

30.08.2023

Sediment-undersøkelser Frier Vest

Mudring og dumping



ASPLAN VIAK

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Grenland Havn Eiendom AS
Tittel på rapport:	Sediment-undersøkelser Frier Vest
Oppdragsnavn:	Frier Vest
Oppdragsnummer:	615705-01
Utarbeidet av:	Elizabeth Martine Svendsen, Petter Snilsberg
Oppdragsleder:	Erik Seland Gomsrud
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

Asplan Viak har gjennomført en sediment-undersøkelse ved Asdalstrand i Bamble kommune. Området inngår i en større områderegulering ved Frier Vest der det legges opp til en utfylling, mudring og dumping i det undersøkte området. Sedimentundersøkelsene som er foretatt er utvidet undersøkelse med tilleggsprøver pga mudring, dumping og utfylling i et større område enn undersøkt tidligere. Det er undersøkt et område på totalt 20 000 m². Totalt er det ved denne undersøkelsen tatt opp prøver fra 23 sediment-stasjoner, der alle prøvene er analysert på lab. Det er kun analysert for kjemiske parametere, og ikke utført noen økotoksikologiske analyser denne gang. Analyser er vurdert mot tilstandsklasser gitt i Miljødirektoratets veileder M608/2016. Det er stort sett dioksiner, TBT samt PAH-er og kvikksølv som overstiger grenseverdiene. Prøvene samsvarer relativt godt med sedimentprøver tatt fra nærliggende områder vest for Frierfjorden, noe som kan tyde på at forurensingen skyldes en diffus spredning fra industrien over et større område. Mudring og etterfølgende tildekking med rene masser, vil redusere arealet som bidrar til spredning av miljøgifter i området.

02	30. aug. 2023	Oppdatert etter innspill fra Statsforvalter	EMS, PS	PS
01	16. jun. 2023	Nytt dokument	EMS, PS	PS
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

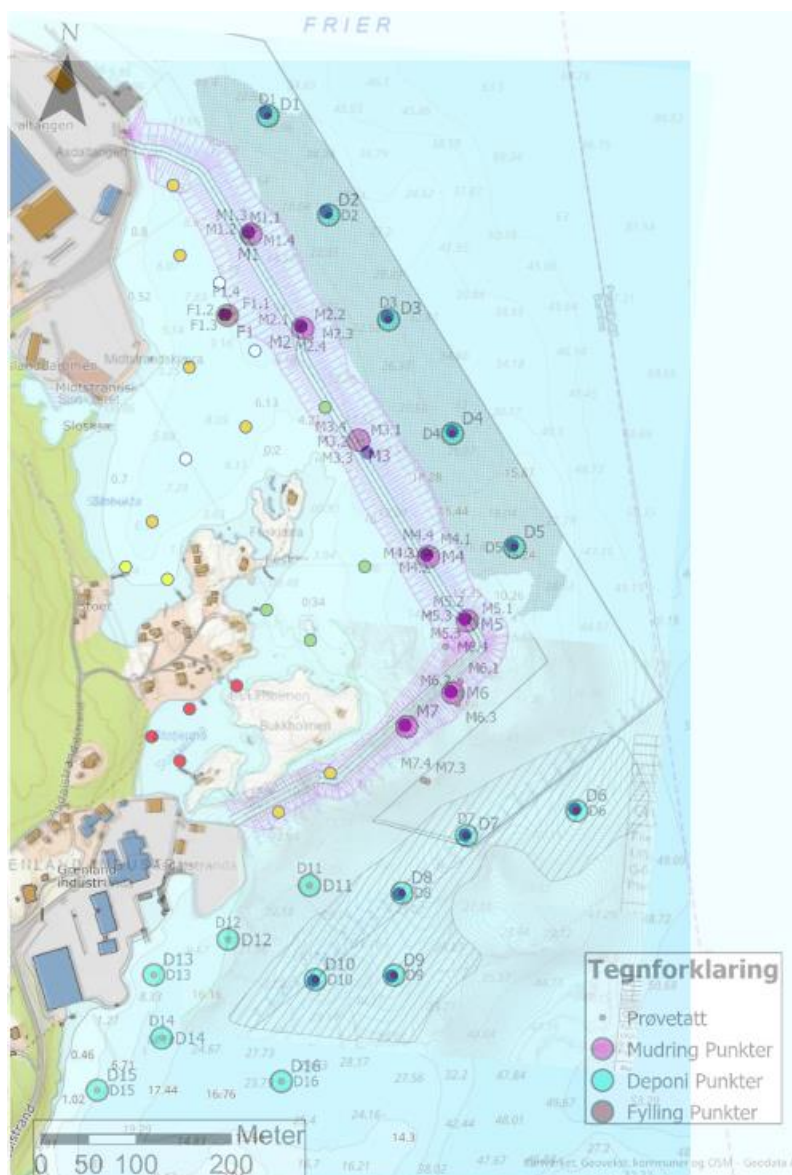
Innholdsfortegnelse

1. Innledning	3
2. Vurderingsgrunnlag	4
3. Tidligere undersøkelser i området	7
4. Gjennomførte undersøkelser	8
4.1. Utførte sedimentundersøkelser desember 2018	8
4.2. Utførte sedimentundersøkelser mars 2021	8
4.3. Analyseresultater	9
4.4. Økotoksikologisk test	10
4.5. Utførte sedimentundersøkelser april 2023	10
5. Resultater	13
6. Risikovurdering trinn 1	18
7. Risikovurdering trinn 2	22
8. Mudring og dumping	24
8.1. Omfang og metode	24
8.2. Overvåking	24
9. Sprengning	26
9.1. Fortanning	26
9.2. Sprengning	27
9.3. Miljøvurdering av sprengning	28

1. Innledning

I forbindelse med reguleringsplan Frier vest, Bamble kommune er det i april 2023 gjennomført supplerende sedimentundersøkelser i deler av planområdet, hvor det er planlagt en større utfylling, dumping og mudring i sjøen ved industriområdet ved Asdalstrand og Rønningen. Tidligere undersøkelser er gjennomført i 2018 og 2021.

