

---

# Rapport\_

## Renere havn Trondheim

---

OPPDRAKSGIVER

Trondheim kommune

EMNE

Deponi for mudringsmasser i Nyhavna -  
Forprosjekt

DATO: 28. JANUAR 2014

DOKUMENTKODE: 415566-TVF-RAP-001\_rev01

---



Med mindre annet er skriftlig avtalt, tilhører alle rettigheter til dette dokument Multiconsult.

Innholdet – eller deler av det – må ikke benyttes til andre formål eller av andre enn det som fremgår av avtalen. Multiconsult har intet ansvar hvis dokumentet benyttes i strid med forutsetningene. Med mindre det er avtalt at dokumentet kan kopieres, kan dokumentet ikke kopieres uten tillatelse fra Multiconsult.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Renere havn Trondheim</b>	DOKUMENTKODE	415566-TVF-RAP-001_rev01
EMNE	Forprosjekt - Deponi for mudringsmasser i Nyhavna	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Trondheim kommune</b>	OPPDRAGSLEDER	Silje Wendelborg Fremo
KONTAKTPERSON	Stein Ove Brandslet	SAKSBEH	Erling Ytterås/Christian Havnegjerde
		ANSVARLIG ENHET	3032 Trondheim landskap

## SAMMENDRAG

Prosjektet "Renere havn Trondheim" har som formål å rydde opp i eller sikre forurenset sjøbunn i Trondheims havneområder. I deler av Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna innebærer dette mudring med påfølgende tildekking, og mudringsmassene er forutsatt lagt i et lokalt deponi, som etableres for prosjektet.

Et deponi for forurensete mudringsmasser er forutsatt etablert i Nyhavna. Multiconsult er engasjert av Trondheim kommune for å utrede og prosjektere deponiløsningen. Parallelt med dette er NGI engasjert for å utrede og prosjektere mudring og tildekking.

Gjennom skisseprosjekt og konsekvensutredning er det såkalte "Alternativ 7" pekt ut som foretrukket deponiløsning. Alternativ 7 omfatter et sjøbunnsdeponi i havnebassenget foran Dora I, samt et strandkantdeponi ved Kullkranpiren.

I forprosjektfasen er det blitt klart at påkrevet deponikapasitet er redusert til ca. 70.000 m<sup>3</sup>, og det er derfor gjort tilpasninger av valgte løsning. Prosjektet sjøbunn foran Dora I ligger nå på ca. kote -5,4 m LAT (eksisterende bunn ligger på ca. kote -6,0 m LAT). Det er da forutsatt 60 cm tildekking over forurensete sedimenter.

Omfanget av ferdig strandkantdeponi er tilsvarende som beskrevet i skisseprosjektet, men kapasiteten er noe redusert som følge av geotekniske stabilitetsberegninger. Beregningene har bl.a. resultert i endret utforming av avgrensingsfyllinger mot sjø.

Deponiene er i forprosjektet kostnadsberegnet til kr 23.500.000,- eks.mva. Her inngår 15 % påslag for rigg/drift, men ikke påslag for usikkerhet. Med 70.000 m<sup>3</sup> mudringsmasse tilsvarer dette en enhetspris på ca. kr 335,- eks.mva. pr. m<sup>3</sup>.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	28.01.2014	Endret med utgangspunkt i tilbakemeldinger i brev av 10.12.2013	EKY, HN	SWF	OÅ
00	25.11.2013	Utkast til kommentar	EKY, CRH, HN	SWF, HN, SMS	OÅ

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>6</b>
1.1	Bakgrunn.....	6
1.2	Aktører.....	7
1.3	Områdebeskrivelse.....	8
1.4	Grunnforhold – Nyhavna .....	9
1.4.1	Undersøkelser.....	9
1.4.2	Lagdelling.....	10
1.4.3	Topografi.....	10
1.4.4	Områdestabilitet.....	10
1.5	Forurensning – Nyhavna.....	11
1.5.1	Sedimenter .....	11
1.5.2	Tilgrensende landarealer .....	11
1.6	Tilstanden til kaier i Nyhavna.....	11
<b>2</b>	<b>Forutsetninger og føringer .....</b>	<b>12</b>
2.1	Høydereferanser og koordinatsystem .....	12
2.2	Hovedføringer.....	13
2.3	Skisseprosjekt og konsekvensutredning .....	14
2.4	Mudringsomfang beregnet av NGI .....	16
2.5	Tilpasning av Alternativ 7.....	16
2.6	Egenskaper til masser som skal deponeres .....	17
2.6.1	Geotekniske egenskaper.....	17
2.6.2	Forurensning.....	17
2.6.3	Behandling før deponering .....	17
2.7	Avslutning av strandkantdeponi mot sjø .....	18
<b>3</b>	<b>Beskrivelse av prosjektet deponi .....</b>	<b>18</b>
3.1	Strandkantdeponi (deponi 14).....	18
3.1.1	Avgrensende sjetéer (steinfyllinger) .....	18
3.1.2	Eksisterende kaier (kai 47 og 48) .....	19
3.1.3	Tildekking.....	20
3.2	Sjøbunnsdeponi (deponi 5 og 6C).....	20
3.2.1	Sjetéer.....	20
3.2.2	Eksisterende kaier .....	21
3.2.3	Tildekking.....	21
3.2.4	Arealer innenfor fotavtrykket til deponi 6C.....	23
<b>4</b>	<b>Geotekniske vurderinger og føringer.....</b>	<b>23</b>
4.1	Grunnlag og forutsetninger .....	23
4.1.1	Generelt.....	23
4.1.2	Forutsetninger .....	23
4.1.3	Grunnforhold .....	24
4.2	Stabilitet.....	24
4.3	Setninger / deformasjoner.....	25
4.4	Usikkerheter .....	25
4.5	Geotekniske kontrolltiltak.....	25
<b>5</b>	<b>Resulterende deponikapasitet og høyder.....</b>	<b>25</b>
5.1	Deponi 14 (strandkantdeponi).....	25
5.2	Deponi 6C (sjøbunnsdeponi).....	26
5.3	Deponi 5 (sjøbunnsdeponi i grop).....	26
5.4	Illustrasjon .....	26
<b>6</b>	<b>Gjennomføring .....</b>	<b>26</b>
6.1	Overordnet rekkefølge.....	26
6.2	Geoteknisk betingede rekkefølgekrav .....	27
<b>7</b>	<b>Spredningsforebyggende tiltak .....</b>	<b>28</b>
7.1	Partikkelsperre.....	28
7.1.1	Formål.....	28
7.1.2	Plassering .....	29
7.1.3	Oppbygning.....	29
7.1.4	Driftsprosedyre .....	31

7.1.5	Konsekvens for havnedriften .....	31
7.2	Øvrige tiltak .....	31
7.3	Kontroll og avbøtende tiltak .....	31
<b>8</b>	<b>Etterbruk .....</b>	<b>32</b>
8.1	Restriksjoner for bruk av landarealer grunnet forurensning .....	32
8.2	Egnethet som byggegrunn .....	32
8.2.1	Midlertidige begrensninger .....	32
8.2.2	Setninger og overvåkning av setningsutvikling .....	33
8.2.3	Tiltak for å fremskynde setningsforløp .....	33
8.3	Overvåkning av forurensningsspredning .....	33
8.4	Etterbruk – havneareal over sjøbunnsdeponi.....	34
<b>9</b>	<b>Kostnadsoverslag.....</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>Usikkerhetsmomenter / SHA-forhold.....</b>	<b>35</b>
<b>11</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>35</b>

## TEGNINGER

415566-TVF-TEG-001	Situasjonsplan – Sannsynlig omfang
415566-TVF-TEG-002	Situasjonsplan – Mulig utvidelse
415566-TVF-TEG-003	Profil B-B – Prinsippsnitt strandkantdeponi
415566-TVF-TEG-004	Profil C-C – Prinsippsnitt sjøbunnsdeponi

## VEDLEGG

Vedlegg 1	SINTEF-notat: «Renere havn Trondheim – Oppvirvling av sediment fra båttrafikk innerst i Nyhavna»
Vedlegg 2	Kostnadsoverslag

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Renere havn er et samarbeidsprosjekt mellom Trondheim kommune og Trondheim Havn IKS. Det er utarbeidet en tiltaksplan for helhetlig opprydding av Trondheim havnebasseng [1], med bakgrunn i vedtatte miljømål. I tiltaksplanen går man inn for at det gjennomføres tiltak i 4 delområder; Fagervika / Ilsvika, Kanalen, Ytre basseng på Brattøra (heretter kalt "Brattørbassenget") og Nyhavna. Tiltakene omfatter både mudring og tildekking av forurensede masser på sjøbunnen.

Det pågår nå to parallelle prosjekter:

- Norges Geotekniske Institutt (NGI): Utredning og prosjektering av mudring og tildekking i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna.
- Multiconsult: Utredning og prosjektering av deponi for mudringsmasser fra Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna.

Prosjektene har gjensidige avhengigheter, og blir derfor koordinert i jevnlig prosjekteringsmøter.

Mudringsmassene fra Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er, bl.a. av samfunnsøkonomiske hensyn, i sin helhet planlagt plassert i et lokalt deponi, i Nyhavna. Det er tidligere gjennomført flere runder med volumberegninger, for å anslå nødvendig deponikapasitet. Resultatet fra siste beregning, utført av NGI, konkluderer med at deponiet må planlegges med en kapasitet på ca. 70.000 m<sup>3</sup> (jfr. NGI-rapport 20130339-01-R, datert 05.11.2013 [2]). Nedjustering av nødvendig deponikapasitet, som i skisseprosjektet (Multiconsult-rapport 415566-RIGm-RAP-001\_rev01 [3]) var anslått til 145.000 m<sup>3</sup>, er et resultat av betydelig endrede dybdekrav for store deler av tiltaksområdene.

Ytterligere informasjon er gitt i tidligere rapporter i Renere havn – prosjektet, utarbeidet av NGI, DNV, SINTEF og Multiconsult. Rapportene kan lastes ned fra Trondheim kommunes hjemmesider ([www.trondheim.kommune.no/renerehavn](http://www.trondheim.kommune.no/renerehavn)).

Bystyret i Trondheim vedtok i sak 147/11 i 2011 at det skal fremmes reguleringsplan for deponi i Nyhavna [4].

Denne rapporten beskriver forprosjektet for deponi av forurensede masser. Forprosjektet er basert på alternativ som ble valgt som følge av konsekvensutredning, sist datert 30.10.2013 [5]. Konsekvensutredningen tok igjen utgangspunkt i skisseprosjektet [3], som var en bred gjennomgang av mulige deponiutforminger i Nyhavna.

Valgt deponiløsning er i konsekvensutredningen kalt alternativ 7. Løsningen består av:

- Sjøbunnsdeponi i bassenget nord for Dora I
- Strandkantdeponi ved Kullkranpiren

Løsninger i forprosjektet vil inngå i reguleringsplanen.

## 1.2 Aktører

Følgende aktører er involvert i prosjektet:

Etat / firma	Kontaktperson	Rolle
Trondheim kommune, Utbyggingsenheten	Stein Ove Brandslet	Prosjektleder
Trondheim kommune, Miljøenheten	Silje Salomonsen	Representant fra Renere havn – prosjektet
Trondheim kommune, Byplankontoret	Per Arne Tefre	Representant fra planmyndigheten
Trondheim Havn	Anita Veie	Representant fra hovedbruker
Multiconsult AS	Silje Wendelborg Fremo	Utredning og prosjektering av deponi
NGI	Mari Moseid	Utredning og prosjektering av mudring og tildekking
Miljødirektoratet (tidl. Klif)	Erik Høygaard	Forurensningsmyndighet / finansiering

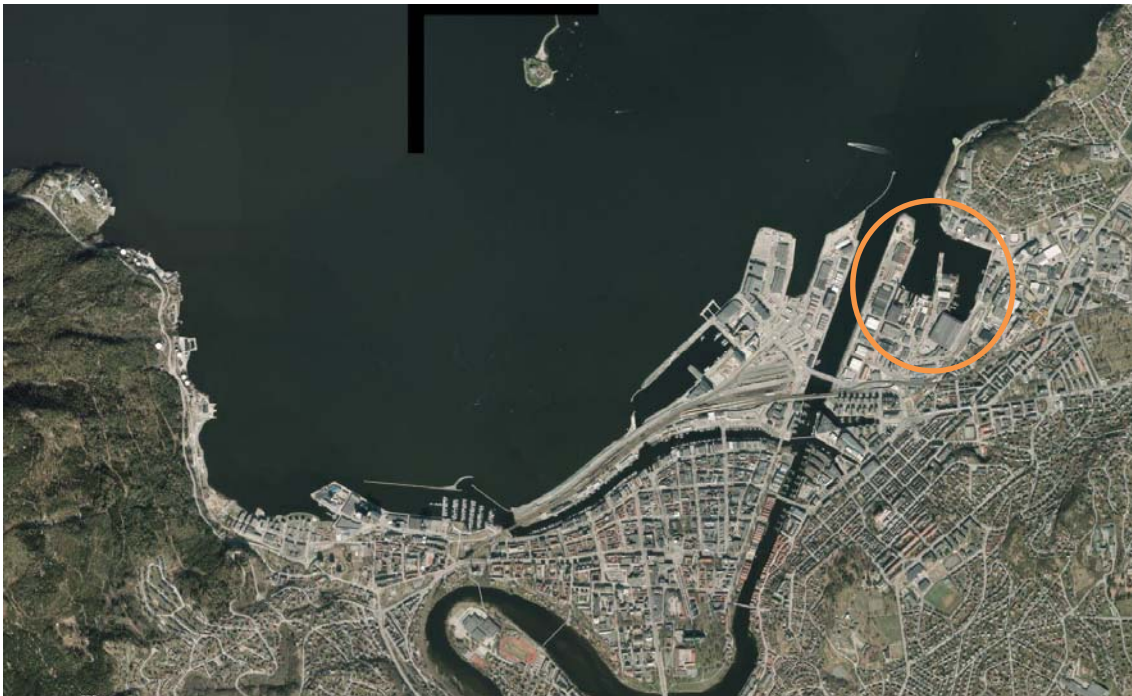
Hovedfagområdene håndteres av følgende i Multiconsult:

Fagområde	Saksbehandlere
Oppdragsleder Multiconsult	Silje Wendelborg Fremo
Prosjekteringsgruppeleder	Håvard Narjord
Arealplanlegging (KU og reguleringsplan)	Silje Wendelborg Fremo, Siri Hollup Broholm
Miljøgeologi / forurensning	Silje M. Skogvold, Erling K. Ytterås, Solveig Lone
Geoteknikk (støttekonstruksjoner, fundamentering, stabilitet)	Christian R. Havnegjerde, Håvard Narjord, Truls Martens Pedersen
Byggeteknikk (tilstandsregistrering, eksisterende konstruksjoner)	Ragnhild Solgård



### 1.3 Områdebeskrivelse

Nyhavna er den delen av Trondheim havn som ligger øst for utløpet til Nidelva, nord for Nidelv bro / Nordlandsbanen, jfr. beliggenhet markert i Figur 1.



*Figur 1 Beliggenheten til Nyhavna i Trondheim havn, vist med gul ring. Grunnlagskart er hentet fra [www.trondheim.kommune.no](http://www.trondheim.kommune.no).*

Nyhavnabassenget utgjør i underkant av 120 dekar, og omfatter sjøarealene som avgrenses av Nidelva og Transittkaia i vest, Ladehammerkaia i nord, Strandveikaia i øst, Dora I, Kullkranpiren og Dora II mot sør, jfr. Figur 2. Landarealene i Nyhavna benyttes i hovedsak til industri- og næringsformål, i tillegg til rene havneaktiviteter.

Området som omfattes av tiltakene i forprosjektet ligger øst for Kullkranpiren, og er farget grønn på figuren under.





Figur 2 Flyfoto over Nyhavna. Ytre avgrensning av tiltak i forprosjektet er farget grønt. Grunnlagskart er hentet fra [www.trondheim.kommune.no](http://www.trondheim.kommune.no).

## 1.4 Grunnforhold – Nyhavna

### 1.4.1 Undersøkelser

Det har blitt gjennomført geotekniske grunnundersøkelser for alternativene som ble presentert i skisseprosjektet, og resultatene foreligger i Multiconsult-rapport 415566-RIG-RAP-001 [6]. I tillegg er det utført flere geotekniske grunnundersøkelser i og omkring Nyhavna.

I dette prosjektet har følgende rapporter fra tidligere grunnundersøkelser vært tilgjengelige:

#### Trondheim kommune

- R.0864 Kai 57, Ladehammervel [7]
- R.0883 Strandvegen – Møllenberg [8]
- R.1003 Nyhavna [9]
- R.1046 Transittkaia [10]
- R.1145 Strandveikaia [11]

#### Multiconsult

- Rapport 412718-1 Reguleringsplan Skippergata 14 [12]
- Rapport 415062-RIG-RAP-001 Ro-Ro kai pir II [13]

#### NGI

- Rapport 20081794-00-39-R Trondheim havn. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebaseng [14]

### 1.4.2 Lagdeling

Rapportene viser lag med sand/finsand/siltig sand og leirig silt over leire/siltig leire. I det påfølgende benevnes topplaget som «sand og silt», mens dypereliggende løsmasser benevnes «leire». Undersøkelsene som er utført i havnebassenget våren 2013 viser hovedsakelig sand- og siltmasser, men også innslag av leire. Det er ikke funnet indikasjoner på kvikkleire/sprøbruddmateriale i sonderingene.

Mektigheten av lagene med sand og silt er minst ved Strandveikaia og øker mot vest. Ved Strandveikaia er overgangen til leire på ca. kt -6 m LAT (= laveste astronomiske tidevann/ "sjøkartnull") i nord og på ca. -9 m LAT i sør [6]. På østsiden av Kullkranpiren ligger overgangen til leire på ca. kt -13 m til kt -15 m LAT. [6] På vestsiden av kullkranpiren er overgangen til leire på ca. kt -14 m til -16 m LAT [6]. På innsiden av Lademoloen ved Pir II er overgangen til leire på ca. kt -27 m til -30 m LAT [13].

NGI-rapporten [14] viser at toppsedimentene i Nyhavna inneholder mye vann og i hovedsak består av sand/siltig sand.

