylling i snitt 4 (i sørvest) er justert slik at denne ikke krysser reguleringsgrensen. Snitt 5 er trukket vesentlig lenger inn mot reguleringsgrensen sammenliknet med tidligere prosjektert motfylling, men skråningsutslaget fra motfyllingen vil krysse reguleringsgrensen.

Beregningene er utført i referansenivå sjøkartnull.

Vedlegg

Tegning 52307360-03 – Oversikt Spro havn – Med reguleringsplan

► Innhold

1	Innledning	5
2	Nye stabilitetsberegninger	6
2.1	Analyseverktøy	7
2.2	Lagdeling	7
2.3	Materialparametere	7
2.4	Konsolidering	7
2.5	Geometri	7
2.6	Partialfaktor for jordparametere	8
3	Resultater	9
3.1	Snitt 1	9
3.2	Snitt 2	10
3.3	Snitt 3	11
3.4	Snitt 4	13
3.5	Snitt 5	15
3.6	Snitt 6	17
4	Sammenstilling og videre arbeider	19
4.1	Snitt 1	19
4.2	Snitt 2	19
4.3	Snitt 3	19
4.4	Snitt 4	19
4.5	Snitt 5	19
4.6	Snitt 6	19
5	Referanseliste	20

1 Innledning

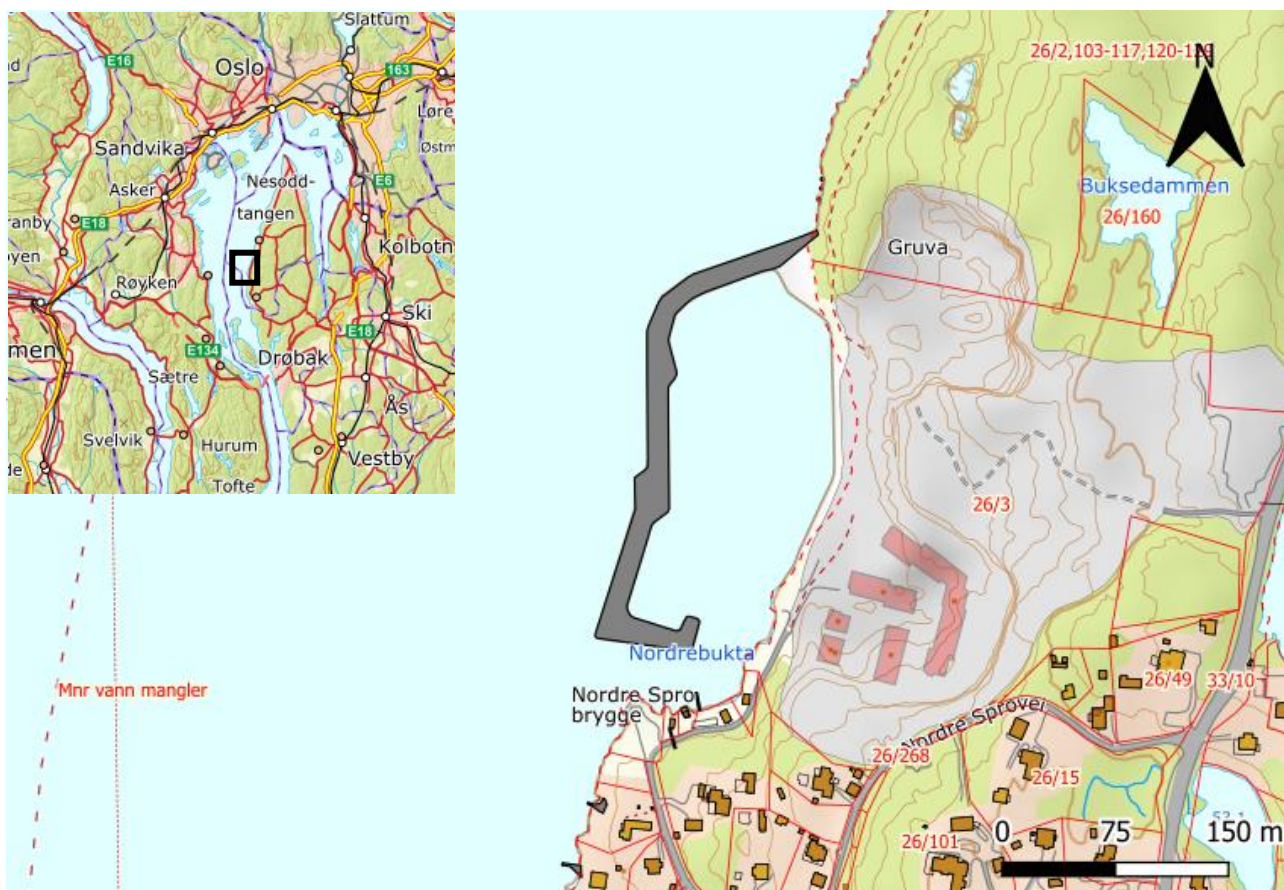
Norconsult har tidligere prosjektert motfyllinger i sjø i forbindelse med oppføring av molo for Nordre Spro småbåtanlegg på Nesodden. Prosjekteringen, inkludert skisser av motfyllinger, er presentert i rapport 5147245-RIG-01 [1].

Fyllingene opp til kote -4,0 ble utført av Kystverket i 2015-2016. Utfylling over kote -4,0 er utført i slutten av 2020, disse er fylt ut fra land. Senere undervannsmålinger har vist at fyllingene stedvis ikke er helt anlagt som prosjektert samt at prosjekterte motfyllinger ikke er utført.

I tillegg er motfyllingene opprinnelig prosjektert til å ligge utenfor reguleringsgrensen ved to snitt [1]. Undervannsmålinger viser at det ikke er utfylt utenfor reguleringsgrensen, bortsett fra en meget beskjeden mengde ved snitt 5 i sør, se Figur 2.

Hensikten med denne rapporten er å vurdere om stabiliteten er tilstrekkelig i dagens fyllinger, samt se om motfyllinger prosjektert utenfor reguleringsgrensen kan justeres til å være innenfor. Anbefalinger for supplerende utfyllinger for å gi nødvendig stabilitet er gitt.

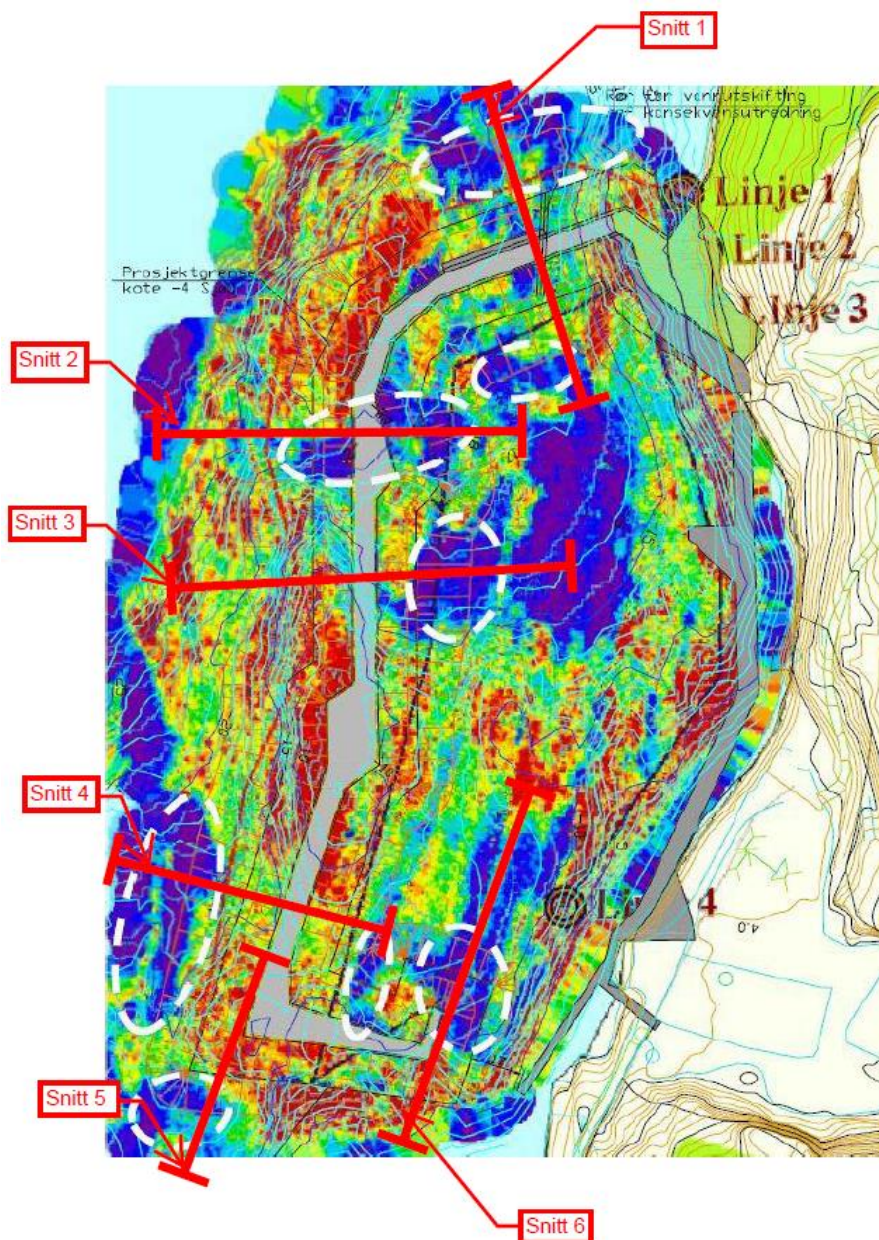
Figur 1 viser Nordre Spro og nærområde.



Figur 1: Oversikt over Nordre Spro, fra norgeskart.no.

2 Nye stabilitetsberegninger

Beregninger er utført langs samme snitt som i tidligere prosjekteringsnotat [1]. Figur 2 viser plasseringen til snittene 1-6.



Figur 2: Plassering av beregningssnitt. Bakgrunnskart indikerer den relative hardheten til sjøbunn. Figur fra prosjekteringsrapport [1].

2.1 Analyseverktøy

Stabilitetsberegningene er utført i programvaren GeoSuite Stability, versjon 22.0.3.0. Det er benyttet 3D sidefriksjon lik den i prosjekteringsrapport [1].

2.2 Lagdeling

Lagdeling i nye beregninger er den samme som i opprinnelige beregninger [1]. I dette inngår siltig leire under fylling bestående av sprengstein. Tykkelsen på leirlaget i de ulike snittene er bestemt ut fra utførte totalsonderinger, der denne varierer mellom 0-2,5 meter i snitt 1-5 og opptil 8 meter i snitt 6 [2].

2.3 Materialparametere

Tabell 1 viser materialparametere som er lagt til grunn.

Tabell 1 - Materialparametere

	Friksjonsvinkel ϕ [°]	Attraksjon a [kPa]	Direkte udrenert skjærfasthet S_{uD} [kPa]	Tyngdetetthet γ [kN/m ³]	Effektiv tyngdetetthet γ' [kN/m ³]
Sprengstein	42	0	-	19	11
Siltig leire	-	0	$0,18\sigma'_{v0}$	20	10

2.4 Konsolidering

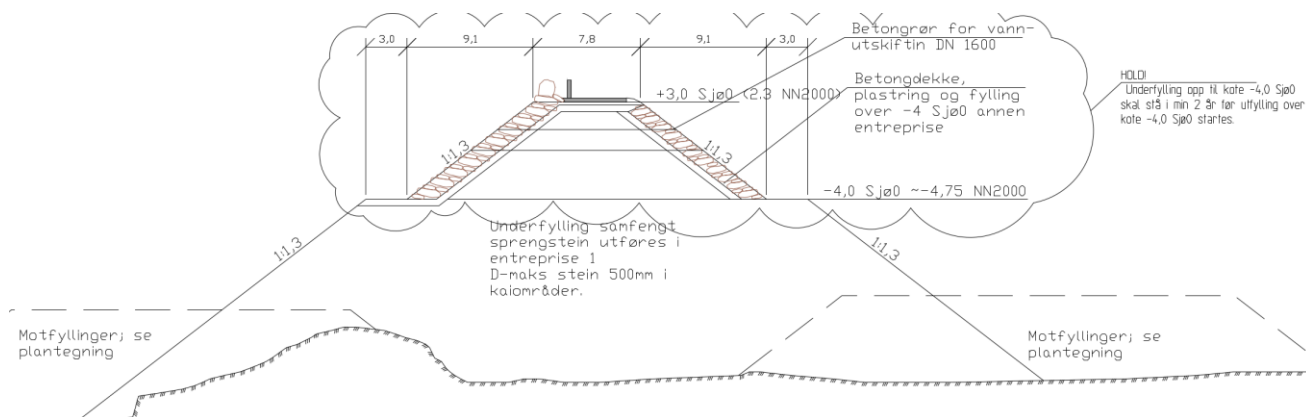
Fyllingene er oppført i perioden 2015-2020 og regnes derfor fullt konsolidert. Dette er i henhold til rapport som oppgir en konsolideringstid på 1-2 år for snitt 1-5 og 3-4 år for snitt 6 [1].

Der dagens fylling avviker fra prosjektert fylling er udrenert skjærstyrke i underliggende leire justert og tilpasset faktisk fylling i dag. Direkte udrenert skjærstyrke, S_{uD} , for normalkonsolidert leire antas å være lik $0,18 \cdot \sigma'_{v0}$. Vekten til steinfyllingen under vann settes til 11 kN/m³. Ved 100 % konsolidering av en eksempelvis 8 meter høy steinfylling under vann så blir styrkeøkningen til leira lik $0,18 \cdot 11 \cdot 8 \cdot 1 \approx 16 \text{ kPa}$.

Beregninger i tidligere rapport [1] inkluderer konsolidering for underfylling opp til kote -4. I den nye rapporten er bidrag fra hele fyllingen inkludert, også det som ligger over vann, fordi også den delen av fyllingen har ligget lengde nok. Eksempelvis, ved 100 % konsolidering av en 20 meter høy steinfylling, der 4 m ligger over vann, så blir styrkeøkningen til leira lik $0,18 \cdot 11 \cdot (20 - 4) \cdot 1 + 0,18 \cdot 19 \cdot 4 \cdot 1 \approx 45 \text{ kPa}$

2.5 Geometri

Beregninger er utført med oppbygging tilsvarende den som er presentert i prosjekteringsrapport [1], men med justeringer tilpasset data fra undervannsmålinger. Beregningene er utført i referansenivå sjøkartnull.



Figur 3: Snitt av planlagt molo i prosjekteringsfase, skisse fra tilbudstegning rev.04.

Sammenstilling mellom prosjertert og faktisk fylling er presentert i figurene i kapittel 3. Snittene inkluderer også reguleringsgrensen.

2.6 Partialfaktor for jordparametere

I henhold til NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7) er partialfaktor satt til $\gamma_M \geq 1,4$ i totalspenningsanalyser og $\gamma_M \geq 1,25$ i effektivspenningsanalyser.

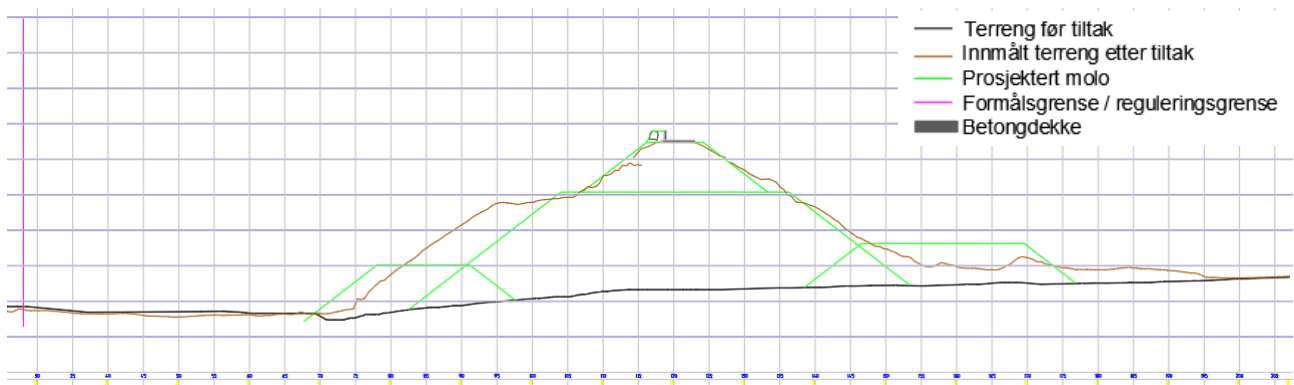
3 Resultater

I påfølgende avsnitt presenteres innmålt terreng (i brunt) sammen med prosjektert terreng (i grønt). Terreng før tiltak er vist i sort. Reguleringsgrense er vist i rosa.