Kart over det undersøkte området er vist ved figur 1, og har et areal på ca 200000 m².



Figur 1 Prøvetaking av sedimenter i mudringsområdet og deponiområdet, 2023, lilla og grønne punkt. Sjøteen (stript lilla) danner ytterpunkt for utfylling, Tidligere prøvepunkt er vist innenfor sjøteen. Plangrensen går til ytterste linje i øst og mot sør.

2. Vurderingsgrunnlag

Miljødirektoratet (MD) har utarbeidet en rekke veiledere for håndtering av forurensete sedimenter, prøvetaking av disse og utarbeidelse av tiltaksplaner for arbeider ved forurenset sjøbunn. En overbyggende veileder er MDs veileder. *Veileder for håndtering av sediment - revidert 25.mai 2018* (M-350, 2015). Det er her beskrevet en korrekt saksgang fra problembeskrivelse og forundersøkelse til gjennomføring av tiltak og etterkontroll og overvåking. En vil typisk starte med å beskrive tiltakstype (mudring, utfylling, tildekking) samt areal/volum som blir berørt. Ut fra dette blir det vurdert om tiltaket vil falle inn under begrepet små, mellomstor eller stort (Figur 2).

Figur 2: Klassifisering av tiltakets størrelse basert på volum og areal (M-350, 2015)

Tiltakets størrelse basert på volum og areal		
Kategori	Volum	Areal
Små tiltak	<500 m ³	<1000 m ²
Mellomstore tiltak	>500 m ³ og <50 000 m ³	>1000 m ² og <30 000 m ²
Store tiltak	>50 000 m ³	>30 000 m ²

Videre defineres det hvilke undersøkelser som vil måtte gjennomføres ut fra størrelseskategori og tiltakstype, som vist ved Figur 2.

Figur 3: Oversikt over hvilke tiltaksstørrelser som utløser undersøkelser og vurderinger (M-350, 2015)

Oversikt over hvilke tiltaksstørrelser som utløser undersøkelser og vurderinger					
Tiltak		Kilde-kartlegging	Sediment-undersøkelser	Risiko-vurdering	Natur-kartlegging
Mudring	Små		x		x
	Mellomstore	x	xx	x	x
	Store	xx	xx	xx	xx
Dumping	Små		x		x
	Mellomstore		xx		x
	Store		xx	x	xx
Tildekking	Små	x	x		x
	Mellomstore	xx	xx	xx	x
	Store	xx	xx	xx	xx
Utfylling	Små		x		x
	Mellomstore		xx		x
	Store		xx	x	xx

Det aktuelle tiltaket vil defineres som et stort utfyllingstiltak ($> 50\,000\text{ m}^3$) og det vil være krav om sedimentundersøkelser samt en naturkartlegging. Basert på sedimentundersøkelsene må behovet for en risikovurdering og tiltaksplan vurderes.

Kravet til sedimentundersøkelsene er gitt i MDs veileder, *Risikovurdering av forurenset sediment* (M-409, 2015). Som et minimum er det anbefalt å analysere for fysiske parametere som vanninnhold og silt/leir innhold, tungmetaller (Hg, Cd, Pb, Cu, Cr, Zn, Ni, As), PAH₁₆, PCB₇, TOC og TBT, samt toksistetstester (minimum to av tre av mikroalger, bunnlevende krepsdyr og evertebratlarver). I tillegg er det tatt analyser av dioksiner.

Antall prøvepunkter er avhengig av størrelse, dybde på vannmasser og homogenitet (like bunnforhold med lite gradient, ingen utløp, osv.). For masser grunnere enn 20 meter, som er tilfellet her, skal det minimum tas prøver ved 5 sedimentstasjoner og hver stasjon skal ikke representere mer enn $10\,000\text{ m}^2$. En sedimentstasjon består av fire parallelle prøvetakingslokaliteter. Nøyaktig plassering av de enkelte lokalitetene vil måtte vurderes i felt, men skal representere tilsvarende masser og dyp.

De kjemiske parameterne er gitt ulike grenseverdier på bakgrunn av naturlig bakgrunn samt innvirkning på biota. Disse er gitt i MDs veileder, *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota* (M-608, 2016).

Det er her gitt grenseverdier for EUs prioriterte miljøgifter samt vannregionspesifikke stoffer utarbeidet av Miljødirektoratet. Disse er klassifisert i fem klasser der klasse 1 tilsvarer bakgrunnsnivå (naturlig). Øvre grense for klasse II er betegnet AA-EQS som tilsvarer grenseverdien for kronisk effekt ved langtidseksposering. Den øvre grensen for klasse III er betegnet MAC-EQS, som er grenseverdi for akutt toksisk effekt ved korttidseksposering. Disse er tilpasset norske forhold der det er tatt utgangspunkt i et innhold på organisk karbon i sedimentene på 1 %. Dersom dette skulle avvike må dette justeres ved utregning i forbindelse med risikovurdering. Verdiene benyttes der det er finkornete sedimenter som silt og leire.

TBT (tribetyltinn) har en grenseverdi mellom klasse II og III på $0,002\text{ }\mu\text{g/kg}$ sediment. På grunn av vanskeligheter med å oppnå tilstrekkelig deteksjonsgrense ved analyse, mengden sedimenter som antas å overskride denne grensen samt aktive kilder av TBT som fører til re-kontaminasjon av området der tiltak blir gjennomført, er forvaltningsmessig grenseverdi for TBT ved trinn 1 satt til $35\text{ }\mu\text{g/kg}$ (gammel grenseverdi beholdes inntil videre ref. veileder M409).

