

Statens vegvesen

► Rv. 13 Sande og Nesvik nye ferjekaier, Hjelmeland

Vurdering av spredning av finstoff fra utfyllingsmasser

Oppdragsnr.: 5187983 Dokumentnr.: RIM02 Versjon: J02 Dato: 2019-02-05



Oppdragsgiver: Statens vegvesen
Oppdragsgivers kontaktperson: Laura Hauch Kaufmann
Rådgiver: Norconsult AS ,
Oppdragsleder: Silje Nag Ulla
Fagansvarlig: Edana Fedje
Andre nøkkelpersoner: Håkon Gregersen, Elisabeth Lundsør, Øistein Hveding

J02	2019-02-05	Til bruk	Silje Nag Ulla	Edana Fedje	Silje Nag Ulla
D01	2019-01-31	Til godkjenning kunde	Silje Nag Ulla	Edana Fedje	Silje Nag Ulla
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.

► Sammen drag

Statens vegvesen skal bygge ny ferjepir med nødvendig infrastruktur på kaiområdene på land ved Sande og Nesvik, rv. 13 i Hjelmeland. De nye kaianleggene skal være ferdig bygget til neste ferjekontrakt innføres april 2021. Forventet oppstart av prosjektet er august 2019 og grunnarbeider i sjø antas å måtte utføres i perioden høst/tidlig vinter 2019.

Norconsult er engasjert av Statens vegvesen for å bistå med utarbeidelse av grunnlag for søknad om tillatelse til tiltaket.

Denne rapporten inneholder en overordnet vurdering av utfylling av sprengstein ved Sande mht. følgende:

- omfanget av spredning av partikler i vannsøylen
- omfanget av avsetning av masser på havbunnen

Målet med vurderingene er å gi et svar på om finstoff i sprengstein som skal fylles ut ved Sande utgjør en risiko for nærliggende naturverdier og akvakultur. Hensikten med rapporten er å gi Statens vegvesen og Fylkesmannen i Rogaland et grunnlag for å vurdere avbøtende tiltak i forbindelse med utfyllingen.

Beregningene viser at finstoff i utfyllingsmassene ikke utgjør en vesentlig risiko for gyteområder for torsk og sei, smoltutvandring, oppdrettsanlegg eller rekefelt/fiskefelt i Garsundfjorden. Grunnet store usikkerheter i inngangsdata til beregningene vurderes det imidlertid at tiltaket kan utgjøre en risiko for nedslamming i en grad som kan gi negativ påvirkning på nærliggende ålegressenger og organismene som har denne som funksjonsområde.

Tiltakshaver har vurdert bruk av siltgardin rundt utfyllingsområdet å være vanskelig gjennomførbart grunnet plassforholdene, eksisterende ferjetrafikk som skal opprettholdes i anleggsfasen og at lekter med utfyllingsmasser skal kunne passere og operere i tiltaksområdet. Det kan være mulig å delvis avskjerme ålegressengen øst for tiltaksområdet ved å ta i bruk flytebrygger rundt denne som siltgardin kan monteres til.

Ellers anbefales følgende avbøtende tiltak, overvåking og dokumentasjon:

- Unngå utfylling i perioden april – juni (når ålegresset har minst høyde)
- Overvåking med turbiditetsloggere
- Dokumentasjon av ålegressengenes tilstand før og etter tiltaket

Det må utarbeides en overvåkingsplan med relevante grenseverdier for partikkelinnhold i vannsøylen i ålegressengene som skal overvåkes.

Det understrekes at vurderingene i denne rapporten er basert på enkle beregninger som bygger på antakelser ang. strøm, finstoffmengde og -fordeling. For mer nøyaktige beregninger må disse parameterne måles. Det er også mulig å bruke egne partikkelspredningsmodeller for å gi et bedre overslag over sedimentasjon og partikkelmengde i vannsøylen. Det anses imidlertid ikke som hensiktsmessig å benytte en slik modell uten et bedre datagrunnlag for strøm, partikkelmengde og -sammensetning.

► Innhold

1	Innledning	5
2	Prosjektbeskrivelse	6
3	Metodikk	8
3.1	Egenvekt og synkehastighet	8
3.2	Partikkelstørrelser og -sammensetning	10
3.3	Utslippsfluks	11
3.4	Partikkeltransport	11
4	Spredningsvurdering	15
4.1	Partikkelavsetning på sjøbunnen	15
4.2	Partikkelinnhold i vannsøylen	21
5	Vurdering av konsekvenser for naturverdier	22
6	Vurdering av avbøtende tiltak	28
7	Referanser	29

Vedlegg:

Vedlegg A: Materialdata for naturstein. Typiske verdier.

1 Innledning

Statens vegvesen skal bygge ny ferjepir med nødvendig infrastruktur på kaiområdene på land ved Sande og Nesvik, rv. 13 i Hjelmeland. De nye kaianleggene skal være ferdig bygget til neste ferjekontrakt innføres april 2021. Forventet oppstart av prosjektet er august 2019 og grunnarbeider i sjø antas å måtte utføres i perioden høst/tidlig vinter 2019. Det er usikkert om arbeidene er ferdigstilt før gyteperioden for torsk (februar – april 2020).

Norconsult er engasjert av Statens vegvesen for å bistå med utarbeidelse av grunnlag for søknad om tillatelse til tiltaket.

Dette dokumentet inneholder en overordnet vurdering av utfylling av sprengstein ved Sande mht. følgende:

- omfanget av spredning av partikler i vannsøylen
- omfanget av avsetning av masser på havbunnen

Dokumentet skal inngå som et vedlegg til foreliggende søknad om tillatelse til tiltak i sjø. Målet med vurderingene er å gi et svar på om finstoff i sprengstein som skal fylles ut ved Sande utgjør en risiko for nærliggende naturverdier og akvakultur.

Rapporten skal styrke Statens vegvesen og Fylkesmannen i Rogaland sitt grunnlag for å vurdere behov for avbøtende tiltak i forbindelse med utfyllingen.

Det understrekes at vurderingene i denne rapporten er basert på enkle beregninger som bygger på antakelser ang. strøm, finstoffmengde og -fordeling. For mer nøyaktige beregninger må disse parameterne måles.

2 Prosjektbeskrivelse

Det skal legges opp til doble ferjekaier både på Nesvik og Hjelmeland for tilrettelegging for lading og hydrogendrift, og for å ha tilfredsstillende sikkerhet. Utvidelse av eksisterende kaiområde med etablering av ny og større ferjepir ved Sande ferjekai, Hjelmeland, med nødvendig infrastruktur på kaiområdet på land medfører følgende tiltak i sjø:

- Utfylling direkte på stedlige masser uten massefortrengning.
- Mulig sprengning for stabilisering av fyllingsfot (HMS-tiltak).
- Plastring og sekundær plastring.
- Peling for etablering av ferjekaipir.

Det skal brukes overskuddsmasser av sprengstein fra Nesvik i utfyllingen, hvor det skal sprenges store mengder på vestsiden av kaiområdet, der dagens skjæring ligger i dag. Bergmassen i den største delen av kollen og bergskjæringen ved Nesvik består av grovkornet porfyrisk granitt, stedvis svakt deformert til øyegneis i lokale svakhetssoner. I den nordre enden av dagens bergskjæring er det observert noe mørkere, middelskornet granodiorittisk gneis.

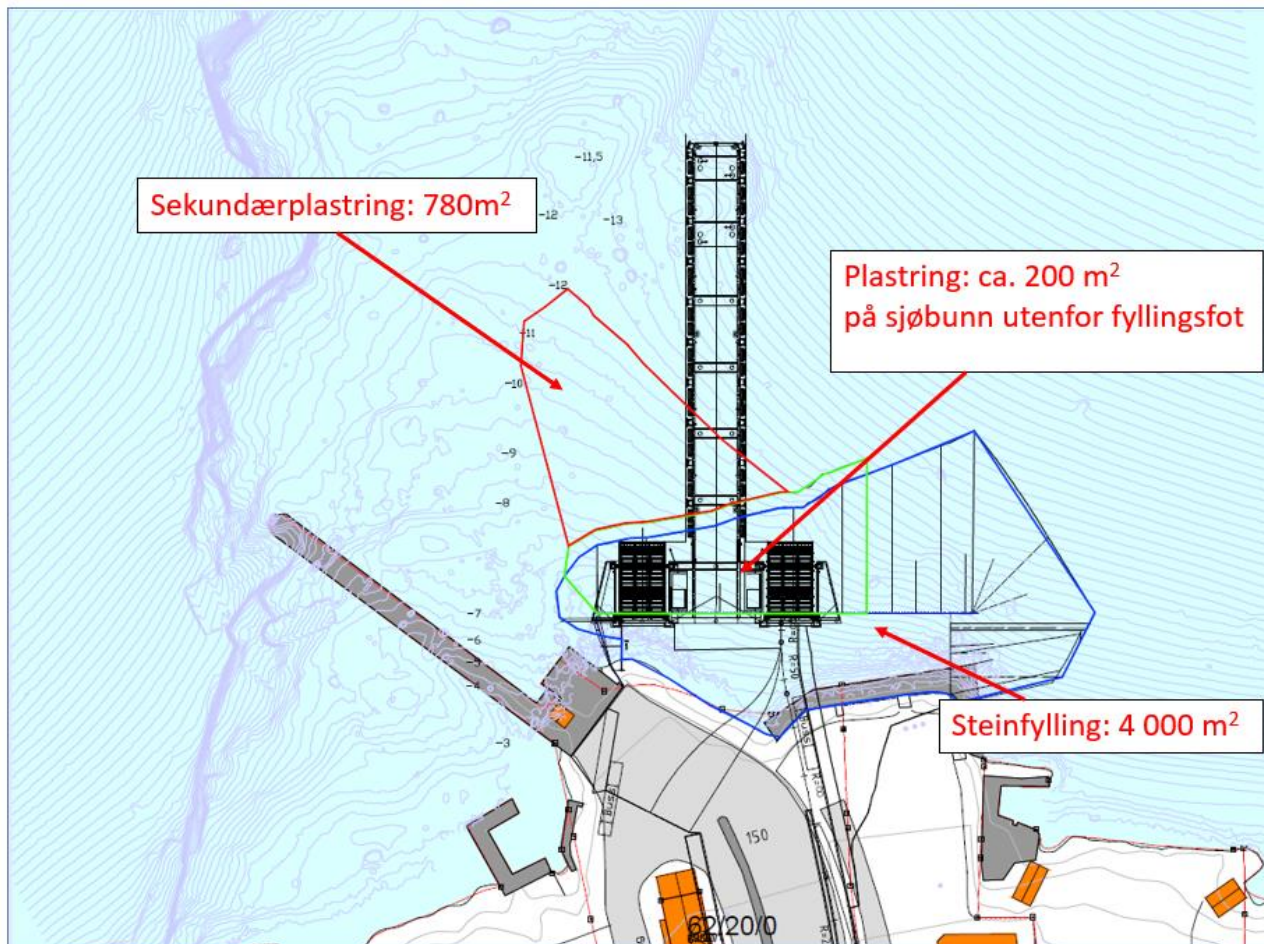
Det er i NGU sin database ikke registrert mineralforekomster i nærområdet, og det ble heller ikke observert sulfidmineraler i eksisterende bergblotninger og bergskjæringer. Porfyrranitten ved Nesvik regnes derfor ikke som en spesiell syredannende bergart.

Det er ikke tatt steinprøver fra bergmassen, men på bakgrunn av foreliggende informasjon er det antatt av Statens vegvesen sin ingeniørgeolog at sprengsteinsmassene vil ha et lavt innhold av finstoff.

Det skal benyttes elektroniske tennere for å redusere innhold av plast i sprengsteinsmassene og redusere spredning ved utfylling i sjø.

Totalt skal det fylles ut ca. 16 700 m³ stein. Utfylling opp til ca. kote -2,0 skal skje ved dumping fra lekter. Dette volumet utgjør ca. 13 000 m³. Statens vegvesen har antatt at hver lekte tar et lass på ca. 200 m³, og at det kan utføres ca 6 – 10 dropp per dag. Med denne utfyllingshastigheten vil utfyllingen foregå over en periode på 2-3 uker dersom den utføres sammenhengende. Øvrige masser skal fylles fra land og plasseres med gravemaskin.