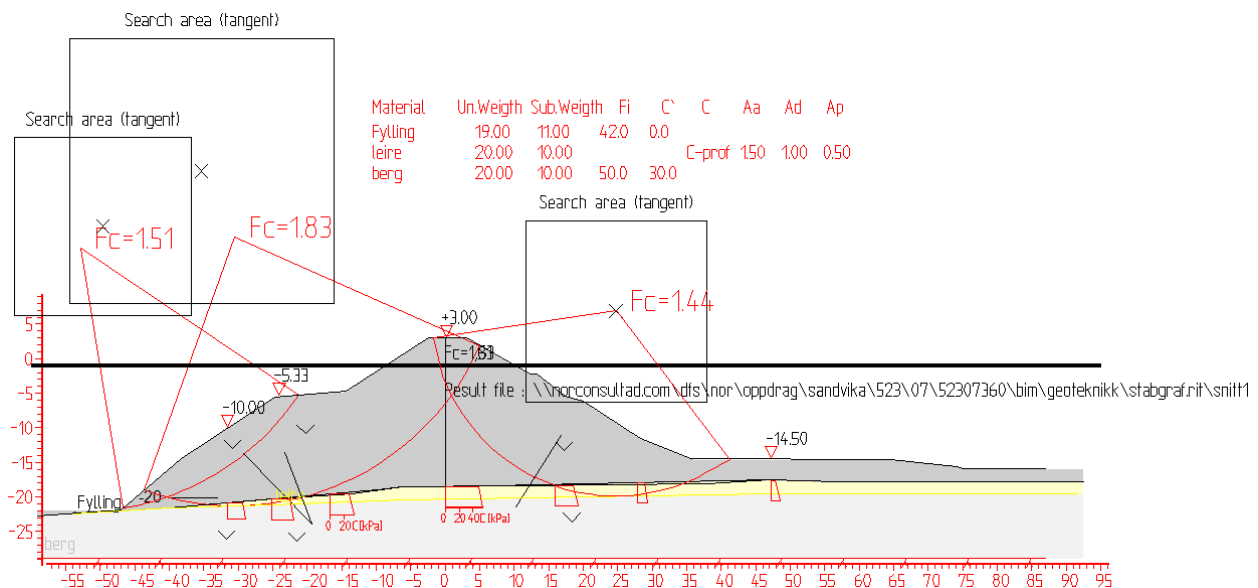
Stabilitetsberegninger for dagens situasjon er presentert med en sikkerhetsfaktor. Sikkerhet må være $F_{cu} \geq 1,4$.

3.1 Snitt 1

Figur 4 viser dagens terreng sammen med prosjektert motfylling. Tiltaket berører ikke reguleringsgrensen. Figur 5 viser oppnådd stabilitet i dagens fylling. Beregnet sikkerhet er $F_{cu} = 1,51$, $F_{cu} = 1,83$ og $F_{cu} = 1,44$. Dagens sikkerhet er tilfredsstillende [1].



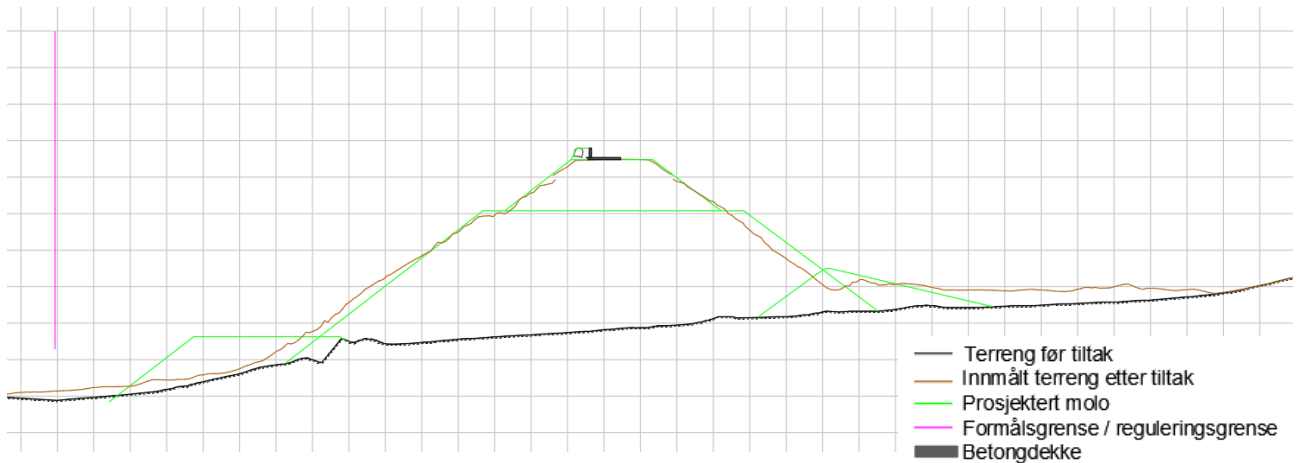
Figur 4: Sammenstilling mellom prosjektert og innmålt terreng ved snitt 1. Rutenett 5x5 m. Tiltaket krysser ikke reguleringsgrensen.



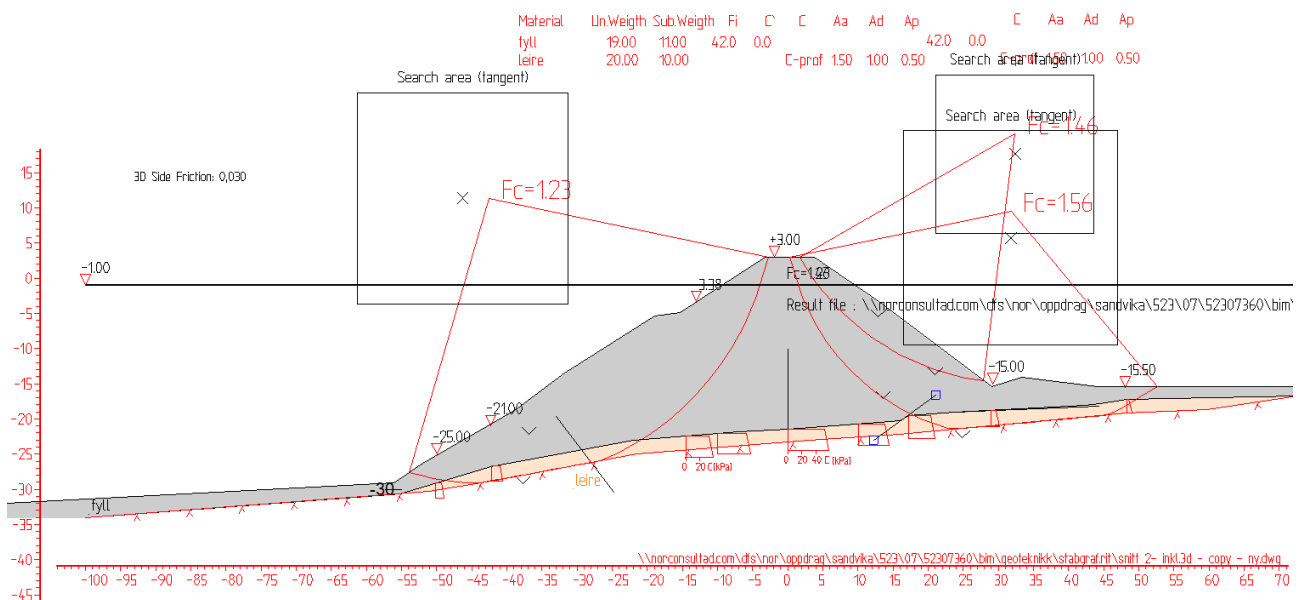
Figur 5: Stabilitetsberegninger regnet på snitt 1 med dagens terreng. Skjærstyrken i leiren er justert for konsolidering iht. dagens fylling.

3.2 Snitt 2

Figur 6 viser dagens terreng sammen med prosjektert motfylling. Tiltaket berører ikke reguleringsgrensen. Figur 7 viser oppnådd stabilitet i dagens fylling. Sikkerheten mot sjøen er $F_{cu} = 1,23$, som er mindre enn prosjektert og under gjeldende krav [1]. Sikkerhet mot havnebasseng er tilfredsstillende med $F_{cu} = 1,46$.



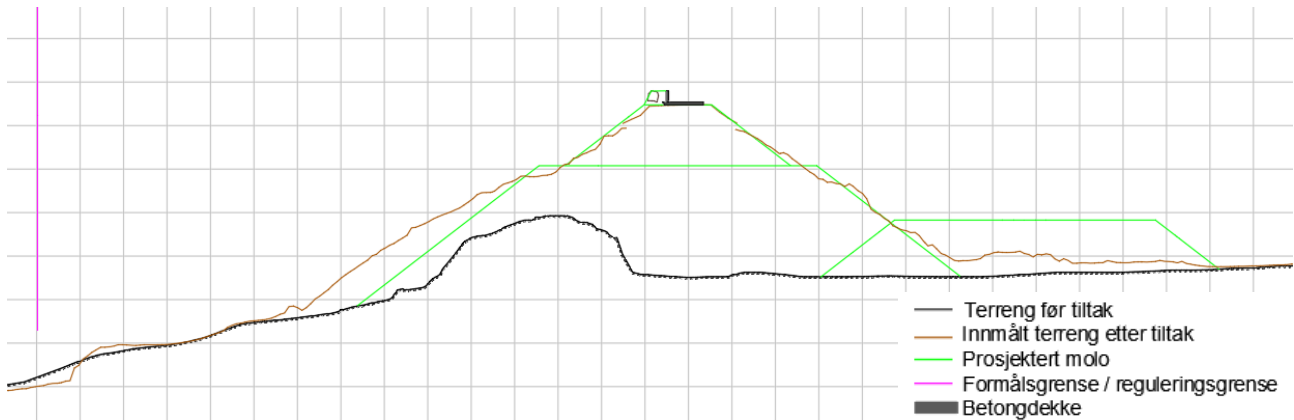
Figur 6: Sammenstilling mellom prosjektert og innmålt terreng ved snitt 2. Rutenett 5x5 m. Tiltaket krysser ikke reguleringsgrensen.



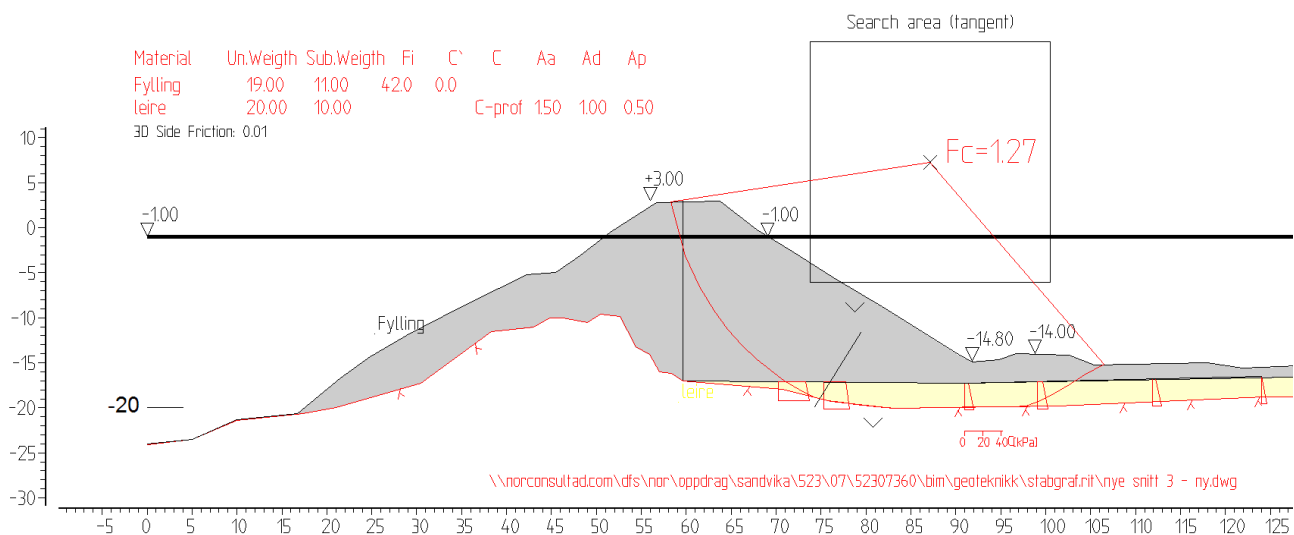
Figur 7: Stabilitetsberegninger regnet på snitt 2 med dagens terreng. Skjærstyrken i leiren er justert for konsolidering iht. dagens fylling.

3.3 Snitt 3

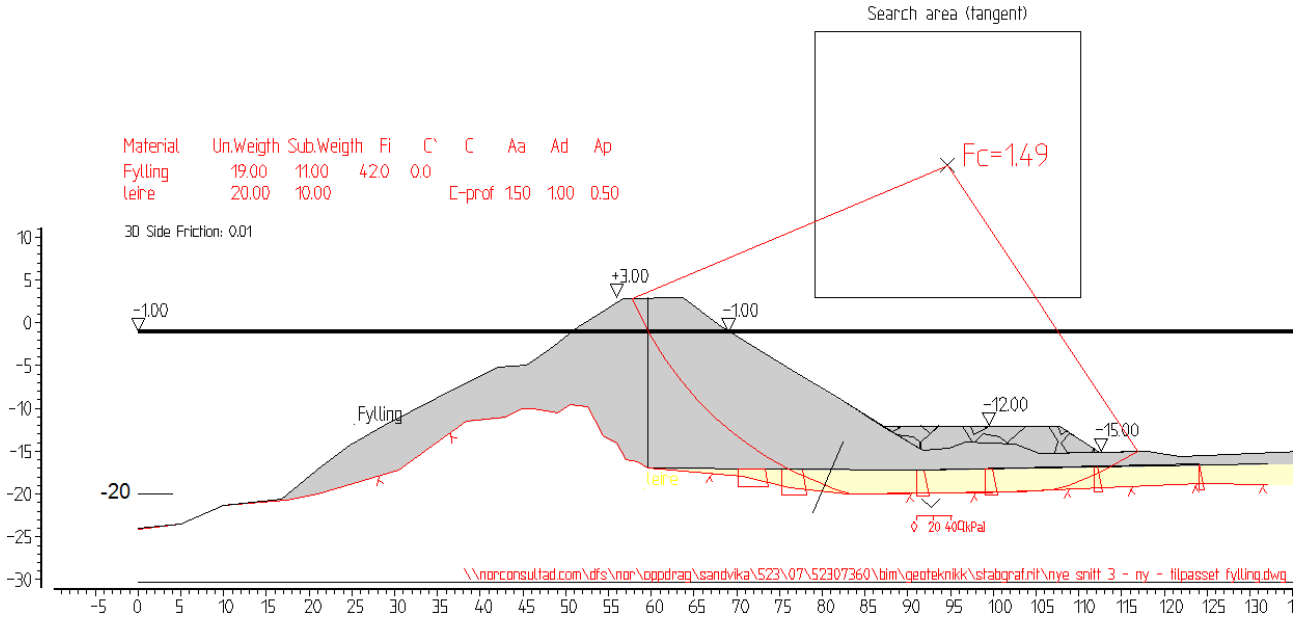
Figur 8 viser dagens terreng sammen med prosjektert motfylling. Tiltaket berører ikke reguleringsgrensen. Figur 9 viser oppnådd stabilitet i dagens fylling. Sikkerheten mot havnebassenget er under gjeldende krav med $F_{cu} = 1,27$. Motfylling kan justeres etter dimensjonene vist i Figur 10 for å oppnå tilstrekkelig stabilitet.



Figur 8: Sammenstilling mellom prosjektert og innmålt terreng ved snitt 3. Rutenett 5x5 m. Tiltaket krysser ikke reguleringsgrensen.



Figur 9: Stabilitetsberegninger regnet på snitt 3 med dagens terreng. Skjærstyrken i leiren er justert for konsolidering iht. dagens fylling.

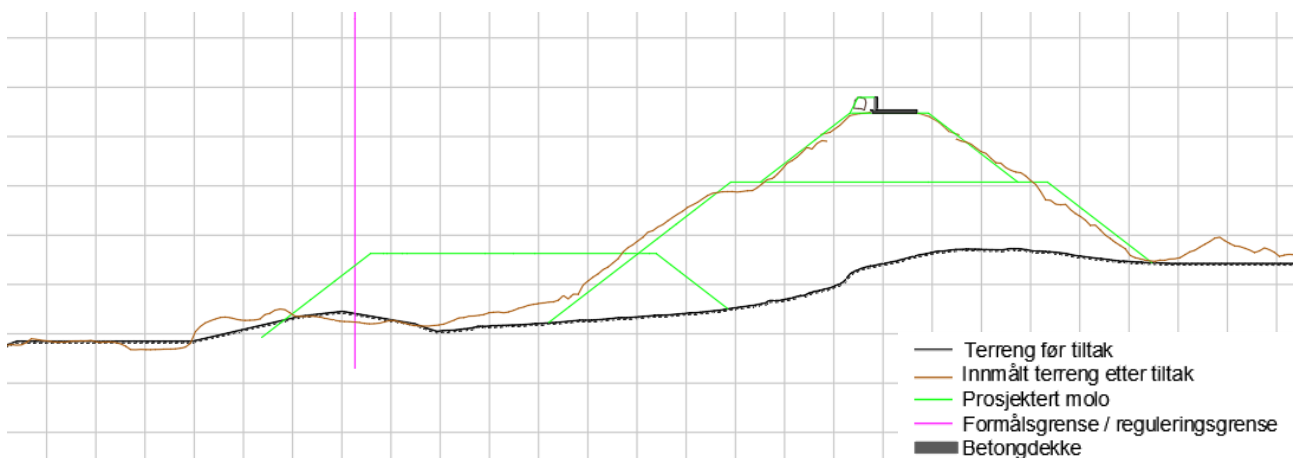


Figur 10: Stabilitet i snitt med justert motfylling. Leiren er fullt konsolidert.