### 1.4.3 Topografi

Sjøbunnen i Nyhavna er preget av propellersjon og det er tydelige renner der det er størst trafikk.

I østre basseng ligger havbunnen jevnt over på nivå mellom -5 m og -6 m LAT. Unntaket er nordøst for Kullkranpiren, der det er ei grunne opp mot ca. kt -4 m LAT. Rett øst for Kullkranpiren er det en betydelig forsenkning ned til ca. kt -11 m til -12 m LAT (utmudret i 1940-45, for flytedokk).

I vestre basseng ligger havbunnen for det meste på koter mellom -6 m og -10 m LAT. Mot innseilingen til Nyhavna er havbunnen på ca. kt -10 m LAT, før det raskt blir dypere i utløpet til Nidelva.

### 1.4.4 Områdestabilitet

Topografien i Nyhavna er tilnærmet flat og avstanden til område med vesentlig skråningshelning er ca. 200 m fra innseilingen til Nyhavna. Siden området ligger godt innenfor marbakken, vurderes det ikke å være utsatt for undersjøiske skred (flyteskred).

Det er påvist kvikkleire i enkeltboringer i Doras sørøstre hjørne. Det er imidlertid flere boringer rundt som viser ikke-kvikke/sensitive masser. Vi vurderer derfor at denne kvikkleireforekomsten ikke har betydning for dette prosjektet. Andre nærliggende kvikkleireforekomster er i Strandveien, øst for Meråkerbanen og opp mot Mellomvegen. Alle disse forekomstene er små, og ligger med god avstand og nesten ingen høydeforskjell i forhold til Nyhavna. De vurderes derfor ikke å ha betydning for planområdet.

På NGUs kvikkleirekart er det markert kvikkleiresoner på Nedre Bakklandet, Øvre Bakklandet og Singsaker/Tyholt. Nyhavna vurderes ikke å være i utløpssonen for noen av disse kvikkleiresonene.

Området vurderes på bakgrunn av det ovennevnte å ikke være utsatt for ras.

## 1.5 Forurensning – Nyhavna

### 1.5.1 Sedimenter

I forbindelse med utarbeidelse av helhetlig tiltaksplan for forurenset sjøbunn i Trondheim havn utførte NGI undersøkelser av sedimentene i Nyhavna. Resultatene fra undersøkelsene er presentert i NGI-rapport 20081794-00-39-R «Datarapport» av 17. juni 2011 [15]. En oversikt over forurensningssituasjonen, samt vurdering av tiltak, for de ulike områdene i havna er gitt i Delrapport 4 – Tiltaksplan, datert 21. oktober 2011 [1], som er utarbeidet av DNV i samarbeid med NGI. En ytterligere oppsummering er dessuten gjort i NGI-rapport 20130339-01-R, "Prosjektering av mudring og tildekking – Fase 1" [2].

Sedimentene i hele Nyhavna er forurenset, men de høyeste konsentrasjonene er påvist i den vestlige delen. Det er påvist høye konsentrasjoner av metaller i sedimentene i hele tiltaksområdet, spesielt er nivået av kobber høyt og overskrider nedre grense for tilstandsklasse 5 i flere prøvepunkter. Nivået av organiske forbindelser som TBT (tributyltinn) og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) er også generelt høyt i sedimentene i hele tiltaksområdet.

Beregninger foretatt i risikovurderingene indikerer at det foregår spredning av arsen, bly, kobber, krom, nikkel, sink og PAH fra Nyhavna. PAH og PCB (polyklorerte bifenyler) overskrider tolerabel human risiko, mens arsen, nikkel, sink, PAH og PCB overskrider tolerabel økologisk risiko.

For ytterligere informasjon om forurensningstilstanden vises det til nevnte rapporter.

### 1.5.2 Tilgrensende landarealer

Det er ikke utført tilsvarende systematiske og omfattende grunnundersøkelser for å kartlegge forurensningsnivå i landarealene omkring Nyhavnabassenget. Med bakgrunn i historikken til området og de undersøkelser som foreligger, kan det antas at også landarealene i store deler av området inneholder forurensninger. Forurensningene vil i hovedsak bestå av tungmetaller, PAH-forbindelser og oljeforbindelser.

I Trondheim kommunes aktsomhetskart for forurenset grunn indikeres det at de største arealene med forurenset grunn ligger sør og øst for bassenget, hhv. omkring Dora I og II og langs Strandveikaia. Men også langs Ladehammerkaia og Transittkaia antar man at det forekommer såkalt «byjord» - dvs. svakt forurensede masser.

Landarealene vil utgjøre en potensiell kilde til diffus tilførsel av forurensning til vannmassene i Nyhavnabassenget. For forurensninger som ligger i grunnen antas tilførselsratene å være lave, samtidig som forurensningene tilføres i vannløst form. Det vurderes derfor ikke som påkrevet med tiltak for å håndtere diffus forurensningstilførsel fra land, før opprydding i sjøbunn og etablering av deponi i Nyhavna. Grunnforurensningene må håndteres fortløpende, ved endret arealbruk og / eller utbygging.

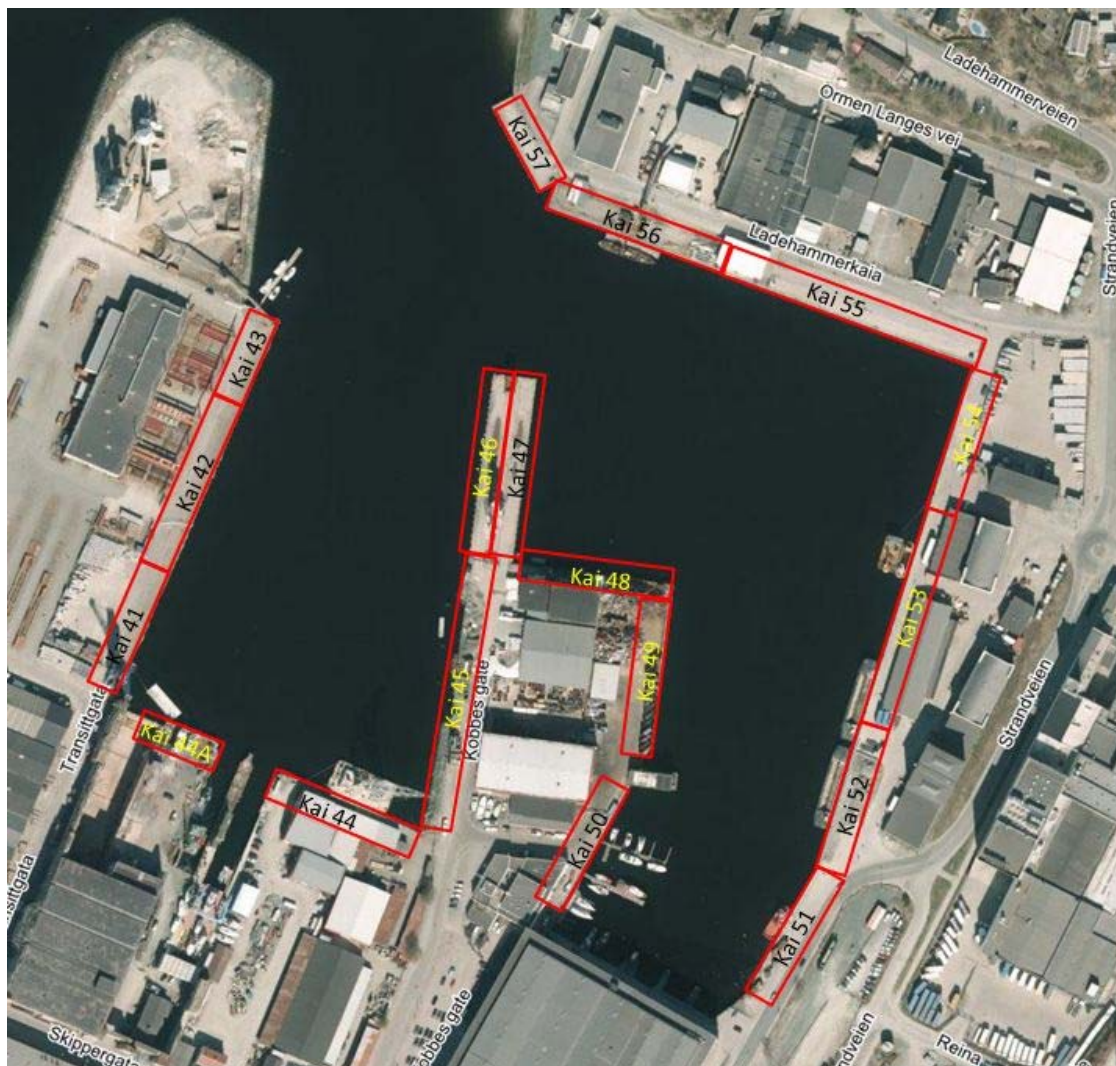
Eventuelle forurensende aktiviteter på land, f.eks. sliping, pussing og andre støvende aktiviteter, vil representere en større risiko for ny tilførsel av forurensning til sedimentene. Det samme gjelder forurensning fra båttrafikk, f.eks. som følge av slitasje på bunnsmøring og maling når båtene ligger til kai.

## 1.6 Tilstanden til kaier i Nyhavna

Flyfoto i Figur 3 viser Nyhavna med nummerering av kaiene.

Kaiene som influeres av deponi og mudring/tildekking i Nyhavna er tildels i svært dårlig forfatning, kfr. tilstandsbeskrivelse i skisseprosjektrapport [3]. Alle arbeider inntil eksisterende kaier må utføres

skånsomt slik at ytterligere skader ikke påføres. Dette gjelder både mudring, tildekking og arbeider med etablering av deponier, og må hensyntas i detaljprosjekteringen.



Figur 3 Flyfoto over Nyhavna med kainummer. Flyfoto er hentet fra [www.trondheim.kommune.no](http://www.trondheim.kommune.no).

## 2 Forutsetninger og føringer

### 2.1 Høydereferanser og koordinatsystem

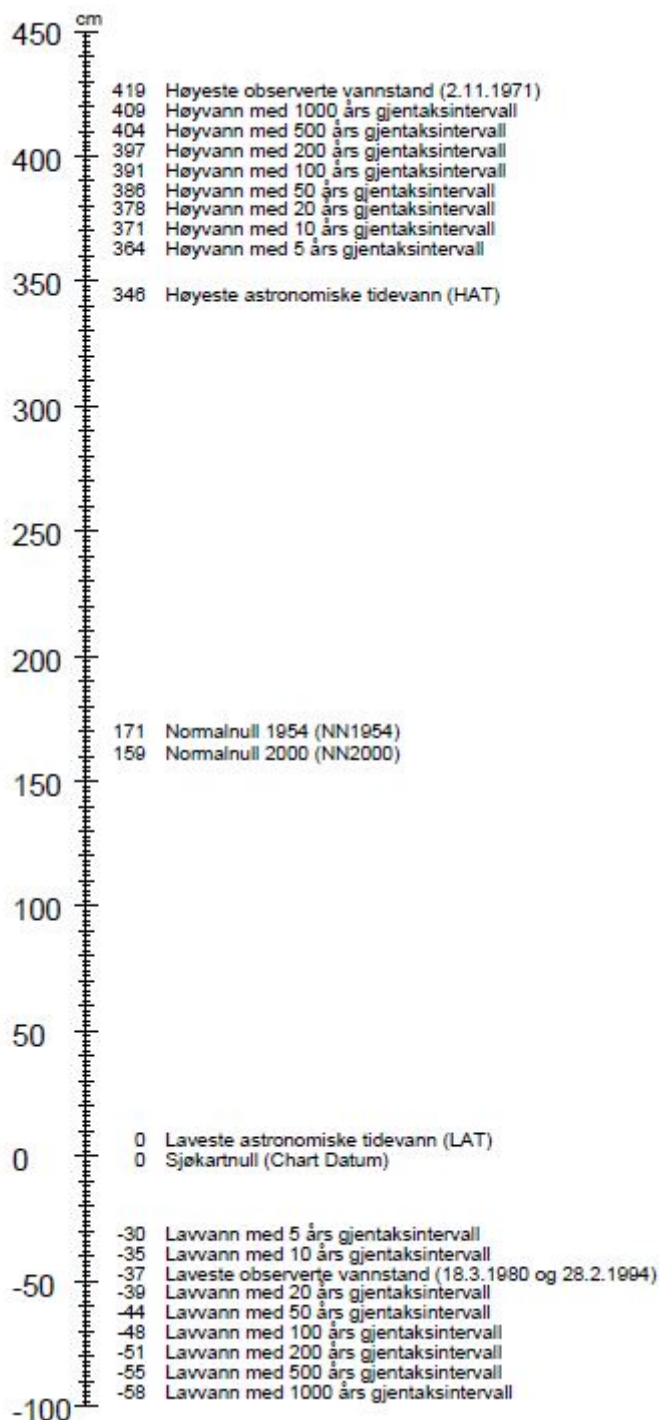
I dette prosjektet benyttes LAT = laveste astronomiske tidevann som nullpunkt for høydeangivelser. Dette tilsvarer "sjøkartnull".

Unntatt fra dette er høydeangivelser i reguleringsplankart, som benytter NN2000. NN2000 er høydesystemet som benyttes for landkart i Trondheim.

Sammenhengen mellom de to høydesystemene er vist i Figur 4. Her illustreres også normale variasjoner i vannstand.

Referansesystem for koordinater er UTM Euref 89, sone 32.





Figur 4 Skisse som viser sammenheng mellom høyder angitt i LAT og NN2000, samt vannstandsvariasjon.

## 2.2 Hovedføringer

Hovedføringene for prosjektet er gitt gjennom tiltaksplanen for Trondheim havn, samt bystyrevedtak sak 147/11 [4].

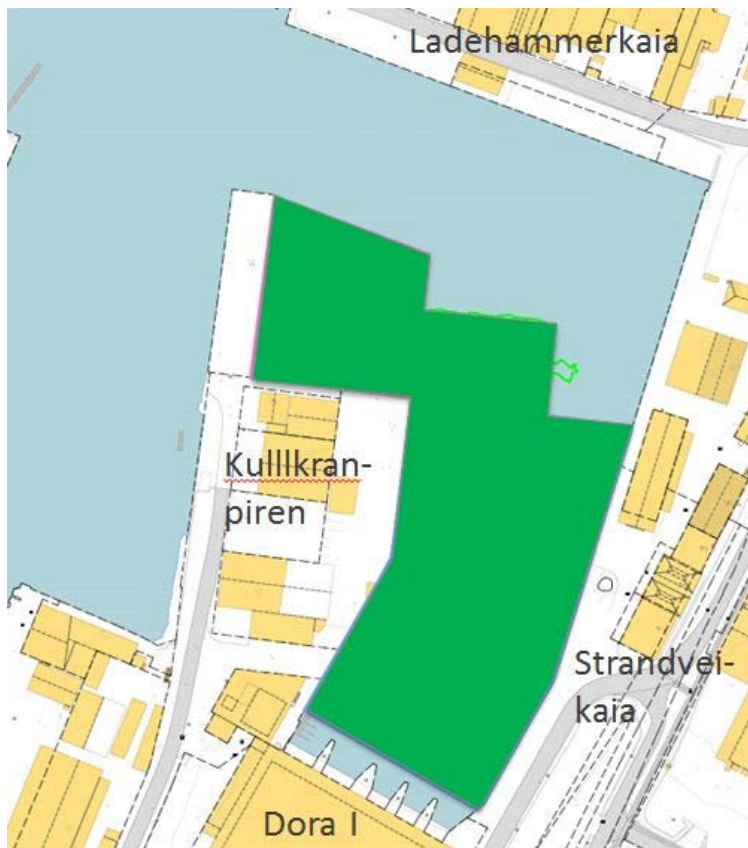
En kommunedelplan for Nyhavna er under utarbeidelse, men har ikke lagt premisser for deponiprojektet. Gjennom skisseprosjekt [3] og konsekvensutredning [5] er det vektlagt at deponiløsningen ikke skal legge vesentlige begrensninger på videre utvikling og bruk av Nyhavna-området, til ulike formål.

Det er også lagt en klar føring om at det er positivt om deponiløsningen inkluderer nytt landareal i Nyhavna.

### 2.3 Skisseprosjekt og konsekvensutredning

Gjennom skisseprosjekt [3] og konsekvensutredning [5] er det såkalte "Alternativ 7" pekt ut som foretrukket deponiløsning. "Fotavtrykket" til Alternativ 7 er vist i Figur 5.

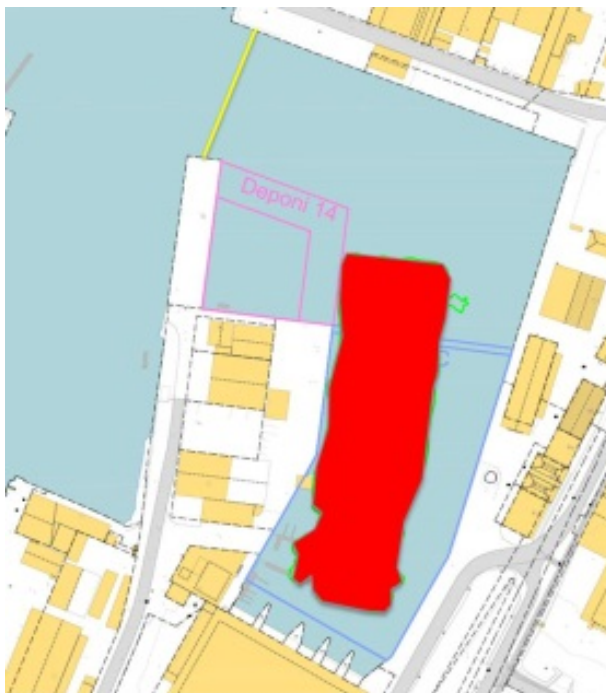
Denne arealavgrensningen definerer også grensesnittet mellom Multiconsults arbeider (utredning og prosjektering av deponi for forurensede mudringsmasser) og NGIs arbeider (utredning og prosjektering av mudring og tildekking av forurenset sjøbunn).