En figur som viser omfanget av tiltaket er gitt i figur 1. For mer bakgrunnsinformasjon om tiltaksområdet henvises det til rapport 5187983-RIM01_J02.



Figur 1: Utdrag fra tegning V001 Rv. 13 Hjelmeland ferjekai, Sande. Ny ferjekai og oppstillingsplass. Plan, plastring. Areal innenfor blå linje viser utfyllingsområdet, arealet innenfor grønn linje viser plastring på sprengsteinsfylling og sjøbunn over armeringsduk og 0,5 m filterlag av grov grus og stein, areal innenfor rød linje viser sekundærplastring. Det bemerkes at tegningen avviker fra vedtatt reguleringsplan mht. en liten utstikker for småbåter. Alle tiltakene som skal gjøres i sjø er imidlertid uendret sammenlignet med reguleringsplanen.

3 Metodikk

3.1 Egenvekt og synkehastighet

Bergmassen i området hvor det skal tas ut sprengstein består hovedsakelig av granitt og gneis. På bakgrunn av generelle materialdata fra SINTEF (vedlegg A) er det antatt en gjennomsnittlig egenvekt på 2 700 kg/m³.

Stokes lov kan brukes for å beregne hvor raskt partikler synker i vann eller andre væsker iht. følgende formel (Wikipedia, 2018):

$$v = \frac{2R^2(\rho_s - \rho_w)g}{9\mu}$$

v	partikkelens synkehastighet i vann
R	partikkelens radius
ρ_s	partikkelens tetthet
ρ_w	væskens tetthet
μ	væskens dynamiske viskositet ($\mu = \nu\rho_w$, ν er kinematisk viskositet)

Sjøvannets tetthet og viskositet er avhengig av sjøvannets saltholdighet/salinitet, temperatur og trykk. Saliniteten i overflatelaget i vannsøylen er påvirket av ferskvannstilførsel fra de to elvene som munner ut hhv. 300 m vest og 700 m øst for tiltaksområdet, og vil kunne variere. Salinitet i vannsøylen i tiltaksområdet ble målt med CTD-sonde i ett punkt den 23. november 2018. Det er valgt å ta utgangspunkt i gjennomsnittlig målt salinitet i de øverste 8 m i tiltaksområdet ved beregning av sjøvannets tetthet. Gjennomsnittlig målt tetthet i de øverste 8 m utgjorde den 23. november 2019 ca. 31,75 psu. Dette gir en tetthet i sjøvann på ca. 1024,5 kg/m³ og en dynamisk viskositet på 1,370 x 10⁻³ kg/ms (1,37 centipoise) ved temperatur på 10 °C og 1 atmosfære trykk (Ettouny, 2002).

Stokes lov gir kun en grov tilnærming til synkehastigheten ettersom den gjelder for ideelle omgivelser. Det er ikke tatt hensyn til vannbevegelser og at partiklene ikke er kuleformede. Begge disse forholdene vil være med på å redusere synkehastigheten, spesielt for mindre/lettere partikler.

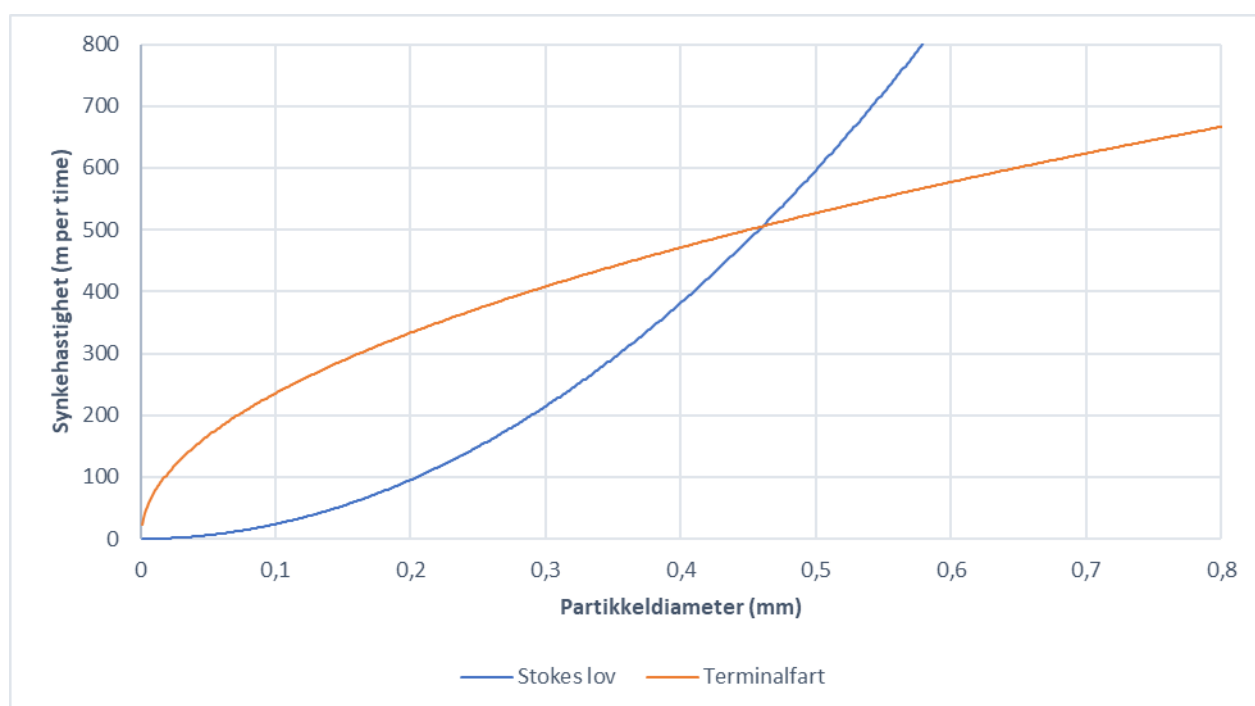
Når tyngdekraften som drar partiklene mot havbunnen balanseres av motstanden i vannet (oppdrift og viskositet), vil partikkelen oppnå en konstant, maksimal fart. Denne farten kalles terminalfarten (V_T) og kan beregnes ved følgende formel:

$$V_T = \sqrt{\frac{4gd}{3C_D} \times \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}}$$

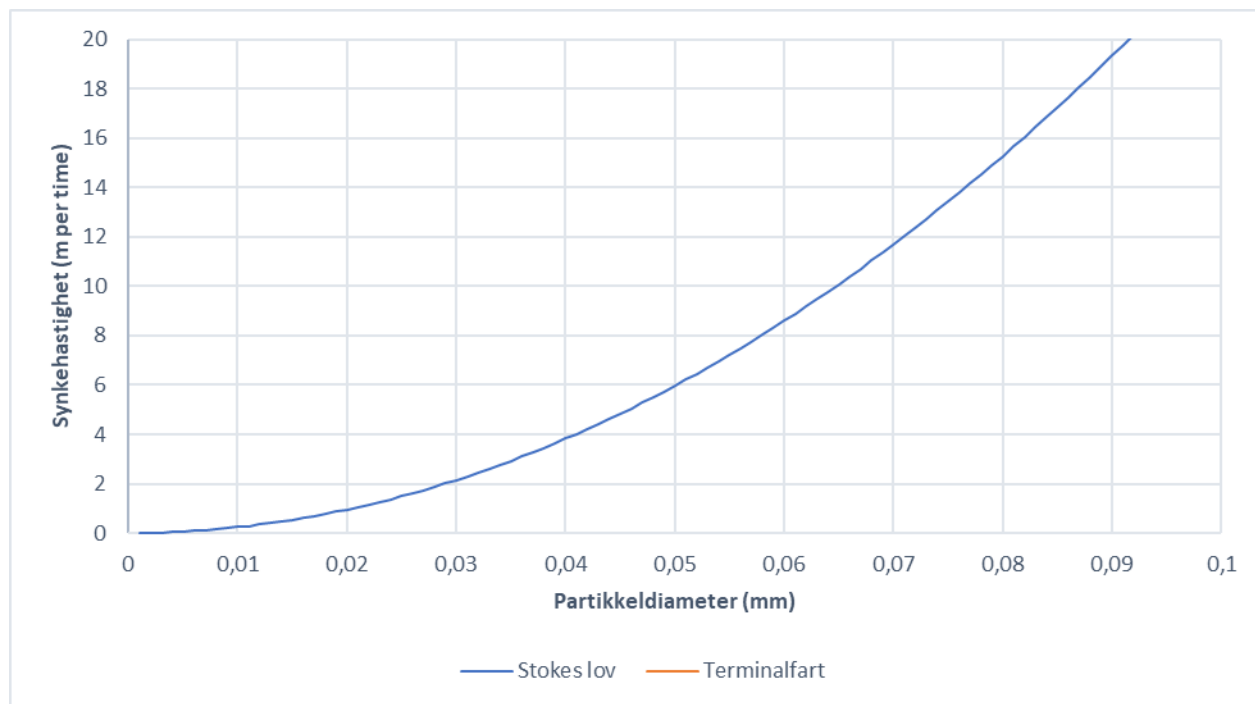
d	partikkeldiameter
V_T	terminalfart av partikkelen i vann
C_D	friksjonsdraget på partikkelen

Friksjonsdraget varierer fra 0-2, der en verdi nær 0 tilsvarer en partikkel neste uten motstand, og en verdi omtrent lik 1 eller mer tilsvarer en partikkel med mye motstand. Verdien 0,5 tilsvarer en kule med ujevn overflate og antas å representere nedknusning av granitt/gneis som er en hard bergartstype.

Figur 2 og figur 3 viser kurver for synkehastighet og terminalfart basert på foregående formler og inngangsparametere. Av figur 2 kan man se at terminalfarten først spiller inn på sedimenteringshastigheten for partikler større enn ca. 0,46 mm diameter, som tilsvarer en medium sand. Av figur 3 kan man se at partikler større enn 0,1 mm, som tilsvarer fin sand vil ha en sedimentasjonshastighet på over 20 m/t og ha et relativt lavt spredningspotensial. Partikler i størrelse leire og silt har imidlertid lave synkehastigheter < 8 m/time og vil kunne spres lenger fra tiltaksområdet.



Figur 2: Illustrasjon av sedimentasjonshastighet per time (blå linje) som funksjon av partikkelstørrelse (diameter i mm) iht. Stokes lov. Rød linje illustrerer maksimal sedimentasjonshastighet (terminalfart).



Figur 3: Illustrasjon av sedimentasjonshastighet per time (blå linje) som funksjon av partikkelstørrelse (diameter i mm) iht. Stokes lov. Denne figuren er den samme som Figur 2, men et mer detaljert utsnitt for små kornstørrelser i leir og siltfraksjon.

3.2 Partikkelstørrelser og -sammensetning

Resultatene av en kornfordelingsanalyse utført på masser fra prøvesprengning i en granittisk gneis¹ (Strømme, 1986) ble lagt til grunn for beregning av andel/mengde masser med partikkelstørrelse som er mindre enn 1,18 mm. Denne fraksjonen er viktig fordi det er disse massene som er tilgjengelig for spredning mens stein med større diameter vil være redeponert lokalt. Denne kornfordelingen viste at fraksjonen mindre enn 1,18 mm i diameter utgjorde 4,5 vektprosent av total mengde utsprengte masser. På bakgrunn av dette kan mengder finstoff i sprengstein fra Nesvik estimeres. Ved Sande skal det fylles ca. 13 700 m³ i sjø. Overføres fordelingen av finstoff i sprengsteinen fra prøvesprengning til dette prosjektet utgjør mengden finstoff, her definert som <1,18 mm, ca. 1449 tonn totalt.

En videre inndeling av partikkelstørrelse er viktig for å kunne modellere spredningsavstander for finstoffet. Gitt at de minste partiklene er de mest svevdyktige er det viktig å vite hvordan partikkelstørrelser er fordelt i finstoffet. Til dette er det valgt å bruke en kornfordelingsanalyse av en tilnærmet tilsvarende fraksjon (sand) i tunnel-subb fra Hekni kraftverk (Bjerknes et al, 1995) for å beregne mengdene finstoff i ulike størrelsesfraksjoner. Estimerte mengder finstoff i ulike kornstørrelsesfraksjoner er vist i tabell 1.