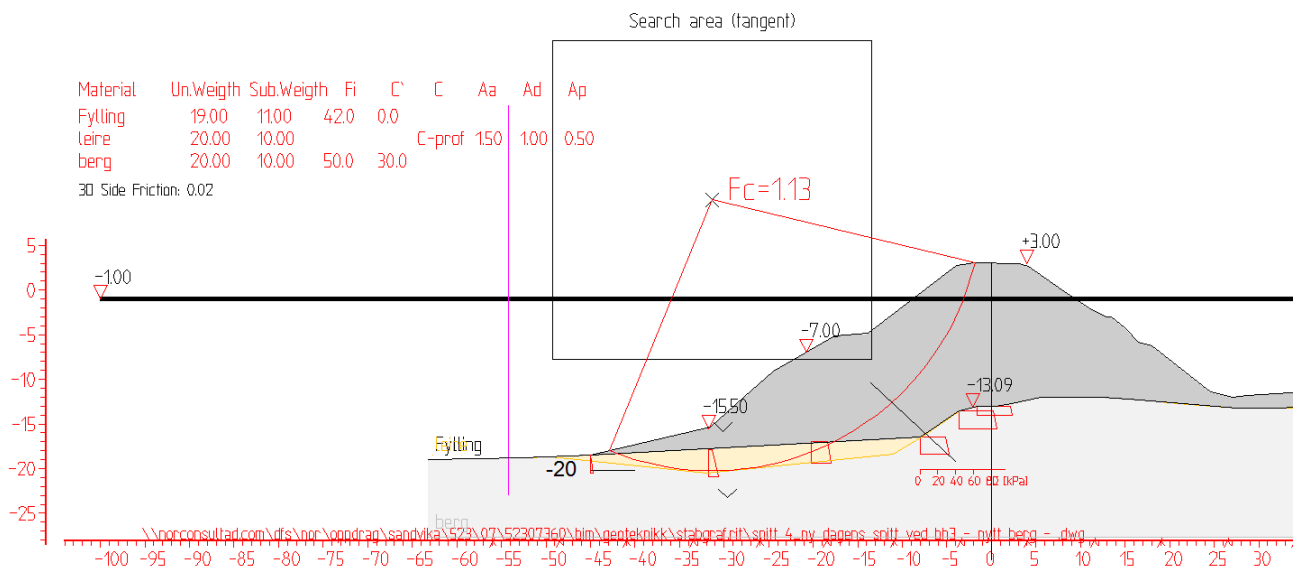
3.4 Snitt 4

Figur 11 viser dagens terreng sammen med prosjektert motfylling. Tiltaket berører reguleringsgrensen ved at prosjektert fylling er utenfor. Figur 12 viser oppnådd stabilitet i dagens fylling. Sikkerheten mot sjøen er $F_{cu} = 1,13$, noe som er under gjeldende krav.

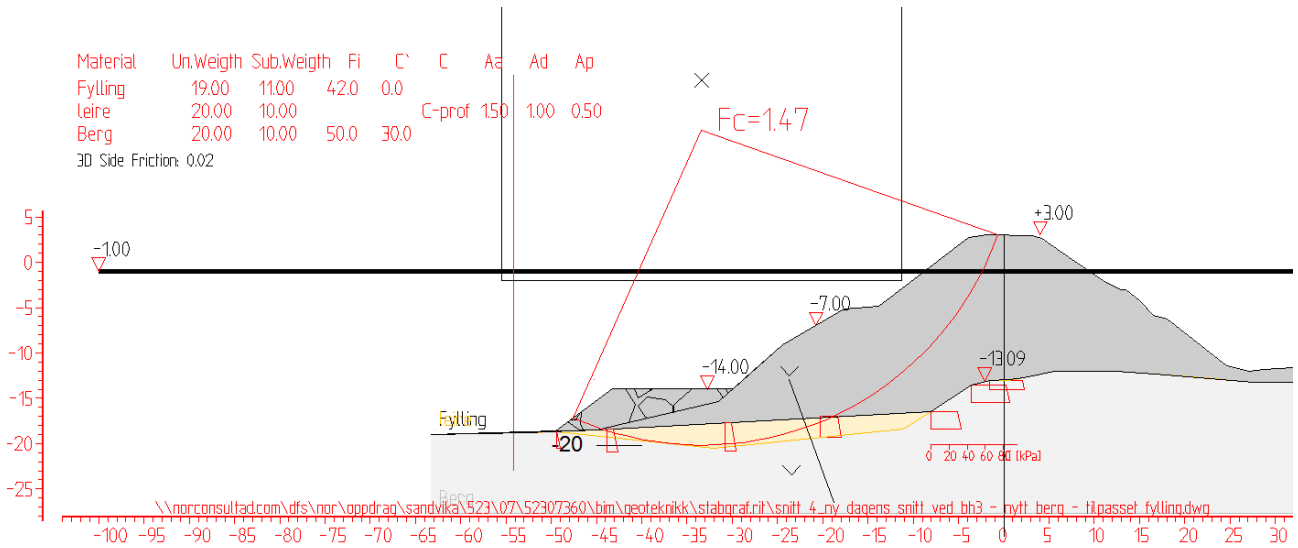
For å oppnå tilstrekkelig stabilitet må det etableres motfylling. Tidligere prosjektert fylling er utenfor reguleringsgrense slik at ny fylling justert til å være innenfor reguleringsgrense, se Figur 13 for ny utstrekning.



Figur 11: Sammenstilling mellom prosjektert og innmålt terreng ved snitt 4. Rutenett 5x5 m. Prosjektert tiltak krysser reguleringsgrensen.

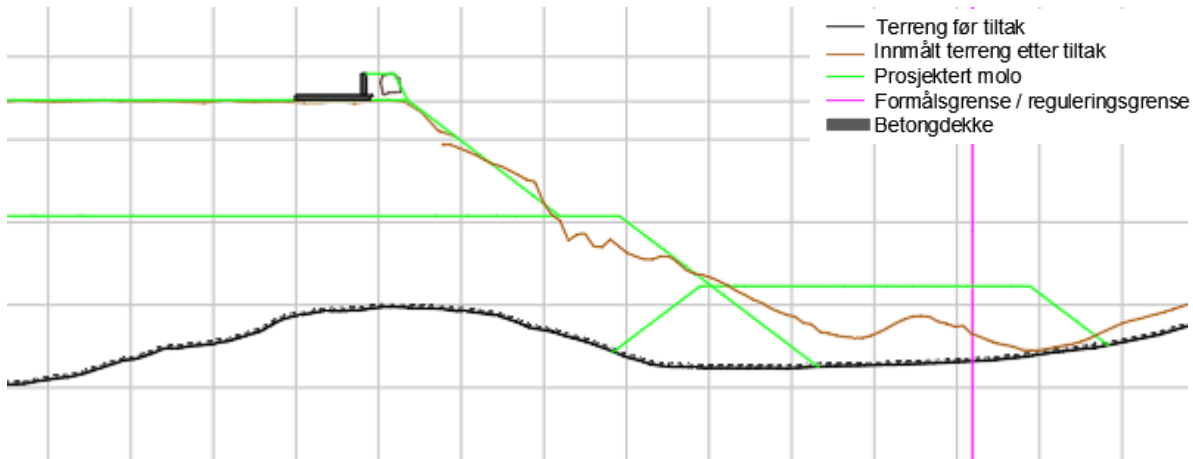


Figur 12: Stabilitetsberegninger regnet på snitt 4 med dagens terreng. Skjærstyrken i leiren er justert for konsolidering iht. dagens fylling.

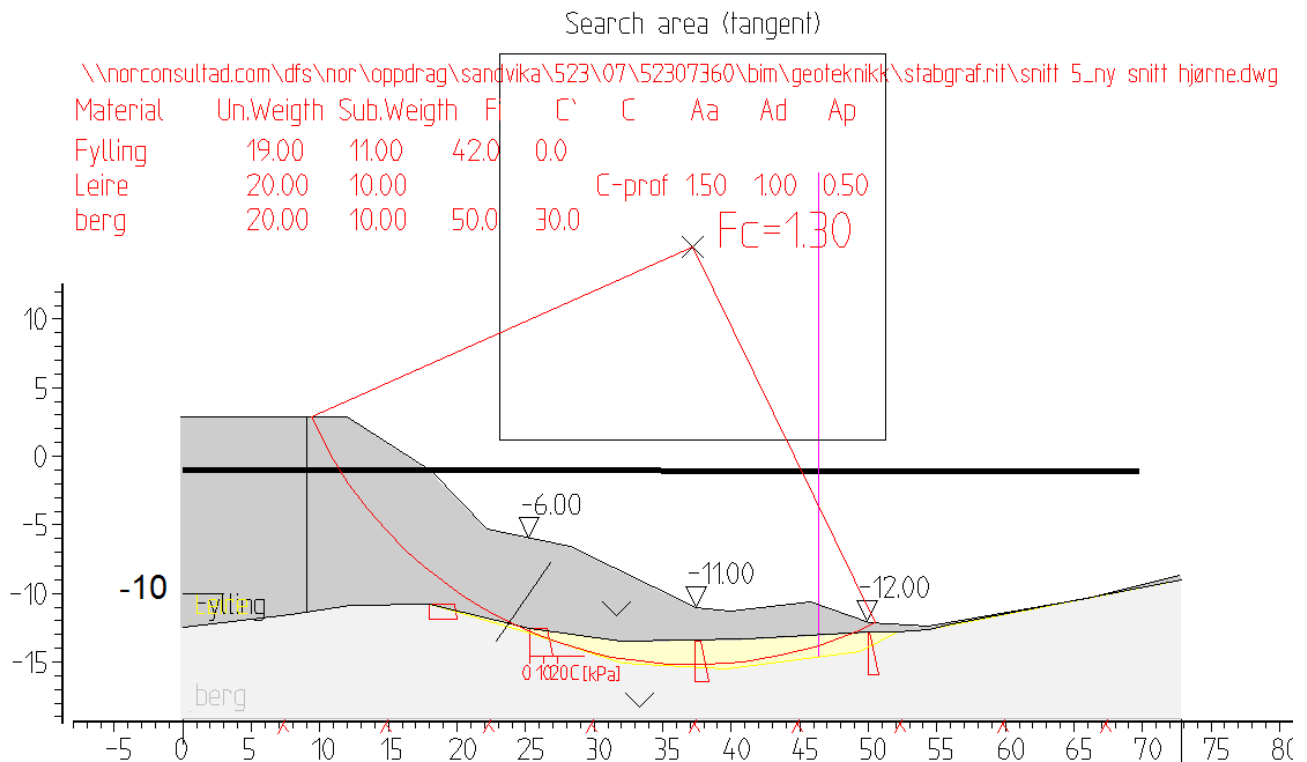


3.5 Snitt 5

Figur 14 viser dagens terreng sammen med prosjektert motfylling. Prosjektert motfylling krysser reguleringsgrensen. Figur 15 viser oppnådd stabilitet i dagens fylling er $F_{cu} = 1,30$, som er under gjeldende krav.



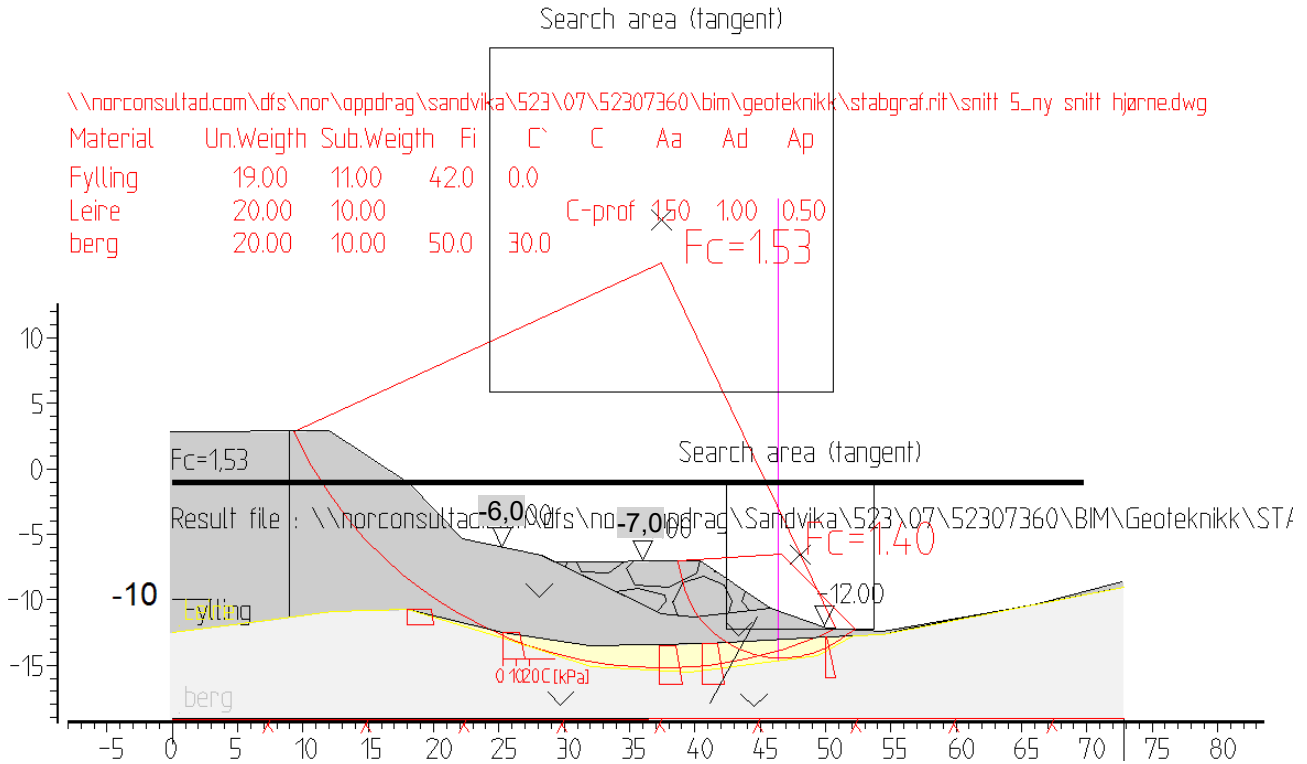
Figur 14: Sammenstilling mellom prosjektert og innmålt terreng ved snitt 5. Rutenett 5x5 m. Prosjektert tiltak krysser reguleringsgrensen.



Figur 15: Stabilitetsberegninger regnet på snitt 5 med dagens terreng. Skjærstyrken i leiren er justert for konsolidering iht. dagens fylling.

I likhet med snitt 4 er det ønskelig at motfylling ikke berører reguleringsgrensen. Beregninger på justert motfylling i Figur 16 viser at nødvendig sikkerhet kan oppnås uten å krysse reguleringsgrensen.

Sikkerhet for stor og liten bruddsirkel er tilstrekkelig med $F_{cu} = 1,53$ og $F_{cu} = 1,40$ når motfylling etableres opp til kote -7,0.

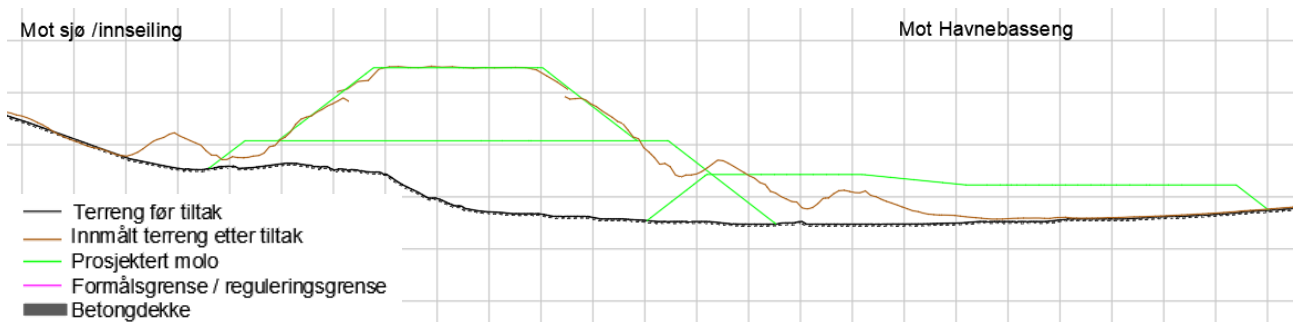


Figur 16: Stabilitetsberegning på justert fylling. Stabiliteten er tilstrekkelig for stor og liten sirkel. Skjærstyrken i leiren er 100 % konsolidert under fylling.

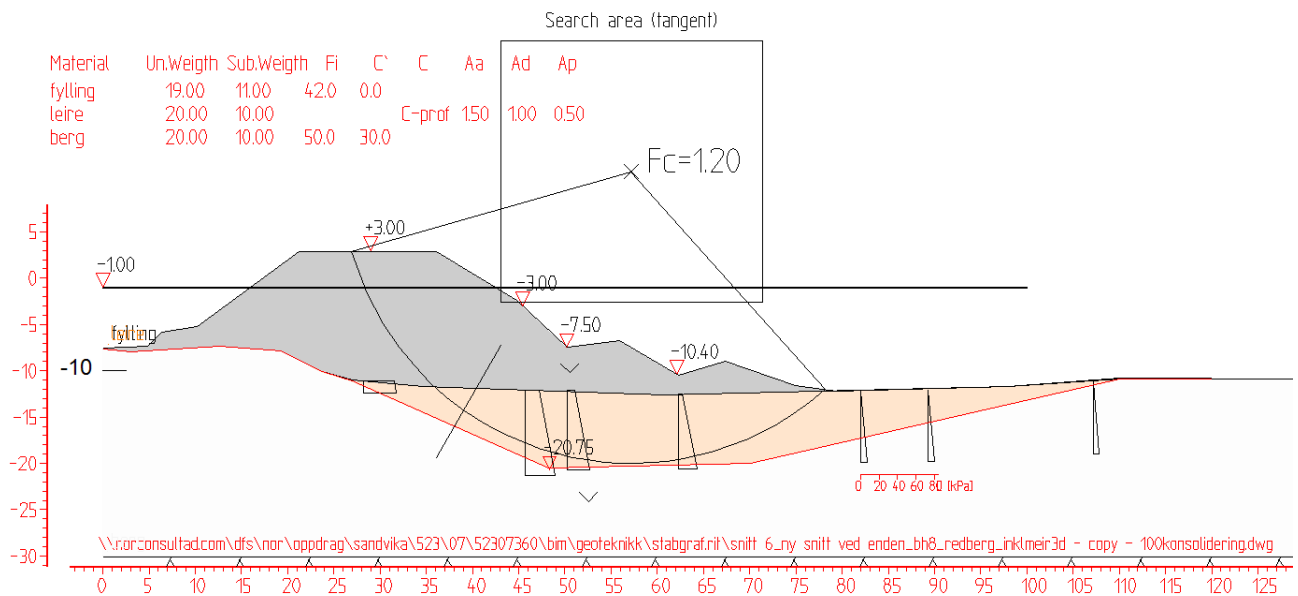
3.6 Snitt 6

Figur 14 viser dagens terreng sammen med prosjektert molo. Tiltaket berører ikke reguleringsgrensen. Figur 15 viser at oppnådd stabilitet i dagens fylling er $F_{cu} = 1,20$, hvilket er under gjeldende krav.