På bakgrunn av målte konsentrasjoner og påviste tilstandsklasser kan det utføres en risikovurdering i henhold til (M-409, 2015) (Fagerli C.W., Stålstrøm, Green, Hjermann, &

Selvik, 2016). Risikovurderingen består av tre trinn, der trinn 1 avgjør om den kjemiske tilstanden til sedimentene vil ha noen påvirkning på miljøet. Dersom dette ikke er tilfellet vil det kunne være mulig å gjennomføre tiltaket uten at det må legges spesielle føringer med tanke på kjemisk spredning. Dersom trinn 1 overskrides vil det være nødvendig med en trinn 2 vurdering. Dette gjøres i form av stedsspesifikke beregninger av analysedata i et regneark. I det aktuelle tilfellet er det ikke målt konsentrasjon i sjøvann, konsentrasjon i porevann, vevskonsentrasjon i fisk eller bunnfauna eller økotoksisitet. Flere av disse parameterne er teoretisk beregnet basert på analyser av sedimentene, og inngår i trinn 2 vurdering.

En trinn 3 vurdering er enda mer omfattende og mer lokalt forankret. I dette ligger det også at en selv ved overskridelser ved en trinn 2 vurdering i enkelte tilfeller vil kunne vurderes innunder tålegrensen ved en trinn 3 vurdering.

3. Tidligere undersøkelser i området

Det er gjort flere undersøkelser i planområdet tidligere, og i Frierfjorden generelt. Listen nedenfor viser gjennomgått litteratur som dekker forurensset grunn og sedimenter, samt geotekniske undersøkelser. Listen er ikke nødvendigvis fullstendig for undersøkelser som er utført på området.

- Tiltaksrettet overvåking av Grenlandsfjordene i henhold til vannforskriften, NIVA 2017 (Fagerli C.W., Stålstrøm, Green, Hjermann, & Selvik, 2016)
- Risikovurdering av propelloppvirvling av sedimenter ved Rafnes industriområde, NIVA 2010 (Håvardstun & Bakke, 2010)
- Kai Rønningen – Sedimentprøver, ulik dokumentasjon fra utfylling av steinkai ved Asdaltangen for Norsk Pukkservice A/S, 2017 (Rønningen, 2017)
- Tilstandsrapport for Rønningen Industriområde Trinn 1 – 4 (referanse mangler)
- Noretyl AS, Rafnes Industriområde – *Innspill til tilstandsrapport for forurensset grunn rundt Etylenfabrikken*, (NGI, 2017)

Flere av rapportene er svært omfattende og inkluderer vesentlig større areal og kartleggingsparametere enn det som relevant her. NIVA sin kartleggingsrapport over Grenlandsfjordene gir et godt bilde av den økologiske og kjemiske tilstanden i fjordsystemet i sin helhet (figur 3). Det er der gjort en kjemisk vurdering som viser at EQS (øvre grense klasse II) overskrides i samtlige av stasjonene som er undersøkt for en eller flere av de kjemiske parameterne.

Asplan Viak har også utført sedimentundersøkelser innenfor planområdet ved to tidligere anledninger hvor det foreligger rapporter (Asplan_Viak, 2019)

4. Gjennomførte undersøkelser

4.1. Utførte sedimentundersøkelser desember 2018

I desember 2018 gjennomførte Asplan Viak en sediment-undersøkelse med van Veen Grabb fra båt. For mer detaljert informasjon om undersøkelsene vises det til rapporten fra undersøkelsen, «Sediment-undersøkelse Rønningen, områderegulering Frier Vest» (Asplan_Viak, 2019), som er vist i vedlegg A. En oppsummering av utførte undersøkelser, resultater og diskusjon er gjentatt i avsnittene nedenfor:

Det er undersøkt et område på totalt 190 000 m² innenfor hele området for utfylling. Totalt er det tatt opp prøver fra 12 sediment-stasjoner, hvorav sju prøver er analysert på lab. Det er kun analysert for kjemiske parametere, og ikke utført noen økotoksikologiske analyser. Analyser er vurdert mot tilstandsklasser gitt i Miljødirektoratets veileder (M-608, 2016), der øvre grense for tilstandsklasse 2 vil tilsvare forhold som vil føre til kronisk skade ved påvirkning over tid. Det er også denne grensen som vil avgjøre om det er tilstrekkelig med en utvidet risikovurdering før et eventuelt tiltak. Ved 5 av 7 prøver er det påvist parametere over klasse II. Det er stort sett PAHer. Prøvene samsvarer relativt godt med sedimentprøver tatt fra nærliggende områder vest for Frierfjorden, noe som kan tyde på forurensingen skyldes en diffus spredning fra industrien over et større område.

Sediment-undersøkelsen er utført kun i områder der det var mulig å komme til med stor båt (> 5 m).

4.2. Utførte sedimentundersøkelser mars 2021

I mars 2021 gjennomførte Asplan Viak en supplerende sediment undersøkelse med van Veen Grabb fra liten båt i Stotjenna og nærområdene rundt Bukkholmen (Asplan_Viak., 2021)

Det er undersøkt et delområde av de totalt 190 000 m² som utgjør arealet for utfylling. Totalt er det tatt opp prøver fra 10 sediment-stasjoner, hvorav alle prøver er analysert på lab. Det er analysert for kjemiske parameter. I tillegg er det tatt økotoksikologiske analyser på 2 samleprøver, en fra prøvene i Stotjenna, P11 som er en blanding av P1-P4, og en samleprøve rundt Bukkholmen, P12 som er en blanding av P5-P8.

I 8 av 10 prøvestasjoner er det påvist parametere over klasse II. Det er stort i hovedsak, men også kvikksølv i klasse V og bly og sink i klasse IV, alle inne i Slotjønna.