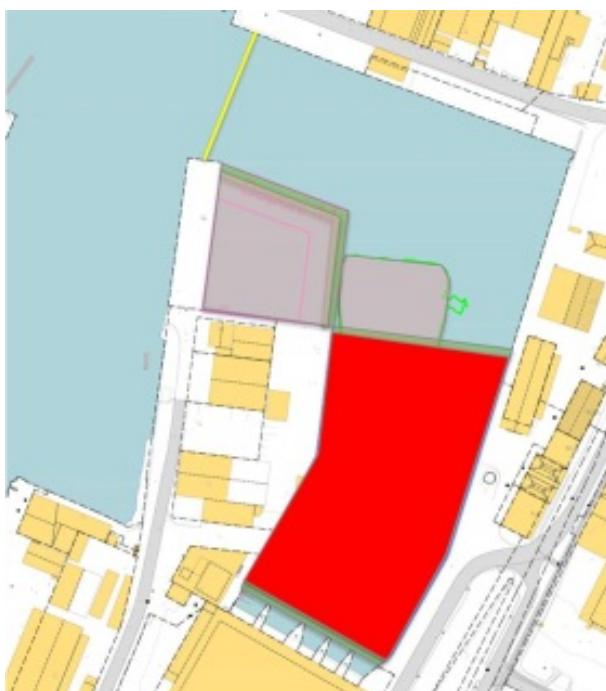
Figur 5 "Fotavtrykket" til deponialternativ 7, som bearbeides videre i forprosjektet. Denne arealavgrensningen definerer også grensesnittet mellom Multiconsults arbeider (utredning og prosjektering av deponi for forurensede mudringsmasser) og NGIs arbeider (utredning og prosjektering av mudring og tildekking av forurenset sjøbunn).

Alternativ 7 omfatter:

- Deldeponi 5: Sjøbunnsdeponi, med gjenfylling av tidligere mudret grop i Nyhavna østre basseng, jfr. Figur 6.
- Deldeponi 6C: Sjøbunnsdeponi som forutsetter at deler av østre basseng gjøres grunnere enn i dag, jfr. Figur 7.
- Deldeponi 14: Strandkantdeponi, avgrenset med steinfyllinger mot sjø, jfr. Figur 8.



Figur 6 Deldeponi 5 (rød skravur). Sjøbunnsdeponi, med gjenfylling av tidligere mudret grop i Nyhavna østre basseng. Fortsettes oppfylt til samme nivå som omkringliggende sjøbunn, og krever dermed ikke sikring med sjetéer. I skisseprosjektet forutsatt oppfylt til kote -6,5 m LAT. Beregnet kapasitet fra skisseprosjektet: 41.500 m<sup>3</sup>.



Figur 7 Deldeponi 6C (rød skravur). Sjøbunnsdeponi som forutsetter at det rødskraverte arealet gjøres grunnere enn i dag. Sjøbunnen i østre basseng ligger i dag på ca. kote -6,0 m LAT. I skisseprosjektet er deponi 6C forutsatt oppfylt med forurensede sedimenter til kote -3,5 m LAT, og tildekket med 0,5 m rene masser. Dvs. ferdig sjøbunn på kote -3,0 m LAT. Løsningen forutsetter etablering av avgrensingsjetéer nord og sør for deponiet, til kote -3,0 m LAT, før innfylling av forurensede sedimenter. Beregnet kapasitet fra skisseprosjektet: 57.500 m<sup>3</sup>.





Figur 8 Deldeponi 14 (rød skravur). Strandkantdeponi, avgrenset med steinfyllinger mot sjø. Deponiet er forutsatt bygget opp trinnvis, med vekselvis bygging av avgrensningssjetéer og innfylling av mudringsmasser, for å optimalisere kapasiteten. Beregnet kapasitet fra skisseprosjektet: 41.000 m<sup>3</sup>.

## 2.4 Mudringsomfang beregnet av NGI

Kapasiteten til Alternativ 7, beregnet i skisseprosjektet med de 3 deldeponiene som er vist i kapittel 2.3, er 140.000 m<sup>3</sup>. Estimert nødvendig deponikapasitet er i ettertid redusert til 70.000 m<sup>3</sup>, jfr. NGI-rapport 20130339-01-R [2]. Dette er fordelt på ca. 13.000 m<sup>3</sup> fra Kanalen, ca. 14.000 m<sup>3</sup> fra Brattørbassenget og ca. 43.000 m<sup>3</sup> fra Nyhavna. NGI har da ikke forutsatt mudring (eller tildekking) av arealet som ligger under "fotavtrykket" til Alternativ 7 (deponi 5, 6C og 14), jfr. Figur 5.

## 2.5 Tilpasning av Alternativ 7

Redusert deponivolum innenfor Alternativ 7 innebærer at deler av deponiet utgår eller reduseres i omfang (areal eller fyllingshøyde).

Det finnes flere tilnærminger for å løse dette. I arbeidet med forprosjektet er det sett på flere varianter av Alternativ 7 (jfr. Multiconsult-notat 415566-RIGm-NOT-002 av 24.10.2013 [16]), og det er konkludert med at deponi 14 (strandkantdeponiet) fortrinnsvis skal inngå i løsningen på grunn av ønske om nytt landareal – at deponiet skal ha en nytteverdi utover plassering av forurensede masser. Å innlemme deponi 14 vil også gi mindre konsekvenser for havnedriften enn deponi 6C, ved at et større seilingsdyp kan opprettholdes i Nyhavnas østre basseng.

Den samlede kapasiteten til deponi 14 og deponi 5 (gjenfylling av grop foran Dora I) ble i skisseprosjektet beregnet til ca. 82.500 m<sup>3</sup>, hvilket tilsier at disse to vil dekke behovet.

Etablering av deponi 6C forutsetter at deponi 5 fylles opp først. Dette innebærer at kombinasjonen deponi 14 og deponi 6C ikke er aktuell. En kombinasjon av deponi 5 og deponi 6C gir tilstrekkelig kapasitet, men innfrir ikke ønske om nytt landareal, samtidig som konsekvensene for havnedrift i østre basseng blir store. Denne kombinasjonen er derfor valgt bort.

Hovedløsningen som presenteres og vurderes i forprosjektet omfatter deponi 5 og deponi 14. Deponi 6C ses i denne sammenhengen på som en utvidelsesmulighet, dersom den samlede kapasiteten til deponi 5 og 14 skulle vise seg å være utilstrekkelig. Plassering og utforming av

eventuelle avgrensningssjetéer for deponi 6C er vist i vedlagte tegning 415566-TVF-TEG-002 og 415566-TVF-TEG-004, men det presiseres at byggingen av deponi 6C mest sannsynlig ikke vil komme til utførelse. Ytterligere detaljert beskrivelse, eller kostnadsberegning, utføres derfor ikke for deponi 6C.

Dersom det likevel, i en senere fase av prosjektet, skulle bli aktuelt å bygge deponi 6C, vil ikke dette være kritisk i forhold til framdrift etc. Det er deponi 14 som representerer de største utfordringene (i første rekke geoteknisk), og ved å innlemme deponi 14 i forprosjektet vil det fortsatt være mulig å inkludere alle varianter innenfor skisseprosjektets Alternativ 7 (inkl. full utnyttelse av deponi 6C).

## 2.6 Egenskaper til masser som skal deponeres

Mudringsmassene fra ulike deler av havna, både fra hvert av delområdene i Nyhavna, Kanalen og Brattørbassenget, og innenfor disse områdene, er inhomogene. Kjemisk sammensetning varierer som følge av ulike forurensningsbelastninger (havneaktivitet og tilførsel fra land), mens den fysiske sammensetningen avhenger av de stedlige strømforholdene (inkl. bølgepåvirkning og propellersjon).

Variasjonen i de fysiske og kjemiske egenskapene er ikke vurdert å medføre behov for ulik håndtering eller disponering av massene, eller at massene kan vurderes å ha ulik kvalitet som fyllmasser.

### 2.6.1 Geotekniske egenskaper

Massene som skal mudres ligger i hovedsak i fraksjonen silt og sand.

Massene som blir berørt av mudringen ligger i øvre sjikt av sjøbunnen og er i hovedsak løst lagret. Når massene legges i en relativt mektig fylling, vil lagringen sannsynligvis bli tettere. Vi vurderer likevel at lagringstettheten ikke vil ha reell betydning for deponivolumet. Det er derfor ikke regnet inn volumendring i forhold til det teoretisk beregnede volumet av massene slik de ligger i dag.

### 2.6.2 Forurensning

Typer og nivå av forurensninger som ventes i mudringsmassene er oppsummert i skisseprosjektet [3]. Ytterligere informasjon foreligger i NGI-rapportene 20081794-00-39-R [1] og 20130339-01-R [2].

Deponiet vil motta masser med variert forurensningsinnhold, fra Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. For dimensjonering av spredningsforebyggende tiltak i deponiet må det tas utgangspunkt i mest kritiske parameter totalt fra delområdene. Dimensjonering av tildekking av sjøbunnsdeponi gjøres derfor med utgangspunkt i vurderinger gjort av NGI (jfr. rapport 20130339-01-R [2]), som har gått spesifikt inn på sedimentene i de enkelte delområdene og beregnet nødvendig mektighet av isolasjonslag, gitt de stedlige forurensningene.

Det er forurensning med tributyltinn (TBT) i mudringsmassene fra Nyhavna som vil være dimensjonerende for mektigheten av isolasjonslaget.

Håndtering av sedimentene (mudring, transport, deponering) vil sannsynligvis til en viss grad medføre at mobiliteten (tilgjengeligheten) til forurensninger øker. Dette må også hensyntas i dimensjoneringen av isolasjonslaget.

### 2.6.3 Behandling før deponering

Det ikke forutsatt at mudringsmassene skal gjennomgå noen form for behandling før de legges i deponiet. Det er lagt til grunn at mudringen i all hovedsak utføres mekanisk (grabb el. tilsvarende), og denne forutsetningen er også tatt inn i NGI sitt forprosjekt [2]. NGI har i sitt forprosjekt foreslått

sugemudring kun for et svært begrenset sedimentvolum (i Ravnkløløpet). Disse massene vil kunne håndteres i deponiet, uten forbehandling (siden de utgjør et begrenset volum).

## 2.7 Avslutning av strandkantdeponi mot sjø

Den opprinnelige føringen for prosjektet var at et eventuelt strandkantdeponi i Nyhavna skulle avsluttes med vertikale flater mot sjø (dvs. spunkai eller tilsvarende). Gjennom skisseprosjekt [3] og konsekvensutredning [5] er det, av tekniske og økonomiske årsaker, konkludert med at strandkantdeponiet (deponi 14) må avsluttes med en plastret steinfylling mot sjø.

Utformingen er ikke til hinder for framtidig bygging av kai, heller ikke for kommersiell havnevirksomhet, men etablering av kai inngår ikke i deponiprojektet. Det må i detaljprosjekteringen vurderes og avklares om plastring av hele eller deler av fyllingsfronten skal tilpasses senere kaibygging.

Foten av fyllingen er i forprosjektet plassert i flukt med eksisterende kaifronter, slik at seilingsdyp inntil eventuelle pelekaier blir på kote -6,0 m LAT.

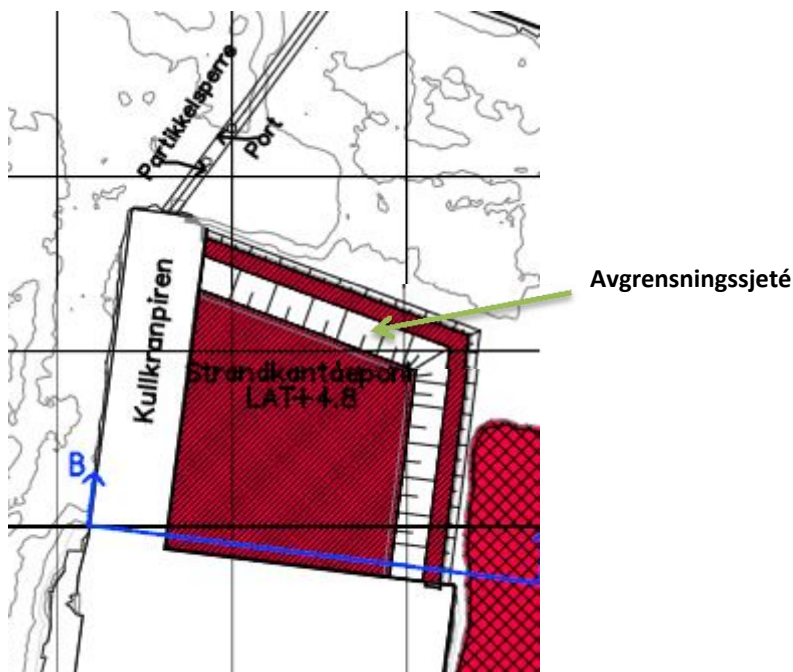
Etablering av kai langs strandkantdeponiet er i konsekvensutredningen vurdert som et mulig avbøtende tiltak (estetisk).

## 3 Beskrivelse av prosjektert deponi

### 3.1 Strandkantdeponi (deponi 14)

#### 3.1.1 Avgrensende sjetéer (steinfyllinger)

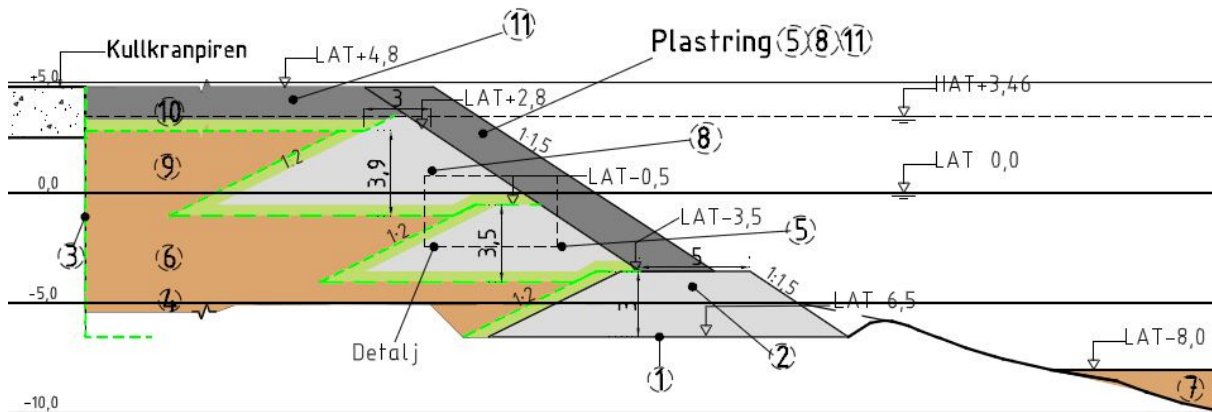
Plasseringen til planlagt avgrensningssjeté omkring strandkantdeponiet (deponi 14) er illustrert i Figur 9, som er et utsnitt fra vedlagte tegning 415566-TVF-TEG-001.



Figur 9 Utforming av strandkantdeponi (deponi 14), med sjeté / plastret sjøfront. Utsnitt fra tegning -001.

Hovedformålet med sjetéen omkring strandkantdeponiet er å holde deponerte mudringsmasser på plass innenfor et begrenset areal, samtidig som forurensning i sedimentene ikke skal lekke ut. Deponiets avgrensninger mot vest og sør utgjøres av Kullkranpiren (hhv. kai 47 og kai 48).

I sin enkleste form kunne man etablert én massiv sjeté mot sjøen, men dette ville gitt svært begrenset deponikapasitet. Avgrensende sjetéer er derfor planlagt etablert i 3 trinn, med innfylling av mudringsmasser i deponiet mellom hvert trinn. Dette er illustrert i Figur 10, som er et utsnitt fra vedlagte tegning 415566-TVF-TEG-003. Løsningen er nærmere beskrevet og geoteknisk begrunnet i kapittel 4.



Figur 10 Oppbygging av avgrensningssjetéer for strandkantdeponi (deponi 14). Utsnitt fra tegning -003.

Oppbygging og prosedyre for etablering av sjetéer er planlagt med utgangspunkt i geotekniske forhold (bl.a. stabilitet, oppstøtting, setningsproblematikk). Dette er redegjort for i kapittel 4.

Følgende elementer vil forebygge utlekking av forurensning gjennom sjetéene:

- Under de to øverste sjetétrinnene legges en armeringsduk som dekker hele fotavtrykket til sjetéene. Over armeringsduken legges et 0,5 meter tykt isolasjonslag (pukk, fraksjon 0/32 mm), før selve sjetéen bygges opp (masser i fraksjon 20/200 mm).
- Den innvendige fyllingsskråningen på samtlige 3 sjetéer dekkes med et 0,5 meter tykt isolasjonslag (pukk, fraksjon 0/32 mm) som igjen dekkes med en fiberduk (for masseparasjon og filtrering).
- Valg av armeringsduk (under sjetéer) og fiberduk (på skråninger) må ivareta både geotekniske krav (strekstyrke) og krav til filteregenskaper. Valg av duker foretas i detaljprosjekteringen.
- Minimumsavstand fra deponerte mudringsmasser og ut til åpent vann, gjennom sjetéene, er forutsatt å være 3 meter.

### 3.1.2 Eksisterende kaier (kai 47 og 48)

De eksisterende kaiene som danner "bakveggene" i strandkantdeponiet, kai 47 og 48, er spuntkai. Kaiene er bygget på 1940-tallet, og er i dårlig forfatning. Kaiene utgjør derfor ingen tett barriere, og sikring mot utlekking av forurensning er påkrevet også her.

Følgende er forutsatt:

- Kaiene kles med fiberduk, fra sjøbunn og opp over høyeste astronomiske tidevann (kote +3,46 LAT), før innfylling av forurensede mudringsmasser påbegynnes.
- Fiberduken må festes til kaifrontene i flere nivå, f.eks. med innsveiste bolter i kombinasjon med skiver og / eller bjelker i stål eller tre. Innfestingen skal primært besørge at fiberduken

forblir i posisjon under innfylling i deponiet. Innfesting må detaljprosjekteres, og det må da blant annet tas hensyn til at spuntveggene ikke danner en plan overflate.

- Fiberduken må ha tilstrekkelig strekkstyrke til å ikke bli ødelagt under installasjon eller som følge av setninger i deponiet (på kort og lang sikt). I tillegg må duken ha ønskede filteregenskaper. Valg av duk foretas i detaljprosjektet.