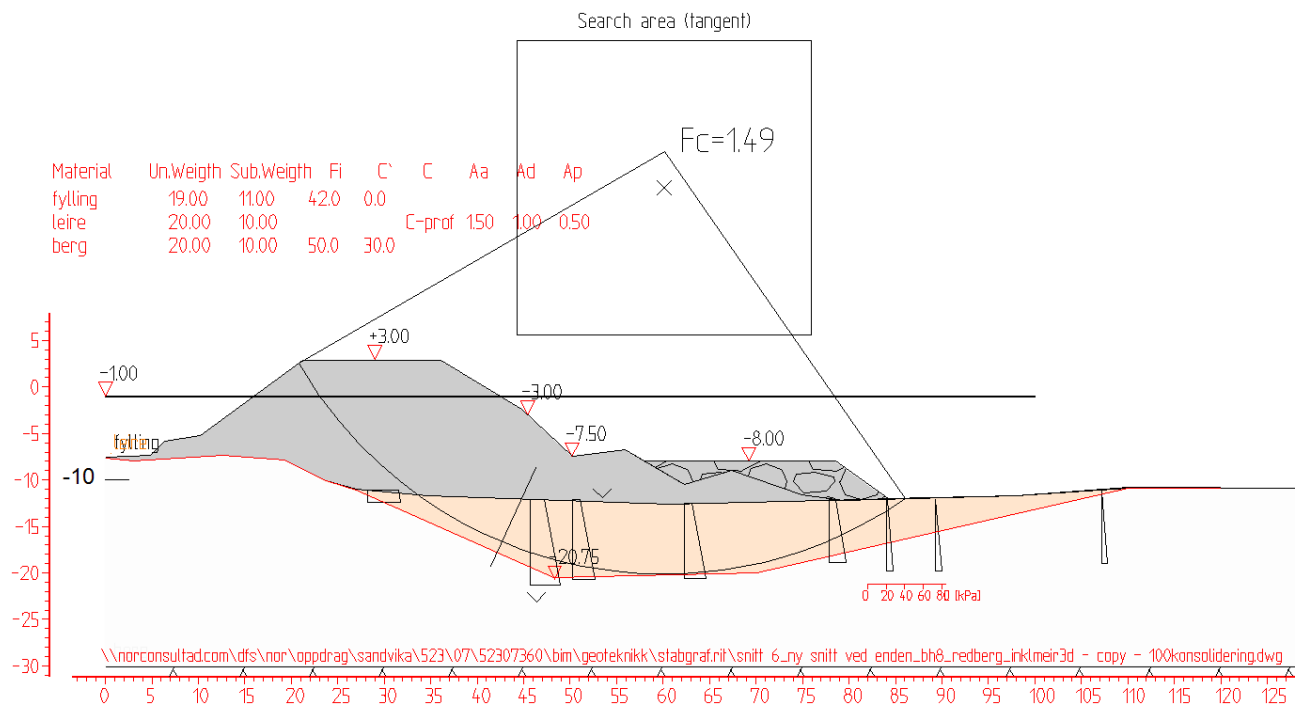
For å oppnå nødvendig sikkerhet kan ny motfylling etableres slik det er vist i Figur 19.



Figur 17: Sammenstilling mellom prosjektert og innmålt terreng ved snitt 5. Rutenett 5x5 m. Prosjektert tiltak krysser ikke reguleringsgrensen.



Figur 18: Stabilitetsberegninger regnet på snitt 6 med dagens terreng.



Figur 19: Stabilitet ved justert motfylling.

4 Sammenstilling og videre arbeider

Tabell 2 viser en sammenstilling av prosjektert og dagens stabilitet. Snitt med tilfredsstillende stabilitet er markert i grønt, mens røde rubrikker viser snitt som trenger ytterligere oppfylling.

Tabell 2 – Oppnådd sikkerhet i beregninger

Stabilitet	Snitt 1		Snitt 2		Snitt 3	Snitt 4	Snitt 5	Snitt 6
	Mot sjø	Havneb.	Mot sjø	Havneb.	Havneb.	Mot sjø	Mot sjø	Havnebasseng
Prosjektert	1,41	1,42	1,40	1,50	1,43	1,42	1,45	1,42
Dagens	1,51	1,44	1,23	1,46	1,27	1,13	1,30	1,20

4.1 Snitt 1

Dagens stabilitet er tilfredsstillende for snitt 1.

4.2 Snitt 2

Ytterligere utfylling mot sjøen anbefales utført i henhold til dimensjonene i prosjekteringsrapport [1].

4.3 Snitt 3

Ytterligere utfylling mot havnebasseng anbefales utført i henhold til dimensjonene i Figur 10. I dette inngår at fyllingshøyde og lengde langs beregningsnittene justeres, mens bredde beholdes lik i opprinnelig prosjekteringsrapport [1].

4.4 Snitt 4

Dagens stabilitet er ikke tilfredsstillende. Videre utfylling kan justeres til dimensjonene vist i Figur 13, slik at fylling havner innenfor reguleringsgrensen. Dette innebærer utfylling opp til kote -14,0, fra 30 til 50 lengdemeter regnet fra midt molo. Bredde beholdes slik det er prosjektert i opprinnelig prosjekteringsrapport [1].

4.5 Snitt 5

Dagens stabilitet er ikke tilfredsstillende. Prosjektert fylling krysser reguleringsgrensen. Videre utfylling kan justeres til dimensjonene vist i Figur 16, slik at motfylling trekkes nærmere reguleringsgrensen enn tidligere prosjektert. Men skråningsutslaget vil fremdeles krysse reguleringsgrensen. Dette innebærer utfylling opp til kote -7,0. Bredde beholdes slik det er prosjektert i opprinnelig prosjekteringsrapport [1].

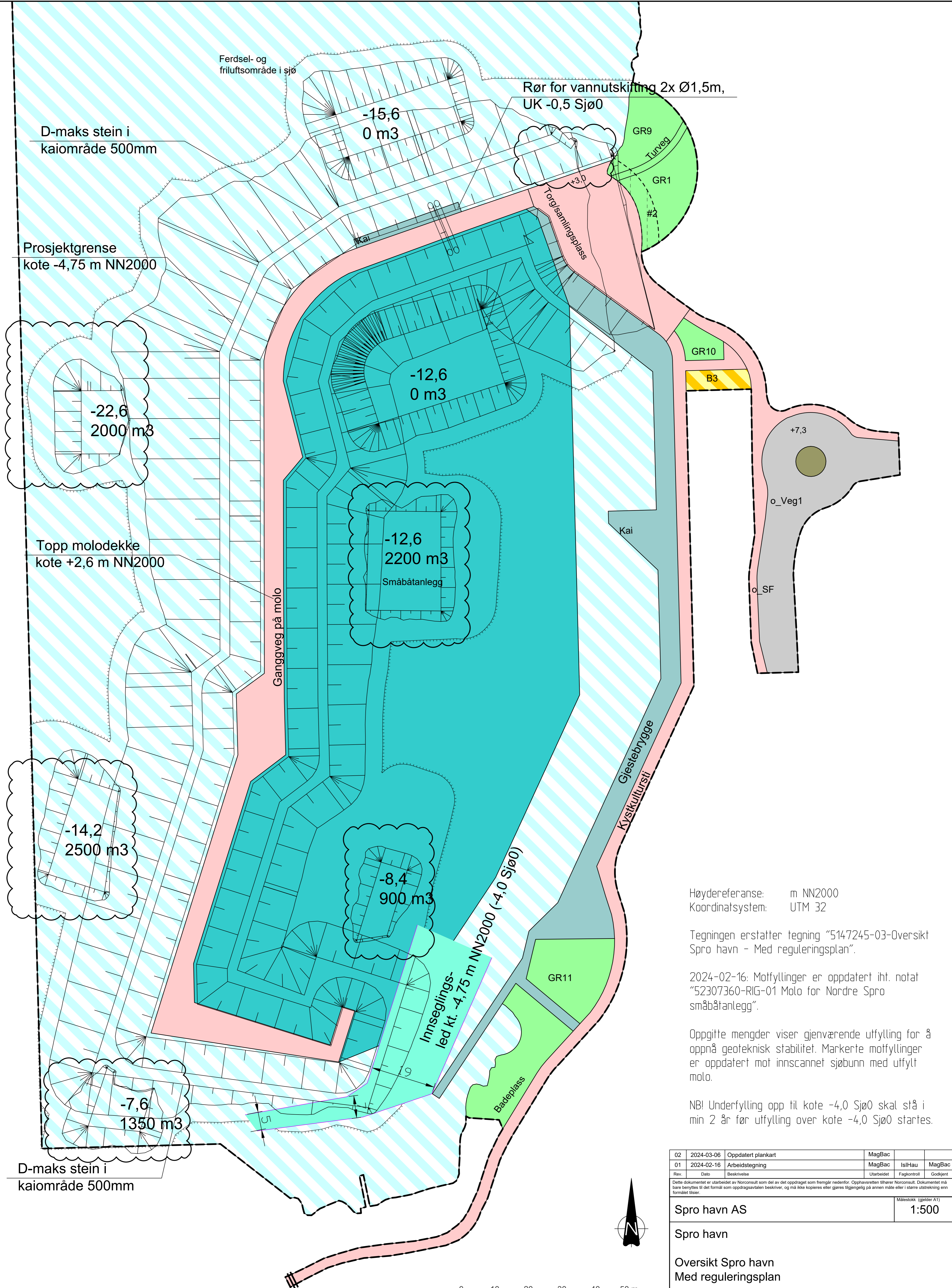
4.6 Snitt 6

Ytterligere utfylling mot havnebasseng anbefales utført i henhold til dimensjonene i Figur 19. Bredde beholdes slik det er prosjektert i opprinnelig prosjekteringsrapport [1].

5 Referanseliste

[1] Norconsult, «Molo for Nordre Spro småbåtanlegg. Geotekniske vurderinger. 5147245 RIG-01. 28.10.2015,» 2015.

[2] Multiconsult , «Innseiling Oslo, Spro Havn. Geoteknisk datarapport. 712690-2-RIG-Rap-001. 28.09.2015,» 2015.



Høyderreferanse: m NN2000
 Koordinatsystem: UTM 32

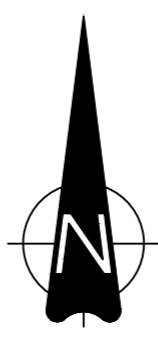
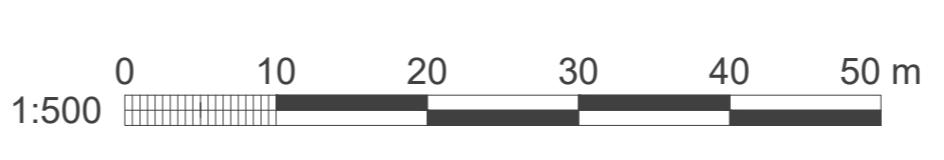
Tegningen erstatter tegning "5147245-03-Oversikt Spro havn - Med reguleringsplan".

2024-02-16: Mofyllinger er oppdatert iht. notat "52307360-RIG-01 Molo for Nordre Spro småbåtanlegg".

Oppgitte mengder viser gjenværende utfylling for å oppnå geoteknisk stabilitet. Markerte mofyllinger er oppdatert mot innskannet sjøbunn med utfyllt molo.

NB! Underfylling opp til kote -4,0 Sjø0 skal stå i min 2 år før utfylling over kote -4,0 Sjø0 startes.

02	2024-03-06	Oppdatert plankart	MagBac		
01	2024-02-16	Arbeidstegning	MagBac	Isl/Hau	MagBac
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. 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.					
Spro havn AS					Målestokk (gjelder A1)
Spro havn					1:500
Oversikt Spro havn Med reguleringsplan					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		52307360	03	02	



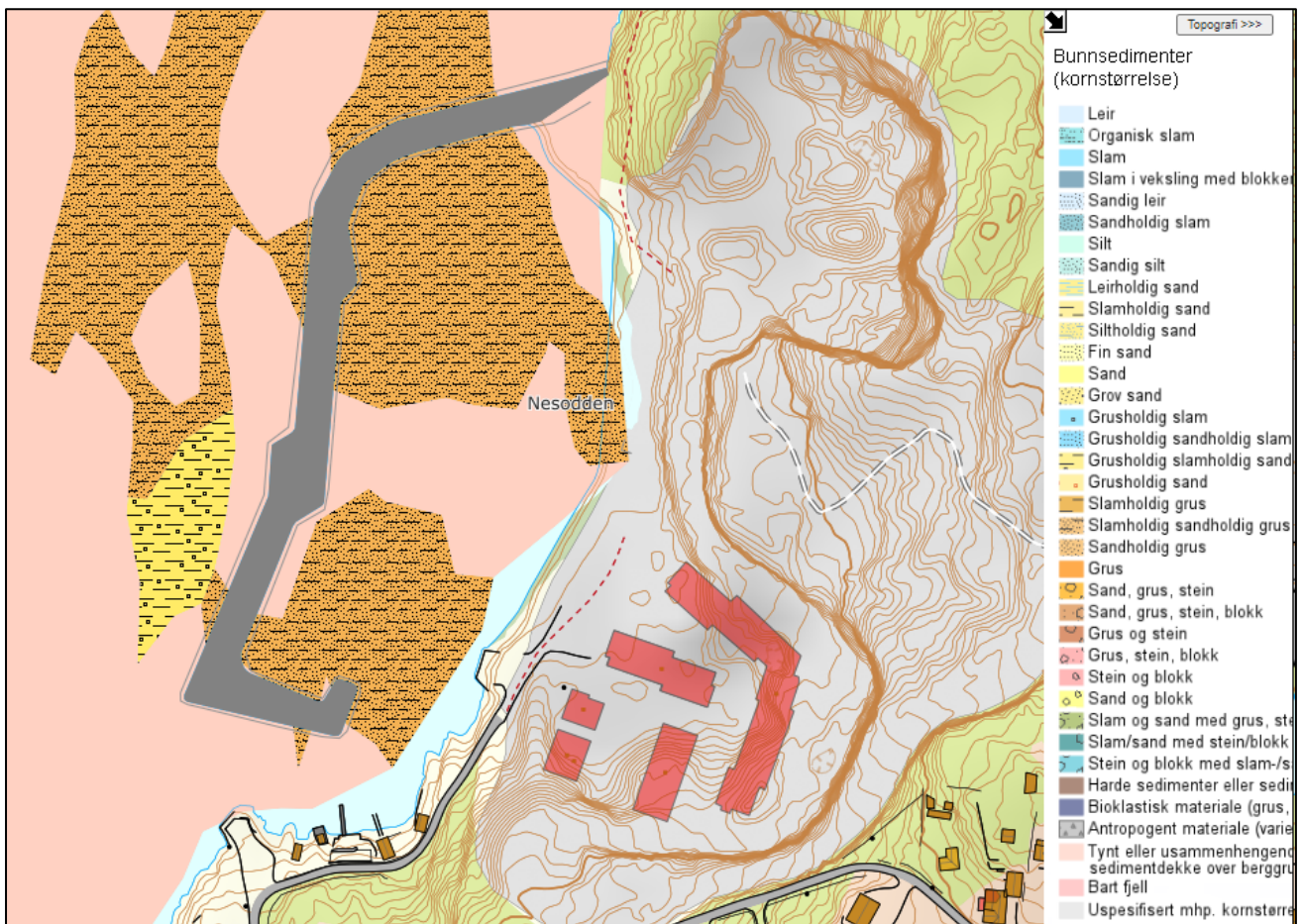
VEDLEGG D

Lokale forhold

1 Bunnforhold og sedimentenes beskaffenhet

Innenfor moloen er bunnsedimentene registrert som «slamholdig sandholdig grus», eller «tynt eller usammenhengende sedimentdekke over berggrunnen» på NGU sine sider (1). Utenfor moloen er det også registrert grusholdig slamholdig sand (Figur 1-1).

Tidligere grunnundersøkelser har vist at løsmassene innenfor molo-området består av bløt siltig leire. Under leirelaget er det registrert fjell (2).



Figur 1-1: Oversikt over bunnsedimentene innenfor molo ved Spro havn og utenfor (1).

Det er også gjort geotekniske vurderinger i forbindelse med prosjektering og vurdering av molo. Prosjekteringsrapporten for moloen fra 2015, datarapporten som prosjekteringsrapporten baserer seg på, samt den geotekniske vurderingen av molofyllingene i 2024 er gitt i vedlegg E.

2 Naturforhold

Det har vært gjennomført to marine kartlegginger i området- en i 2015 og en i 2024. Resultatene fra kartleggingen og tilhørende feltnotat er gitt i Vedlegg F. Det ble observert naturtypen tangsamfunn (NE-3) på steinutfyllingen langs hele molo og mot land helt ned til 5-7 meter. Utdypende. Ytterligere registrerte arter og naturtyper samt deres lokasjon er beskrevet i Vedlegg F.