4.3. Analyseresultater

De målte konsentrasjonene er vurdert med farge i henhold til påviste tilstandsklasser, (M-608, 2016). Prøver som er fargelagt blå eller grønn vil anses som akseptable uten videre risikovurdering (trinn 2). For TBT er det benyttet forvaltningsbasert grenseverdi for trinn 1 på 35 µg/kg, denne overskrider ikke ved noen av prøvene og er isolert sett ansett som innenfor trinn 1. Prøvene er vist og vurdert på kart i Figur 12.

De 4 prøvene lengst ut mot fjorden er i klasse II. Alle prøvepunkter inn mot land overskrider klasse II ved en eller flere parametere. I Stotjenna er det kvikksølv i klasse V og flere PAHer i klasse IV og V.

Samleprøven er også analysert for dioksiner/furaner og samleprøven i Stotjenna viser klasse V og samleprøven fra området rundt Bukkholmen viser klasse IV for dioksiner.

Figur 4 Analyseresultater* for sedimentprøvene tatt i 2018, fargelagt i henhold til påviste tilstandsklasser.

Prøvetaking 2018								
	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C _{sed} (mg/kg t.v.)							
	FRI1	FRI4	FRI6	FRI7	FRI8	FRI9	FRI11	Gj.snitt
Arsen	5.50	5.10	4.00	6.20	5.10	5.10	6.00	5.29
Bly	30.00	13.00	9.50	47.00	24.00	38.00	27.00	26.93
Kadmium	0.11	0.05	0.05	0.21	0.27	0.13	0.09	0.13
Kobber	10.00	5.50	4.60	12.00	9.20	10.00	11.00	8.90
Krom totalt (III + VI)	9.80	7.10	5.20	12.00	7.30	9.80	11.00	8.89
Kvikksølv	0.26	0.10	0.12	0.43	0.57	0.43	0.23	0.30
Nikkel	6.70	5.50	4.00	7.70	5.00	6.40	7.20	6.07
Sink	59.00	35.00	29.00	67.00	63.00	62.00	69.00	54.86
Naftalen	0.005	0.005	0.005	0.011	0.014	0.013	0.005	0.008
Acenaftalen	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Fluoren	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Fenantren	0.041	0.011	0.013	0.044	0.044	0.046	0.034	0.033
Antracen	0.013	0.005	0.005	0.015	0.018	0.017	0.005	0.011
Fluoranten	0.073	0.023	0.025	0.087	0.073	0.085	0.088	0.065
Pyren	0.080	0.025	0.029	0.110	0.097	0.100	0.078	0.074
Benzo(a)antracen	0.049	0.014	0.017	0.062	0.064	0.065	0.051	0.046
Krysen	0.042	0.013	0.012	0.049	0.049	0.051	0.041	0.037
Benzo(b)fluoranten	0.230	0.039	0.052	0.280	0.380	0.320	0.150	0.207
Benzo(k)fluoranten	0.082	0.016	0.020	0.097	0.130	0.110	0.055	0.073
Benzo(a)pyren	0.120	0.021	0.027	0.150	0.200	0.150	0.077	0.106
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.150	0.025	0.033	0.160	0.220	0.180	0.095	0.123
Dibenzo(a,h)antracen	0.025	0.005	0.005	0.027	0.037	0.032	0.017	0.021
Benzo(ghi)perylene	0.150	0.025	0.032	0.160	0.220	0.170	0.091	0.121
Tributyltinn (TBT-ior)	0.031	0.003	0.003	0.006	0.004	0.006	0.005	0.008
PCB7	0.001	0.000	0.000	0.002	0.003	0.004	0.000	0.001

- Analysene av PAH og TBT oppgitt i rapporten fra 2018 ble ved en feil oppgitt med en faktor 1000 for høye (påpekt av NIVA i en 3.parts vurdering, (N, Håvardstun, Fagerli, & Ruu, 1920))

Figur 5 Analyseresultater for sedimentprøvene tatt i 2021, fargelagt i henhold til påviste tilstandsklasser

Prøvetaking 2021												
	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg t.v.)											
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Arsen	10.00	9.70	9.90	8.80	5.00	7.10	3.40	2.10	3.20	2.70	8.40	4.30
Bly	170.00	240.00	200.00	84.00	35.00	33.00	15.00	6.10	9.20	10.00	91.00	22.00
Kadmium	1.20	2.40	2.00	0.63	0.19	0.08	0.03	0.04	0.07	0.10	0.67	0.10
Kobber	66.00	59.00	56.00	35.00	10.00	11.00	4.80	2.90	9.10	8.30	37.00	7.20
Krom totalt (III + VI)	29.00	36.00	35.00	22.00	9.50	11.00	6.40	4.30	6.40	5.30	23.00	7.60
Kvikksølv	2.33	4.52	2.87	1.42	0.60	0.46	0.16	0.06	0.09	0.09	1.30	0.26
Nikkel	17.00	22.00	22.00	12.00	6.00	8.40	5.00	3.50	4.40	3.40	13.00	5.50
Sink	240.00	310.00	300.00	210.00	59.00	61.00	38.00	26.00	40.00	50.00	170.00	47.00
Naftalen	0.031	0.033	0.028	0.022	0.013	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.024	0.005
Acenaflyten	0.054	0.120	0.027	0.046	0.120	0.015	0.013	0.005	0.046	0.005	0.023	0.005
Acenaften	0.019	0.029	0.013	0.050	0.019	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.017	0.005
Fluoren	0.042	0.062	0.032	0.084	0.031	0.010	0.005	0.005	0.014	0.005	0.028	0.005
Fenantren	0.220	0.320	0.150	0.820	0.073	0.058	0.026	0.005	0.021	0.020	0.200	0.027
Antracen	0.073	0.140	0.052	0.230	0.021	0.013	0.005	0.005	0.005	0.017	0.057	0.005
Fluoranten	0.970	1.100	0.620	2.500	0.180	0.120	0.062	0.013	0.060	0.076	0.780	0.089
Pyren	0.760	0.860	0.480	2.100	0.140	0.099	0.052	0.010	0.052	0.067	0.680	0.071
Benzo(a)antracen	0.400	0.520	0.300	1.300	0.092	0.059	0.037	0.005	0.032	0.039	0.390	0.043
Krysen	0.270	0.330	0.190	0.960	0.062	0.057	0.044	0.005	0.030	0.040	0.350	0.040
Benzo(b)fluoranten	1.000	1.600	1.100	1.900	0.260	0.140	0.066	0.014	0.063	0.087	0.890	0.110
Benzo(k)fluoranten	0.320	0.540	0.330	0.650	0.078	0.046	0.025	0.005	0.022	0.029	0.310	0.041
Benzo(a)pyren	0.500	0.850	0.460	1.300	0.140	0.082	0.044	0.005	0.038	0.049	0.480	0.060
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.550	0.950	0.650	0.840	0.190	0.100	0.043	0.005	0.033	0.055	0.430	0.077
Dibenzo(a,h)antracen	0.130	0.240	0.160	0.200	0.049	0.024	0.011	0.005	0.005	0.014	0.096	0.017
Benzo(ghi)perylene	0.500	0.850	0.610	0.670	0.160	0.091	0.036	0.005	0.028	0.047	0.370	0.070
Tributyltinn (TBT-ion)	0.029	0.022	0.039	0.007	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.015	0.003
PCB7	0.013	0.028	0.042	0.008	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000
Dioksiner og dioksinlignende forbindelser											0.00000063	0.00000023