### 3.1.3 Tildekking

Toppen av deponiet er forutsatt dekket med en separasjonsduk (fiberduk), et 0,5 meter tykt isolasjonslag (pukk, fraksjon 0/32 mm) og et 1,5 meter tykt bærelag (sprengstein).

Utover den geotekniske funksjonen, vil topplagets oppbygning ivareta følgende:

- Fiberduk og isolasjonslag vil, sammen med sprengsteinsmassene, hindre forurensningstransport til sjøen. Det forventes at grunnvannsnivået innover i deponiet på sikt vil stabiliseres omkring middelvann, kote +1,62 m LAT. Dette ligger godt under toppen på øvre avgrensningssjeté, og dermed bunnen av topplaget, som er på kote +3,5 m LAT.
- Rene masser i til sammen 2 meters mektighet over forurensede sedimenter medfører at deponerte masser representerer svært liten risiko for direkte eksponering (direkte kontakt med forurensede sedimenter). Eksponering kan i praksis forekomme i forbindelse med terrenginngrep (graving) i deponiet. Det vil være en forutsetning at eventuelle inngrep kun skal utføres i tråd med tiltaksplan etter Forurensningsforskriftens kapittel 2, utarbeidet for det konkrete inngrepet og godkjent av forurensningsmyndigheten (Trondheim kommune).

Forestående miljørisikovurdering og detaljprosjektering vil avklare om det i tillegg, som en del av deponiprojektet, er behov fast dekke og anlegg for oppsamling av overvann (sluk og ledninger). Dette ligger ikke inne i forprosjektet.

## 3.2 Sjøbunnsdeponi (deponi 5 og 6C)

### 3.2.1 Sjetéer

Slik prosjektet nå framstår, med prioritert bygging av deponi 14 (strandkantdeponi), vil bygging av begrensningssjetéer for deponi 6C ikke komme til utførelse. Bygging av disse sjetéene betinger en vesentlig økning i mudringsomfang utover det som nå er beregnet (70.000 m<sup>3</sup>). I den grad man likevel finner det nødvendig å etablere et tilleggsvolum eller en buffer, bygges begrensningssjetéer opp til det nivå som er påkrevet (og ikke til høyde 3 meter, som forutsatt i skisseprosjektet).

Etablering av deponi 5 forutsetter kun oppfylling til omkringliggende sjøbunn.

Dersom begrensningssjetéer skal bygges, vil plasseringen bli som vist i Figur 11. Dette er et utsnitt fra vedlagte tegning 415566-TVF-TEG-002. Et prinsippssnitt av konstruksjonen (med forutsatt ferdig sjøbunn på kote -4,1 m LAT i arealet mellom sjetéene), er vist i Figur 12. Dette er et utsnitt fra vedlagte tegning 415566-TVF-TEG-004.



- Erosjonsbeskyttelse: Mektighet avhengig av strømpåvirkning, i praksis propellerrosjon fra båttrafikk.
- Bioturbasjonsdyp: Dybde der det foregår blanding av sedimenter som følge av gravende organismer. Settes til 10 cm, i tråd med Miljødirektoratets veileder TA-2802/2011 [17].
- Adveksjonsdyp: Dybde der det kan forekomme strømming av vann, som følge av strømminger ved overflaten av tildekkingen. Dersom anslått adveksjonsdyp overskrider summen av mektigheten til erosjonsbeskyttelse og tildekking som skal ivareta bioturbasjon, må den totale mektigheten av tildekkingen økes tilsvarende (for at adveksjonen ikke skal gå ned i underliggende isolasjonslag).
- Kjemisk isolasjonslag: Mektighet av tildekking under erosjonssikring, bioturbasjonslag og adveksjonslag, som skal sikre at sjøbunnen ikke tilføres forurensninger ut over nærmere definerte konsentrasjoner (i dette tilfellet tilstandsklasse III, jfr. miljømål for Trondheim havn). Mektigheten til isolasjonslaget bestemmes ut fra porevannskonsentrasjoner i underliggende sediment og beregnede konsentrasjoner ved isolasjonslagets overflate (der forurensningene er tilgjengelig for spredning som følge av bioturbasjon og / eller adveksjon).

Det må tas høyde for at sjøbunnsdeponiet (deponi 5 og evt. 6C) kan tilføres masser fra samtlige mudringsområder. NGI har beregnet at størst mektighet av isolasjonslaget er påkrevet for sedimentene i Nyhavna, med 10 cm, og denne mektigheten forutsettes også for sjøbunnsdeponiet.

Erosjonsbeskyttelsen for deponi 5 settes lik den som NGI har foreslått for arealet foran Ladehammerkaia (kai 55), med partikkelstørrelse ikke mindre enn  $d_{50} = 46$  mm og mektighet 15 cm ( $3 \times d_{50}$ ). Den samme erosjonsbeskyttelsen forutsettes også for de ytterste 10 meter av et eventuelt deponi 6C, siden dette området kan bli utsatt for propellerrosjon fra båter i tilgrensende, dypere del av havna. For indre del av deponi 6C reduseres mektigheten av erosjonsbeskyttelsen til 10 cm. Her kan partikkelstørrelsen i prinsippet også reduseres, til  $d_{50} = 1,6$  mm, som følge av at dette arealet skal trafikkeres av mindre båter.

Adveksjonsdybden i havnearealet foran Ladehammerkaia er av NGI satt til 40 cm, basert på forventet bunnstrøm. Denne må settes tilsvarende også for deponi 5 og ytre del av et eventuelt deponi 6C. Siden denne overskrider summen av erosjonslag og bioturbasjonsdyp, må total mektighet av tildekkingen økes med 15 cm ( $40 \text{ cm} - 25 \text{ cm}$ ). For indre del av et eventuelt deponi 6C kan adveksjonsdybden settes til 20 cm, og adveksjon vil bli ivaretatt i erosjonssikring og bioturbasjonslag. Jfr. vedlagte notat fra SINTEF ("Oppvirvling av sediment fra båttrafikk innerst i Nyhavna"), samt tilsvarende notat for arealer med mudring og tildekking i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna (vedlegg til NGI-rapport 20130339-01-R [2]), som samlet utgjør grunnlaget for vurdering av erosjon og adveksjon i tildekkingsmassene.

Deponerte masser vil generelt være løsere lagret enn øvrige sedimenter som skal tildekkes (sjøbunn), og innblandingsdybden (sone med blanding av tildekkingslag og sediment, som ikke kan regnes som en del av tildekkingen) vil i utgangspunktet være større. For å motvirke dette er det for sjøbunnsdeponiet forutsatt en separasjonsduk (fiberduk) mellom tildekkingslag og deponimasser, og innblandingsdybden settes til 0 cm.

I tråd med praksis benyttet av NGI, legges det inn ytterligere 10 cm mektighet i tildekkingslaget, for å ta høyde for unøyaktighet i byggingen.

Samlet prosjektert tildekking blir med dette 60 cm for deponi 5 og ytre del av et eventuelt deponi 6C, og 40 cm for indre del av et eventuelt deponi 6C. I Figur 12 og vedlagte tegning-004 er sistnevnte tildekking vist med en mektighet 55 cm. I disse snittene er både erosjonssikring og øvrig



tildekkingslag forutsatt bygget opp med handelsfraksjoner av kult / pukk (hhv. 22/120 mm og 0/32 mm). Detaljprosjekteringen vil avklare endelig valg av tildekkingsmaterialer. En målsetning må imidlertid være å holde antall fraksjoner som benyttes i prosjektet på et minimum, av hensyn til logistikken.

### 3.2.4 Arealer innenfor fotavtrykket til deponi 6C

Arealene innenfor fotavtrykket til deponi 6C, unntatt arealet som dekkes av deponi 5 (grop som gjenfylles), vil mest sannsynlig ikke bli benyttet til deponering av forurensede mudringsmasser. I dette arealet forutsettes derfor kun utført tildekking av forurenset sjøbunn. Tildekkingen forutsettes her bygget opp tilsvarende som for deponi 5, dvs. med total mektighet 60 cm og med fiberduk under.

Med utgangspunkt i at dagens sjøbunn ligger på kote -6,0 m LAT, blir ferdig tildekket sjøbunn i dette arealet på kote -5,4 m LAT. Det forutsettes da noe mudring i deler av området som i dag er grunnere enn kote -6,0 m LAT. Dette er anslått å generere ca. 2.500 m<sup>3</sup> forurensede mudringsmasser, som fortrinnsvis legges direkte i deponi 5.

## 4 Geotekniske vurderinger og føringer

### 4.1 Grunnlag og forutsetninger

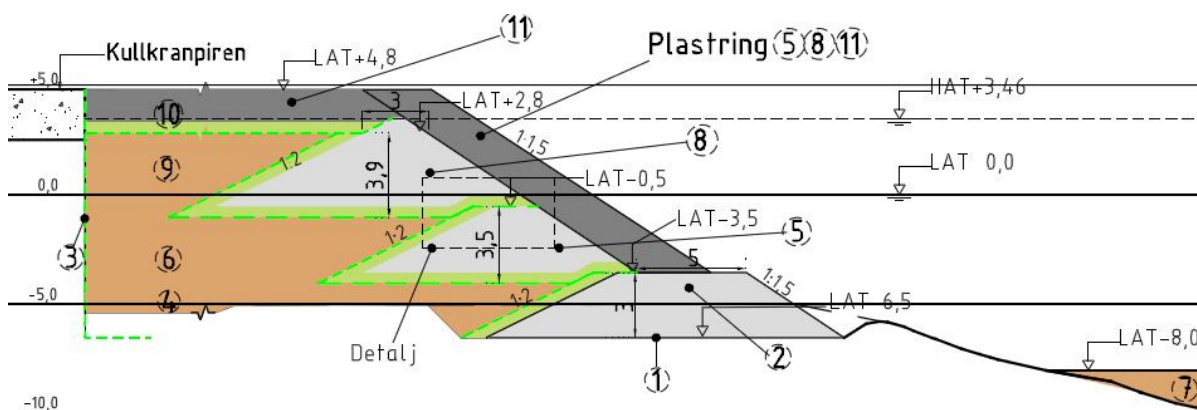
#### 4.1.1 Generelt

Geotekniske vurderinger/beregninger er lagt til grunn for oppbygging og etablering av sjeté for strandkantdeponiet, og begrensningssjetéer for sjøbunnsdeponiet.

#### 4.1.2 Forutsetninger

Beregningene er utført for den permanente situasjonen for strandkantdeponiet, midlertidige faser må detaljeres i detaljprosjektet. Det er ikke utført setningsberegninger i denne fasen av prosjektet.

Sjetéene er forutsatt oppbygd slik at bunnsjetéen stikker 5 m lengre frem enn fyllingsfronten for øvrig, fronthelningen på sjetéene skal være 1:1.5 og i bakkant 1:2. Se Figur 13 for prinsippskisse. For ytterligere detaljer, se vedlagte tegning -003. Sjetéene beskyttes med en plastring ned til topp bunnsjeté.



Figur 13: Prinsippskisse oppbygging sjeté i strandkantdeponi

Det skal mudres for fotavtrykket for bunnsjeté til kt -6,5 LAT, dette for å hindre undergraving av sjeté ved øvrig mudring og for etablering av et jevnt fundament for bunnsjetéen.

Sjøbunnsdeponiet skal være fylt til minimum kt -8,0 LAT før arbeidet med tredje sjetétrinn kan startes.

All utlegging av masse skal skje kontrollert, det vil si at massene skal legges ut med grabb / gravemaskin på eller nær bunnen. Dumping f.eks. fra splittlekter skal ikke forekomme.

#### 4.1.3 Grunnforhold

For mudringsmassene er kornfordelingskurven tolket. Denne viser at massene i hovedsak består av silt, leire og finsand, og ut fra dette er lave erfaringsverdier for disse materialene lagt til grunn (ref. SVV HB. 016 figur 2.39 [18]). Tyngdetetthet av mudringsmassene er basert på erfaringsverdier fra tidligere prosjekter, bl.a. fra Haakonsvern i Bergen og oppdrag i Tromsø. Erfaringene viser at tyngdetettheten vil variere avhengig av masstype og komprimering. Det er derfor valgt å benytte et høyt og et lavt estimat for mudringsmasser i beregningene.

For de eksisterende massene er styrkeparameterne basert på tolkning av CPTU i borhull 4 [6]. Massene består av et sandlag ned til dybde ca. 5 m under havbunn. Deretter ligger et leirelag ned til berg.

Tabell 1 gir en oversikt over valgte parametere benyttet i stabilitetsberegninger.

Tabell 1: Valgte parametere

Løsmasse	Egenvekt	Friksjonsvinkel	Udren. skjærfasthet
Tildekning	19	42	
Mudringsmasser (lavt estimat)	15	28	
Mudringsmasser (høyt estimat)	18	31	
Sand			
Leire	20	27	50-60 kPa

## 4.2 Stabilitet

Det er lagt til grunn en minste beregningsmessig sikkerhet på 1,40 for både effektiv- og totalspenningsanalyser. Dette på grunn av usikkerheten i parametergrunlaget for deponimassen.

Det er utført beregninger i antatt kritisk snitt parallelt med kai 48 på kullkranpiren, det er også utført beregning for deponi med avgrensningssjeté over sjøbunnsdeponiet. Plassering av snitt er vist på tegning -001, og opptegning vist på tegningene -003 og -004.

Resultatene viser at laveste beregningsmessige sikkerhet er 1,42 for valgt geometri.

Videre vil det være behov for forsterkningstiltak under de enkelte sjetétrinn, der de blir liggende på deponimasser. For å sikre lokalstabiliteten på innsiden av sjetéen, er det forutsatt bruk av armeringsduk under de to øverste trinnene på steinsjetéen. Det betinger at deponimassene har konsolidert til en viss styrke/tyngdetetthet.

Alternativt må det vurderes lokal forsterkning av deponimassene med innblanding av kalk/sement, eller andre løsninger med geotekstiler som også kan stramme opp skråningen på innsiden av sjetéen. Dette kan også gi mulighet til oppfylling av begrensningssjetéen før innfylling med deponimasser. Trinnvis oppfylling og ventetid mellom trinn må fortsatt påregnes av stabilitetshensyn, men trinnene kan optimaliseres nærmere.

### 4.3 Setninger / deformasjoner

Deponimassene vil konsolideres (sette seg) etter innfylling og etter hvert som de overfylles. Erfaringer fra tidligere tilsvarende deponier (Harstad/Tromsø) tilsier konsolideringssetninger i størrelse 2-5 % av fyllingshøyden. Det vil si opptil ca. 40 cm. Videre vil det oppstå setninger i undergrunnen som følge av tilleggsbelastningen fra deponifyllinga i størrelse 20-30 cm.

Etter at den primære konsolideringen i fyllmassene er unnagjort (2-3 måneder), vil det pågå setninger i opprinnelig grunn under det nye arealet. Disse setningene vil pågå i år etter at området er ferdig oppfylt. Det er så langt ikke utført detaljerte beregninger for slike områdesetninger, men de ventes å bli jevne, slik at de ikke vil være merkbare for området på annet vis enn at fyllingsfronten vil bli noe lavere.

Områder inntil de nye fyllingene vil også få setninger.

I tillegg til setningene nevnt ovenfor, vil oppråtningen av den organiske delen av mudringsmassene forårsake setninger. Foreliggende undersøkelser indikerer imidlertid at den organiske andelen i disse massene er relativt lav (0-2 %). Setninger forårsaket av organisk innhold ventes derfor å bli små.

### 4.4 Usikkerheter

Det er benyttet erfaringsverdier på parametere for deponimassen fra prosjekter som Multiconsult har vært involvert i tidligere, men det er stor variasjon i parametere. Det er derfor knyttet stor usikkerhet til konsolideringsegenskapene og setningsutviklingen over tid. Det vil for eksempel være sentralt å kunne dokumentere oppnådd tyngdetetthet i deponimassene i ett trinn før man kan gå videre med neste trinn.

I detaljeringsfasen anbefales det derfor sedimenteringsforsøk på prøver av deponimassen for å bestemme mer entydige parametere for deponimassene, og for å teste ut ulike metoder for å dokumentere at egenskapene som er lagt til grunn i prosjekteringen blir oppnådd i anlegget.

### 4.5 Geotekniske kontrolltiltak

Under utførelsen vil det være nødvendig med følgende geotekniske kontrollmålinger:

- Kontrollmålinger for geometri på sjetéer og oppfyllingstrinn
- Poretrykk i massene både i og under deponiet
- Setningsmålinger på de enkelte deponitrinn
- Deformasjonsmålinger på Kullkranpiren
- Måling av oppnådd tyngdetetthet/styrke i deponimasser under sjeté

Omfanget av de enkelte målinger avhenger av nærmere analyser i detaljprosjekteringen.

## 5 Resulterende deponikapasitet og høyder

### 5.1 Deponi 14 (strandkantdeponi)

For strandkantdeponiet er det i forprosjektet gjort noen justeringer i utformingen av sjetéene, sammenliknet med det som var forutsatt i tidligere faser av prosjektet:

- Mudring før utlegging av bunnsjeté genererer ca. 3.000 m<sup>3</sup> forurensede mudringsmasser, som kommer i tillegg til de ca. 70.000 m<sup>3</sup> som er beregnet av NGI.

- Utslaking og endret størrelse på sjetéene reduserer kapasiteten til ca. 31.500 m<sup>3</sup> (reduisert med 9.500 m<sup>3</sup>).

## 5.2 Deponi 6C (sjøbunnsdeponi)

Deponi 6C vil mest sannsynlig ikke komme til utførelse. Forutsatt mudring til kote -6,0 m LAT innenfor "fotavtrykket" til deponi 6C, for å oppnå en jevn ferdig sjøbunn på kote -5,4 m LAT, er anslått å generere ca. 2.500 m<sup>3</sup> forurensede mudringsmasser, som kommer i tillegg til de 70.000 m<sup>3</sup> beregnet av NGI og de 3.000 m<sup>3</sup> fra etableringen av deponi 14.