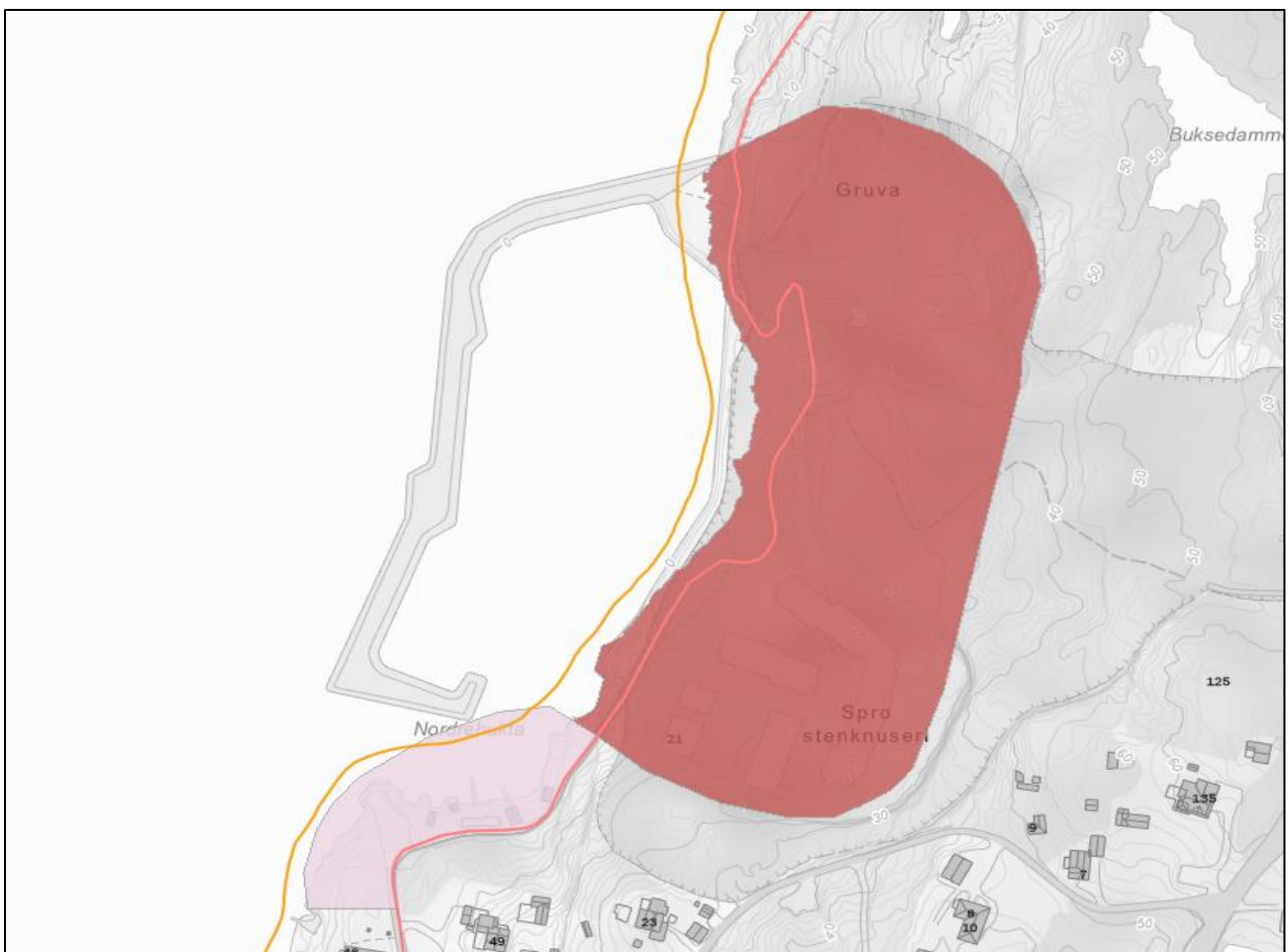
Tidligere utført konsekvensutredning for området konkluderte med at det var noe konsekvens ved gjennomføring av tiltaket ift. null alternativet. Konsekvensgraden skyldes hovedsakelige beslaglegging av bunnsubstrat, og endret substrattype i noen områder. En oppdatert konsekvensutredning for tiltaket er under arbeid, og kan ettersendes ved behov.

Det er lite verdifull natur registrert på land. Det er noen eldre registreringer av naturtypen kantkratt, og naturtypen anses i dag som å være fjernet eller sterkt forringet.

3 Områdets bruksverdi

Sprogruvene (mørkerødt, se Figur 3-1) er i Miljødirektoratets kartkatalog vurdert som et svært viktig friluftsområde, og Nordre Spro brygge (lyserosa område, se Figur 3-1) er vurdert som lokalt viktig friluftsområde. Bruksfrekvensen til Nordre Spro brygge er noe, mens den for Sprogruvene er stor. Det er naturlig å anta at område er mye brukt til rekreasjon og bading. Kyststien fra Fagerstrand til Alværn går også igjennom området (rød linje, se Figur 3-1), og det er går også en padle-rute langs kysten (gul linje).

Området er også benyttet som fiskeplass av fritidsfiskere, og det har blant annet blitt fanget rødspette og torsk i området (3). De siste årenes fiskeforbud i Oslofjorden har gitt redusert bruk av området til fiske.



Figur 3-1: Friluftsliv interesser hentet fra Miljødirektoratets kartkatalog (4). Rødt område er Sprogruvene, lyserosa er Nordre Spro havn, rød linje er kyststi og gul linje er padlerute.

4 Områdets bruksverdi (næring)

Tiltaksområdet er i henhold til reguleringsplanen satt av til et større boligområde, og det er også planlagt opprettelse av et småbåtanlegg innenfor molo (se Vedlegg A).

Historiske flyfotobilder viser at området tidligere har blitt brukt til båtopplag og sjøsetting av fritidsbåter.

5 Forurensningskilder i nærheten

Det ble gjennomført prøvetaking av sediment fra båt 23.05.2024. Prøvene ble tatt ved bruk av Van Veen Grab, og det ble tatt 4 prøver per stasjon (se Figur 5-1). For hver stasjon ble det laget en blandprøve bestående av de 4 prøvene, og totalt fem prøver ble levert til akkreditert laboratorium samme dag. En detaljert beskrivelse av feltarbeidet og metodikk er gitt i Vedlegg B- Feltnotat miljøgeologiske undersøkelser.

Analyseresultatene viste en varierende grad av forurensning. Stasjon 3 anses som mest forurenset, spesielt med tanke på PAH forbindelser. Stasjon 2 og 4 var i mindre grad forurenset, men hadde fortsatt tilstandsklasser III (moderat) og IV (dårlig) for noen PAH-forbindelser. Sedimentene ved stasjon 1 hadde kobber tilsvarende tilstandsklasse V (svært dårlig), samt PCB-7 og TBT tilsvarende tilstandsklasse III (moderat). Stasjon 2 og 3 hadde samme tilstandsklassifisering for TBT som stasjon 1. Sedimentene fra stasjon 5 viser ingen tegn til forurensning. Det er påvist relativt lavt nivå av TOC i alle prøvene. For videre beskrivelse av resultatene vises det til Vedlegg B.



Figur 5-1: Oversikt over prøvetakingsstasjonene i forbindelse med miljøgeologiske undersøkelser ved Spro havn.

6 Referanser

1. **Norges Geologiske Undersøkelser.** minkommune kart. *NGU*. [Internett] 2024. <https://geo.ngu.no/kart/minkommune/>.
2. **Multiconsult Norge AS.** *Innseiling Oslo, Spro havn. Geoteknisk datarapport.* 2015. 712690-2-RIG-RAP-001.
3. **Fiskeridirektoratet.** Plan og Sjøareal. *Kystnær fiskeridata.* [Internett] <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=4b22481a36c14dbca4e4def930647924>.
4. **Miljødirektoratet.** Naturbase kart. *Friluftsliv.* [Internett] <https://geocortex02.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>.

NOTAT

Oppdrag	Spro havn	Dokumentkode	10257640-01-RIM-NOT-003
Emne	Miljøgeologiske undersøkelser av sedimenter	Tilgjengelighet	
Oppdragsgiver	Spro havn AS	Oppdragsleder	Guri Sogn Andersen
Kontaktperson	Stian Mørk	Utarbeidet av	Hanna Ness
Kopi		Ansvarlig enhet	10101038 Vannmiljø

SAMMENDRAG

Multiconsult Norge AS er engasjert av Spro Havn AS til å blant annet utføre miljøgeologiske undersøkelser i forbindelse med søknader tilknyttet utbygging av kaianlegg og utfylling/etablering av strandsand.

Foreliggende notat presenterer utførte miljøgeologiske undersøkelser, herunder beskrivelse av feltarbeidet og resultater.

Prøvetakingen ble utført ved totalt 5 stasjoner, hvor det på hver stasjon ble tatt 4 prøver som ble blandet sammen til en blandprøve. Områdene nærmest fremtidig kaianlegg var dominert av grove masser og berg/fjellbunn, og det lot seg derfor ikke å ta prøver så nærme land. Prøvene lengre ut innenfor moloanlegget var siltaktige og hadde en gråsvart farge. Prøvene ved stasjon 1 og 5 hadde en større variasjon i sammensetningen, og hadde besto hovedsakelig av grove sandpartikler.

Analyseresultatene viste en varierende grad av forurensning. Stasjon 3 anses som mest forurenset, spesielt med tanke på PAH forbindelser. Stasjon 2 og 4 var i mindre grad forurenset, men hadde fortsatt tilstandsklasser III (moderat) og IV (dårlig) for noen PAH-forbindelser. Sedimentene ved stasjon 1 hadde kobber tilsvarende tilstandsklasse V (svært dårlig), samt PCB-7 og TBT tilsvarende tilstandsklasse III (moderat). Stasjon 2 og 3 hadde samme tilstandsklassifisering for TBT som stasjon 1. Sedimentene fra stasjon 5 viser ingen tegn til forurensning. Det er påvist relativt lavt nivå av TOC i alle prøvene.

00	11.06.2024	Feltnotat miljøgeologiske undersøkelser av sediment	HSN	SIR	GSA
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

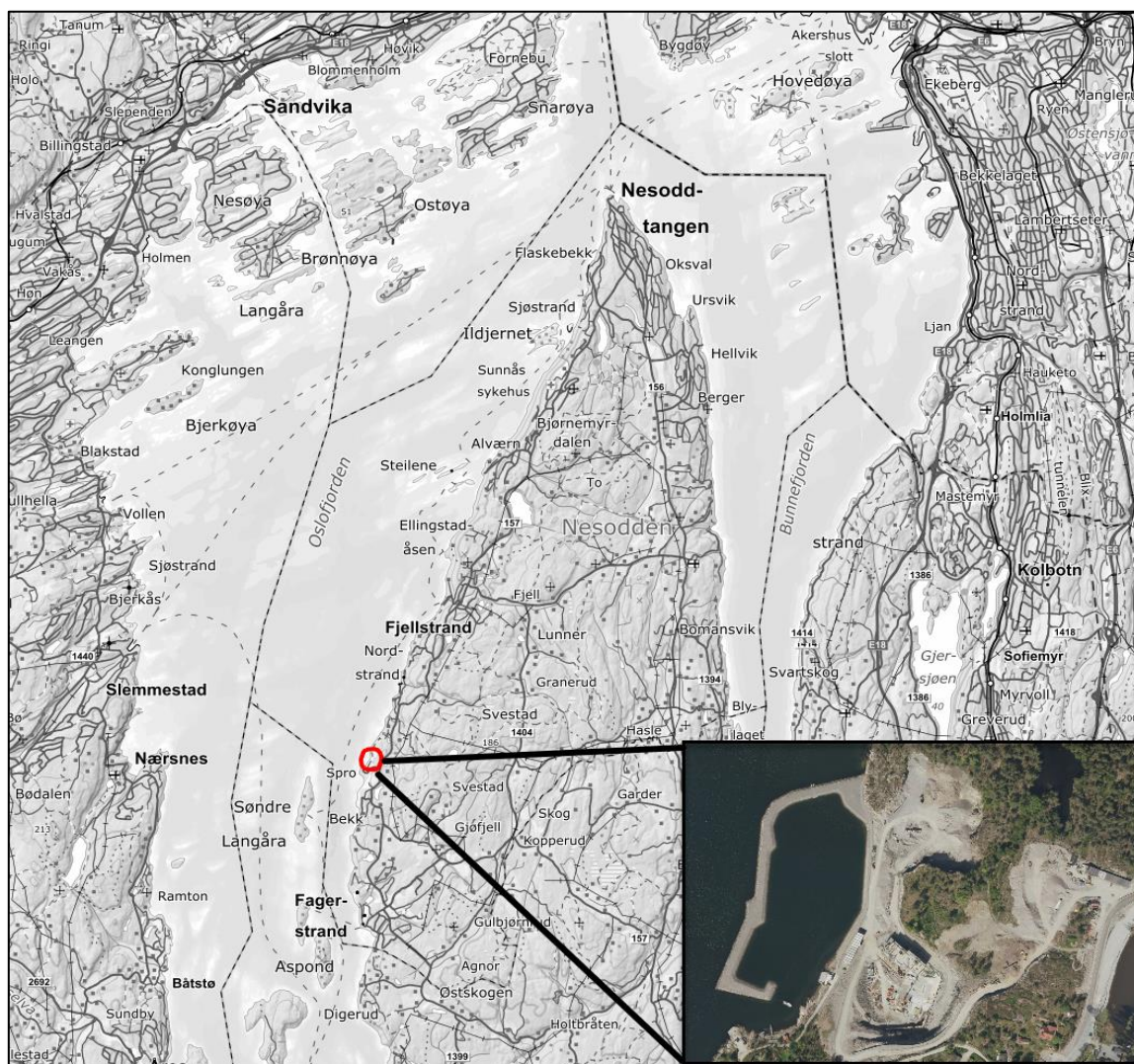
Spro Havn planlegger utbygging av boligområde med ny adkomstvei, småbåthavn/kaianlegg, næringsbebyggelse, bebyggelse til allmenntilgjengelige formål, friluftsområder og kystkultursti. En molo i forkant av utbyggingsområdet er allerede etablert.

Multiconsult Norge AS er engasjert av Spro havn AS for å blant annet utføre sedimentundersøkelser i forbindelse med søknader tilknyttet utbygging av kaianlegg og legging av strandsand.

Foreliggende notat presenterer utførte miljøgeologiske undersøkelser, herunder beskrivelse av feltarbeid og resultater fra analysene av sedimenter.

1.2 Beliggenhet

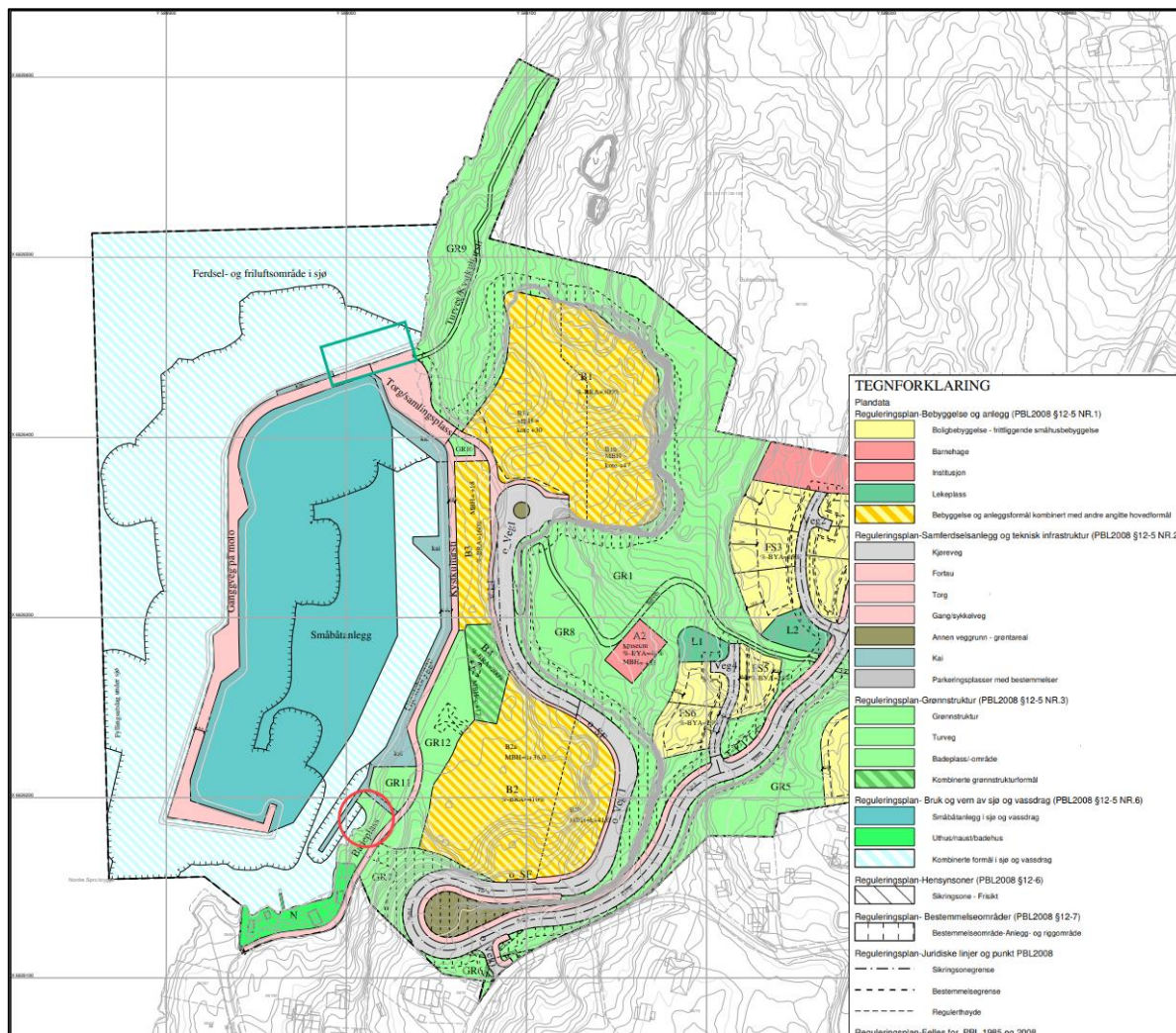
Området ligger i og ved Nordre Spro, som er mellom Fjellstrand og Fagerstrand i Nesodden kommune (se Figur 1-1). Landområdet grenser til Vestfjorden i Indre Oslofjord. Den planlagte moloen er etablert, og det er påbegynt anleggsarbeid og utgraving av planområdet (se Figur 1-1, flyfoto).