4.4. Økotoksikologisk test

Det ble gjennomført økotoksikologisk test med østers og copeopods på to samleprøver - P11 og P12. Begge testene på begge prøvene viste ingen dødelighet, og viser dermed ingen giftighet (Asplan_Viak., 2021).

4.5. Utførte sedimentundersøkelser april 2023

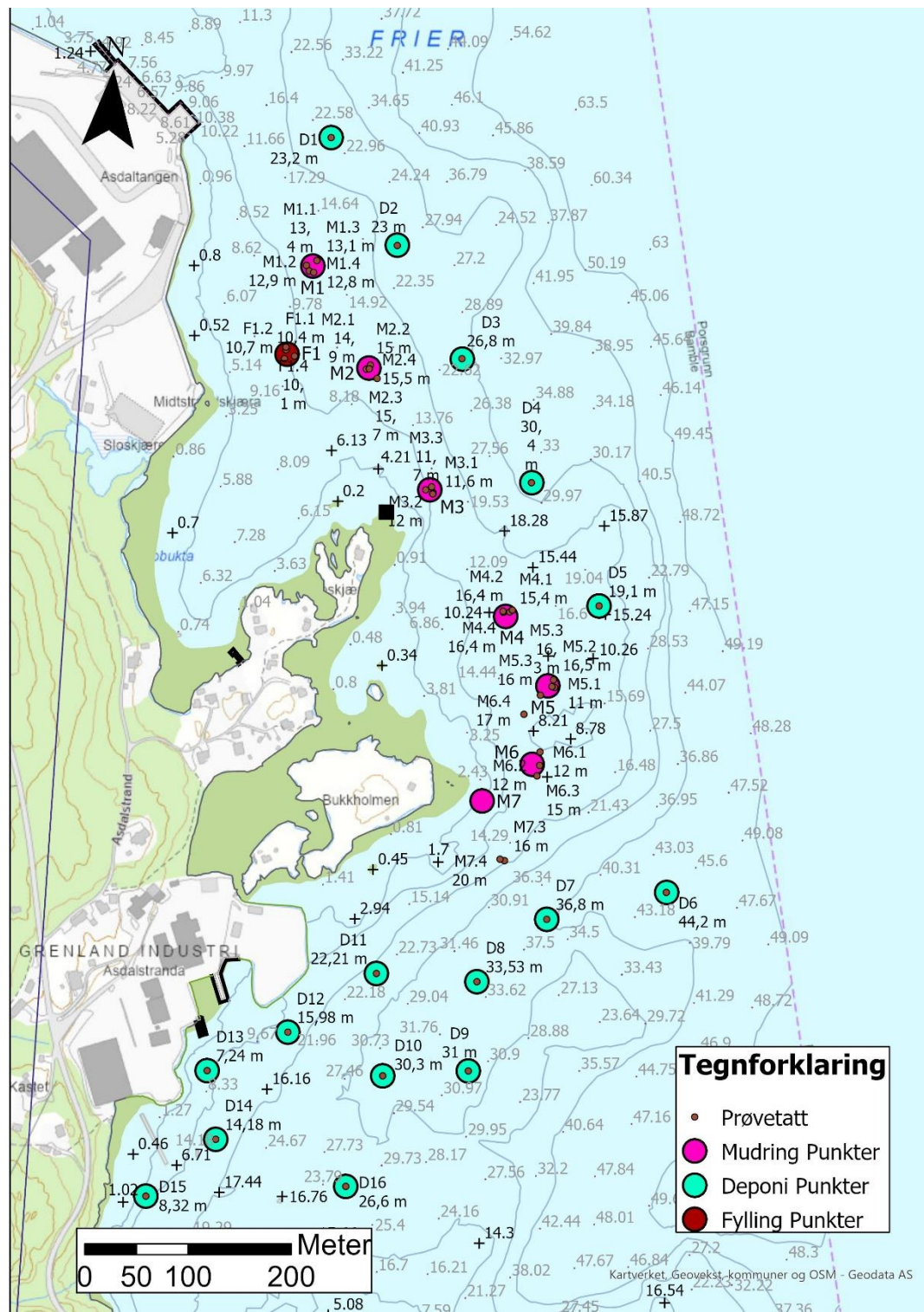
Det ble tatt sedimentprøver med van-Veen grabb. Det ble tatt 4 parallelle prøver for hvert punkt, der prøvene ble blandet til en prøve som ble sendt til analyse. Alle prøvene ble sendt til analyse hos Eurofins.