¹ Utført av NGI i forbindelse med Vetlefjordutbyggingen i Sogn og fjordane. Steintypen ansees å være representativ for berggrunnen på Nesvik.

Tabell 1: Antatt kornfordeling av 1449 tonn finstoff fra utsprengte masser av granitt og gneis fra Nesvik basert på Bjerknæs et al. (1995).

Inndeling	Kornstørrelse (mm)	Vektprosent	Omregnet til vekt (tonn) ved masser fra Nesvik
Silt	<0,063	28	406
Finsand	0,063 – 0,125	17	246
	0,125-0,25	18	261
Mellomsand	0,25-0,50	22	319
Grovsand	0,50-1,0	15	217
	Sum	100	1449

3.3 Utslippsfluks

Totalt skal det fylles ut ca. 16 700 m³ stein, tilsvarende ca. 13 300 tonn.

Utfylling til opptil ca. kote -2,0 skal skje ved dumping fra lekter. Dette volumet utgjør ca. 13 000 m³, tilsvarende ca. 23 400 tonn. Statens vegvesen har antatt at hver lekte tar et lass på ca. 200 m³, og at det kan utføres ca 6 – 10 dropp per dag. Dersom man antar at hver arbeidsdag varer 12 timer, utgjør dette en fluks sprengstein på 2 160 til 3 600 tonn per dag, 180 - 300 tonn per time, 50 - 83 kg/s.

Øvrige masser skal fylles fra land og plasseres med gravemaskin. Det er antatt at fylling i sjø fra kote -2 til kote 0 utgjør ca. 3 700 m³, tilsvarende ca. 6 660 tonn. Man kan anta en utfyllingshastighet på 700 m³/dag.

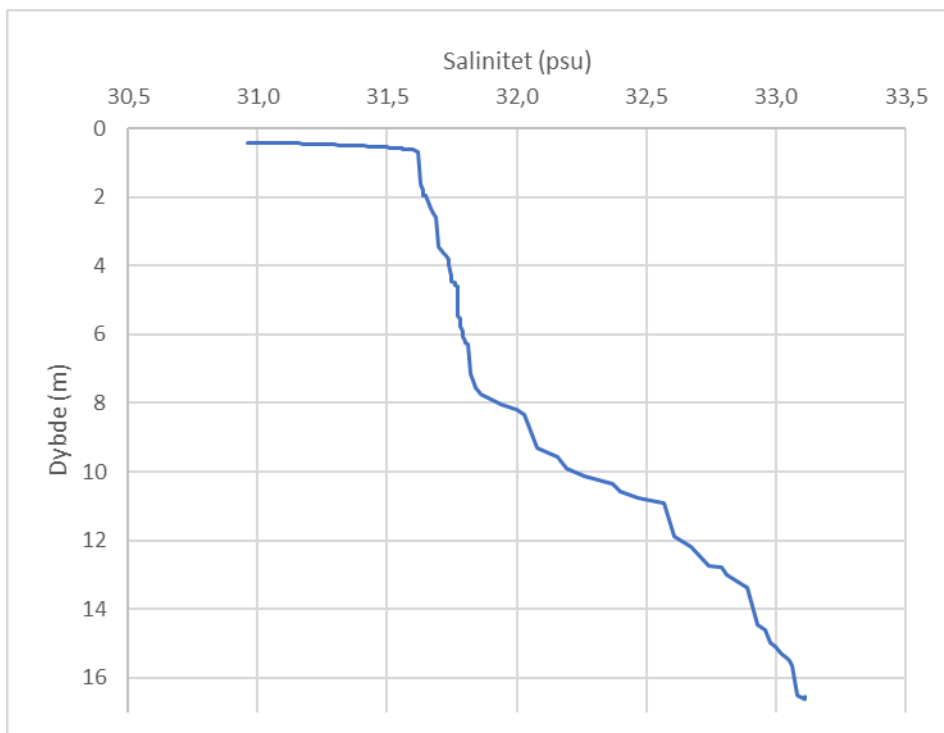
Finstoff fra fyllingen over sjønivå antas å ha lavt spredningspotensial sammenlignet med fylling i sjø og er ikke inkludert i beregningene.

På bakgrunn av dette kan det antas at utfylling med lekter vil kunne gi de høyeste partikkelkonsentrasjonene i vann. Ved beregning av påvirkning på vannsøylen er det derfor valgt å ta utgangspunkt i utfylling med lekter. Ved beregning av total belastning av sedimentasjon på sjøbunnen er det tatt hensyn til både utfylling med lekter og fra land.

3.4 Partikkeltransport

Sjødybden i tiltaksområdet ved Sande kai varierer fra ca. kote -0,5 til -18,5. Tiltaksområde er delvis avgrenset mot vest av en undervanns «rygg». Tiltaksområdet har et fall på 0,21 m/m fra denne «ryggen» mot nord-øst.

Vannsøylen i fjordsystemer kan deles inn i ulike lag som oppstår på bakgrunn av tetthetsforskjeller. Tetthetsforskjellene kan skyldes ulik saltholdighet, trykk og temperatur. I ulike lag i vannsøylen kan vannbevegelsene variere både med hensyn til strømstyrke og retning. Det ble gjennomført en salinitetsmåling i tiltaksområdet ved Sande i desember 2018. Resultatet fra målingen er vist i figur 4. Målingene antyder et tynt (ca. 0,5 m) ferskvannslag øverst i vannsøylen. Dette kan forventes å være tykkere i årstider med mer vanntilførsel til elvene som renner ut i Hjelmelandsvågen. Ellers er det også antydning til en sjiktning i vannmassene ved ca. 8 m.



Figur 4: Salinitet i tiltaksområdet målt under prøvetaking av sediment xx. november 2018.

Strømmene i fjordene er sterkest og varierer mest i de øverste 10 - 20 m av vannsøylen. Ved siden av topografiske forhold er strømmene bestemt av ferskvannstilførsel, vind, tidevann og vannutvekslingen med kystvannet. I trange innløp, over terskler og i smale sund er det ofte sterkest tidevannsstrøm, mens periodevis høye strømhastigheter i de åpne delene av fjordene og indre kystområder som oftest er forårsaket av lokal vind (Havforskningsinstituttet.no, Fjorder – vannutskifting og strøm).

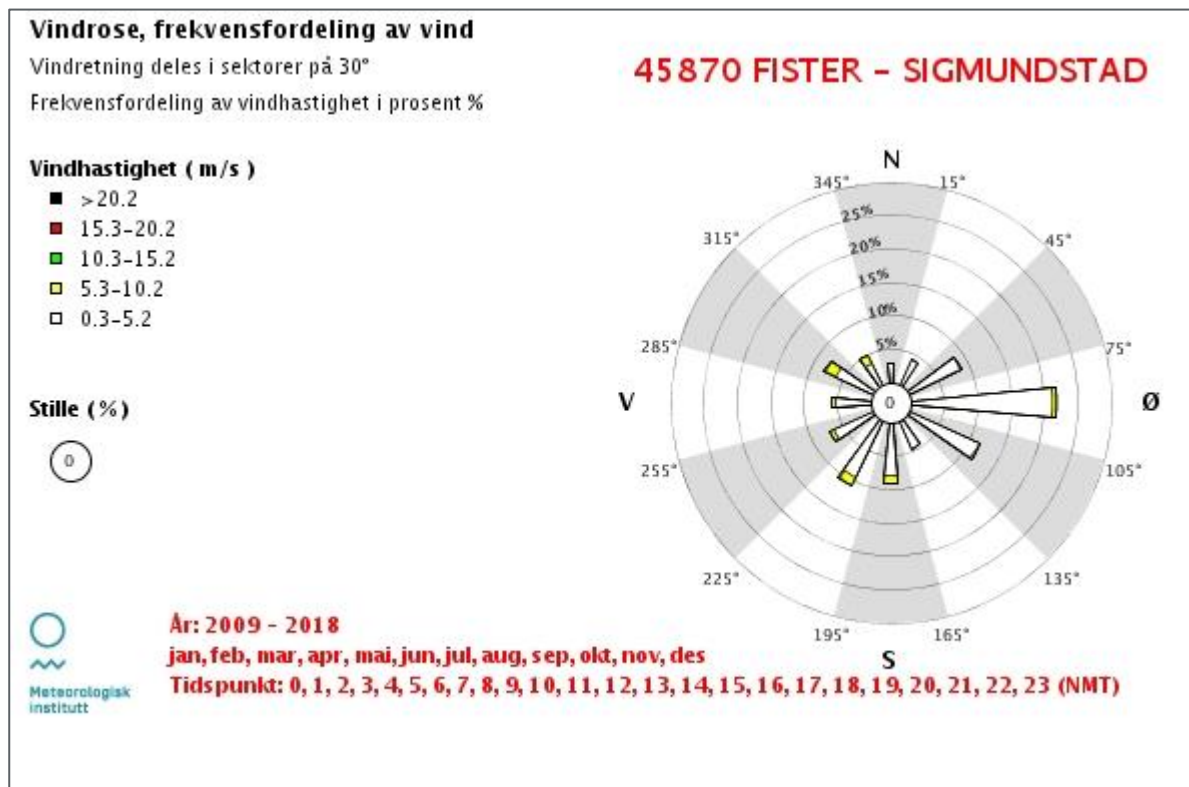
Det er ikke foretatt målinger av strømhastighet og -retning i tiltaksområdet.

Det kan antas at hovedretning for strømmen utenfor Hjelmelandsvågen vil være styrt av lengderetningen på fjordene Jøsenfjorden – Garsundfjorden/Fisterfjorden (nordøst-sørvest-retning). Det er lite sannsynlig at transport av partikler fra tiltaksområdet vil kunne skje på tvers av lengderetningen til disse fjordene og over til Ombofjorden.

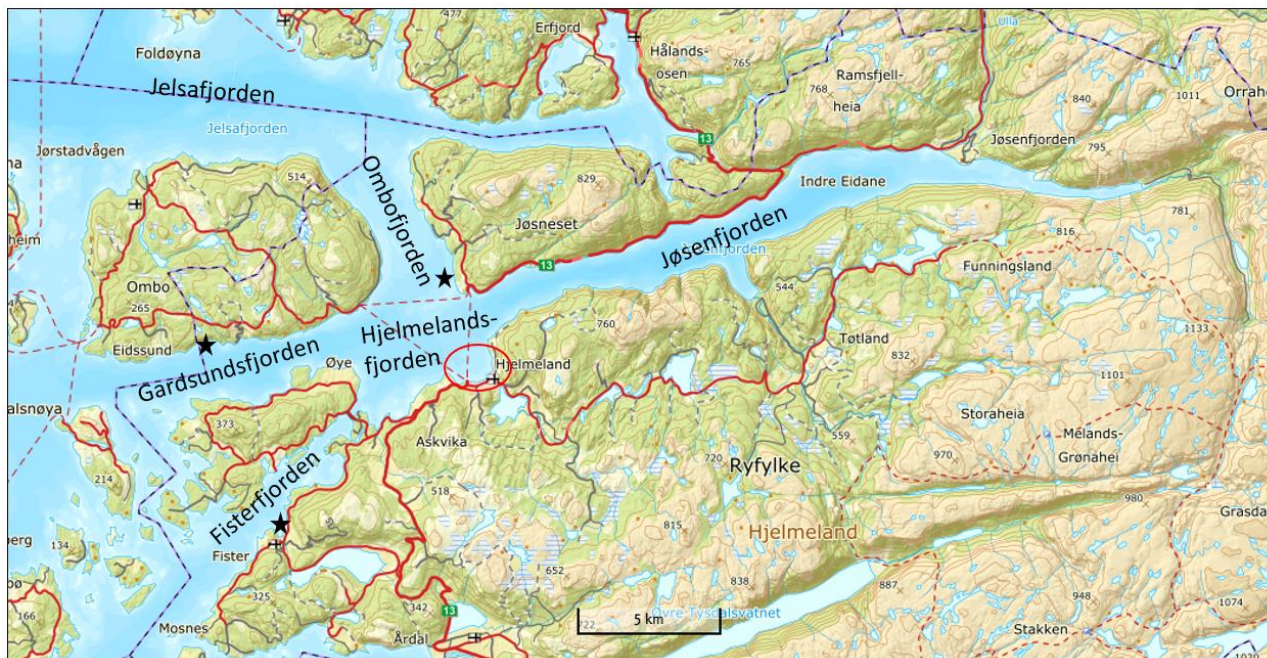
Inne i Hjelmelandsfjorden er det vanskeligere å si noe om strømrretning uten strømmålinger. Det er usikkert om strømrretningen er dominert av vind, tidevann eller utadgående ferskvann fra elvene. Det er også usikkert om strømmen er langsgående langs land. Vindroser fra nærmeste værstasjon (45870 Fister-Sigmundstad) viser at dominerende vindretning er mot øst (42 % av tiden) (figur 5).