Figur 1-1: Oversiktsbilde over beliggenheten til tiltaksområdet. Flyfoto i høyre hjørnet viser dagens situasjon per juni 2023 (1).

1.3 Beskrivelse av tiltaket

Det planlegges utbygging for blant annet bolig- og parkområder med rekreasjonsmuligheter, og det skal etableres et bryggeanlegg som skal forankres mot peler i sjø (se Figur 1-1). Det er som en del av planene allerede etablert en molo i sjø, og det planlegges videre å bygge både kai, badeplass med tilhørende strandsand (se Figur 1-1, rød sirkel), stupebrett (se turkist rektangel) og småbåtanlegg i sjøområdet utenfor planlagt boligområde.

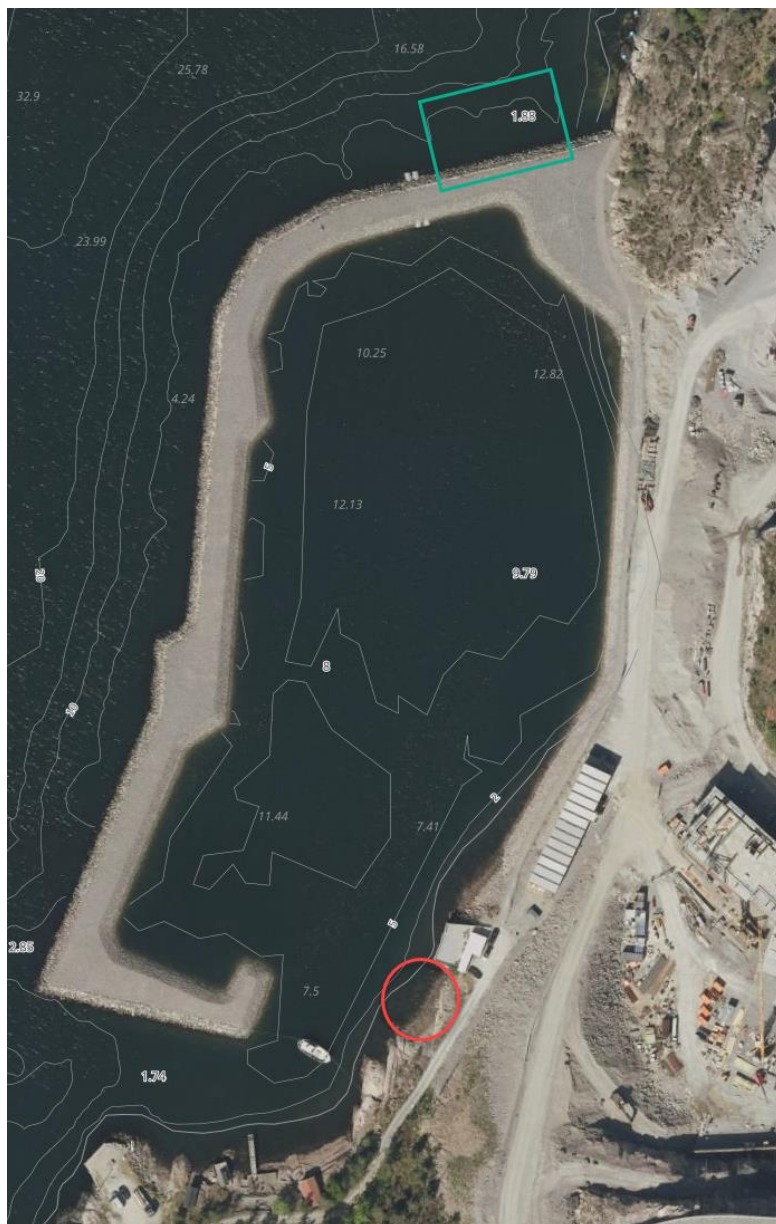


Figur 1-2: Utklipp av reguleringsplanen (PlanID:3212_20100138) med tilhørende tegnforklaring.

1.4 Sjøbunnstopografi

Innenfor moloen er det to bassenger på ca. 12 meter, som er delvis adskilt ved et midtparti på 8 meter (se Figur 1-1). Sjøbunnen langs fremtidig kaianlegg skråer relativt bratt vestover ut fra land ned mot dybdekote -12. De bratteste partiene er omtrentlig midt på fremtidig kaianlegg, hvor dybdekoten -9 forekommer bare et par meter fra land (2). Ved både den nordligste delen av moloen, samt ved strandsand området er det en slakere skråning av sjøbunnen.

Ved fremtidig stupebrettområde er det registrert en grunne på 1.8 meter (Figur 1-1). Ellers er dybdekoten på ca. -5 hele veien langs ytterkanten av moloen (2). Bunnen skråer deretter ganske raskt nedover mot dybdekote -20.



Figur 1-3: Flyfoto med dybdekoter innenfor og utenfor moloen. Kilde: Kart.kystverket.no

2 Utførte undersøkelser

2.1 Feltarbeid

Feltarbeid med innsamling av sedimentprøver (dybde 0-10 cm), ble utført 23 mai 2024. Prøvetakingen ble utført fra innleid båt og båtfører fra Marinreparatørene, under ledelse av personell fra Multiconsult Norge AS.

Prøvetaking ble utført ved bruk av Van Veen grabb. Hvert grabbhugg ble vurdert i forhold til fyllingsgrad og utvasking, og forkastet dersom materialet i grabben ble vurdert som forringet. For hver grabbprøve ble det gjort subjektive vurderinger av sedimentene, som omfattet beskrivelse av fysisk sammensetning, farge, lukt, biologisk aktivitet, osv.

Prøvetaking ble utført ved totalt 5 stasjoner, hvor det på hver stasjon ble tatt 4 grabbprøver som ble blandet sammen slik at man fikk en blandprøve per stasjon. Plassering av stasjoner ble justert noe i felt etter observasjoner og stedlige forhold. Det var mye stein /hardbunn langs land, så stasjonene ble flyttet lengre ut til der hvor det var mulig å ta prøver av sedimentet. Plassering av prøvetakingsstasjonene og prøvepunkter er vist i figur 2-1. Posisjonsbeskrivelse av prøvestasjoner ble gjort i felt med GPS fra mobil, og stasjonskoordinatene er vist i Tabell 2-1. Vanndybden på stasjonene ble målt med båtens ekkolodd. Oppgitte dybder er ikke korrigert for tidevann, og prøvetakingen foregikk i tidsperioden kl. 09:30 til 12:30.

På stasjon 5 (stupebrett lokasjon, se Figur 2-1) ble det gjort flere forsøk på grabbhiv. Det var observert mye stein / hardbunn ved stasjonen, og omtrentlig 10% av bunnen var sand/bløtbunn, da flekkvis langs steinbunnen. For denne stasjonen ble grabbprøvene tatt i de små områdene hvor det var mulig å få tatt prøver.

På stasjon 1 hvor det er planlagt strandsand ble prøvene tatt ved bruk av spade. Det ble tatt 4 prøver, hvorav 2 var i fjæresonen og 2 var på land.

Mellom stasjon 2 og 3 var det observert mye hardbunn, og det var vanskelig å finne et egnet område for å ta grabbprøvene. Det ble forsøkt flere grabbhiv nærmere kai og flere steder mellom stasjon 2 og 3 uten hell. Stasjon 2 ble derfor nærmere moloåpning og lengre ut enn opprinnelig planlagt.

Prøvene ble oppbevart i diffusjonstette rislanposer, og oppbevart kjølig til de ble sendt til akkreditert laboratorium samme dag for kjemisk analyse. Prøvetaking og analyser er utført i henhold til prosedyrer gitt i Miljødirektoratets veiledere (3), (4), Norsk Standard for sedimentprøvetaking i marine områder (5), Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (6) og Multiconsult sine interne retningslinjer.



Figur 2-1: Prøvetakingsstasjoner ved Spro havn. Omtrentlig avgrensning av hver stasjon er vist med ulike farger per stasjon.

Tabell 2-1: Feltregistreringer for hvert prøveforsøk per stasjon. Koordinater hvor prøver ble tatt er oppgitt.

Stasjon	Grabb / Spade forsøk	Koordinater (UTM sone 32N)		Dybde	Observasjon
		Nord	Øst		
Stasjon 1*	1	59.7640577	10.5847002	0,1 m	Prøve tatt i fjærsone, mye grove partikler.
	2	59.7640062	10.5846685	0 m	Prøve tatt på land under steiner på strandområdet, i sonen hvor det ved høyvann er sjø. Stillehavstøsters observert.
	3	59.7639857	10.5845788	0,2 m	Prøve tatt i fjærsone, en del tang og diverse reker observert.
	4	59.763940	10.5845499	0 m	Prøve tatt på land rundt og under steiner i sonen der hvor det ved høyvann er sjø. Stillehavstøsters observert.
Stasjon 2	5 og 6	-	-	8 m	Tomme prøver, bare vann i grabben.
	7	59.7642900	10.5843380	8 m	Full prøve, leire/silt, grå farge
	8 og 9	-	-	8 m	Tom prøve, ble forsøkt øst og vest for prøve 7.
	10	59.7643449	10.5844993	8 m	Full prøve, leire/silt, grå farge
	11	59.7643956	10.5844668	9 m	Full prøve, leire/silt, grå farge
	12	59.7644381	10.5845151	9 m	Full prøve, leire/silt, grå farge
Stasjon 3	13	59.7651302	10.5851668	8 m	Full prøve, svart farge, svak lukt av H ₂ S
	14	59.7651726	10.5850996	8,5 m	Full prøve, svart farge, leire/silt med noe innslag av pinner / organisk materiale
	15	59.7651800	10.5852100	9 m	Full prøve, svart farge
	16	59.7652212	10.5851586	8 m	Full prøve, svart farge, leire/silt
Stasjon 4	17	59.7657837	10.5849032	12 m	Halvfull prøve, gråsvart farge
	18	59.7657752	10.5847657	10 m	Svart farge, klumpete leir/silt
	19	59.7657387	10.5848360	10 m	Full prøve, svart farge, leire/silt
	20	59.7658196	10.5848217	11 m	Full prøve, svart farge, leire/silt
Stasjon 5	21	59.7665600	10.5852400	2,5 m	Halvfull prøve med mye glimmer, stein og grus. Grove partikler
	22	59.7665169	10.5852648	2 m	Ca. full prøve med glimmer, stein og grus
	23	59.7665065	10.5851775	3 m	Ca. full prøve med glimmer, stein og grus
	24	59.7664664	10.5852395	2 m	Samme som prøve 23.

2.2 Kjemiske analyser

Fem sedimentprøver ble sendt for analyser hos det akkrediterte laboratoriet ALS.

Prøven ble analysert for metaller (arsen, bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel og sink), polyaromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og tinnorganiske forbindelser (herunder TBT). Prøvene ble også analysert med hensyn til totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling (leir (63 µm).

3 Resultater

3.1 Feltobservasjoner

Ved alle de undersøkte stasjonene er sjøbunnen nært land dominert av stein/berg, og det viste seg utfordrende å samle inn prøvemateriale nærme land som var egnet for kjemiske analyser. Sjøfronten er plastret med utfyllingsmasser og stein, og observasjon fra felt var at det var mye stein/berg ut fra sjøfront.

Fra dybde -8 og dypere innenfor moloen var det stedvis mulig å ta grabbprøver, og sedimentene var av typen bløt leire/silt med svart til svart-grå farge. Det var grovere sedimenter i strandkanten tatt ved stasjon 1, da ved -0,2 til 0 meter dyp (på land).

Ved stasjon 5 ble det observert mye berg langs sjøbunnen fra båt ved en dybde på -2 til -3 meter. Det antas at dette er en naturlig forlengelse av svabergene/fjellsiden, og det var kun flekkvis områder med bløtere bunn som kunne prøvetas.

En oversikt over observasjoner ved de ulike stasjonene finnes i Tabell 2-1.

3.1.1 Stasjon 1

Ved stasjon 1 hvor det planlegges strandsand var det grovere sediment i form av sand og grus iblant de større steinmassene (Figur 3-1).



Figur 3-1: Oversiktsbilde over stasjon 1 hvor det vurderes legging av strandsand.

3.1.2 Stasjon 2, 3 og 4

Det ble forsøkt grabbprøvetaking så nærme sjøkant som mulig for å kunne vurdere sedimentene under fremtidig kaianlegg. På grunn av stein/hardbunn var det ikke mulig å finne områder som var aktuelle for prøvetaking, så grabbprøvene ble tatt lengre ut fra land.

Sedimentene besto hovedsakelig av bløt leire/silt, med grå til svartgrå farge. Fra en av prøvene var det svak lukt av hydrogensulfid (se Tabell 2-1). Det var observert lite til intet organisk materiale i sedimentprøvene (se Figur 3-2).



Figur 3-2: Bilde fra grabbprøve ved stasjon 2 (t.v.) og ved stasjon 3 (t.h.). Leire / silt med grå til gråsvart farge.

3.1.3 Stasjon 5

Det ble forsøkt å ta prøver utenfor moloen ved stasjon 5, men som følge av utfyllingsmasser var det bare hardbunn utenfor molo. I tillegg var dette området preget av naturlig forlengelse av fjell/berg på land ut i vann, og bunnen var derfor i stor grad hardbunn.

Det ble gjort grabbprøver i de små flekkene av sand/bløtbunn observert fra båt. Sedimentene her var preget av mye glimmer, sand, små stein og grus (FIGUR). Observert innhold følger antageligvis av utvasking fra Spro gruvene, som befinner seg omtrent 60 meter lengre opp fra moloen.



Figur 3-3: Bilde fra grabbprøve ved stasjon 5.

3.2 Kjemiske analyser

Analyseresultatene er vurdert i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608 «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota» (6). Klassifiseringssystemet deler sedimentene inn i fem tilstandsklasser som vist i Tabell 3-1. Resultatene fra de kjemiske analysene er sammenlignet med tilstandsklassene og vist i Tabell 3-2.

For fullstendige analyserapport fra ALS, se vedlegg A.

Tabell 3-1: Klassifiseringssystem for miljøtilstand i marine sedimenter (Miljødirektoratets veileder M-608/2016, rev. 2020 "Grenseverdier for klassifisering av vann, sedimenter og biota».

I	II	III	IV	V
Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtidseksposering	Akutt toksiske effekter ved langtidseksposering	Omfattende akutt-toksiske effekter

Tabell 3-2: Analyseresultater for stasjon 1-5. Resultatene er farget iht. tilstandsklasser gitt i Miljødirektoratets veileder M608/2016, rev. 2020. Resultater under deteksjonsgrense er ikke tilstandsklassifisert.

Parameter	Enhet	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Arsen	Mg/kg TS	2.5	6.4	11	7.8	0.51
Kadmium	Mg/kg TS	<0.02	0.072	0.25	<0.02	<0.02
Krom	Mg/kg TS	6.7	41	28	49	2.4
Kobber	Mg/kg TS	210	39	69	29	<1.0
Kvikksølv	Mg/kg TS	0.023	0.15	0.30	0,073	<0.01
Nikkel	Mg/kg TS	5.3	58	26	60	2.6
Bly	Mg/kg TS	31	20	100	17	5.2
Sink	Mg/kg TS	64	89	190	70	6.4
Sum PCB-7	µg/kg TS	5.2	6.2	<4	<4	<4
Naftalen	µg/kg TS	<10	38	160	22	<10
Acenaftalen	µg/kg TS	<10	12	65	15	<10
Acenaften	µg/kg TS	<10	<10	18	<10	<10
Fluoren	µg/kg TS	<10	<10	48	12	<10
Fenantren	µg/kg TS	<10	47	340	89	<10
Antracen	µg/kg TS	<4.0	16	68	40	<4
Fluoranten	µg/kg TS	14	70	740	260	<10
Pyren	µg/kg TS	15	81	740	240	<10
B(a)antracen	µg/kg TS	<10	20	220	78	<10
Krysen	µg/kg TS	13	39	350	110	<10
B(k)fluoranten	µg/kg TS	12	46	390	130	<10
B(a)pyren	µg/kg TS	11	43	450	150	<10
D(ah)antracen	µg/kg TS	<10	<10	77	18	<10
B(ghi)perylene	µg/kg TS	<10	35	300	120	<10
I(123cd)pyren	µg/kg TS	<10	19	250	64	<10
Sum PAH-16	µg/kg TS	82	530	4900	1600	<160
Monobutyltinn	µg/kg TS	4.21	2.54	5.44	2.91	<1
Dibutyltinn	µg/kg TS	23.4	13.4	57.3	14.6	<1
Tributyltinn (TBT)*	µg/kg TS	14.8	17.7	9.70	3.20	<1

*forvaltningsbasert

Følgende er påvist basert på analyseresultatene:

- Stasjon 1 er sterkt forurenset av kobber (tilstandsklasse V), og sedimentene inneholder PCB-7 og TBT i tilstandsklasse III (moderat).
- Sedimentene ved stasjon 2 inneholder nikkel, PCB-7, naftalen, antracen og TBT i tilstandsklasse III.
- Stasjon 3 anses å være den mest forurensete med tanke på PAH forbindelser, og har flere PAH forbindelser i tilstandsklasse IV (antracen, fluoranten, krysen, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, benzo(ghi)perylene og ideno(123cd)pyren). Videre er Σ PAH-16, sink, naftalen, acenaftylene, pyren, benso(a)antracen, dibenso(ah)antracen og TBT tilstandsklasse III ved denne stasjonen.
- Sedimentene ved Stasjon 4 er også forurenset av PAH forbindelser, men i mindre grad enn stasjon 3. Her er antracen benso(ghi)perylene og ideno(123cd)pyren i sedimentene klassifisert som tilstandsklasse 4 (dårlig), og Σ PAH-16 i tilstandsklasse II (god). Nikkel, pyren og benso(a)antracen konsentrasjonene tilsvarer tilstandsklasse III.
- Stasjon 5 er stasjonen er ikke forurenset. For de parameterne som er over deteksjonsgrensen er tilstandsklassen tilsvarende bakgrunnsnivå (tilstandsklasse I).