## 5.3 Deponi 5 (sjøbunnsdeponi i grop)

Volum som er forutsatt lagt i deponi 5 utgjør nå ca. 44.000 m<sup>3</sup>. Dette innebærer at deponi 5 fylles opp til ca. kote -6,2 m LAT med forurenset sediment. Med 0,6 meter tildekking blir ferdig sjøbunn i arealet for deponi 5 da på kote -5,6 m LAT.

## 5.4 Illustrasjon

Figur 14 viser høyder og dybder i østre basseng, etter ferdigstilt mudring, deponering og tildekking.



Figur 14 Høyder og dybder i østre basseng på Nyhavna, etter ferdigstilt tiltak. Høydereferanse LAT (laveste astronomiske tidevann, dvs. "sjøkartnull").

# 6 Gjennomføring

## 6.1 Overordnet rekkefølge

Følgende overordnede framgangsmåte forutsettes for arbeidene i Nyhavna østre basseng, inklusive etablering av deponier:

1. En partikkelsperre monteres fra Kullkranpiren til Ladehammerkaia, og sperrer dermed innseilingen til østre basseng i Nyhavna. Partikkelsperren må utstyres med en port som kan åpnes, slik at lektere med mudringsmasser (samt annen nødvendig trafikk) kan passere. Alternativt må mudringsmassene lastes om over partikkelsperren, fra en transportlekter (fra

- mudringsområdene) til en egen leker for utlegging i deponiet. Partikkelsperra skal sikre at eventuell suspendert materiale fra håndtering av forurensede sedimenter (spesielt deponering, men også mudring og tildekking) ikke kan spres utenfor østre basseng.
2. Rene masser, til bygging av sjetéer og for tildekking av deponier og sjøbunn i Nyhavnas østre basseng, bør fortrinnsvis tas inn via kaier innenfor dette bassenget. Hensikten er at porten i partikkelsperra i størst mulig grad skal være lukket.
  3. Etter etablering av partikkelsperra utføres bygging av avgrensningssjetéer og innfylling i deponi 14 (strandkantdeponi), samt innfylling i deponi 5 (sjøbunnsdeponi). Detaljer i framgangsmåten for strandkantdeponiet er satt opp i kapittel 6.2. Av stabilitetshensyn er det en forutsetning at deponi 5 er fylt med masser opp til kote -8,0 m LAT før siste deponeringstrinn i deponi 14 (dvs. deponering over kote -1,0 m LAT). Utover dette stilles ikke krav til rekkefølgen i deponibygging og deponering.
  4. Arbeidene bør planlegges slik at innfylling i deponi 5 (sjøbunnsdeponiet) utføres i påkrevde deponeringspauser for deponi 14 (strandkantdeponiet).
  5. NGI antyder at en mindre andel av mudringsarbeidene (i Ravnkloøpet) kan bli utført som sugemudring. Eventuelle sugemudrede masser planlegges fortrinnsvis disponert i siste fyllingstrinn i deponi 14 (strandkantdeponiet), fordi man da vil utføre deponeringen innenfor en omrammingssjeté som går over sjønivå. Massene kan imidlertid også deponeres i tidligere fyllingstrinn, både i deponi 5 og 14, så lenge det påses at partikkelsperra er intakt og lukket under hele operasjonen og i en tid i etterkant.
  6. Tildekking av deponi 5 (sjøbunnsdeponi) og øvrig sjøbunn i Nyhavnas østre basseng, inklusive arealet under Dora I, utføres etter at all håndtering og deponering av forurensede mudringsmasser er ferdigstilt (for å unngå rekontaminering).
  7. Partikkelsperra demonteres når all mudring og deponering i østre basseng er ferdigstilt, og sjøbunnsdeponiet (deponi 5) samt all øvrig sjøbunn er tildekket med rene masser.

## 6.2 Geoteknisk betingede rekkefølgekrav

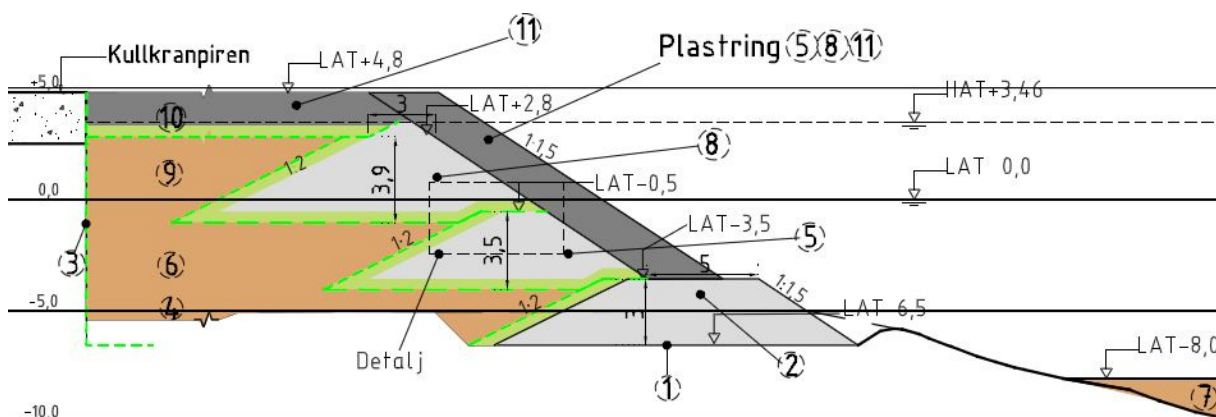
Følgende rekkefølge forutsettes for etablering av deponi 14 (jfr. Figur 15 nedenfor):

1. Mudring for fotavtrykk av bunnsjeté. Det mudres til kt -6,5 m LAT under fotavtrykket til bunnsjetéen for strandkantdeponiet (deponi 14). Mudringsmasser legges i sjøbunnsdeponiet (deponi 5).
2. Utlegging av bunnsjeté for strandkantdeponi, med topp bunnsjeté på kt -3,5 m LAT. Utlegging av 0,5 m tykt isolasjonslag og fiberduk på skråning inn mot deponiet.
3. Montering av filter/fiberduk mot eksisterende kaier (Kullkranpiren).
4. Innfylling av deponimasser i strandkantdeponiet til kt -3,0 m LAT. Utlegging av armeringsduk samt 0,5 m tykt isolasjonslag under fotavtrykk t 2. sjetétrinn.
5. Utlegging av 2. sjetétrinn for strandkantdeponi, til kt -0,5 m LAT. Plastring av sjetéfront (fra kote -3,5 til -0,5 m LAT).
6. Innfylling av deponimasser i strandkantdeponi til kt -1,0 m LAT.
7. Innfylling av deponimasser i sjøbunnsdeponiet til kt -8 m LAT. Utlegging av armeringsduk samt 0,5 m tykt isolasjonslag under fotavtrykk av 3. sjetétrinn.

8. Utlegging av 3. sjetétrinn for strandkantdeponi, til kt +3,5 m LAT. Plastring av sjetéfront (fra kt -0,5 til +3,5 m LAT).
9. Innfylling av deponimasser i strandkantdeponi til kt +2,8 m LAT. Utlegging av fiberduk/armeringsduk over deponimasser i strandkantdeponi
10. Utlegging av 0,5 m isolasjonslag over fiberduk / armeringsduk i strandkantdeponi, til kt +3,3 m LAT.
11. Utlegging av bærelag i strandkantdeponi, til kt +4,8 m LAT. Plastring av topp sjetéfront (fra kote +3,3 til +4,8 m LAT).

Det er antatt at det må påregnes ca. 1 måneds ventetid før et sjetétrinn kan legges ut på deponimasser, for at deponimassene skal få tid til å konsolidere til en gitt styrke / tyngdetetthet som angitt i avsnitt 4.4. I detaljeringsfasen bør konsolideringstiden til en gitt styrke / tyngdetetthet bestemmes i sedimenteringsforsøk.

For å gi full frihet for senere kaibygging må plastringstørrelse og tykkelse tilpasses dette i detaljfasen av prosjektet.



Figur 15: Prinsipp for bygging av strandkantdeponi. Utsnitt fra vedlagte tegning -003.

## 7 Spredningsforebyggende tiltak

### 7.1 Partikkelsperre

#### 7.1.1 Formål

Før det igangsettes arbeider som berører sjøbunnen i østre basseng i Nyhavna (herunder bl.a. mudring, oppfylling med rene masser, innfylling av mudringsmasser), skal det monteres ei partikkelsperre (også kalt siltskjørt / siltgardin) som hindrer forurensningsspredning ut av dette avgrensede bassenget.

Når partikkelsperren er på plass er hensikten at partikler som går i suspensjon i vannmassene i størst mulig grad skal forbli innenfor østre basseng, og resedimentere der. Foto fra byggingen av Operaen i Oslo i Figur 16 illustrerer effekten av en partikkelsperre ved inngrep i sedimenter (eller andre arbeider med løsmasser i vann).



Figur 16 Foto fra bygging av Operaen i Oslo, som illustrerer virkningen av ei partikkelsperre. Foto tatt av Johs. J. Syltern AS ([www.syltern.no](http://www.syltern.no)).

Partikkelsperra skal være intakt fram til alle inngrep i forurensede sedimenter innenfor østre basseng er ferdigstilt, og både deponier og sjøbunn for øvrig er ferdig tildekket med rent materiale.

Partikkelsperra er et avgjørende element i en miljømessig forsvarlig etablering av både sjøbunnsdeponi og strandkantdeponi.

### 7.1.2 Plassering

Partikkelsperra etableres i innseilingen til østre basseng på Nyhavna, som vist i Figur 17.

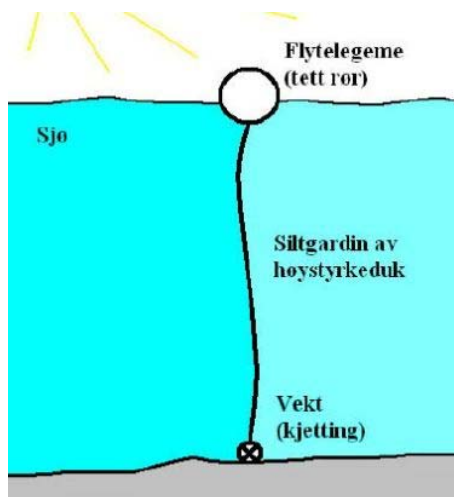


Figur 17 Forutsatt plassering av partikkelsperre, vist med gul linje.

### 7.1.3 Oppbygning

En prinsippskisse for oppbygning av ei partikkelsperre er vist i Figur 18.





Figur 18 Prinsippskisse for partikkelsperre (siltgardin). Illustrasjon hentet fra [www.syltern.no](http://www.syltern.no).

Selve partikkelsperra består av en fiberduk med høy strekkstyrke, både på tvers og på langs av dukens lengdeakse. Videre må duken ha en poreåpning som er tilpasset formålet, ved at partikler ned til en viss kornstørrelse holdes tilbake, mens vann beveger seg tilnærmet uhindret gjennom duken.

Partikkelsperra må utstyres med flyteelementer (f.eks. et tett plastrør) og ballast (f.eks. en kjetting). Disse må dimensjoneres slik at duken til enhver tid holdes utspent, og dekker hele vannsøylen fra sjøbunnen til overflaten. Partikkelsperra må ha tilstrekkelig høyde til at den slutter godt mot sjøbunnen også ved høyeste høyvann. Sjøbunnen der partikkelsperra er forutsatt plassert ligger på ca. kote -6,0 m LAT, mens høyeste astronomiske tidevann (HAT) er på kote +3,46 m LAT. Partikkelsperra bør derfor ha en høyde på ca. 10 meter.

Tilsvarende er det viktig at partikkelsperra tetter godt mot innfestingspunktene sideveis, hhv. Kullkranpiren i sør og Ladehammerkaia i nord. Avstanden fra kaifront på Kullkranpiren til kaifront på Ladehammerkaia (jfr. Figur 17) er ca. 90 meter. Siden kai 56 (på Ladehammerkaia) er ei pelekai, må partikkelsperra ha en total lengde på ytterligere ca. 5-10 meter, og forankres i skråning / sjøbunn under kaikonstruksjonen.

Partikkelsperra er med dette anslått å få et brutto dukareal på ca. 1.000 m<sup>2</sup>.

Det må konstrueres og etableres en port i partikkelsperra, slik at lektere for transport av mudringsmasser (samt evt. andre fartøyer) kan passere i den grad dette blir aktuelt. Det antas at porten må dimensjoneres for fartøy opp til 10-12 meters bredde og inntil 4 meter dyptgående. Porten forutsettes å bestå av to stolper med ca. 15 meters avstand, og en tverrbjelke på ca. kote -4 m LAT. Porten kan enten bestå av stålpeler som rammes ned i sjøbunnen, eller en prefabrikkert stålkonstruksjon.

Det må monteres separate partikkelsperrer fra hver av portstolpene og bort til hhv. Kullkranpiren og Ladehammerkaia, mens en egen duk spennes opp fra tverrbjelken og ned til sjøbunnen. Porten må bestå av en egen duk, med flyteelement og ballast. Den må være minst 5 meter lengre og ca. 1 meter høyere enn portåpningen (ved høyeste tidevann), slik at det er et godt overlapp mellom dukene. Portduken bør under åpning ikke slutte ned mot sjøbunnen, men henge fritt i vannsøylen (dvs. at åpning ikke kan utføres på lavvann).

#### 7.1.4 Driftsprosedyre

Det er vesentlig at partikkelsperra er intakt og velfungerende gjennom hele anleggsperioden, og det må etableres klare prosedyrer for inspeksjon, oppfølging, drift, og om nødvendig utskifting.

Følgende elementer må blant annet inngå:

- Prosedyre for åpning av port, som bl.a. må omfatte turbiditetsmålinger på innsiden (med tilhørende grenseverdi) før åpning.
- Kontinuerlige turbiditetsmålinger på inn- og utside, i flere stasjoner og med SMS-varsling ved overskridelse av gitte grenseverdier.
- Regelmessige inspeksjoner (fra overflaten og av dykker), med påfølgende utbedringer ved behov.

I detaljprosjektet vil alternative metoder for mottak og utlegging av mudringsmasser bli vurdert, for å redusere behovet for åpning av partikkelsperra til et minimum. Dette kan eksempelvis være omlasting av masser over partikkelsperra, fra en transportlekter (fra mudringsområdene) til en egen lekter for utlegging / innfylling i deponier.

#### 7.1.5 Konsekvens for havnedriften

Fra partikkelsperra er montert opp og fram til den blir demontert, vil adkomsten til østre basseng i utgangspunktet være stengt for all båttrafikk (unntatt lektere og øvrige fartøyer knyttet til anleggsdriften).

Dette innebærer i så fall at kai 47 til 56 vil være ute av drift i hele denne perioden. Det vil likevel foreligge mulighet for at nødvendige anløp kan gjennomføres, men dette forutsetter at dette planlegges og avtales med deponiprojektet (tiltakshaver / entreprenør). Portåpningen i partikkelsperra vil dessuten danne en konkret begrensning når det gjelder størrelsen til båter som kan passere.

Det forutsettes at kai 57 (Norcem-kaia) ikke skal settes ut av drift. Dette må hensyntas ved plassering av innfesting for partikkelsperra, mot Ladehammerkaia (kai 56).

#### 7.2 Øvrige tiltak

Ved deponering under vann (deponi 5 samt de to første fyllingstrinnene i deponi 14) forutsettes massene lagt kontrollert ned i deponiet ved hjelp av tett grabb eller tilsvarende. Det er en forutsetning at grabben holdes lukket under nedføring gjennom vannsøylen, og åpnes rett over utleggingsnivået. Dumping av masser fra f.eks. splittlekter er ikke aktuelt.

Før innfylling påbegynnes i deponi 14 (før bygging av første sjeté), skal bakenforliggende kaifronter kles med fiberduk, for å hindre / redusere partikkeltransport inn i bakenforliggende masser.

Før siste fyllingstrinn i deponi 14 skal avgrensings-sjetéer være etablert opp til kote +3,5 m LAT (dvs. over HAT = høyeste astronomiske tidevann), inklusive innvendig isolasjonslag og fiberduk helt opp. Innfylling av forurensede masser vil da bli utført innenfor et avgrenset basseng. Innfylling av eventuelle hydraulisk mudrede masser skal utføres i dette trinnet.

#### 7.3 Kontroll og avbøtende tiltak

Under utførelsen må entreprenøren tildeles ansvar for å føre tilsyn med egne arbeidere, og påse at disse gjennomføres som forutsatt i tiltakshavers beskrivelser og i tillatelsen som skal innhentes fra Miljødirektoratet.

Det vil være påkrevet med kontinuerlige turbiditetsmålinger (med SMS-varslings) i flere stasjoner, både i østre og vestre basseng, slik at partikkelspredning (tilslamming av vannet) raskt kan oppdages og avbøtende tiltak gjennomføres. Spesielt viktig vil det være å overvåke tilstanden i vannmassene direkte utenfor partikkelsperra, samt innenfor denne i forbindelse med åpning av port.

Avbøtende tiltak vil fortrinnsvis være midlertidig stans i arbeidene med påfølgende endring av aktuell arbeidsoperasjon, eller utbedringer av partikkelsperra.

## 8 Etterbruk

### 8.1 Restriksjoner for bruk av landarealer grunnet forurensning

For videre bruk av det planlagte nye landarealet (deponi 14) vil grenseverdiene som er gitt i Miljødirektoratets veileder TA-2553/2009, "Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn" [19] være styrende.

Veilederen inneholder pr. dato ikke grenseverdier for TBT (tributyltinn). For TBT er derfor «Forslag til normverdier og helsebaserte tilstandsklasser for organiske tinnforbindelser i forurenset grunn» [20] utarbeidet av Aquateam, lagt til grunn.

En oversikt over forurensningstilstanden i mudringsmasser, vurdert opp mot grenseverdier for landarealer, er gitt i skisseprosjektet [3].

Veilederen fra Miljødirektoratet [19] gir føringer for hvilke nivå av miljøgifter som aksepteres ved ulik arealbruk. I deponi 14 er det forutsatt overdekning med rene masser i en mektighet på 2 meter. Det vil derfor være grenseverdiene for dypereleggende lag (> 1 meter) som er relevante. Veilederen angir at det i dybde > 1 meter vil være akseptabelt med masser i tilstandsklasse 3 ("moderat"), uansett arealbruk.