Det er funnet noen tidligere strømmålinger fra stasjoner i nærområdet til tiltaksområdet. Stasjonene er vist med svart stjerne i figur 6 og måleresultatene fra de øverste 15 m er oppsummert i tabell 2.

Hjelmelandsvågen ligger noe skjermet med en bredere fjord like nord enn Ombofjorden, Garsundfjorden og Fisterfjorden. Av disse målestasjonene anses strømhastigheter i Fisterlågen å være mest representativ for den umiddelbare spredningen ut fra tiltaksområdet. Det forventes også noe lavere strømhastigheter utenfor Hjelmelandsvågen enn det som er målt i Garsundfjorden og Ombøyfjorden, ettersom disse fjordene er trangere.



Figur 5: Vindrose for stasjonen Fister Sigmundstad i Hjelmeland kommune. Vindrosen er basert på data fra 2009 – 2018. Kilde: eklime.no.



Figur 6: Oversiktskart som viser fjordsystemet nær tiltaksområdet og stasjoner med strømmålinger (svarte stjerner). Hjelmelandsvågen er vist med rød sirkel. Kilde: Norgeskart.no

Tabell 2: Oppsummering av resultater fra måling av strøm i nærrområder

Parameter	Fistervågen	Langavika	Fosså nord	Fosså sør
Dato	24/3-22/4 2009	18/6-16/7-2014	30/1-7/3 2014	7/3-7/4 2014
Kilde	(Rådgivende biologer, 2009)	(NOOMAS AS, 2014)	(Rådgivende biologer, 2014)	
Strøm 2 m dyp	1,9 cm/s / 10,6 cm/s	Ikke målinger	Ikke målinger	Ikke målinger
Strøm 5 m dyp	Ikke målinger	6,8 cm/s / 38,8 cm/s	6,0 cm/s / 47,8 cm/s	5,6 cm/s / 52,8 cm/s
Strøm 10 m dyp	1,4 cm/s	Ikke målinger	Ikke målinger	Ikke målinger
Strøm 15 m dyp	Ikke målinger	4,4 cm/s / 28,4 cm/s	3,9 cm/s / 36,0 cm/s	6,7 cm/s / 52,0 cm/s

4 Spredningsvurdering

Følgende to effekter av tilførsel av finstoff ved utfylling med sprengstein i sjø er vurdert:

- Avsetning av finstoff på sjøbunnen.
- Suspenderte partikler i vannsøylen

Omfanget av disse to effektene er vurdert i påfølgende kapitler.

4.1 Partikkelavsetning på sjøbunnen

Det er valgt å ta utgangspunkt i to spredningsscenarioer:

1: Spredning fra tiltaksområdet langs land (vest – øst retning)

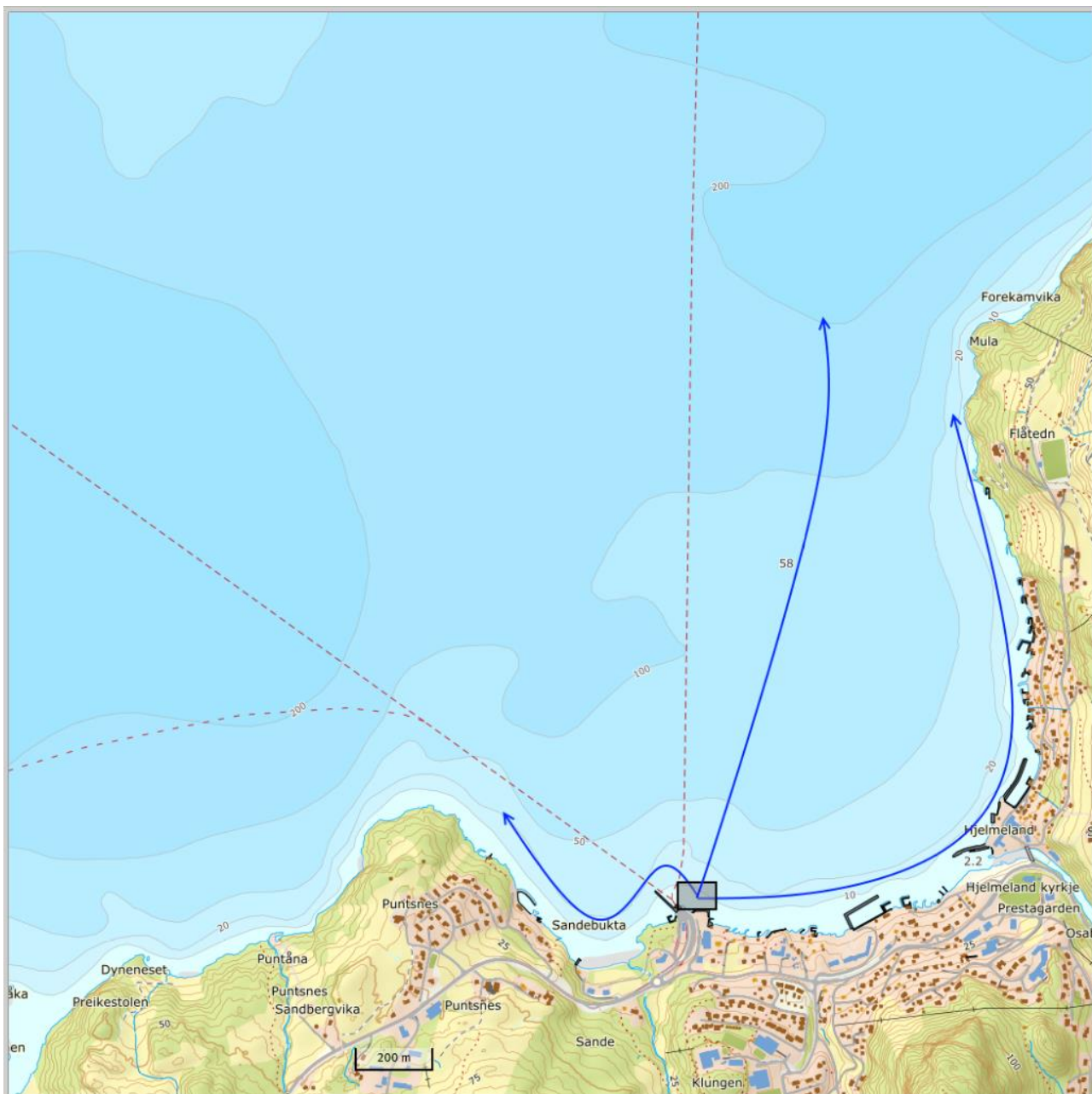
2: Spredning fra tiltaksområdet mot nord/nord-øst (som vist med blå pil i figur 7).

Generelt forventes det at tykkelsen av avsatte masser avtar som funksjon av avstand fra tiltaksområdet. De største kornstørrelsene vil sedimentere nær tiltaksområdet. Kornstørrelser i silt og leirefraksjonen vil kunne spres langt. Tykkelsen av avsatte masser vil være størst i strømmens hovedretning og i groper og forsengkninger på sjøbunnen. I mer strømtsatte partier på havbunnen vil tykkelsen bli mindre.

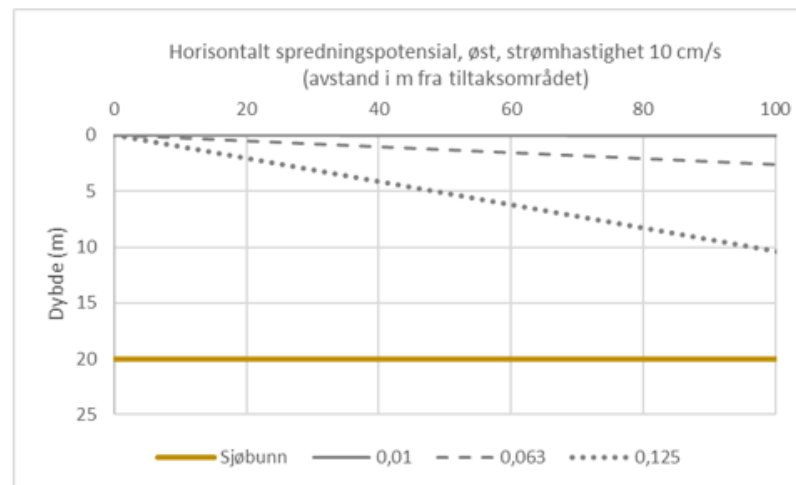
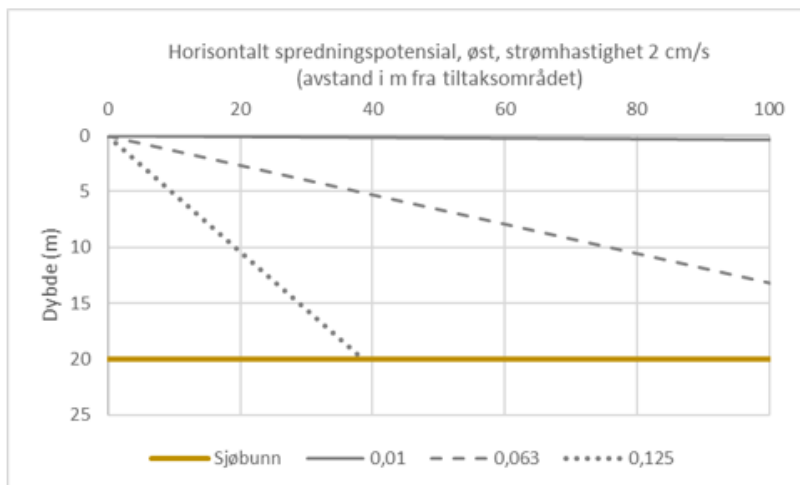
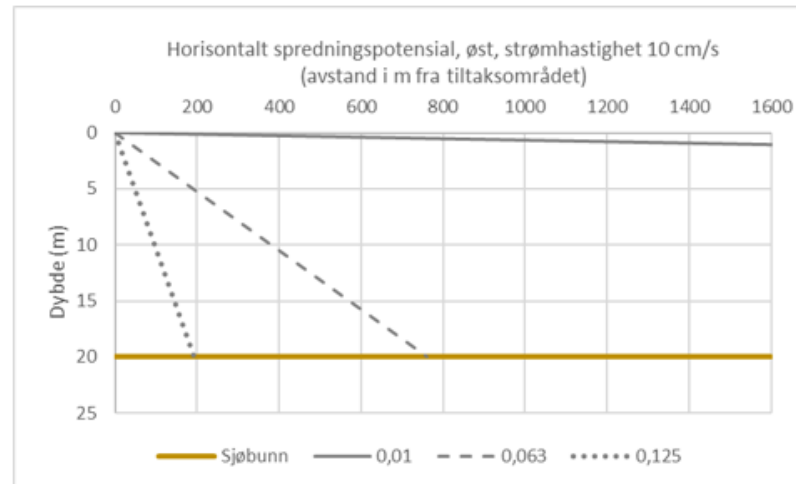
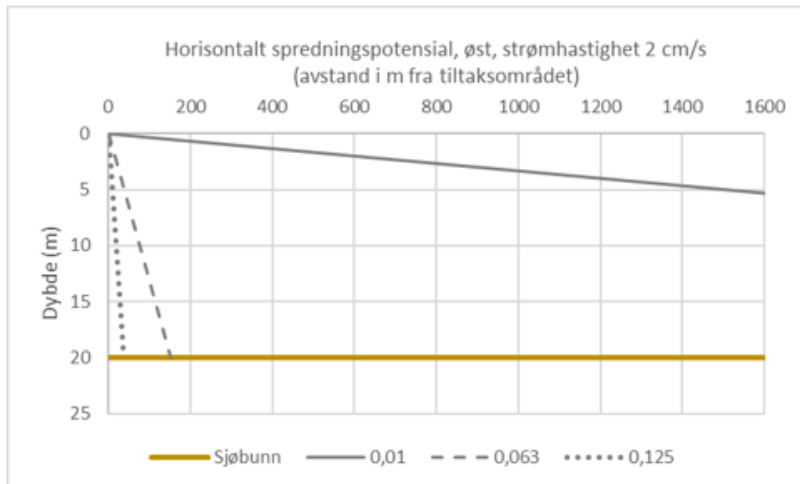
Strømhastighet i området er ukjent, men basert på andre strømndata fra området er det valgt å ta utgangspunkt i en gjennomsnittlig strømhastighet på 2 cm/s og en maksimal strømhastighet på 10 cm/s.