3.3 Kornfordeling og TOC

Totalt innhold av organisk karbon (TOC) sier noe om forholdet mellom tilførsel og nedbrytningshastighet av organisk materiale i sedimentene. Høyt innhold av organisk materiale tyder på et ubalansert forhold mellom tilførsel og nedbrytning, enten forårsaket av stor tilførsel eller dårlige forhold for nedbrytning. Dersom det er forurensning i sedimentene, kan dette redusere den biologiske aktiviteten og bidra til redusert nedbrytningsevne. Analyseresultatene for kornfordeling og TOC er vist i Tabell 3-3.

Tabell 3-3: Analyseresultater for kornfordeling og TOC.

Parameter	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Tørrstoff %	78.9	59.8	53.2	67.4	83.3
Sand (>63 μ m) % TS	98.4	70.8	68.6	71.8	99.6
Silt (2-63 μ m) % TS	1.6	28.7	31.0	27.4	0.4
Kornstørrelse <2 μ m % TS	<0.1	0.5	0.4	0.8	<0.1
Totalt organisk karbon (TOC) % C	0.66	1.1	2.0	0.61	0.48

Resultatene viser at sedimentene ved Stasjon 1 og 5 hovedsakelig er sandige, med minimalt innslag av silt. Sedimentene ved Stasjon 2-4 er også mest sandige, men har et noe høyere innslag av silt. Det er svært lite finstoff (< 2 μ m, dvs. leirefraksjoner) i sedimentene ved noen av stasjonene. Innholdet av TOC er også lavt, som indikerer at det er lite organisk materiale i sedimentene, noe som stemmer overens med hva som ble observert i felt.

4 Oppsummering

Det var stedvis utfordrende å få tatt sedimentprøver som følge av at havbunnen var flere steder dominert av grove masser og hardbunn/berg. Prøvene ble derfor tatt lengre ut fra land, der hvor det var mulig å få tatt prøver.

Analyseresultatene viser at spesielt stasjon 3 er påvirket av forurensning mtp. PAH forbindelser, og at stasjon 1 er sterkt forurenset av kobber. Stasjon 2 og 4 er til dels påvirket av forurensning, mens resultatene for stasjon 5 viser ingen tegn til forurensning.

Kornfordelingen til sedimentene ved de ulike stasjonene viser at det for det meste er sandige sedimenter innenfor tiltaksområde, med varierende innslag av silt. Det var et generelt lavt innhold av total organisk karbon og finstoff i sedimentprøvene.

Det presiseres at undersøkelsene er utført på overflatesedimenter, og ikke i dypere lag.

5 Referanser

1. **Norgeskart.** Norgeskart. [Internett] https://www.norgeskart.no/#!?project=dekning&layers=1005&zoom=15&lat=6633565.45&lon=252280.64&p=searchOptionsPanel&markerLat=6633655.475846759&markerLon=252217.15908790403&sok=Gruva&drawing=9RjI53cB_DkwYHwMhm1S.
2. **Kystverket.no.** Kystverket. *Kystinfo*. [Internett] <https://a3.kystverket.no/kystinfo>.
3. **Miljødirektoratet.** *Veileder for håndtering av sediment- revidert 25 mai 2018*. s.l. : Miljødirektoratet, 2018. M-350/2015.
4. —. *Risikovurdering av forurenset sediment*. s.l. : Miljødirektoratet, 2015. M-409 /2015.
5. **Norsk Standardisering.** *Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder*. Standard NS-EN ISO 5667-19.
6. **Statens forurensningstilsyn.** *Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn*. 2009. TA2553.
7. **Miljødirektoratet.** *Grenseverdier for klassifisering av vann, sedimenter og biota*. 2020. M-608/2020.

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.

SØKNADSVEDLEGG

OPPDRAGSGIVER
Spro Havn AS

VEDLEGG A

Relevante planer og tegninger

Innhold

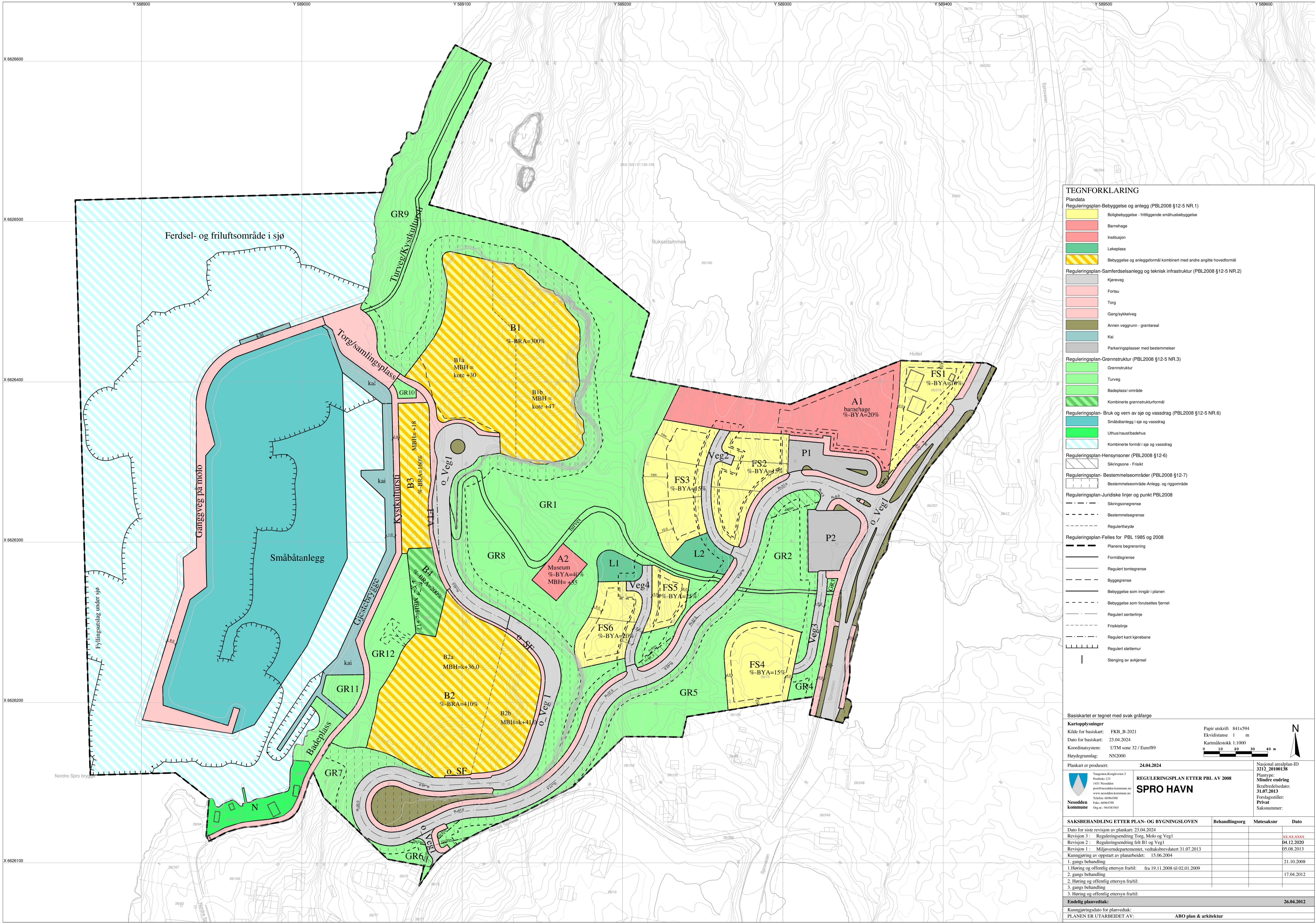
- A1. Reguleringsplan
- A2. Situasjonsskart
- A3. Peleplan

Multiconsult

A1. Reguleringsplan

Datert: 23.04.24

PlanID: 3212_20100138



TEGNFORKLARING

Plandata
 Reguleringsplan-Bebyggelse og anlegg (PBL2008 §12-5 NR.1)

- Boligbebyggelse - fritliggende småhusbebyggelse
- Barnehage
- Institusjon
- Lekeplass
- Bebyggelse og anleggsformål kombinert med andre angitte hovedformål

Reguleringsplan-Samferdselsanlegg og teknisk infrastruktur (PBL2008 §12-5 NR.2)

- Kjøreveg
- Fortau
- Torg
- Gang/sykelveg
- Annen veggrunn - grøntareal
- Kai
- Parkeringsplasser med bestemmelser

Reguleringsplan-Grønnstruktur (PBL2008 §12-5 NR.3)

- Grønnstruktur
- Turveg
- Badeplass/-område
- Kombinerte grønnstrukturformål

Reguleringsplan- Bruk og vern av sjø og vassdrag (PBL2008 §12-5 NR.6)

- Småbåtanlegg i sjø og vassdrag
- Uthus/naust/badehus
- Kombinerte formål i sjø og vassdrag

Reguleringsplan-Hensynsoner (PBL2008 §12-6)

- Sikringsone - Frisikt

Reguleringsplan- Bestemmelsesområder (PBL2008 §12-7)

- Bestemmelsesområde-Anlegg- og riggområde

Reguleringsplan-Juridiske linjer og punkt PBL2008

- Sikringsomgrense
- Bestemmelsegrense
- Regulerhøyde

Reguleringsplan-Felles for PBL 1985 og 2008

- Planens begrensning
- Formålsgrense
- Regulert tomtgrense
- Byggegrense
- Bebyggelse som inngår i planen
- Bebyggelse som forutsettes fjernet
- Regulert senterlinje
- Frisktslinje
- Regulert kart kjørebane
- Regulert stattemur
- Stenging av avkjørsel

Basiskartet er tegnet med svak gråfarge

Kartopplysninger
 Kilde for basiskart: FKB_B-2021
 Papir utskrift: 841x594
 Ekvivalens: 1 m
 Kartmålestokk: 1:1000
 Høydegrunnlag: NN2000

Plankart er produsert: 24.04.2024

SPRO HAVN
 Nasjonal arealplan-ID: 3212_20100138
 Planstype: Mindre endring
 Ikrafttredelse: 31.07.2013
 Forslagsstiller: Privat
 Saksnnummer:

SAKSBEHANDLING ETTER PLAN- OG BYGNINGSLOVEN	Behandlingsorg	Motesaknr	Dato
Dato for siste revisjon av plankart: 23.04.2024			
Revisjon 3: Reguleringsendring Torg, Molo og Veg1			04.12.2020
Revisjon 2: Reguleringsendring felt B1 og Veg1			05.08.2013
Revisjon 1: Miljøverndepartementet, vedtaksbrevdatert 31.07.2013			21.10.2008
Kunngjøring av oppstart av planarbeid: 15.06.2004			17.04.2012
1. gangs behandling			
1. Høring og offentlig ettersyn fra/til: fra 19.11.2008 til 02.01.2009			
2. gangs behandling			
2. Høring og offentlig ettersyn fra/til:			
3. gangs behandling			
3. Høring og offentlig ettersyn fra/til:			
Endelig planvedtak:			26.04.2012
Kunngjøringsdato for planvedtak:			
PLANEN ER UTARBEIDET AV:	ABO plan & arkitektur		

A2. Situasjonsskart

Datert: 30.08.2023

Målestokk: 1:2000



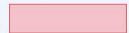
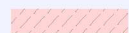
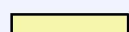
Situasjonskart

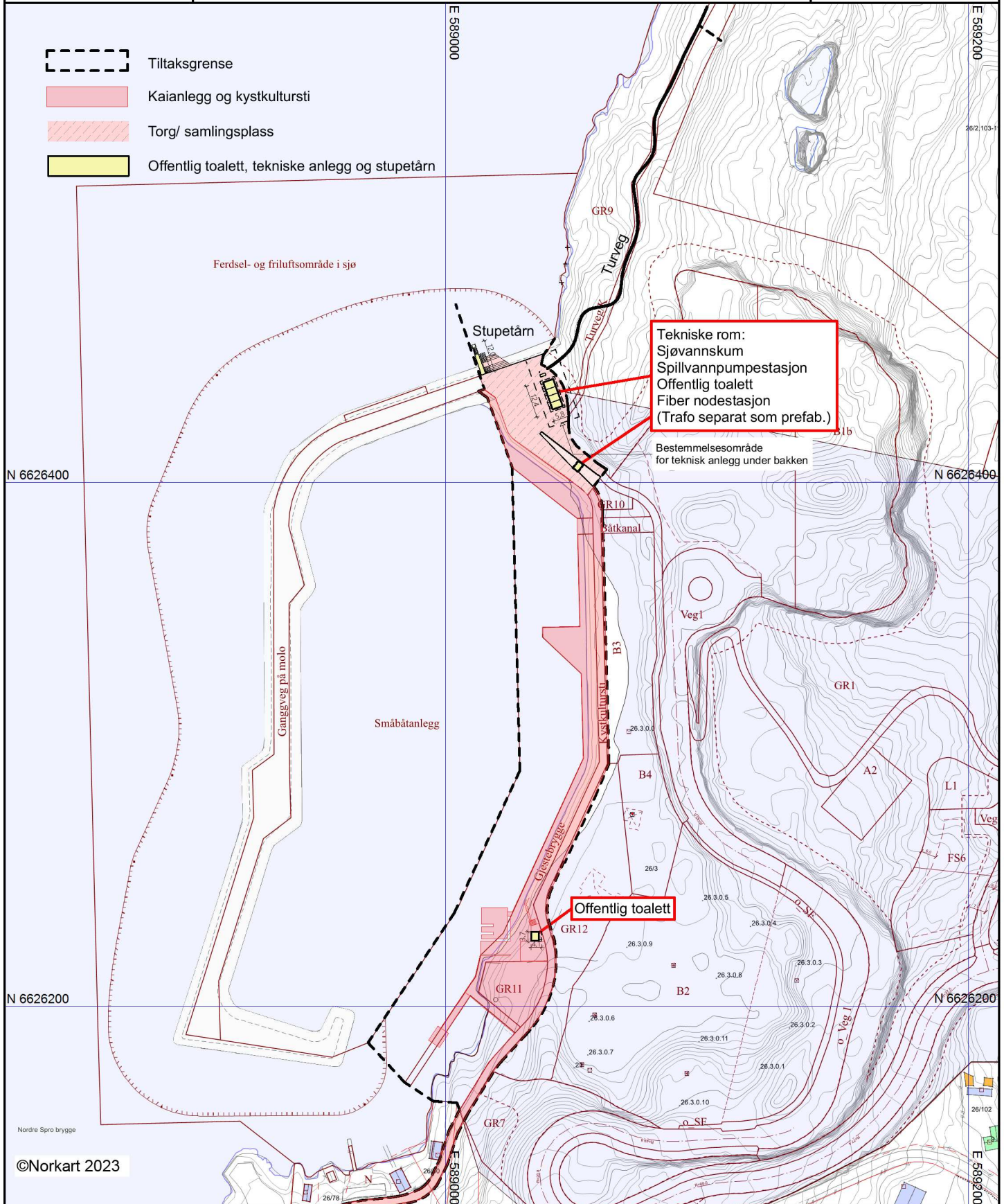
Eiendom: 26/3
 Adresse: Nordre Sprovei 21
 Dato: 30.08.2023
 Målestokk: 1:2000



UTM-32

Nesodden kommune

-  Tiltaksgrænse
-  Kaianlegg og kystkultursti
-  Torg/ samlingsplass
-  Offentlig toalett, tekniske anlegg og stupetårn



©Norkart 2023

- 1) Det tas forbehold om feil i kartgrunnet
- 2) Ved utskrift fra PDF-fil kan målestokken bli unøyaktig



Sprohavn Nesodden - kai, kyststi, teknisk mm.