Med unntak av et fåtall prøver, ligger forurensningsnivået i samtlige 3 mudringsområder i tilstandsklasse 3 eller lavere (når en sammenligner med grenseverdier for forurenset grunn, og ikke sedimenter), og det skal følgelig ikke være behov for å legge spesielle bruksrestriksjoner på det nye landarealet. Ved ethvert framtidig terrengingrep må det imidlertid stilles krav om utarbeidelse av en tiltaksplan for håndtering av forurenset grunn, slik at eventuelle oppgravde forurensete masser blir forsvarlig håndtert og disponert. Krav om tiltaksplan ved inngrep i forurensete arealer er hjemlet i Forurensningsforskriftens kapittel 2.

### 8.2 Egnethet som byggegrunn

Deponiområdet kan på sikt benyttes til byggegrunn, men mudringsmassene vil ikke være kvalitetsmasser for fundamentering av store og / eller høye bygg, eller for følsomme konstruksjoner (f.eks. kranbaner). Fundamenteringsløsning må vurderes av geotekniker for hvert konkret tilfelle, men det må i utgangspunktet påregnes pelefundamentering.

#### 8.2.1 Midlertidige begrensninger

Kai 46 og 47 vil få en betydelig horisontal tilleggsbelastning på grunn av strandkantdeponiet. Det er satt lastbegrensninger på kaiene etter tilstandskartlegging i 2008-2009, og lastbegrensningssonen for kai 46 og 47 må som følge av deponietableringen utvides frem til det eventuelt er utført utbedringer på vestsiden av kullkranpiren (kai 46). Sonen som det må innføres lastbegrensninger på må detaljeres i neste fase, men kan grovt anslås til ca. 20 m fra kaifronten på kai 47 inn i deponiet.

Det foreligger planer for framtidig et løsmassedeponi på vestsiden av kullkranpiren, og det antas at løsningen som velges her vil stabilisere kullkranpiren (kai 46) og på sikt vil gi en fullverdig bruk av arealet. Framdriften i dette prosjektet er imidlertid ikke klar.

For å redusere arealet som blir ilagt lastrestriksjoner kan det etableres en forankringsvegg/plate i strandkantdeponiet som kai 46 og 47 forankres til. Dette vil overføre noe av den horisontale påkjenningen fra strandkantdeponiet på kai 46 og 47 til forankringsveggen/platen. Dette må eventuelt detaljeres i neste fase av prosjektet.

### **8.2.2 Setninger og overvåkning av setningsutvikling**

Setningsutvikling vil pågå i lang tid etter ferdigstilling av deponi, som angitt i kapittel 4.2, og eventuelle byggearbeider på området anbefales ikke igangsatt før setningsmålinger verifiserer at setningene har stoppet opp eller blitt svært små.

For å overvåke setningsutviklingen i strandkantdeponiet må det etableres setningsmålere på området. Det må etableres setningsmålere i punkt eller som kontinuerlige profiler, fortrinnsvis i sjiktet mellom eksisterende grunn og bunn deponi og mellom toppen av mudringsmasser og bærelaget på toppen. Dette vil være viktig for å dokumentere når setningsutviklingen stanser og for å dokumentere hva som er egensetninger i deponiet og hva som er setninger i original undergrunn.

### **8.2.3 Tiltak for å fremskynde setningsforløp**

1. Komprimering av mudringsmasser. Kan gjøres med stavvibrator for hvert utfyllingstrinn, er tidkrevende og derfor noe kostbart.
2. Innstallering av vertikaldren. Bidrar til kortere konsolideringstid ved å gi kortere dreneringsvei ut av deponimasser og eksisterende grunn.
3. Forhåndsbelastning av deponiområdet. Deponiområdet forhåndsbelastes med en fylling på 2-3 m for å redusere setninger for senere utbygginger. Fyllingen fjernes når setningsutviklingen har stabilisert seg.

Foreslåtte tiltak over kan kombineres for å gi større effekt. Om det er aktuelt med tiltak for å fremskynde setningsforløp må avgjøres i detaljeringsfasen av prosjektet, og resultater fra sedimenteringsforsøk vil være sentralt for vurderingene.

## **8.3 Overvåkning av forurensningsspredning**

Overvåkning og måling av eventuell spredning av forurensning vil bli påkrevet. Dette kan for eksempel utføres ved montering og analyse av passive prøvetakere (SPMD, DGT) og / eller utsetting og analyse av blåskjell. Det vesentlige er å dokumentere i hvilken grad deponiene påvirker omgivelsene, og det må utarbeides et eget overvåkningsprogram for dette.

Det vil også være aktuelt å montere overvåkningsbrønner i og omkring strandkantdeponiet (deponi 14), for å måle forurensningsinnhold i vann. Spesielt interessant vil det her være å overvåke trender / utvikling over tid. Aktuell brønnplassering er i sjeté (både mot nord og øst) og på Kullkranpiren (sør for deponiet), i tillegg til et målepunkt sentralt i deponiet.

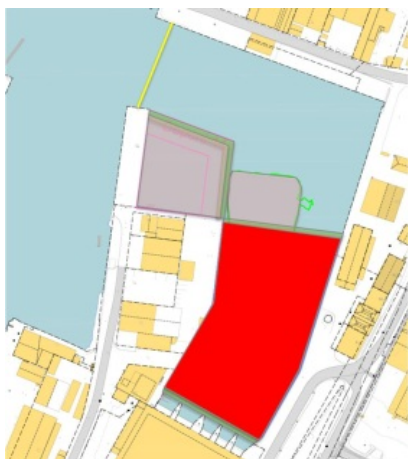
Alle ferdige flater må inspiseres og dokumenteres grundig umiddelbart etter at tiltaket er ferdigstilt, ved dykkerinspeksjon inkl. video-/fotoregistrering. Dette må deretter gjentas regelmessig, etter et spesifikt kontrollprogram

Kontroll av tildekkingsmassene vil typisk omfatte kontroll av tildekkingsmektighet (markeringsstenger) etter utført tildekking, og det må foretas regelmessig oppmåling og kontroll av dybdeforholdene.

#### 8.4 Etterbruk – havneareal over sjøbunnsdeponi

Arealet for deponi 6C vil få en dybde på kote -5,4 m LAT etter at tiltaket er gjennomført. Arealet er vist i Figur 19 nedenfor. Sammen med dybden, vil oppbyggingen av tildekkingslaget (spesielt erosjonssikringen) være bestemmende for framtidig bruk av dette havnearealet. Tildekkingen som nå er forutsatt (60 cm, hvorav 15 cm erosjonssikring) vurderes som robust, og innebærer at fartøyer med relativt stor motorkraft vil kunne trafikkere området (og ikke kun småbåter). Til sammenlikning har NGI i Brattørbassenget, som trafikkeres av hurtigbåter, forutsatt 50 cm total tildekking, hvorav 15 cm erosjonslag.

Endelige restriksjoner for bruk av havnearealet må fastsettes i detaljprosjektet eller utførelsesfasen (basert på endelig utførelse og dybder).



Figur 19 Rød skravur viser areal med framtidig dybde på kote -5,4 m LAT.

### 9 Kostnadsoverslag

Et kostnadsoverslag for forprosjektet, som beskrevet i denne rapporten, er vist i vedlegg 2.

Total deponikostnad, ekskl. rigg/drift, er anslått til kr 20.400.000,- eks.mva.

Inkl. 15 % rigg/drift er kostnaden anslått til ca. kr 23.500.000,- eks.mva.

I kostnaden er tatt med alle operasjoner beskrevet i denne rapporten, innenfor "fotavtrykket" til Alternativ 7. Unntatt er innfyllingen av mudringsmasser i deponi, som er avtalt å inngå i kostnader beregnet av NGI, som en del av mudringskostnaden.

## 10 Usikkerhetsmomenter / SHA-forhold

Det er fortsatt noen usikkerhetsmomenter og SHA-forhold som må vurderes videre i detaljprosjekteringsfasen. Hovedpunkter vedrørende usikkerhet er:

- Rekkefølge/hastighet/volum på leveranse deponimasser for innfylling
- Setningsutvikling i deponi
- Opphold/ventetid på grunn av konsolidering deponimasser
- Behov for forsterkning av eksisterende kaikonstruksjoner

Det arbeides parallelt med SHA-plan i prosjektet, som ledes av egen SHA-koordinator. For deponiprojektet vil følgende hovedpunkter vedr. SHA gjelde:

- Arbeidsoperasjoner på sjø, bl.a. maskinarbeid fra lekter
- Dykkerarbeider
- Håndtering forurenset masse
- Stabilitetsforhold ved utfylling i sjø. Avvik i utførelse fra beskrivelse/tegninger
- Anleggstrafikk/Transport på landarealer

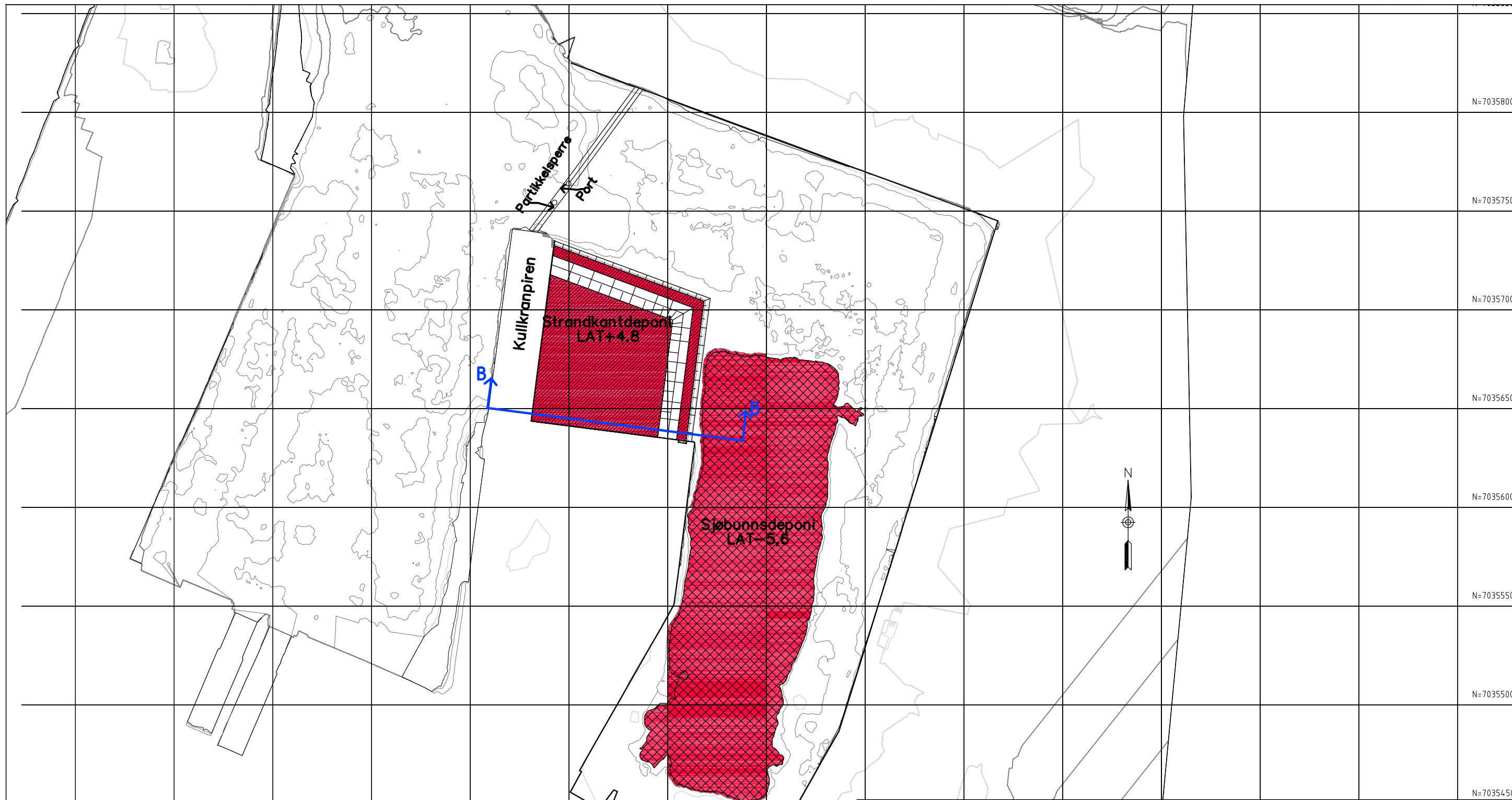
Disse punktene utdypes og konkretiseres nærmere i SHA-plan og egen risikomatrix som administreres av SHA-koordinator, og som hensyntas i videre detaljprosjektering.

## 11 Referanser

- [1] NGI og DNV, «Trondheim havn. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebasseng. Delrapport 4 - Tiltaksplan.», 20081794-00-62-R, okt. 2011.
- [2] NGI, «Trondheim kommune. Renere havn - Prosjektering av tiltak. Prosjektering av mudring og tildekking - Fase 1.», 20130339-01-R, nov. 2013.
- [3] Multiconsult AS, «Deponi for mudringsmasser i Nyhavna. Skisseprosjekt», 415566-RIGm-RAP-001\_rev01, mar. 2013.
- [4] Trondheim kommune, «Tiltak for å redusere forurensning i havnebassenget i Trondheim.», Bystyrevedtak 147/11, 2011.
- [5] Multiconsult AS, «Renere havn Trondheim. Konsekvensutredning.», 415566-PLAN-PBL-007-rev01, okt. 2013.
- [6] MULTICONSULT AS, «Nyhavna - Renere havn, Grunnundersøkelser», Trondheim, Datarapport 415566-1-RIG-RAP-001, aug. 2013.
- [7] Trondheim kommune, «Kai 57, Ladehammeren», R.0864, apr. 1992.
- [8] Trondheim kommune, «Strandvegen – Møllenberg», Datarapport R.0883, des. 1992.
- [9] Trondheim Kommune, «Nyhavna, Grunnundersøkelse», Datarapport R.1003, des. 1997.
- [10] Trondheim kommune, «Transittkaia, grunnundersøkelser», Datarapport R.1046, aug. 1998.
- [11] Trondheim kommune, «Strandveikaia, grunnundersøkelser», Datarapport R.1145, aug. 2003.
- [12] MULTICONSULT AS, «Reguleringsplan Skippergata 14, Orienterende grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering», Datarapport 412718-1, feb. 2008.
- [13] MULTICONSULT AS, «Ro-Ro kai Pir II, Geoteknisk grunnundersøkelse», Datarapport 415062-RIG-RAP-001, aug. 2012.
- [14] NGI, «Trondheim havn. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebasseng, Rev 1», Datarapport 20081794-00-39-R, jun. 2011.
- [15] NGI, «Trondheim havn. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebasseng. Delrapport 1a - Datarapport.», 20081794-00-39-R, jun. 2011.

- [16] Multiconsult AS, «Renere havn Trondheim - Deponi i Nyhavna. Deponialternativ i forprosjektet.», 415566-RIGm-NOT-002, okt. 2013.
- [17] Miljødirektoratet, «Risikovurdering av forurenset sediment», Miljødirektoratet, Veileder TA-2802/2011, 2011.
- [18] V. Statens vegvesen, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok 016)», Vegdirektoratet, Oslo, Veiledning, jun. 2010.
- [19] Miljødirektoratet, «Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn.», Klif - Klima og forurensningsdirektoratet, Veileder TA-2553/2009, desember 2009.
- [20] Aquateam, «Forslag til normverdier og helsebaserte tilstandsklasser for organiske forbindelser i forurenset grunn.», 10-032, jan. 2011.