Ved beregning av horisontalt spredningspotensial av partikler langs land i Hjelmelandsvågen er det tatt utgangspunkt i en jevn sjødybde på 20 m og sedimentasjonshastigheter som beregnet i kapittel 3.1. Resultatet fra beregningene er fremstilt i figur 8. Basert på et utslipp i vannoverflaten er det beregnet i hvilket dyp 3 ulike partikkelstørrelser (0,01 mm, 0,063 mm og 0,125 mm) vil befinne seg som funksjon av avstand fra utslippspunktet. Den brune linjen i diagrammene angir sjøbunnen. Når linjene for de ulike partikkelstørrelsene krysser denne angir krysningspunktet hvor langt unna utslippspunktet aktuell partikkelstørrelse vil sedimentere. Figuren viser at det kun er partikler i leir- og siltfraksjonen (< 0,063 mm) som har potensiale for betydelig spredning ut fra tiltaksområdet ved strømhastighet på 2 cm/s. Ved strømhastighet på 10 cm/s vil også finsand (0,063 - 0,125 mm) kunne spres noe ut av tiltaksområdet (inntil 200 m).

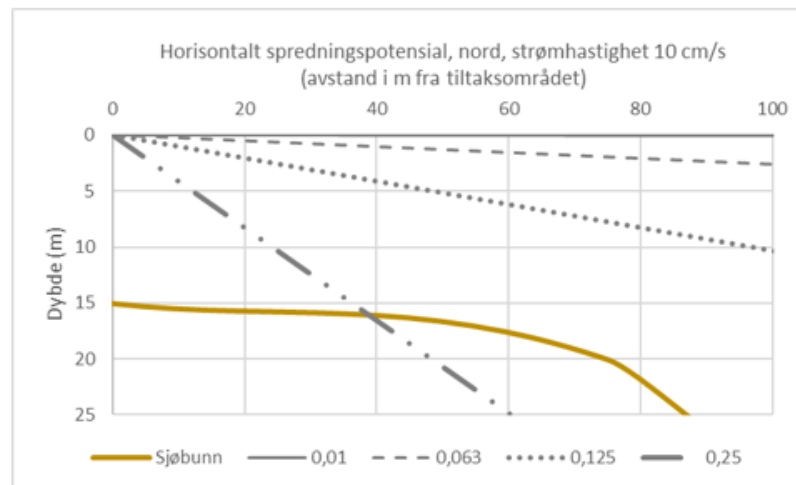
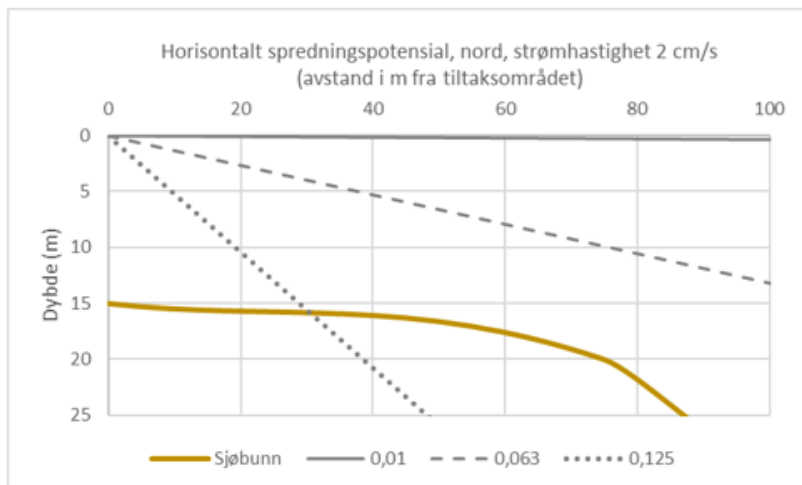
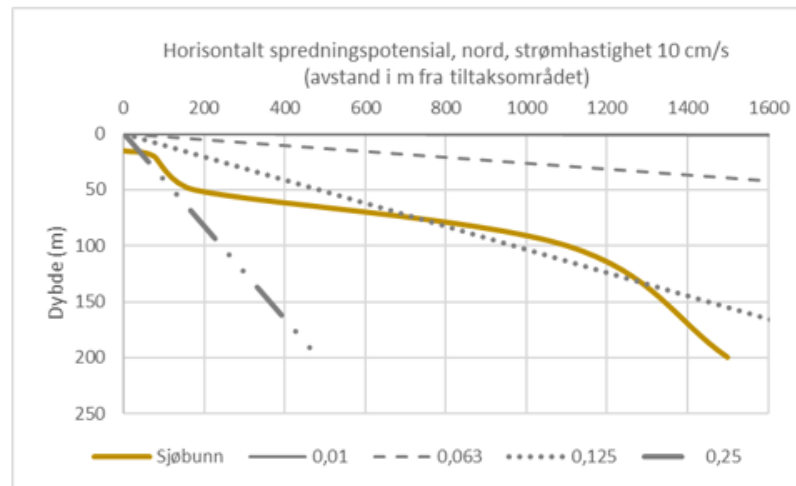
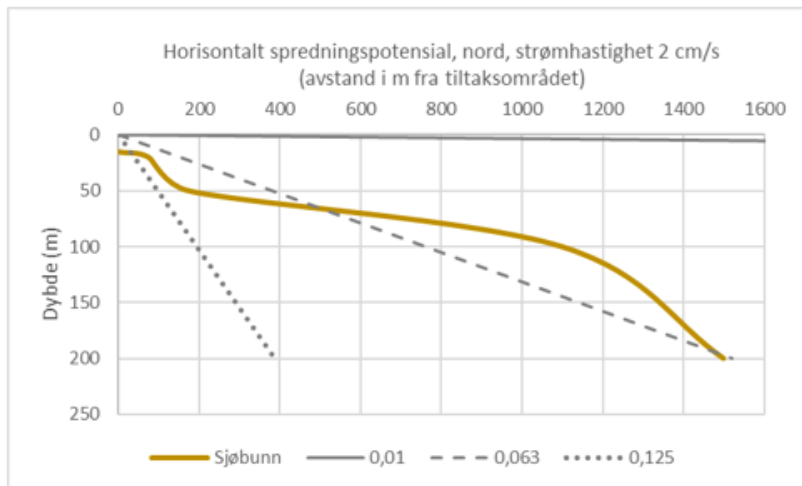
Ved beregning av horisontalt spredningspotensial av partikler ut fra Hjelmelandsvågen (mot nord) er det tatt utgangspunkt i dybdekonter langs en linje som vist på figur 7 og sedimentasjonshastigheter som beregnet i kapittel 3.1. Resultatet fra beregningene er fremstilt i figur 9. Basert på et utslipp i vannoverflaten er det beregnet i hvilket dyp 4 ulike partikkelstørrelser (0,01 mm, 0,063 mm, 0,125 mm og 0,25 mm) vil befinne seg som funksjon av avstand fra utslippspunktet. Figuren viser at det kun er partikler i leir- og siltfraksjonen (< 0,063 mm) som har potensiale for betydelig spredning ut fra tiltaksområdet ved strømhastighet på 2 cm/s. Ved strømhastighet på 10 cm/s vil også finsand (0,063 - 0,125 mm) kunne spres noe ut av tiltaksområdet (inntil 750 m).



Figur 7: Profil for spredning av partikler som er vurdert i figur 8 og figur 8. Bakgrunnskart fra Norgeskart.no. Tiltaksområdet er angitt med grått rektangel.



Figur 8: Horisontalt spredningspotensial langs land, ved strømhastighet hhv. 2 cm/s og 10 cm/s.



Figur 9: Horisontalt spredningspotensial langs profil vist i figur 7, ved strømhastighet hhv. 2 cm/s og 10 cm/s.

For å vurdere mengden sedimenter som vil avsettes i de ulike avstandene fra tiltaksområdet er massene delt inn i følgende fraksjoner:

- Leire og finsilt (<0,01 mm)
- Mellom- og grovsilt (0,01 – 0,063 mm)
- Finsand (0,063 mm – 0,125 mm)
- Finsand (0,125 mm – 0,25 mm)
- Mellomsand og grovere (>0,25 mm)

Videre er det antatt følgende forenklinger:

- at mengden finstoff <1,18 mm utgjør 4,5 vektprosent av total mengde sprengstein
- at fordelingen av finstoff er som i tabell 1, men at kornstørrelser <0,01 mm utgjør 1/6 av fraksjonen <0,063 mm og at denne fraksjonen holdes i kontinuerlig suspensjon
- at alt materiale innenfor to gitte kornstørrelser sedimenterer innenfor den beregnede sedimentasjonsavstanden for henholdsvis den største og minste kornstørrelsen i intervallet
- at tettheten til sedimentert materiale vil være ca. 1 300 kg/m³
- at strømmen følger en rett linje ut fra tiltaksområdet og at sedimentasjonen skjer i et areal tilnærmet lik ¼ av arealet til en sirkel, der radiusen i sirkelen er lik horisontalt spredningspotensial som vist i figur 8 og figur 9.

Tykkelsen av ny sjøbunn er funnet ved å dele volumet masser i de ulike fraksjonene på arealet av ¼ sirkel med radius lik minste og største spredningspotensial for aktuelt kornstørrelsesintervall. Dette gir et inntrykk av størrelsesordenen på tykkelsen av materiale som kan sedimenteres innenfor aktuelt areal.

Beregninger av gjennomsnittlig tykkelse på sedimentert materiale i ulike avstander fra tiltaksområdet ved to ulike strømsituasjoner er gitt i tabell 3 og tabell 4 for strømrretning mot nord og i tabell 5 og tabell 6 for strømrretning langs land (vest-øst).

Tabell 3: Oversikt over overslagsberegninger av akkumulering av sediment ved strømrretning nord, og strømrstyrke 2 cm/s.

Kornstørrelse (mm)	Mengde (t)	Horisontalt spredningspotensial (m)		Spredningsareal (m ²)	Volum etter sedimentering (m ³)	Gjennomsnittlig tykkelse ny sjøbunn (mm)	Kumulativ tykkelse ny sjøbunn (mm)
		Minste	Største				
<0,01	68	6033	-	-	-	-	
0,01-0,063	338	500	6033	28585364	260	0,009	0,009
0,063-0,125	246	39	500	196344	190	0,97	0,97
0,125-0,25	261	10	39	1195	201	168	169
>0,25	319	3	10	79	245	3123	3292
>0,5	217	2	3	7	167	23659	26951

Tabell 4: Oversikt over overslagsberegninger av akkumulering av sediment ved strømreretning nord, og strømstyrke 10 cm/s.

Kornstørrelse (mm)	Mengde (t)	Horisontalt spredningspotensial (m)		Spredningsareal (m ²)	Volum etter sedimentering (m ³)	Gjennomsnittlig tykkelse ny sjøbunn (mm)	Kumulativ tykkelse ny sjøbunn (mm)
		Minste	Største				
<0,01	68	30166	-	-	-	-	
0,01-0,063	338	760	30166	714681477	260	0,0004	0,0004
0,063-0,125	246	193	760	453633	190	0,4	0,4
0,125-0,25	261	48	193	29254	201	6,9	7,3
>0,25	319	14	48	1810	245	136	143
>0,5	217	10	14	154	167	1086	1229

Tabell 5: Oversikt over overslagsberegninger av akkumulering av sediment ved strømreretning øst, og strømstyrke 2 cm/s.