Gnr. 26/ Bnr. 3

Søknad om Rammetillatelse

Situasjonskart

20.11.2023

Tegnet:BS Kontr.:ILN

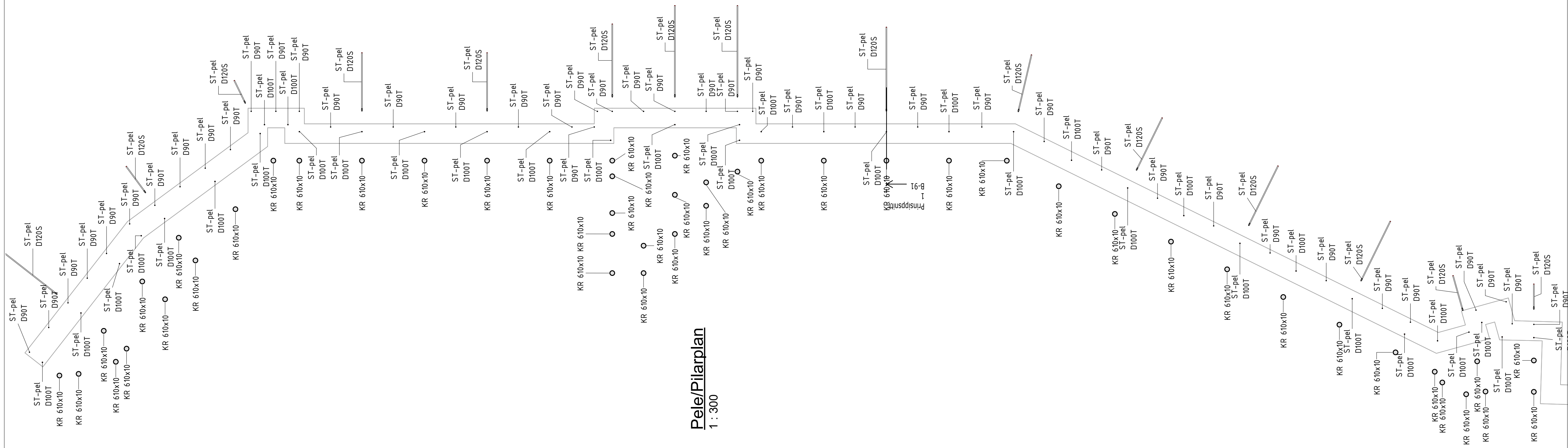
Godkj.:GOM Prosj.eier. KBE



Indeks

A3. Peleplan

Datert: 11.12.2023



ANMERKNINGER

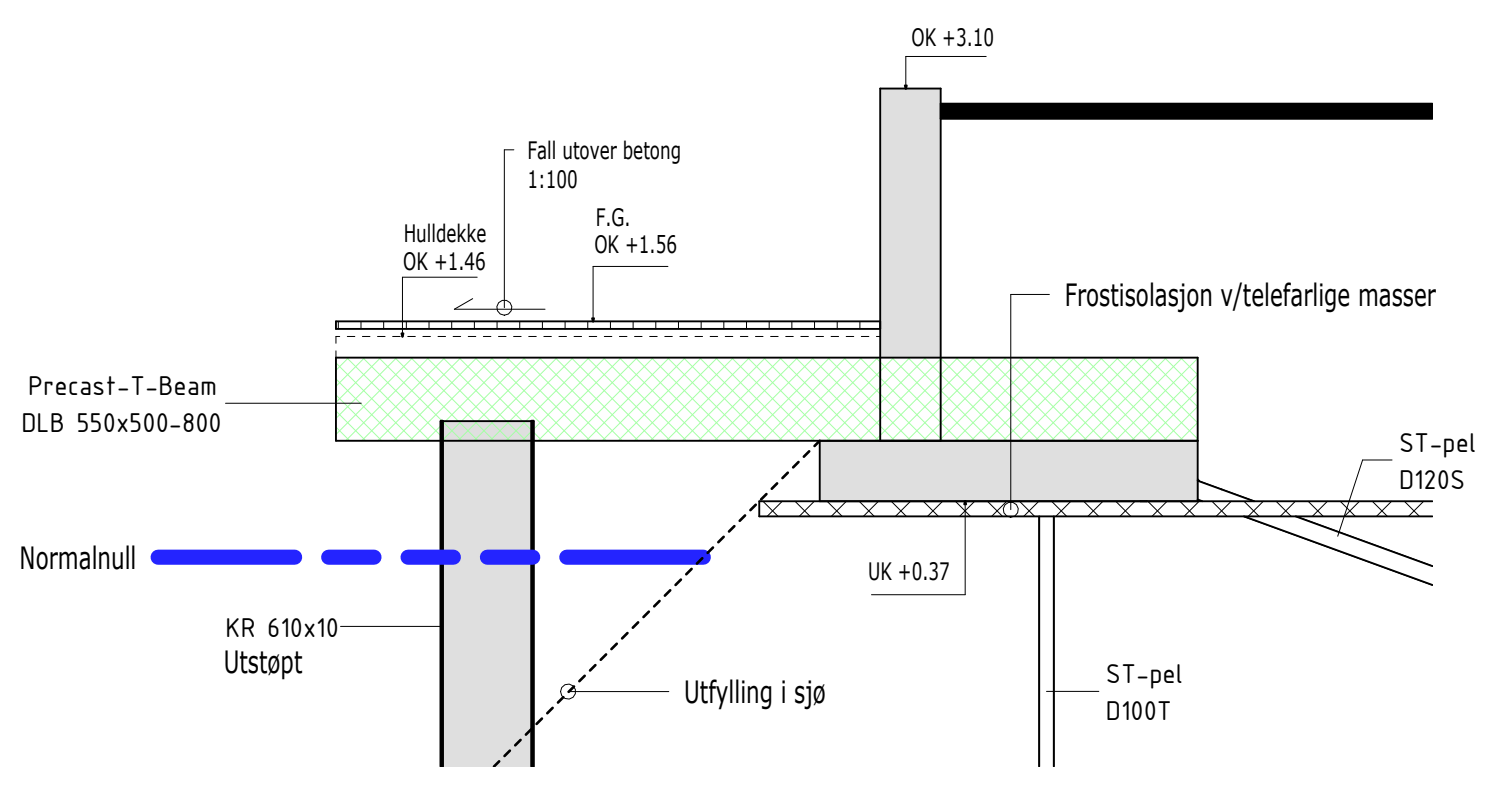
Peleplassering og antall basert på bæresystem med hulldekker eller prefabrikerte massive dekkelementer, og prefabrikkert betongbjelker med ca. cc 8m, i tillegg til støttemuren langs promenaden.

Stålrørspeler:

- Medtatt forankring i fjell: 1m
- Stålkvalitet S355
- Utstøping med B45 betong
- Armeringskvalitet B500NC

Stålkjernepeler:

- Medtatt forankring i fjell: 1m for trykkpeler, 4m for strekkpeler
- Stålkvalitet S355
- *T* bak peledimensjon står for trykkpel
- *S* bak peledimensjon står for strekkpel



Prinsippsnitt 1
1 : 50

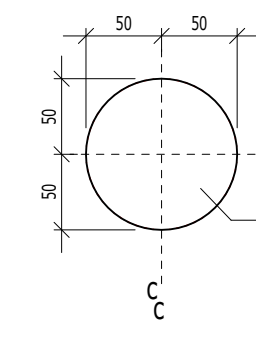
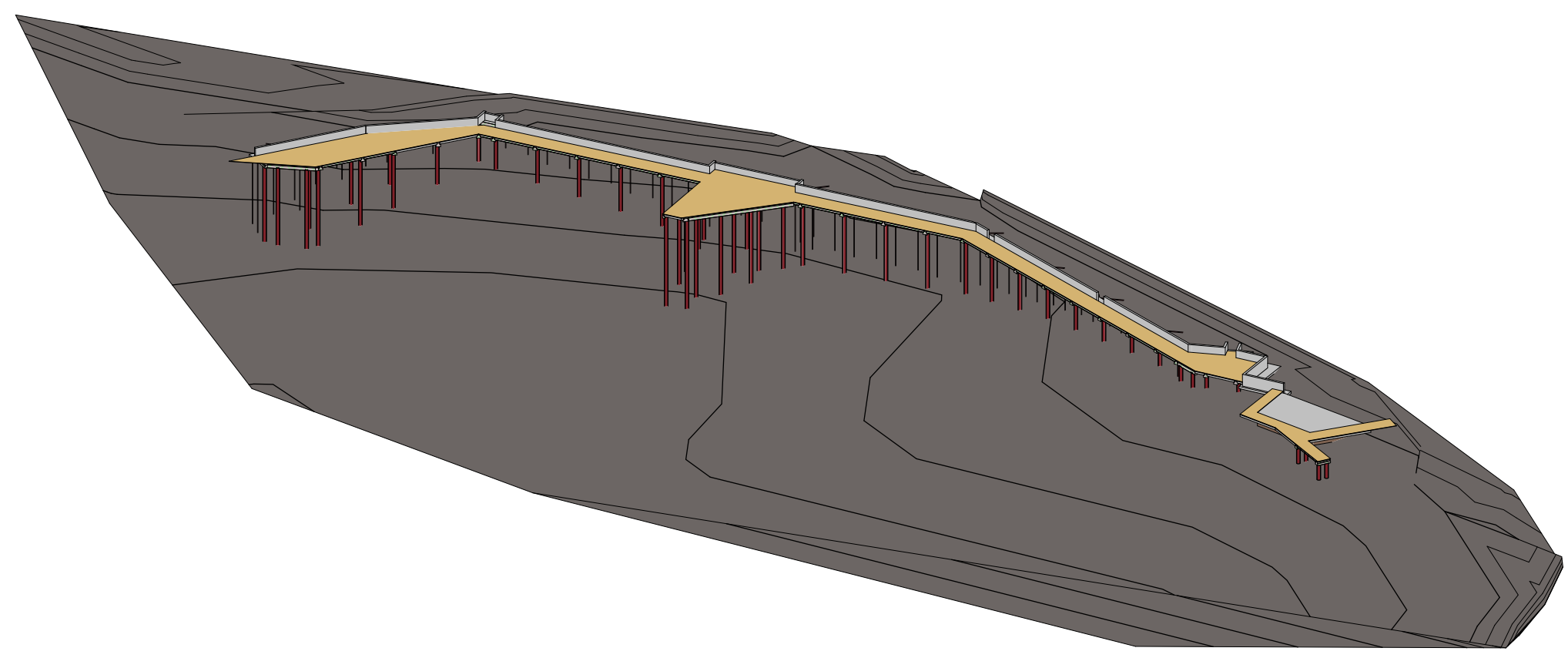
Stålrørspeler Oppsummering		
Type	Antall	Stålkvalitet
KR 610x10	52	S355

Medtatt forankringslengde fjell: 1m
Dybde boring i løsmasser ikke angitt.

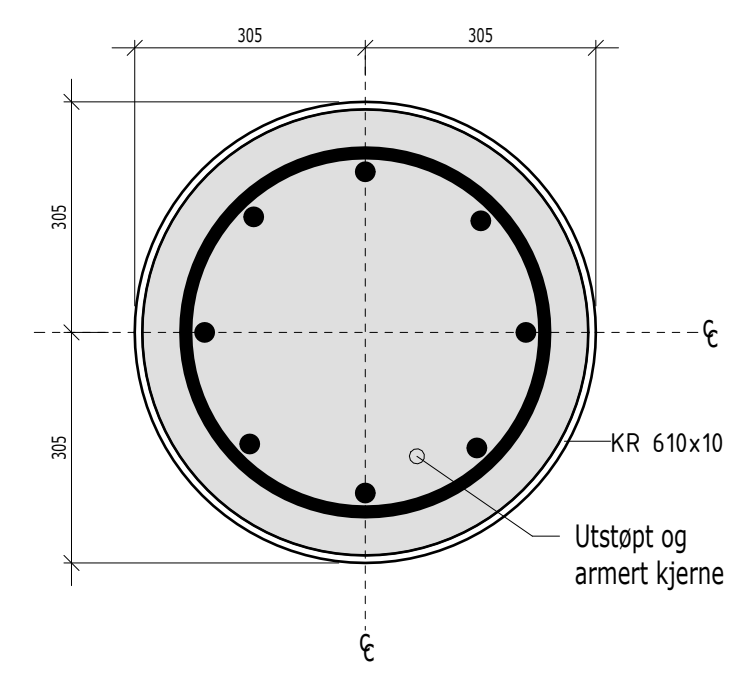
Stålrørspeler						
Type	Antall	Lengde/stk	Stålkvalitet	Stålvkt/stk	Betong/stk	Armeringstetthet
KR 610x10	1	2.50 m	S355	370 kg	0.73 m³	150 kg/m³
KR 610x10	5	3.00 m	S355	444 kg	0.88 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	3.25 m	S355	481 kg	0.95 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	3.50 m	S355	518 kg	1.02 m³	150 kg/m³
KR 610x10	4	4.00 m	S355	592 kg	1.17 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	4.50 m	S355	666 kg	1.32 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	5.25 m	S355	777 kg	1.53 m³	150 kg/m³
KR 610x10	2	6.00 m	S355	888 kg	1.75 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	6.75 m	S355	999 kg	1.97 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	7.00 m	S355	1036 kg	2.05 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	7.75 m	S355	1147 kg	2.26 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	8.50 m	S355	1258 kg	2.48 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	8.75 m	S355	1295 kg	2.56 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	9.00 m	S355	1332 kg	2.63 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	9.25 m	S355	1369 kg	2.70 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	9.50 m	S355	1406 kg	2.78 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	9.75 m	S355	1443 kg	2.85 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	10.75 m	S355	1591 kg	3.14 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	11.25 m	S355	1665 kg	3.29 m³	150 kg/m³
KR 610x10	4	11.50 m	S355	1702 kg	3.36 m³	150 kg/m³
KR 610x10	3	12.00 m	S355	1776 kg	3.51 m³	150 kg/m³
KR 610x10	2	12.50 m	S355	1850 kg	3.65 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	13.00 m	S355	1924 kg	3.80 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	13.50 m	S355	1998 kg	3.95 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	13.75 m	S355	2035 kg	4.02 m³	150 kg/m³
KR 610x10	2	14.50 m	S355	2146 kg	4.24 m³	150 kg/m³
KR 610x10	2	15.00 m	S355	2220 kg	4.38 m³	150 kg/m³
KR 610x10	2	15.50 m	S355	2293 kg	4.53 m³	150 kg/m³
KR 610x10	2	16.00 m	S355	2367 kg	4.68 m³	150 kg/m³
KR 610x10	2	16.50 m	S355	2441 kg	4.82 m³	150 kg/m³
KR 610x10	1	17.00 m	S355	2515 kg	4.97 m³	150 kg/m³
KR 610x10	2	18.00 m	S355	2663 kg	5.26 m³	150 kg/m³

Stålkjernepeler Oppsummering				
Type	Antall	Lengde	Vekt totalt (kg)	Medtatt Forankringslengde fjell
D90T	42	271.25 m	13547.27 kg	1.00 m
D100T	35	236.25 m	14565.26 kg	1.00 m
D120S	15	155.20 m	13897.29 kg	4.00 m
	92	662.70 m	42009.83 kg	

Stålkjernepeler				
Type	Antall	Lengde stk.	Stålvkt/stk.	Medtatt Forankringslengde fjell
D90T	7	2.00 m	699.20 kg	1.00 m
D90T	1	2.25 m	112.36 kg	1.00 m
D90T	1	2.50 m	124.84 kg	1.00 m
D90T	1	2.75 m	137.33 kg	1.00 m
D90T	1	3.00 m	149.81 kg	1.00 m
D90T	1	3.25 m	162.30 kg	1.00 m
D90T	1	3.75 m	185.89 kg	1.00 m
D90T	2	4.25 m	424.47 kg	1.00 m
D90T	2	4.50 m	449.44 kg	1.00 m
D90T	2	5.50 m	549.32 kg	1.00 m
D90T	1	6.25 m	312.11 kg	1.00 m
D90T	1	6.50 m	324.60 kg	1.00 m
D90T	1	6.75 m	337.08 kg	1.00 m
D90T	1	7.50 m	374.53 kg	1.00 m
D90T	2	8.00 m	799.01 kg	1.00 m
D90T	1	8.25 m	411.99 kg	1.00 m
D90T	3	8.50 m	1273.42 kg	1.00 m
D90T	2	8.75 m	873.91 kg	1.00 m
D90T	1	9.00 m	449.44 kg	1.00 m
D90T	2	9.25 m	923.85 kg	1.00 m
D90T	1	10.00 m	499.38 kg	1.00 m
D90T	1	10.25 m	511.86 kg	1.00 m
D90T	2	10.50 m	1048.69 kg	1.00 m
D90T	1	10.75 m	539.76 kg	1.00 m
D90T	1	11.00 m	549.32 kg	1.00 m
D90T	1	12.75 m	636.71 kg	1.00 m
D90T	1	13.75 m	686.65 kg	1.00 m
D100T	4	2.00 m	493.22 kg	1.00 m
D100T	1	2.25 m	138.73 kg	1.00 m
D100T	2	2.75 m	339.07 kg	1.00 m
D100T	1	3.00 m	184.96 kg	1.00 m
D100T	2	3.50 m	431.57 kg	1.00 m
D100T	3	4.50 m	832.30 kg	1.00 m
D100T	1	5.25 m	323.68 kg	1.00 m
D100T	1	5.50 m	339.08 kg	1.00 m
D100T	2	6.00 m	739.82 kg	1.00 m
D100T	1	6.25 m	385.33 kg	1.00 m
D100T	1	6.75 m	416.15 kg	1.00 m
D100T	2	7.50 m	924.78 kg	1.00 m
D100T	1	8.00 m	493.21 kg	1.00 m
D100T	2	9.00 m	1109.74 kg	1.00 m
D100T	1	9.50 m	585.69 kg	1.00 m
D100T	1	9.75 m	601.10 kg	1.00 m
D100T	2	10.25 m	1263.86 kg	1.00 m
D100T	1	10.50 m	647.35 kg	1.00 m
D100T	1	10.75 m	662.76 kg	1.00 m
D100T	3	11.00 m	2034.51 kg	1.00 m
D100T	1	11.75 m	724.41 kg	1.00 m
D100T	1	14.50 m	893.95 kg	1.00 m
D120S	2	5.00 m	890.80 kg	4.00 m
D120S	1	6.00 m	546.20 kg	4.00 m
D120S	1	6.50 m	672.93 kg	4.00 m
D120S	4	9.50 m	3429.49 kg	4.00 m
D120S	2	10.60 m	1897.99 kg	4.00 m
D120S	1	11.50 m	1021.14 kg	4.00 m
D120S	1	13.00 m	1168.77 kg	4.00 m
D120S	2	14.00 m	2486.17 kg	4.00 m
D120S	1	21.00 m	1883.79 kg	4.00 m



Stålkjernepel - snitt
1 : 5



Stålrørspel - snitt
1 : 10

2	Mindre justeringer	sha	14.12.23
1	Tilbudsunderlag	sha	11.12.23
Rev.	Revisjonen gjelder	Utført	Kontr.
Spro Havn		Målestokk	11.12.23
Spro Havn		Tegnet	sha
Peleplan		Kontr.	hs
Form		Arktarrteise A1	2300549
		Tegningnr.	Rev.
		B-91	2
FERDIGGRAD:			
Tilbudsunderlag			