N=7035800

N=7035750

N=7035700

N=7035650

N=7035600

N=7035550

N=7035500

N=7035450

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Renere Havn Trondheim Forprosjekt Deponi Nyhavna	Original format A3	Fag Tverrfaglig		
	Situasjonsplan Sannsynlig deponiomfang	Tegningens filnavn 415566-TVF-TEG-001	Underlagets filnavn 415566-RIG-MOD-004-REVB Volu		
		Målestokk 1:2000			
<b>Multiconsult</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 22.11.2013	Konstr./Tegnet TMP	Kontrollert HAN	Godkjent SWF
		Oppdragsnr. 415566	Tegningsnr. TVF-TEG-001	Rev. 0	

E=570650

E=570700

E=570750

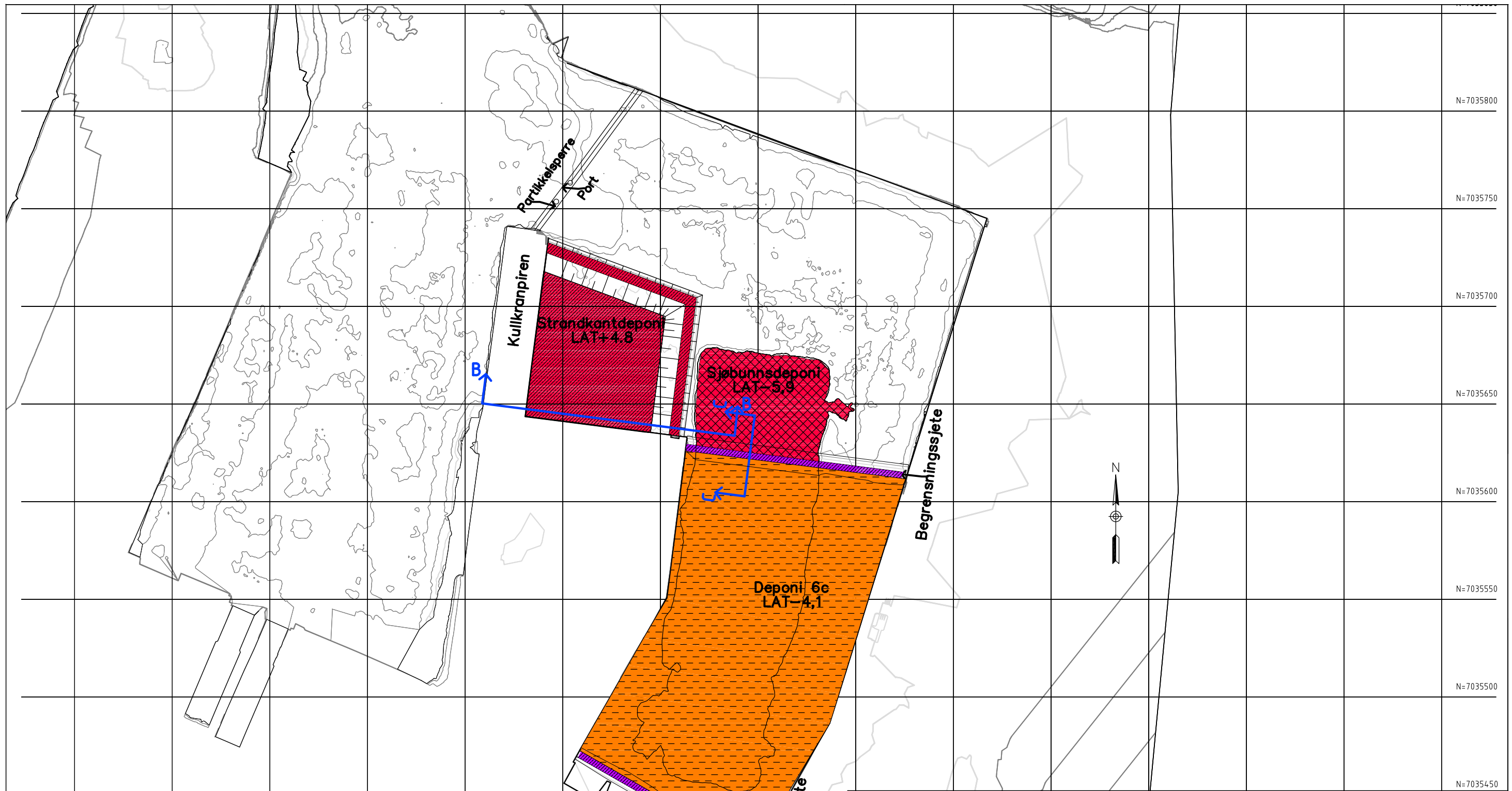
E=570800

E=570850

E=570900

E=570950

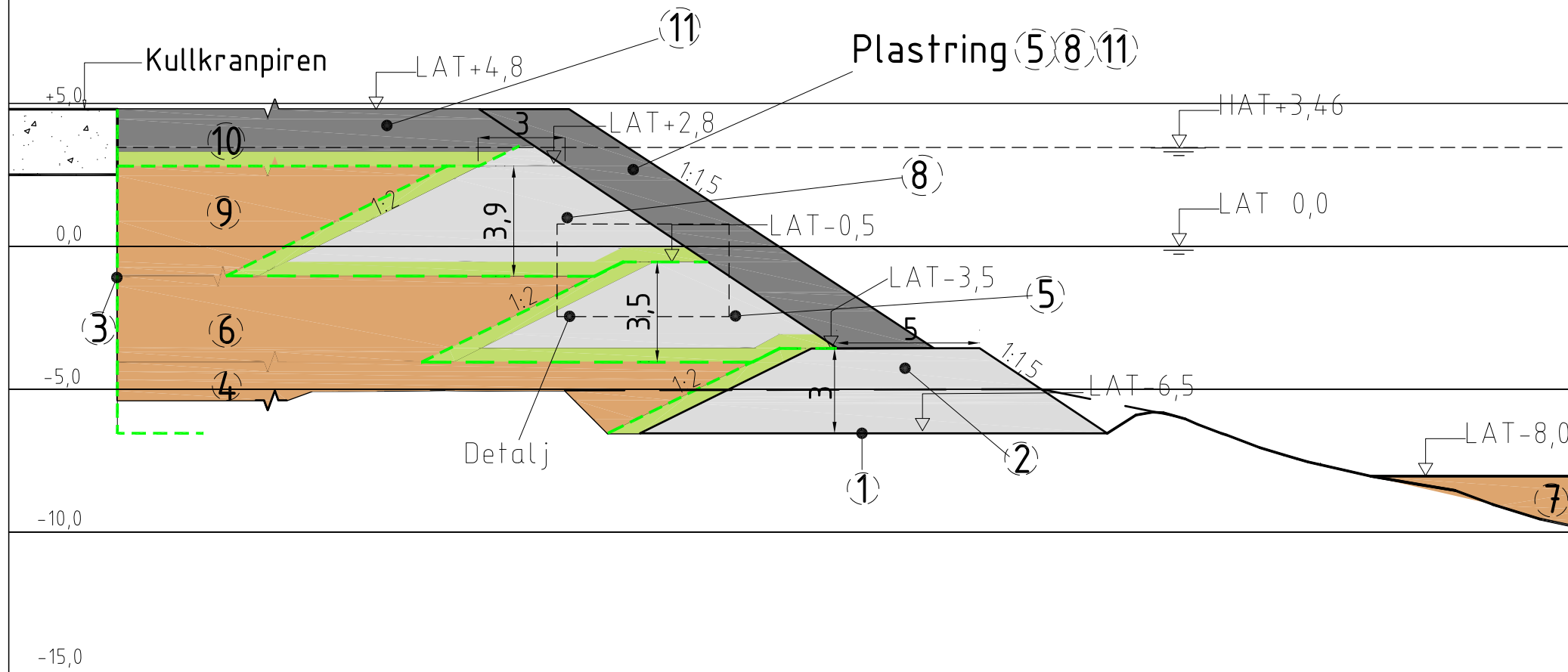
E=571000



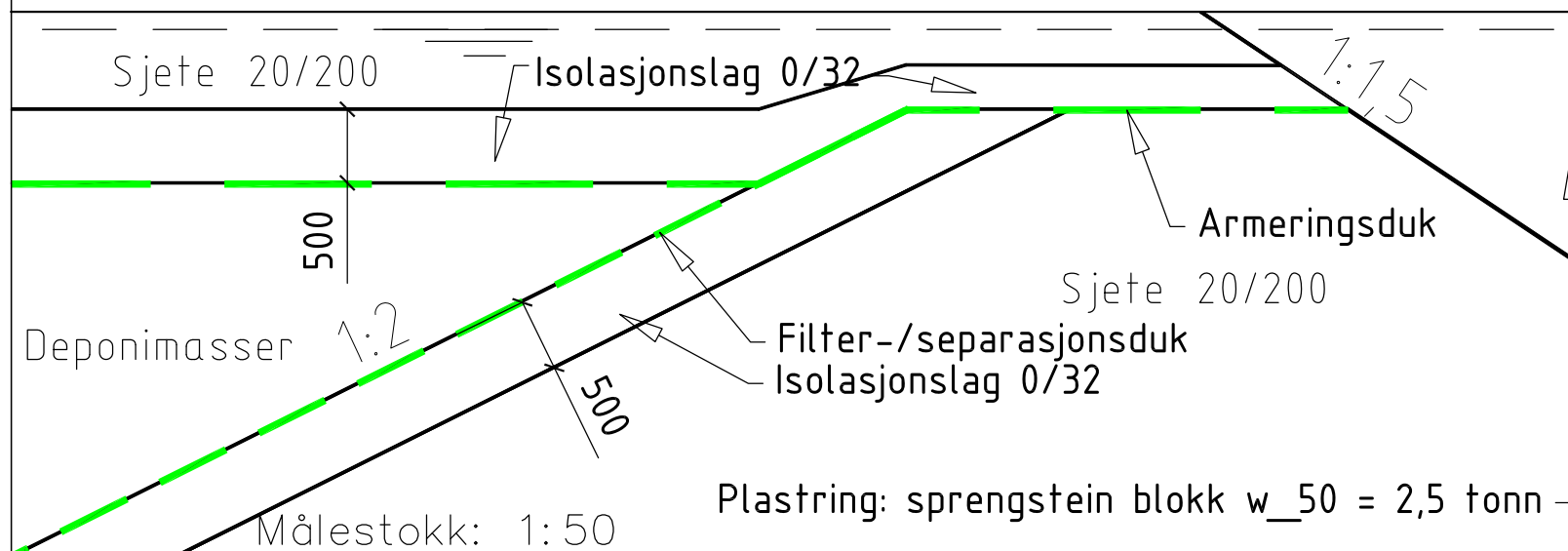
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Renere Havn Trondheim Forprosjekt Deponi Nyhavna	Original format A3	Fag Tverrfaglig		
		Tegningens filnavn 415566-TVF-TEG-002			
		Underlagets filnavn 415566-RIG-MOD-004-REVB	Volu		
	Situasjonsplan Illustrasjon av utvidelsesmuligheter	Målestokk 1:2000			
	<b>Multiconsult</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 22.11.2013	Konstr./Tegnet TMP	Kontrollert HAN	Godkjent SWF
		Oppdragsnr. 415566	Tegningsnr. TVF-TEG-002	Rev. 0	

# Arbeidsgang

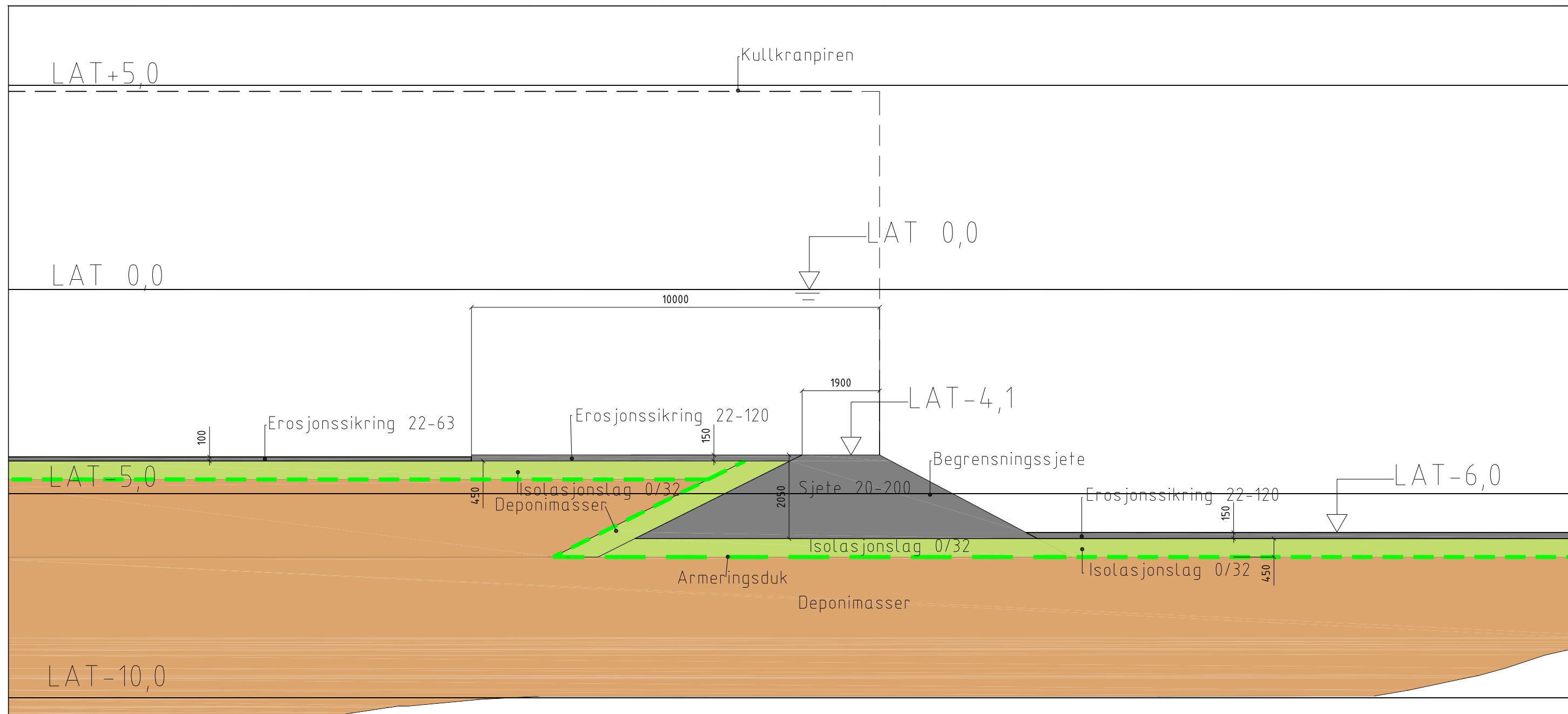
1. Mudring for fotavtrykk av bunnsjete. Det mudres til kt -6,5 m LAT under fotavtrykket til bunnsjete for strandkantdeponiet (deponi 14). Mudringsmasser legges i sjøbunnsdeponiet (deponi 5).
2. Utlegging av bunnsjeté for strandkantdeponi, med topp bunnsjeté på kt -3,5 m LAT. Utlegging av 0,5 m tykt isolasjonslag og fiberduk på skråning inn mot deponiet.
3. Montering av filter/fiberduk mot eksisterende kaier Kullkranpiren
4. Innfylling av deponimasser i strandkantdeponi til kt -3,0 m LAT. Utlegging av armeringsduk samt 0,5 m tykt isolasjonslag under fotavtrykk t 2. sjetétrinn.
5. Utlegging av 2. sjetétrinn for strandkantdeponi, til kt -0,5 m LAT. Plastring av sjetéfront (fra kote -3,5 til -0,5 m LAT).
6. Innfylling av deponimasser i strandkant deponi til kt -1,0 m LAT.
7. Innfylling deponimasser i sjøbunnsdeponi til kt -8 m LAT. Utlegging av armeringsduk samt 0,5 m tykt isolasjonslag under fotavtrykk av 3. sjetétrinn.
8. Utlegging av 3. sjetétrinn for strandkantdeponi, til kt +3,5 m LAT. Plastring av sjetéfront (fra kote -0,5 til +3,5 m LAT).
9. Innfylling av deponimasser i strandkantdeponi til kt +2,8 m LAT. Utlegging av fiberduk/armeringsduk over deponimasser i strandkante
10. Utlegging av 0,5 m isolasjonslag over fiberduk/armeringsduk i strandkantdeponi, til kt +3,3 m LAT.
11. Utlegging av bærelag i strandkantdeponi, til kt +4,8 m LAT. Plastring av topp sjetéfront (fra kote +3,5 til +4,8 m)



Målestokk: 1:200



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Renere Havn Trondheim Forprosjekt Deponi Nyhavna		Original format A3	Fag Tverrfaglig	
	Profil B-B Prinsippsnitt strandkantdeponi		Tegningens filnavn 415566-TVF-TEG-003	Uderlagets filnavn Forprosjekt-detalsnitt B.dwg	
			Målestokk 1:200		
	<b>Multiconsult</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 22.11.2013	Konstr./Tegnet TMP	Kontrollert HAN	Godkjent SWF
		Oppdragsnr. 415566	Tegningsnr. TVF-TEG-003	Rev. 0	



LAT -15,0					
-----------	--	--	--	--	--

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Renere Havn Trondheim Forprosjekt Deponi Nyhavna	Original format A3	Fag Tverrfaglig		
		Tegningens filnavn 415566-TVF-TEG-004.dwg			
		Underlagets filnavn 415566-TVF-TEG-004.dwg			
	Profil C-C Prinsippnitt sjøbunnsdeponi	Målestokk 1:100			
	<b>Multiconsult</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 22.11.2013	Konstr./Tegnet TMP	Kontrollert HAN	Godkjent SWF
		Oppdragsnr. 415566	Tegningsnr. TVF-TEG-004	Rev. 0	

# Notat

Foretaksregister:

## Renere havn Trondheim - Oppvirvling av sediment fra båttrafikk innerst i Nyhavna

**SAKSBEHANDLER / FORFATTER**Grim Eidnes  
Ragnhild L. Daae

BEHANDLING	UTTALELSE	ORIENTERING	ETTER AVTALE
------------	-----------	-------------	--------------

**GÅR TIL**

Erling Ytterås, Multiconsult

X

**PROSJEKTNR / SAK NR**

102004724

**DATO**

2013-11-04

**GRADERING**

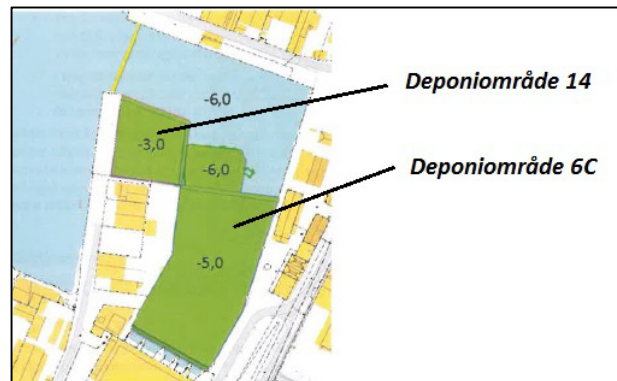
Fortrolig

### 1 Bakgrunn

I prosjektet Renere havn er Multiconsult engasjert av Trondheim kommune til å prosjektere deponi i det østre bassenget i Nyhavna. SINTEF Miljøteknologi er i den forbindelse engasjert som underleverandør for beregning av oppvirvlet sediment fra skipstrafikken i dette området. SINTEFs beregninger skal gi propellstrømmen som genereres langs bunnen for dimensjonerende båter i området, og relatere denne strømmen til kritisk kornstørrelse, det vil si den minste kornstørrelsen som forventes å bli liggende i ro på bunnen under påvirkning av denne propellstrømmen. I et tidligere notat er resultatet av tilsvarende beregningene for Brattørkaia, Kanalen og fire delområder i Nyhavna presentert (SINTEF-notat til NGI datert 2013-10-07). Det foreliggende notatet presenterer resultatet av beregningene for det østre bassenget i Nyhavna. Her er det tre områder som er undersøkt (jfr. figur 1.1) :

- 1) Deponiområde 6C, kai 49 – 52, deponering til -5 LAT.
- 2) Deponiområde 14, kai 47 – 48, deponering til -3 LAT,
- 3) Randsonen mot deponiområde 6C og 14.