Kornstørrelse (mm)	Mengde (t)	Horisontalt spredningspotensial (m)		Spredningsareal (m ²)	Volum etter sedimentering (m ³)	Gjennomsnittlig tykkelse ny sjøbunn (mm)	Kumulativ tykkelse ny sjøbunn (mm)
		Minste	Største				
<0,01	68	6033	-	-	-	-	
0,01-0,063	338	152	6033	28585364	260	0,009	0,009
0,063-0,125	246	39	152	18145	190	10	10
0,125-0,25	261	10	39	1195	201	168	178
>0,25	319	3	10	79	245	3123	3301
>0,5	217	2	3	7	167	23659	26960

Tabell 6: Oversikt over overslagsberegninger av akkumulering av sediment ved strømreretning øst, og strømstyrke 10 cm/s.

Kornstørrelse (mm)	Mengde (t)	Horisontalt spredningspotensial (m)		Spredningsareal (m ²)	Volum etter sedimentering (m ³)	Gjennomsnittlig tykkelse ny sjøbunn (mm)	Kumulativ tykkelse ny sjøbunn (mm)
		Minste	Største				
<0,01	68	30166	-	-	-	-	
0,01-0,063	338	760	30166	714681477	260	0,00036	0,00036
0,063-0,125	246	193	760	453633	190	0,4	0,4
0,125-0,25	261	48	193	29254	201	6,9	7,3
0,25-0,5	319	14	48	1810	245	136	143
>0,5	217	10	14	154	167	1086	1229

4.2 Partikkelinnhold i vannsøylen

Utfyllingsområdet er grovt anslått å være ca. 100 m bredt og 100 m langt og i gjennomsnitt 10 m dypt. Dette gir et vannvolum i utfyllingsområdet på 10 000 m³.

Gjennomsnittlig strømhastighet er antatt å være 2 cm/s og maksimal strømhastighet 10 cm/s. Hvor stort vannvolum med «nytt» vann som passerer tiltaksområdet per døgn kan beregnes fra tverrsnittet til tiltaksområdet (100 m x 10 m) og strømhastigheten (2 – 10 cm/s). Dette volumet utgjør 1,7 - 4,3 millioner m³ per døgn. Tidevann kan gjøre at noe vann føres tilbake igjen til tiltaksområdet. Det er valgt å ta høyde for dette ved å redusere vannvolumet «nytt» vann med 50 %. I løpet av ett døgn blir det da et samlet volum på 860 000 – 2 160 000 m³ «nytt» vann å slippe ut sprengsteinen i.

Det er tatt utgangspunkt i at det tilføres masser tilsvarende 6 lekerlass, altså 1 200 m³ eller 2 160 tonn sprengstein per dag. Av disse massene utgjør finstoff ca. 4,5 vektprosent, og finstoff med potensiale for lenger opphold i vannsøylen (leire og silt med synkehastighet mindre enn 10 m/t) ca. 28 vektprosent av dette igjen. Dette tilsvarer en mengde på 27 tonn. Ved å fordele denne mengden på utskiftingsvolumet kan det estimeres partikkelkonsentrasjoner i tiltaksområdet på 13 – 32 mg/l. Ved tilføring av 10 lekerlass per dag er estimerte partikkelkonsentrasjoner 21 - 52 mg/l.

Den umiddelbare fortynningen av partikler ved dumping av masser i vann er høy grunnet påvirkning av tyngde, fart og turbulens som følge av dumpeoperasjonen. Videre spredning utenfor tiltaksområdet styrt av naturlig turbulens i sjøen vil være mindre. For å beregne hvilke konsentrasjoner man kan forvente videre ut av tiltaksområdet er det gjort en enkel simulering med far-field-modulen til utslipps- og fortynningsmodellen Visual Plumes (Frick m.fl., 2001). I denne simuleringen er det tatt utgangspunkt i et punktutslipp på størrelse med en leker (30 m x 5 m), en konsentrasjon tilsvarende umiddelbar fortykning i vannsøylen under lekteren (42 - 104 mg/l) og en utslippshastighet tilsvarende vannutskiftingen i samme volum (3 – 7,5 m³/s). Dette gir en fortynningsgrad på ca. 30 ganger etter 500 m og 80 ganger etter 1 km for et utslipp ved strømstyrke 2,0 cm/s og en fortynningsgrad på hhv. 9 og 18 ganger for samme avstander ved et utslipp ved strømstyrke 10 cm/s. Estimert partikkelkonsentrasjon i vannsøylen blir da i størrelsesorden 3 – 5 mg/l 500 m fra tiltaksområdet og 1 – 2 mg/l 1 km fra tiltaksområdet.

Beregningene anses å være konservative med hensyn til at de forutsetter at 100 % av finstoffet vil vaskes ut under fylling og at samtlige masser i leire og siltfraksjonen holdes i kontinuerlig suspensjon.

Samtidig forutsetter beregningene en kontinuerlig tilførsel av partikler, mens tilførselen i virkeligheten vil komme som pulser. Det vil sannsynligvis forekomme kortvarige perioder med høyere partikkelinnhold i vannsøylen nær tiltaksområdet.

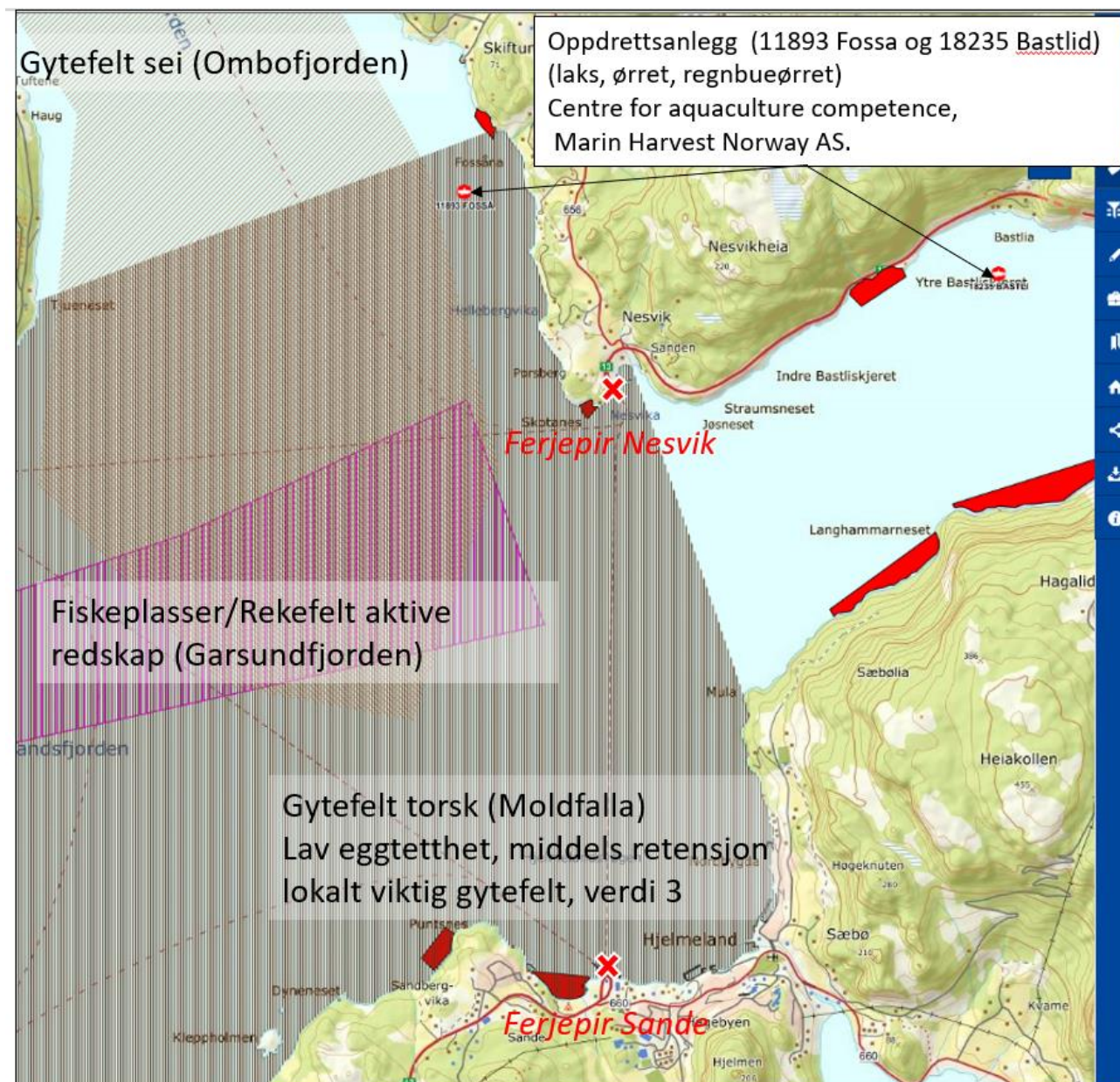
5 Vurdering av konsekvenser for naturverdier

Det er registrert følgende naturverdier og brukerinteresser som kan påvirkes av utfyllingen ved Sande:

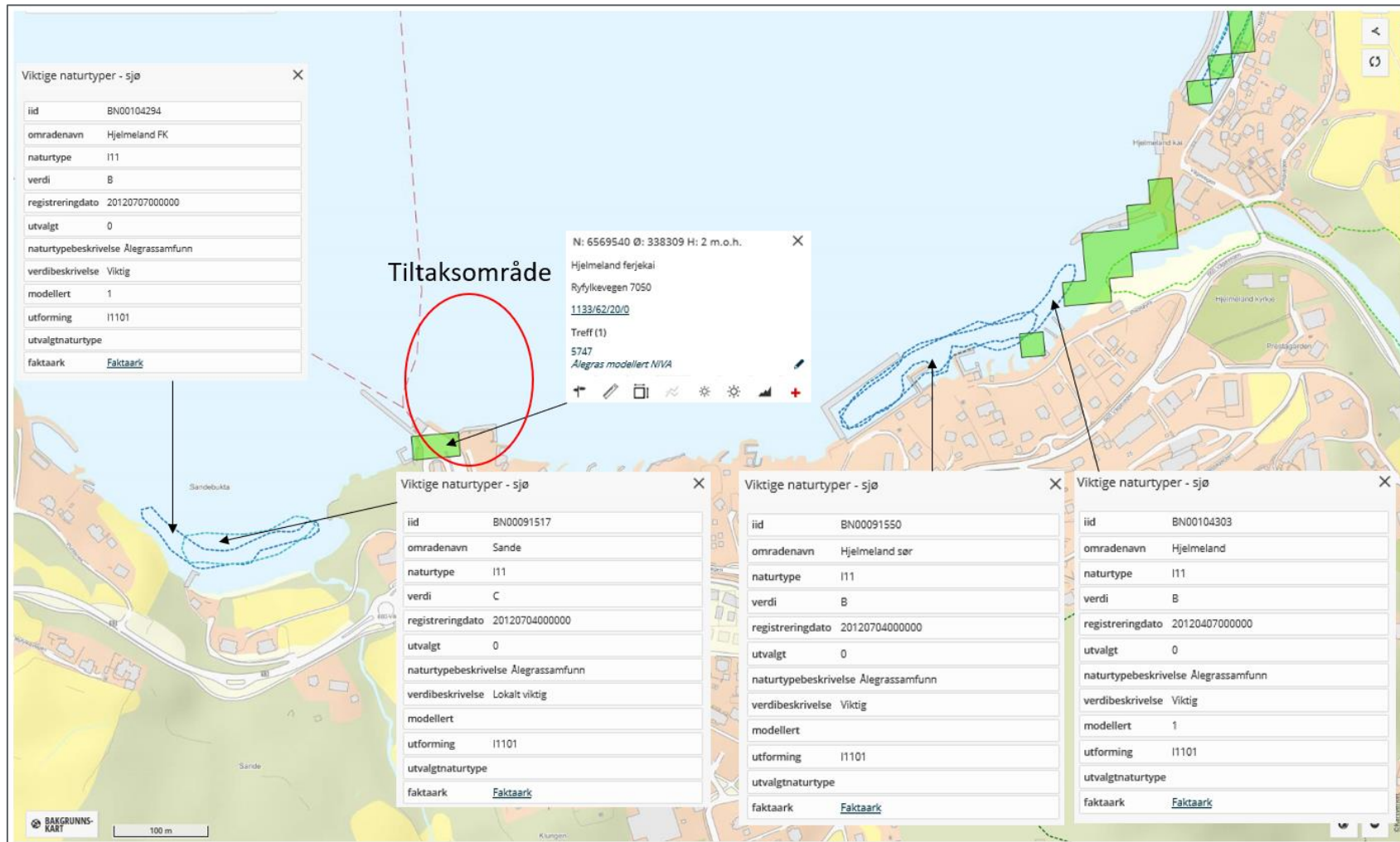
- Ålegress
- Gyteområder for torsk og sei
- Forvaltningsområde for laks
- Oppvekstområde ål
- Teiner
- Badestrender
- Mulig beiteområde sjøpattedyr
- Potensial for forekomst av kamskjell/sandskjell
- Hjelmelandsåna - smoltutvandring
- Oppdrettsanlegg (Fosså og Bastlid)

Det er grunn til å anta at det kan være nærliggende marine naturtyper av verdi som ikke er tilstrekkelig kartlagt. På bakgrunn av dette skal det gjøres en supplerende kartlegging for å vurdere ev. ikke-kartlagte forekomster av ålegress og kamskjell/sandskjell, samt kartlegge tilstanden på tilgrensende tareskog ved Nesvik og ålegress ved både Nesvik og Sande i juni 2019.