Det ble tatt ut prøver av topp 20 cm med Van ween grabb.

Det ble gjort gjentatte forsøk på å ta ut dypere sedimenter med kjerneprøver, men strømningsforholdene var for kraftige til at det lyktes med tilgjengelig utstyr.

Sedimenter dypere enn 50 cm ansees som rene, basert på tidligere undersøkelser i Frierfjorden (Bakke, Borgersen, & Beylich, 2012).

Det er ikke gjennomført ny økotoksikologisk test, da prøver fra mer forurensset masse viste ingen økologisk risiko, se 4.4 og (Asplan_Viak., 2021)



Figur 6 Prøvetaking av sedimenter i mudringsområdet og deponiområdet, 2023

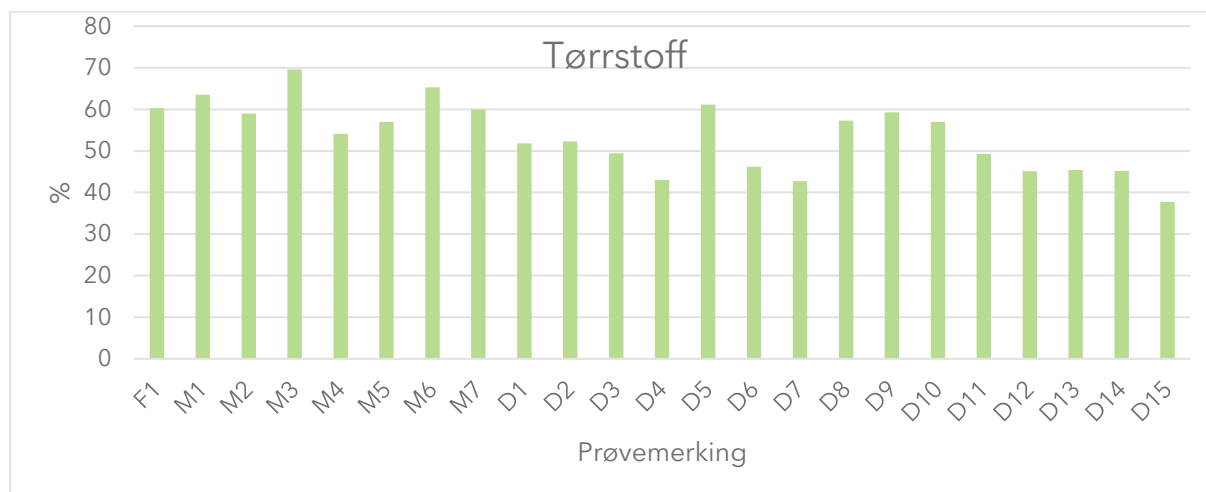
5. Resultater

Analyseresultater er oppsummert i Figur 7 til Figur 9 og tabell i Figur 10. De målte konsentrasjonene er her vist med farge i henhold til gjeldende tilstandsklasser. Prøver som er fargelagt blå eller grønn, tilstandsklasse I og II, anses som akseptable uten videre risikovurdering (trinn 2) vurdering. For TBT er det, som nevnt i kapittel 2, satt en grenseverdi for trinn 1 på 35 µg/kg, denne overskrides ikke ved noen av prøvene og er isolert sett ansett som innenfor trinn 1. Prøvene er vist vurdert på kart i Figur 12. Her er det også vist gjennomsnittlig dybde for de ulike sedimentasjonene.

Samtlige prøvepunkter overskrider dog klasse II ved en eller flere parametere. For kvikksølv er konsentrasjonene opp mtil klasse V, men med en enkel risikovurdering med beregnet porevannskonsentrasjon ($PNEC_w$) vil bly være akseptabel i trinn 1, mens arsen vil overskride denne (i snitt for alle prøvene) (tabell 5). Porevannskonsentrasjonen vil være styrende for giftigheten av sedimentene, da det er dette som vil være biotilgjengelig, samt i størst grad lekke ut til de frie vannmassene.

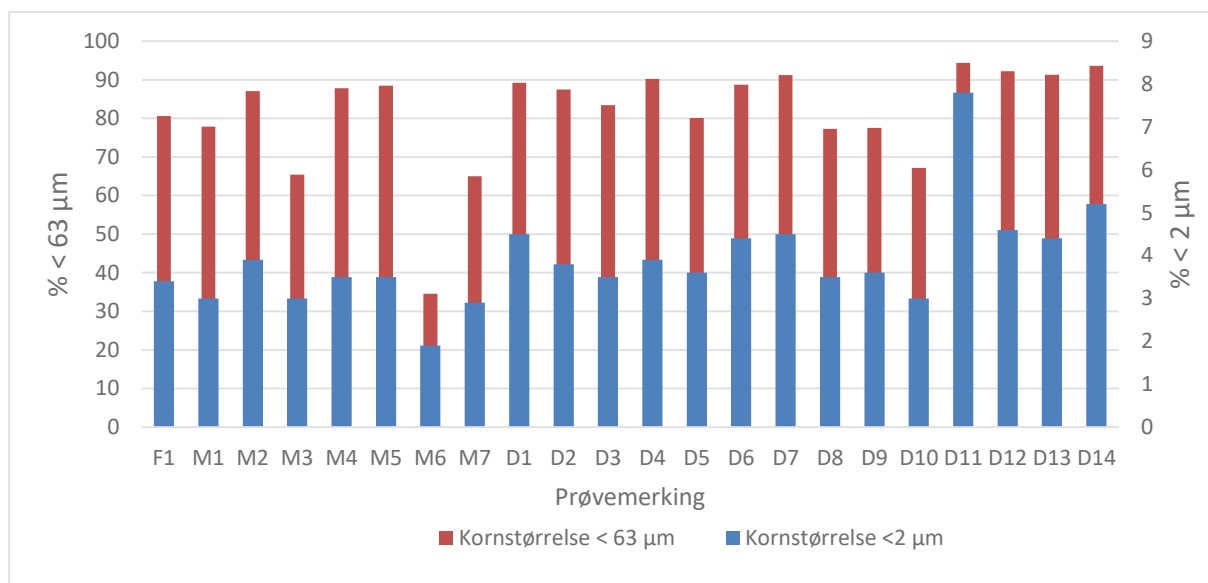
Det er for de gitte tilstandsgrensene benyttet en K_d verdi med TOC = 1 %, målt snitt for TOC er 1,2 % og denne forutsetningen for utregningen av klassegrenser anses derfor for oppfylt.