Figur 2.1. Deponiområdene i Nyhavna som inngår i undersøkelsen av propellstrøm

## 2 Datagrunnlag

Ved beregning av oppvirvling av bunnsedimenter fra båttrafikk trengs det opplysninger om propellenes størrelse og plassering samt motorens yteevne og aktuelt pådrag. Ved valg av dimensjonerende båt innerst i Nyhavna har vi lagt til grunn opplysninger fra Trondheim havn om at området i framtida bare vil trafikkeres av småbåter. Vi har derfor valgt å bruke en cabincruiser som *Nimbus 280* med 120 kW Volvo Penta motor som dimensjonerende i begge deponiområdene. For randsonen mot de to områdene har vi brukt *MS With Junior* som dimensjonerende båt. Spesifikasjonene er gitt i tabell 2.1

Tabell 2.2 Spesifikasjoner for de valgte dimensjonerende båtene i hvert enkelt delområde.

Deponi-område	Båt	Dypgående (m)	Propell-dyp (m)	Motor-effekt (kW)	Propell-diameter (m)	Vanndyp
6 C	<i>Nimbus 280</i> el.l.	1,0	0,5	120	0,3	-5 LAT
14						-3 LAT
Randsonen	<i>With Junior</i>	5,3	3,5	1840	3,2	< -6 LAT

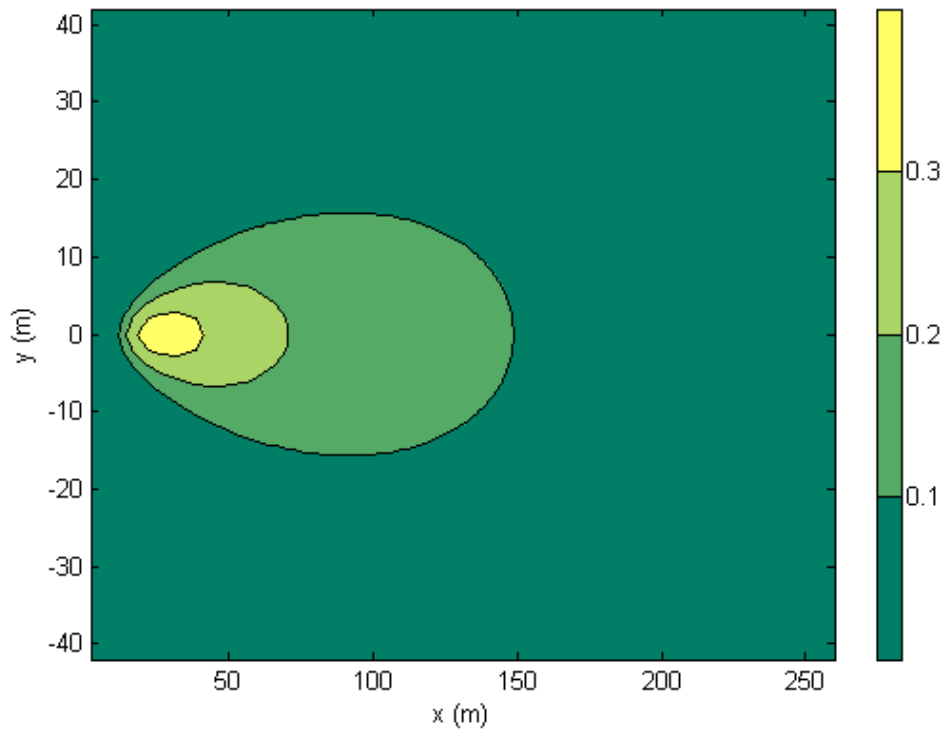
## 3 Modellresultater

Modellen som benyttes for beregning av propelloppvirvling og propellstrøm, er utviklet av SINTEF Miljøteknologi. Den er nærmere beskrevet i kapittel 3 i Daae og Rye (2011).

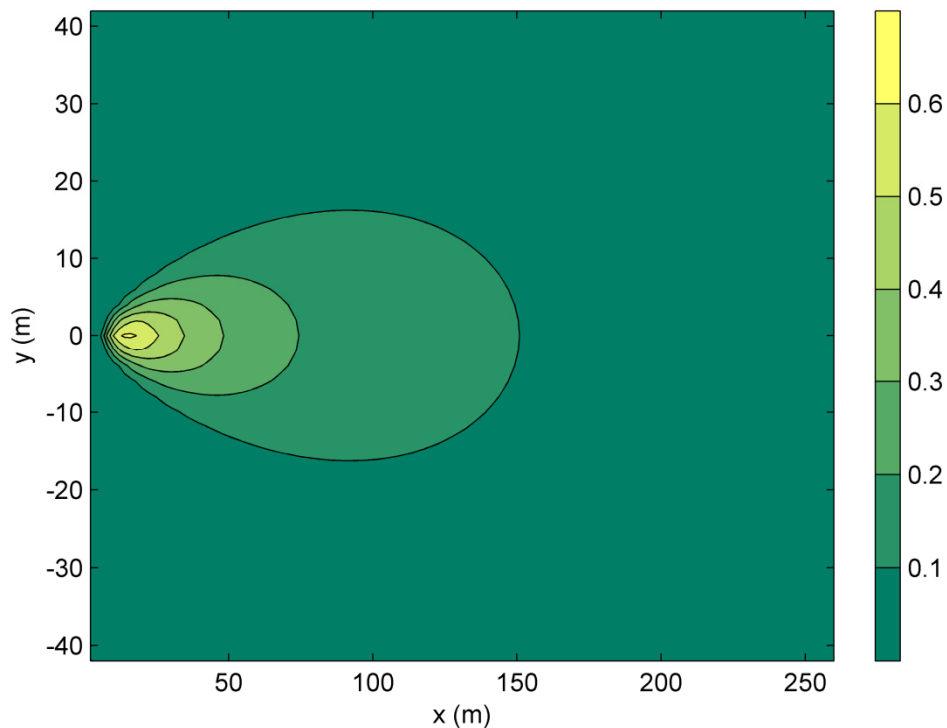
Tabell 3.1 viser resultatet av modellberegningene i form av maksimal bunnstrøm for gitt pådrag på motoren. Propellstrålen er visualisert i figurene 3.1 – 3.2 med isolinjer for bunnstrøms hastigheter inntegnet, mens maksimalhastigheten som funksjon av vanndypet for *With Junior* er vist i figur 3.3.

Tabell 3.1 Maksimal propellstrøm ved bunnen for gitt pådrag på motoren.

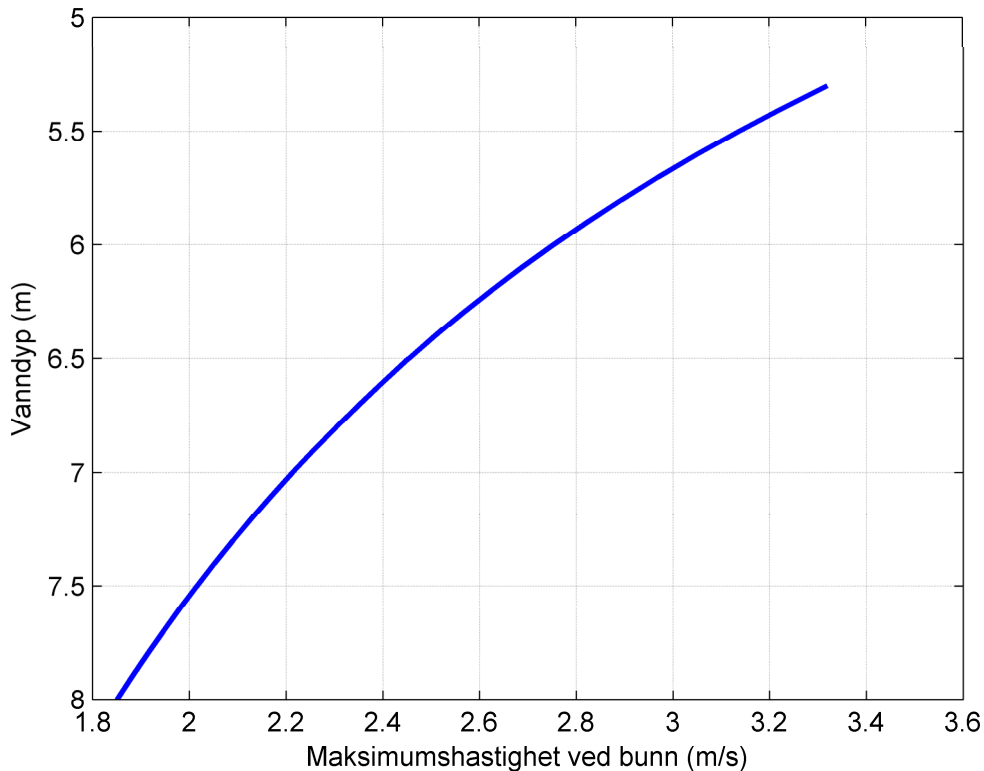
Deponiområde	Båt	Vanndyp	Motorpådrag (%)	Maks bunnstrøm (m/s)
6 C	<i>Nimbus 280</i> el.l.	-5 LAT	30	0,35
14		-3 LAT	30	0,62
Randsonen	<i>With Junior</i>	-5,3 – -6,0 LAT	60	2,75 – 3,33



Figur 3.1. Beregnet hastighet ved bunnen (m/s) for cabincruiser (eksempel *Nimbus 280* med 120 kW motor) ved 30 % motorpådrag i deponiområde 6 C (-5 LAT).



Figur 3.2. Beregnet hastighet ved bunnen (m/s) for cabincruiser (eksempel *Nimbus 280* med 120 kW motor) ved 30 % motorpådrag i deponiområde 14 (-3 LAT).



Figur 3.7. Maksimal hastighet ved bunnen som funksjon av vanddyb for *With Junior* ved 60 % motorpådrag. (NB! *With Junior* har dypgående på 5,3 m.)

#### 4 Sedimenttransport

Forflytning av bunnsedimenter skjer som et resultat av medrivning ("pick-up"), transport og avsetning og forårsakes av strøm, bølger eller begge deler. Den dominerende sedimenttransporten for større partikler ( $d > 2$  mm) skjer langs bunnen, mens den for mindre og lettere partikler ( $d < 0,2$  mm) skjer suspendert i vannmassene. For sedimenter mellom 0,2 og 2 mm vil altså sedimenttransporten kunne skje både langs bunnen og som sediment i suspensjon. Den antas imidlertid i all hovedsak å være forårsaket av strøm (og ikke bølger).

Når bunnstresset overstiger en viss grenseverdi som følge av et forsterket strømpådrag langs bunnen, vil sandkornene begynne å bevege seg. Den matematiske relasjonen mellom bunnstress, bunnstrøm og medrivning (oppvirvling) er vist i Vedlegg. Vi har benyttet formelverket som er vist der, til å relatere den beregnede maksimale bunnstrømmen gitt i tabell 3.1 til den minste sedimentstørrelsen som kan forventes å forbli i ro. Resultatet er presentert i tabell 4.1 og viser på den ene siden at bunnsedimentene på 5 m dyp i deponi 6 C ikke vil la seg virvle opp uansett størrelse, mens dersom *With Junior* nærmer seg skråningen fra et av deponiområdene (og med det sitt eget dypgående på 5,3 m) med et motorpådrag på 60 % vil sedimenter mindre enn 78 mm virvles opp.



Tabell 4.1. Minste sedimentstørrelse ( $D_{50}$ ) som er beregnet å ligge i ro ved maksimal propellstrøm ved bunnen.

Deponi-område	Båt	Vanddyp	Motorpådrag (%)	Maks bunnstrøm (m/s)	Minste $D_{50}$ (mm) før suspensjon
6 C	<i>Nimbus 280</i>	-5 LAT	30	0,35	-
14	el.l.	-3 LAT	30	0,62	1,6
Randsonen	<i>With Junior</i>	-5,3 – -6 LAT	60	2,8 – 7,0	44 - 78

## 5 Referanser

Daae, R.L. og Rye, H. (2011): Oppvirvling av sediment fra skipstrafikk i Trondheim havn. Rapport SINTEF F19889

## VEDLEGG

### Matematisk formulering av sedimenttransport

Forholdet mellom kritisk skjærspenning og kornstørrelse uttrykkes gjerne ved hjelp av en kritisk Shieldsparameter,  $\theta_c$ , gitt ved

$$\theta_c = \frac{\tau_{bc}}{(\rho_s - \rho_w)gD_{50}} \quad (1)$$

der  $\tau_{bc}$  = kritisk bunnstress, sedimentet begynner å bevege seg  
 $\rho_s$  = tettheten av sedimentet  
 $\rho_w$  = tettheten av vannet  
 $g$  = tyngdens akselerasjon (= 9,81 m/s<sup>2</sup>)  
 $D_{50}$  = median kornstørrelse

En annen relasjon mellom den kritiske Shieldsparameteren,  $\theta_c$ , og kornstørrelsen er gitt ved

$$\theta_c = \alpha D_*^\beta \quad (2)$$

der  $\alpha$  og  $\beta$  er koeffisienter avhengig av kornstørrelsen  
 $D_*$  = dimensjonsløs kornstørrelse gitt ved

$$D_* = D_{50} \left[ \frac{g(s-1)}{\nu^2} \right]^{1/3} \quad (3)$$

der  $s = \rho_s / \rho_w$   
 $\nu$  = kinematisk viskositetskoeffisient ( $\approx 1,25 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s)

Ved å kombinere likningene (1), (2) og (3), får vi en direkte relasjon mellom kritisk bunnstress,  $\tau_{bc}$ , og median kornstørrelse,  $D_{50}$ , basert på to empiriske koeffisienter,  $\alpha$  og  $\beta$ , som igjen er avhengig av kornstørrelsen. Verdier for  $\alpha$  og  $\beta$  for forskjellige kornstørrelser er gitt bl.a. av van Rijn (1993).

Kritisk bunnstress,  $\tau_{bc}$ , kan relateres til en kritisk bunnstrøm,  $U_c$ , gjennom en kvadratisk friksjonsformel

$$\tau_{bc} = \rho_w C_D U_c^2$$

der  $C_D$  = dragkoeffisienten

Det er flere parameteriseringer av dragkoeffisienten,  $C_D$ , men ofte benyttes en dybdeavhengig, invers logaritmisk funksjon (Soulsby, 1997):

$$C_D = \left[ \frac{\kappa}{1 + \ln(z_0/h)} \right]^2$$

der  $\kappa$  = von Karmans konstant (= 0,40)

$z_0$  = ruhetsparameter ( $z_0 = \frac{D_{50}}{12}$ )

$h$  = vanddybet

Formelverket ovenfor er strengt tatt bare gyldig for sterk strøm, som propellstrøm normalt vil være. Det antas likevel å ligge innenfor et avvik på  $\pm 10\%$  ved bruk også på svakere strømmer.

### Referanser

Soulsby, R. (1997): Dynamics of marine sands. A manual for practical applications. Thomas Telford Publications, London, England.

van Rijn, L.C. (1993): Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. Aqua Publications, Amsterdam, The Netherlands.

**KOSTNADSOVERSLAG  
FORPROSJEKT  
(ALTERNATIV 7 = DEPONI 5+6C+14)**

Beskrivelse	Enhet	Enhetspris	Antall	Pris	Kommentar
Partikkelsperre i Nyhavna, etablering og drift	RS	500 000	1	500 000	
Port i partikkelsperre	RS	500 000	1	500 000	Stålkonstruksjon
Mudring under sjeté strandkantdeponi inkl. utlegging i dep 5	m3	120	3000	360 000	Inkludert innfylling i deponi 5
Mudring før tildekking, deponi 6C, inkl utlegging i deponi 5	m3	120	2500	300 000	Inkludert innfylling i deponi 5
Innfylling i deponi 5	m3	0	44000	0	Inkludert hos NGI. Enhetspris 80 kr/m3
Innfylling i deponi 14	m3	0	31500	0	Inkludert hos NGI. Enhetspris 80 kr/m3
Tildekking av deponi 5	m2	300	14200	4 260 000	Hele deponi 5
Tildekking av deponi 6C	m2	300	9000	2 700 000	Arealer utenom deponi 5
Sjetéer deponi 14	m3	400	10000	4 000 000	Inkl. levering av masser, og utlegging fra leker. Skråninger 1:1,5 / 1:2
Erosjonssikring ved plastring, kote -3,5 m LAT til kote +4,8 m LAT	m2	300	2500	750 000	Plastring deponi 14
Topplag av sprengstein, mektighet 2 m, tilførsel og utlegging	m3	200	9000	1 800 000	Deponi 14
Filtermasse/beskyttelse fiberduk	m3	300	2500	750 000	Innside og under sjetéer. Deponi 14.
Fiberduk mellom mudringsmasser og topplag strandkantdeponi	m2	10	4000	40 000	Deponi 14.
Fiberduk mellom mudringsmasser og isolasjonslag sjøbunndeponi	m2	40	14200	568 000	Deponi 5
Fiberduk mellom mudringsmasser og isolasjonslag sjøbunndeponi	m2	40	9000	360 000	Deponi 6C
Fiberduk filterlag for å redusere spredning	m2	50	2600	130 000	Innsiden av alle sjetéer
Fiberduk mot eksisterende kaier (strandkantdeponi)	m2	130	2100	273 000	Inkl innfesting i kaier i 4 nivåer. Fra kt +2,8.
Armeringsduk under sjetéer strandkantdeponi	m2	80	3800	304 000	
Miljøovervåkning under utførelse	RS	500 000	1	500 000	Turbiditetsmålinger, m.m.
Geoteknisk kontrollmålinger under utførelse	RS	500 000	1	500 000	Poretrykk, setninger, m.m.
Miljøovervåkning etter tiltak	RS	250 000	1	250 000	Forurensning i vann / grunnvann.
Etablering setningsmålinger strandkantdeponi	RS	50 000	1	50 000	
Forankring/sikring kullkranpiren	RS	1 000 000	1	1 000 000	Forankring i deponi, toppfylling eller sjeté.
Sedimenteringsforsøk deponimasser	RS	500 000	1	500 000	Storskala forsøk for å bestemme målemetoder, tidsforløp på konsolidering.
SUM, EKS.MVA. OG EKS. PÅSLAG				20 395 000	
PÅSLAG FOR RIGG OG DRIFT		15 %	20 395 000	3 059 250	
<b>SUM, INKL. RIGG/DRIFT, EKS. MVA.</b>				<b>23 454 250</b>	
Pris pr m3 forutsatt 70.000 m3	m3	335	70000		Enhetspris for masser levert fra arealer utenfor definert deponiareal.