De kjente naturverdiene og brukerinteressenes beliggenhet i forhold til tiltaksområdet er vist i figur 10 og figur 11. Påvirkning på badestranda er ikke vurdert da tiltaket er planlagt utenfor badesesongen.



Figur 10: Oversikt over nærliggende marine brukerinteresser og gyteområder.



Figur 11: Oversikt over nærliggende naturverdier.

Tabell 7 viser en sammenstilling av naturverdienes avstand fra tiltaket og hvilken sedimentasjon og partikkelkonsentrasjon i vannsøylen som er beregnet ved gitt avstand. I tabellen er det valgt å inkludere forvaltningsområde for laks, oppvekstområde for ål og beiteområder for sjøpattedyr i ålegressforekomster, ettersom dette utgjør et funksjonsområde for disse og dermed er overlappende.

Tabell 7: Sammenligning av naturverdier og brukerinteresser med beregnet påvirkning av finstoff fra utfylling med sprengstein ved Sande. Intervallet dekker strømstyrker på 2 og 10 cm.

Naturverdi	Avstand fra tiltaket	Sedimentasjon (størrelsesorden)	Partikkelkonsentrasjon i vannsøylen	Veiledende grenseverdi
Ålegress Sandebukta	200-360 m vest	0,1 – 10 mm	5 – 8 mg/l	50 mm ¹
Ålegress småbåthavn (modellert)	70 m sør-vest	Ca. 10 mm	10 – 20 mg/l	50 mm ¹
Ålegress ved utløp Hjelmelandsåna	380 – 740 m øst	0,1 – 10 mm	2- 5 mg/l	50 mm ¹
Utløp Hjelmelandsåna	680 m øst	0,1 – 10 mm	3- 5 mg/l	14,2 ⁴ / 25 mg/l ²
Gytefelt torsk	100 m / 500 m / 1000 m	100 mm/ 0,1 mm/ 0,01 – 0,1 mm	10 – 13 mg/l /3-5 mg/l/ < 1 mg/l	2-5 mg/l ³
Gytefelt sei	1,7 km nord-vest	0,01 – 0,1 mm	< 1 mg/l	2-5 mg/l ³
Fiskeplass/rekefelt Garsundfjorden	1,85 km nord-vest	0,01 – 0,1 mm	< 1 mg/l	-
Oppdrettsanlegg Fosså	4,2 km nord	0,01	< 1 mg/l	-
Oppdrettsanlegg Bastlid	4,2 km nord-vest	0,01	< 1 mg/l	-

¹ Grense for sedimentasjon i ålegresseng som medførte signifikant negativ påvirkning ålegressengen, men der de fleste planteskuddene overlevde (Munkes et al, 2015).

² Suspendert materiale under 25 mg/l er ikke sannsynlig å gi skadelig effekt på ferskvannsfisk (NVE, 1998)

³ Laveste partikkelinnhold som kan gi negativ påvirkning på fisk, egg og larver i gyteområder (Miljødirektoratet, 2016)

⁴ Laveste partikkelinnhold som kan gi negativ påvirkning på smolt i kar (Holan. A.B, 2016)

Ålegress

Ålegressenger kan skades av økt sedimentasjon og redusert lystilgang. Eksperimentelle studier av B. Munkes et. al (2015) har vist at tilførsel av 5 cm sediment over røttene medførte en noe negativ påvirkning på ålegresset, men at de fleste planteskuddene overlevde. Mengden sedimentasjon ålegresset tåler avhenger også av ålegressets høyde. I nevnte studie ble det observert en betydelig reduksjon i plantens overlevelse med sedimentasjonstykkelser > 20 % av plantens høyde.

Med bakgrunn i disse studiene og at tilførselen av partikler er kortvarig anses beregnet påvirkning fra tiltaket å ikke medføre en risiko for forringelse av ålegressengene i området. Det kan også ta med i betraktningen at

begge kartlagte ålegressenger allerede er i områder med naturlig høy tilførsel av sedimenterende materiale fra elver.

Ålegressenger og andre sjøgrasområder er svært produktive og regnes som viktige marine økosystemer på verdensbasis. Ålegressenger brukes som oppvekstområder for fisk og kan inneholde flere spesialiserte arter og samfunn. Undervannsenger er også ofte viktige områder for nærings-søk for sjeldne fuglearter. På bakgrunn av de lave partikkelkonsentrasjonene som er beregnet å forekomme i vannsøylen, samt tiltakets korte varighet anses ikke tiltaket å ha vesentlig negativ påvirkning på ålegressengens funksjon.

Grunnlaget for beregningene i stor grad basert på antatte verdier og beregnet påvirkning er i samme størrelsesorden for hva som kan gi negativ påvirkning på ålegress. Det anbefales derfor å vurdere om ålegressenger som basert på kartlegging i juni 2019 vurderes som viktige beskyttes eller overvåkes under utfyllingsperioden.

Smoltutvandring og fisk

Den europeiske innlandsfiskekommisjonen (EIFAC) har referert til at det ikke er sannsynlig at konsentrasjoner av suspendert materiale under 25 mg/l har skadelig effekt på ferskvannsfisk (NVE, 1998). Verdiene gjelder for naturlige partikler som eroderes fra jordbruksarealer og elveleier. Steinpartiklene fra sprengsteinfyllingen kan imidlertid forventes å bestå av mer skarpe og til dels nålformede partikler, og har derfor et større skadepotensial enn naturlige jord- og steinpartikler.

Partikkeleksponeringsforsøk på smolt det første året i sjø viste redusert appetitt, vekst og overlevelse hos smolt som ble utsatt for partikkelkonsentrasjoner i størrelsesorden 14,2 – 27,2 mg/l. Smolt som ble utsatt for partikkelkonsentrasjoner i størrelsesorden 6,1 mg/l viste ikke endringer i samme parametere sammenlignet med smolt som ble utsatt for partikkelkonsentrasjoner på 1,3 mg/l (Holan. A.B, 2016). Det bemerkes at forsøkene ble utført i tanker. Dvs. at fisken ikke hadde mulighet til å unnsnippe høye partikkelnivåer.

Akutt respons for fisk i utfyllingsområder vil være å unnvike partikkelskyen i de mest forurensede områdene i utleggingsfasen, og trekke ut i mindre påvirkete vannmasser.

Tiltaket skal ikke utføres i perioden som er aktuell for smoltutvandring (april – juni). Utfyllingstiltaket anses derfor i utgangspunktet ikke å utgjøre en risiko for smoltutvandring.

Beregnete konsentrasjoner i vannsøylen som kan oppstå ved utløpet av Hjelmelandsåna er mye lavere enn verdier som er rapportert å kunne gi negativ påvirkning på mobil fisk og anses ikke å utgjøre en negativ påvirkning på smolt eller annen mobil fisk som vandrer inn til eller ut fra Hjelmelandsåna også uavhengig av tidspunkt for utfyllingen.

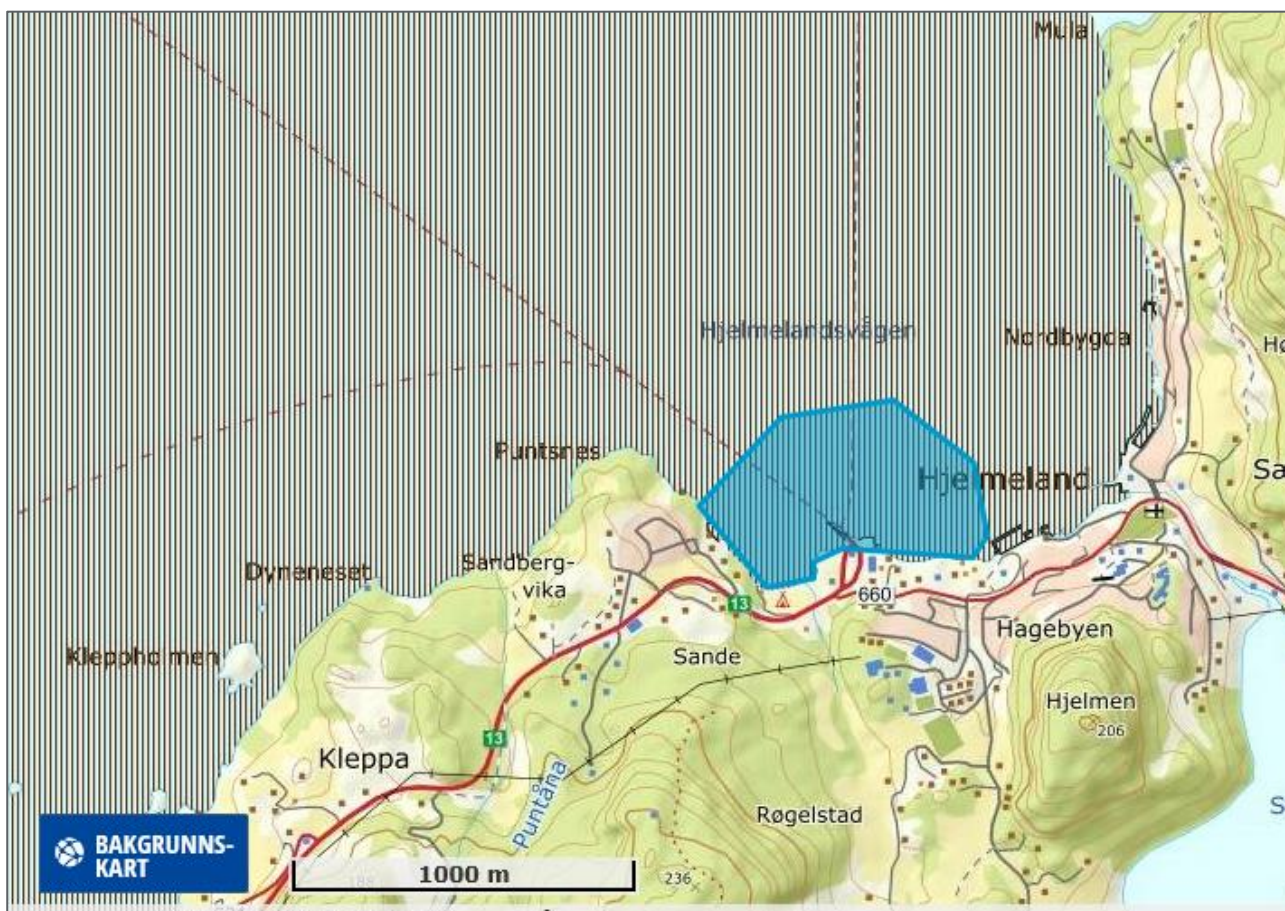
Gyteområder

Fiskeegg og -larver er mer sårbare for utslipp enn ung- og voksen fisk, ettersom de ikke er/er lite mobile. I en artikkel av Havforskningsinstituttet ang. deponering av gruveavfall i Førdefjorden kommenterer de at partikler kan feste seg på torskkeegg og få dem til å synke, og at sildelarver har vist redusert matinntak (Havforskningsinstituttet, 2014). Fiskelarver er noe mer mobile enn egg da de har mulighet til å bevege seg oppover og nedover i vannsøylen, men dette kan også gjøre dem mer utsatt for byttedyr. Påvirkning på larvenes næringsgrunnlag (dyreplankton) vil også kunne gi dårligere levetilstand.