Analysereport fra Eurofins er gitt i vedlegg 2.



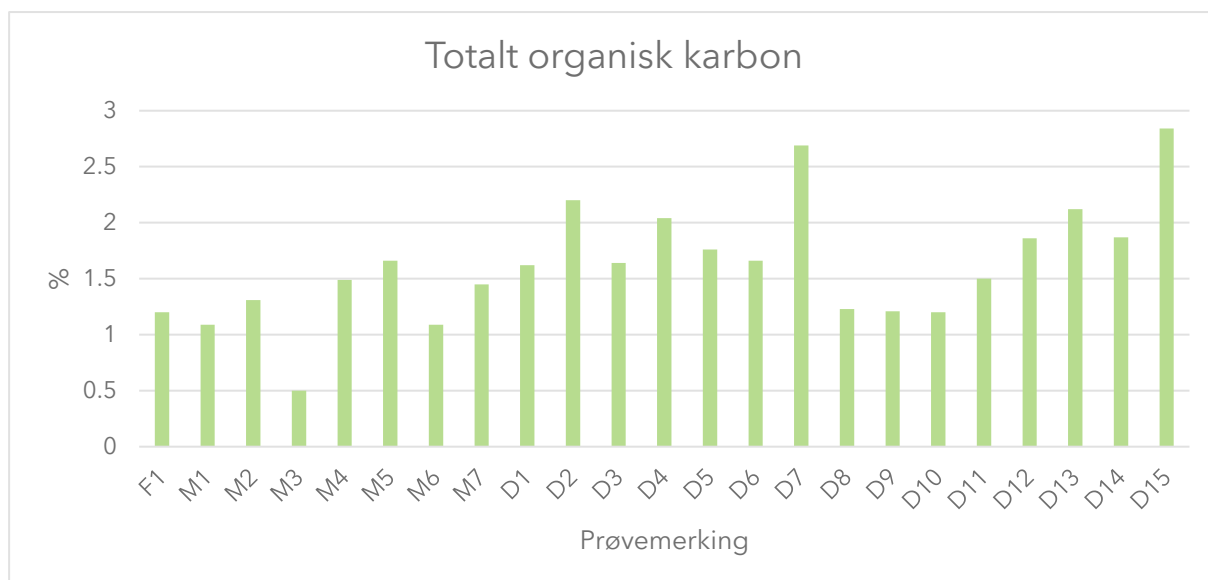
Figur 7 Innhold av tørrstoff i prøvene.

Mudderprøvene har noe mer tørrstoff ca 60% mere enn prøvene fra dumpeområdet, 50%.



Figur 8 Kornstørrelse

Kornstørrelse i analyserte prøver viser at det er gjennomgående ca 80% < 63 µm og ca 3-4 % < 2µm (høyre akse), med noen unntak med mere grove masser.



Figur 9 TOC i sedimentprøvene.

Det er noe mere organisk innhold i prøvene fra dumpeområdet, TOC på 1,8 %C mot 1,2 % TOC i mudringsområdet.

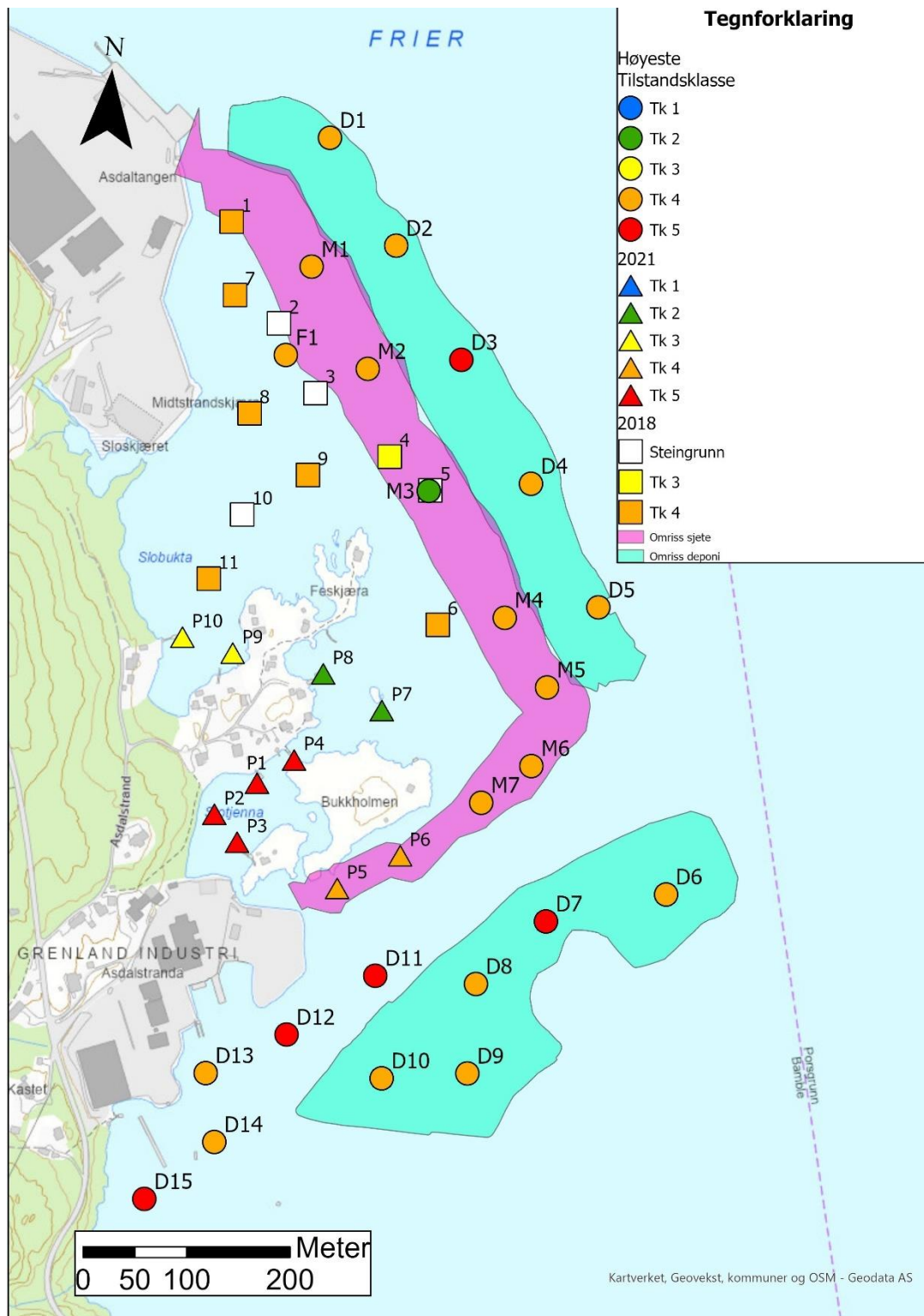
Figur 10 Resultater fra sedimentundersøkelser av muddermasser (Mxx) og deponimasser (Dxx) fra topp 20 cm.