I Miljødirektoratets behandling av et sjødeponi i Repparfjorden i 2016 (Miljødirektoratet, 2016) ble det vist til vitenskapelige publikasjoner der et partikkelinnhold på 2-5 mg/l ble vist å kunne gi negativ påvirkning på fisk, egg og larver i gyteområder.

Med bakgrunn i dette kan tiltaket ifølge beregningene gi negativ påvirkning på gyteområdet for torsk i en avstand fra utfyllingsområdet på ca. 500 m. Påvirket areal (figur 12) i forhold til totalt areal utgjør ca. 0,36 % av gytefeltet Moldfalla. Ettersom området allerede er svært påvirket av ferjetrafikk anses dette området i utgangspunktet å være like egnet for gyting i utgangspunktet. Gytefeltet for sei ligger for langt fra utslippsområdet til å bli påvirket.

Ut ifra føre-var prinsippet anbefales det imidlertid å etterstrebe å unngå utfylling i gyteperioden for torsk fra februar – april. Dersom dette ikke er mulig anses tiltaket imidlertid likevel å ha lav risiko på påvirkning av gyteområdet.



Figur 12: Omtrentlig areal innenfor gytefeltet som kan være påvirket av partikkelkonsentrasjoner i vannsøylen på 3-5 mg/l

Annet

Fiskeplass/rekefelt Garsundfjorden og oppdrettsanleggene Fosså og Bastlid ligger for langt fra tiltaksområdet til å påvirkes av utfyllingen

6 Vurdering av avbøtende tiltak

Beregningene viser at finstoff i utfyllingsmassene kan utgjøre en risiko for nedslamming i en grad som kan gi negativ påvirkning på nærliggende ålegressenger og organismene som har denne som funksjonsområde.

Dersom tiltaket utføres i gyteperioden for torsk (februar – april) kan gyteområdet bli påvirket av partikkelkonsentrasjoner på 3-5 mg/l inntil 500 m fra tiltaksområdet. Siden dette området utgjør en svært liten andel av gyteområdets totale areal og i et område som anses som lite egnet til gyting i utgangspunktet grunnet hyppig ferjetrafikk, anses det ikke som nødvendig med avbøtende tiltak eller overvåking mht. gytefeltet.

Tiltaket er ikke planlagt gjennomført i perioden med smoltutvandring (april-juni). Beregnede partikkelkonsentrasjoner i vannsøylen er også så lave at de generelt ikke anses å utgjøre en negativ påvirkning på smolt eller annen mobil fisk som vandrer inn til eller ut fra Hjelmelandsåna.

Oppdrettsanleggene Fosså og Bastlid har en avstand på ca. 4,2 km fra tiltaksområdet og er vurdert på grunn av avstand og naturlig strømningsretning ikke å kunne påvirkes av finstoff i utfyllingsmassene. Tilsvarende gjelder for rekefelt/fiskefelt Garsundfjorden.

Tiltakshaver har vurdert bruk av siltgardin rundt utfyllingsområdet å være vanskelig gjennomførbart grunnet plassforholdene, eksisterende ferjetrafikk som skal opprettholdes i anleggsfasen og at lekter med utfyllingsmasser skal kunne passere og operere i tiltaksområdet. Ålegressengen øst for tiltaksområdet kan avskjermes ved etablering av en siltgardin på flytebryggene som avgrensner ålegressengen. En tilsvarende løsning er ikke mulig for ålegressengen på vestsiden av tiltaksområdet. Denne ålegressengen er imidlertid noe mer beskyttet på grunn av topografiske forhold på stedet. En større avskjerming av ålegressengene vil ikke være å anbefale da dette ville kunne medføre opphopning av partikler tilført fra elvene med utløp i ålegressengene.

Ålegresset vil være mest følsomt for nedslamming i begynnelsen av vekstperioden (april) da det da har kortest lengde. Det anbefales derfor å unngå utfylling i perioden april – juni.

Det anbefales å overvåke partikkelkonsentrasjonen i relevante ålegressenger i utfyllingsperioden med turbiditetsloggere. Ettersom det er den samlede effekten av sedimentasjon i ålegresset som har betydning for plantenes overlevelse og ikke episodiske effekter kan det hvis aktuelt benyttes turbiditetsloggere uten on-line overvåking. Resultatene fra overvåkingen må imidlertid kontrolleres en gang per uke slik at ev. justeringer i utfylling eller avbøtende tiltak kan utføres før den totale belastningen blir for stor. Erfaringsvis er det også nødvendig med avtørking av begroing på turbiditetsmåleren opptil en gang per uke ved plassering i grunt vann. Det må utarbeides en overvåkingsplan med relevante grenseverdier for partikkelinnhold i vannsøylen i ålegressengene som skal overvåkes.

På bakgrunn av tiltakets korte varighet anses det ikke som hensiktsmessig å bruke sedimentfeller til å overvåke tiltaket. Bruk av sedimentfeller betinger også 3 m fri vannsøyle over fellene og en avstand til bunnen som er så stor at man ikke risikerer å samle partikler fra oppvirvling av båttrafikk. Ettersom ålegresset lever på relativt grunt vann (2-5 m dyp) vil fellene også måtte plasseres et stykke utenfor engen dersom de skal benyttes på korrekt måte.

Nærliggende ålegressenger skal kartlegges i vekstperioden (juni 2019) før tiltaket. Det anbefales en tilsvarende kartlegging i vekstperioden etter gjennomføring av tiltaket (juni 2020) for å dokumentere at tiltaket ikke har medført forringelse av ålegressengene.

7 Referanser

- Ettouny, E.-D. (2002). Fundamentals of Sea Water Desalination . Hentet fra Seawater density & viscosity calculator.
- Havforskningsinstituttet. (2014, Oktober 7). *NIVA-direktør bagatelliserer forurensning av Førdefjorden*. Hentet fra https://www.hi.no/publikasjoner/andre_publicasjoner/kronikker/2014_1/niva-direktor_bagatelliserer_forurensning_av_fordefjorden/nb-no
- Holan, A.B, e. a. (2016). PARTICLE TOLERANCE OF ATLANTIC SALMON POST-SMOLTS REARED IN RESIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS. *Aquaculture Europe 2016, Edinburgh, Scotland*.
- Manzanera, M. P. (1998). Seagrass mortality due to oversedimentation: an experimental approach. *Journal of Coastal Conservation* 4:67.
- Miljødirektoratet. (2016). *Klage på tillatelse til gruvevirksomhet i Engebøfjellet - Miljødirektoratet sin vurdering av ny informasjon om strøm, partikkelspredning og effekter på dyreliv, datert 18. januar 2016*.
- Munkes et al, B. (2015). Experimental assessment of critical anthropogenic sediment burial in eelgrass *Zostera marina*. *Elsevier*, 144-153.
- NVE. (1998). *Massedeposering av sprengstein i vann- forurensningspåvirkninger. Rapport nr. 29 1998*.
- Rådgivende biologer. (2009). *Strømmålinger og modellering av avløpet til Fister Smolt AS, Hjelmeland kommune. Rapport 1216. 7. juli 2009*.
- Rådgivende biologer. (2014). *Straummåling ved oppdrettslokalitet i Fosså i Hjelmeland kommune, våren 2014. Rapport nr. 1910.2506.2014*.
- Seawater Density Online Calculator. (u.d.). Hentet fra http://the-mostly.ru/misc/seawater_density_online_calculator.html
- Wikipedia. (2018, 12 23). *Wikipedia*. Hentet fra Stokes' law: https://en.wikipedia.org/wiki/Stokes%27_law

Vedlegg A Materialdata for naturstein. Typiske verdier.

Materialdata for naturstein. Typiske verdier

Brutto densitet (kg/m³)	Meget lav	Lav	Middels	Høy	Meget høy
Steintype	< 2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	> 3000
Sandstein	■	■			
Kalkstein	■	■	■	■	
Leirskifer			-----		
Marmor		■	■	■	■
Fyllitt, glimmerskifer			■	■	
Kvartsittskifer			■	■	
Serpentinitt			-----		
Kleberstein			-----	-----	
Gneis		■	■	■	■
Granitter o.l.		■	■	■	
Larvikitt			■	■	
Gabbro, dioritt, diabas etc.	■		■	■	■

Åpen porøsitet (%)	Meget lav	Lav	Middels	Høy	Meget høy
Steintype	< 0,5	0,5 - 2	2-5	5-20	> 20
Sandstein		■	■	■	■
Kalkstein	■	■	■	■	■
Leirskifer			-----		
Marmor	■	■	■		
Fyllitt, glimmerskifer	■	■	■		
Kvartsittskifer	■	■	■		
Serpentinitt		-----			
Kleberstein		-----	-----		
Gneis	■	■	■		
Granitter o.l.	■	■	■		
Larvikitt	■	■	■		
Gabbro, dioritt, diabas etc.	■	■	■		

Vannabsorpsjon (vekt%)	Meget lav	Lav	Middels	Høy	Meget høy
Steintype	< 0,1	0,1 – 0,5	0,5-1	1-10	> 10
Sandstein				■	■
Kalkstein	■	■	■	■	■
Leirskifer			-----		
Marmor	■	■			
Fyllitt, glimmerskifer		■	■		
Kvartsittskifer	■	■	■		
Serpentinitt		-----	-----		
Kleberstein	-----	-----			
Gneis	■	■	■		
Granitter o.l.	■	■	■		
Larvikitt	■	■	■		
Gabbro, dioritt, diabas etc.	■	■	■		

<i>Trykkfasthet (N/mm²)</i>	Meget lav	Lav	Middels	Høy	Meget høy
Steintype	< 15	15 – 50	50-120	120-250	> 250
Sandstein		██████████			
Kalkstein		████████████████████			
Leirskifer			-----		
Marmor			██████████		
Fyllitt, glimmerskifer			████████████████████		
Kvartsittskifer				██████████	
Serpentinitt			-----		
Kleberstein					
Gneis			██████████		
Granitter o.l.			████████████████████		
Larvikitt			██████████		
Gabbro, dioritt, diabas etc.				██████████	

<i>Bøyestrekfasthet (N/mm²)</i>	Meget lav	Lav	Middels	Høy	Meget høy
Steintype	< 5	5 – 10	10-15	15-20	> 20
Sandstein	██████████	██████████			
Kalkstein	██████████	████████████████████			
Leirskifer			-----		
Marmor	██████████	████████████████████			
Fyllitt, glimmerskifer			████████████████████	████████████████████	
Kvartsittskifer			██████████	████████████████████	
Serpentinitt	-----			██████████	
Kleberstein			-----		
Gneis			██████████	██████████	
Granitter o.l.		████████████████████	████████████████████		
Larvikitt		████████████████████	████████████████████		
Gabbro, dioritt, diabas etc.			██████████	██████████	

<i>Slitasjemotstand (tykkelsestap (mm) etter 2000 omdr.)</i>	Meget lav	Lav	Middels	Høy	Meget høy
Steintype	< 1	1 – 2	2-5	5-7	> 7
Sandstein					
Kalkstein			-----		
Leirskifer			-----		
Marmor			-----		
Fyllitt, glimmerskifer			-----		
Kvartsittskifer		-----			
Serpentinitt		-----			
Kleberstein				-----	
Gneis		-----			
Granitter o.l.		-----			
Larvikitt		-----			
Gabbro, dioritt, diabas etc.			-----		

<i>Termisk utvidelseskoeffisient ($\times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)</i>	Meget lav	Lav	Middels	Høy	Meget høy
Steintype	< 5	5 – 10	10-15	15-20	> 20
Sandstein					
Kalkstein					
Leirskifer					
Marmor	—————	—————	—————	—————	
Fyllitt, glimmerskifer		—————	—————	—————	
Kvartsittskifer		—————	—————	—————	
Serpentinitt	—————	—————			
Kleberstein	—————	—————	—————		
Gneis	—————	—————	—————		
Granitter o.l.	-----	-----			
Larvikitt	—————	—————	—————		
Gabbro, dioritt, diabas etc.					