	Prøvemerkning	F1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	D1	D2	D3
Tørrestoff	%	60.3	63.5	59	69.6	54.1	57	65.3	60	51.8	52.3	49.4
Arsen (As)	mg/kg TS	6.2	5.5	6.7	4.9	7.9	8.1	5.6	8.1	6.1	7.7	8.9
Bly (Pb)	mg/kg TS	38	38	42	15	54	50	33	49	61	65	94
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	0.085	0.086	0.093	0.048	0.12	0.095	0.078	0.12	0.16	0.19	0.46
Kobber (Cu)	mg/kg TS	13	11	14	6.2	17	15	9.3	15	19	20	25
Krom (Cr)	mg/kg TS	13	12	14	7.5	18	16	12	14	18	20	23
Kvikksølv (Hg)	mg/kg TS	0.55	0.53	0.61	0.15	0.82	0.73	0.44	0.66	0.89	1	1.5
Nikkel (Ni)	mg/kg TS	8.6	7.6	9.2	5.5	11	10	6.7	10	12	12	14
Sink (Zn)	mg/kg TS	67	61	75	35	90	81	56	77	97	100	150
Naftalen	mg/kg TS	0.01	0.011	0.013	< 0,010	0.015	0.013	< 0,010	0.012	0.018	0.019	0.033
Acenafitylen	mg/kg TS	0.013	0.016	0.021	< 0,010	0.019	0.018	0.012	0.014	0.034	0.023	0.04
Acenaften	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoren	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0.01	0.012	0.017
Fenantren	mg/kg TS	0.041	0.04	0.048	0.015	0.058	0.056	0.044	0.05	0.071	0.085	0.13
Antracen	mg/kg TS	0.014	0.015	0.019	< 0,0046	0.022	0.02	0.015	0.018	0.029	0.03	0.053
Fluoranten	mg/kg TS	0.08	0.076	0.1	0.032	0.12	0.11	0.1	0.1	0.14	0.15	0.23
Pyren	mg/kg TS	0.084	0.081	0.1	0.031	0.12	0.11	0.092	0.099			

Figur 11 Resultater fra sedimentundersøkelser av muddermasser (Mxx) og deponimasser (Dxx) fra topp 20 cm.

Prøvemerkning	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
Tørrestoff %	43	61.1	46.2	42.7	57.3	59.3	57	49.3	45.1	45.4	45.2	37.7
Arsen (As) mg/kg TS	11	6.4	9.3	13	6.7	7.6	6.7	11	10	15	9.5	20
Bly (Pb) mg/kg TS	72	56	58	120	66	50	42	97	130	82	91	150
Kadmium (Cd) mg/kg TS	0.14	0.17	0.072	0.35	0.084	0.08	0.079	0.39	0.55	0.16	0.2	0.93
Kobber (Cu) mg/kg TS	24	14	20	35	28	19	15	28	31	26	27	46
Krom (Cr) mg/kg TS	23	14	19	33	17	16	14	27	30	26	29	42
Kvikksølv (Hg) mg/kg TS	1.1	0.75	0.77	1.8	0.65	0.56	0.58	1.5	2.1	1.2	1.3	2.5
Nikkel (Ni) mg/kg TS	15	9.2	13	21	11	11	8.6	18	18	17	18	24
Sink (Zn) mg/kg TS	120	81	96	180	120	89	73	150	160	130	130	220
Naftalen mg/kg TS	0.025	<0,010	<0,010	0.034	0.015	0.011	<0,010	0.023	0.034	0.017	0.025	0.044
Acenaftilen mg/kg TS	0.03	0.011	0.012	0.03	0.011	0.012	0.012	0.023	0.027	0.018	0.02	0.038
Acenaften mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.011
Fluoren mg/kg TS	0.021	<0,010	<0,010	0.018	0.011	<0,010	<0,010	0.012	0.018	<0,010	0.013	0.025
Fenantren mg/kg TS	0.19	0.055	0.048	0.14	0.084	0.06	0.054	0.095	0.15	0.075	0.11	0.19
Antracen mg/kg TS	0.11	0.018	0.016	0.053	0.022	0.017	0.015	0.037	0.055	0.027	0.038	0.08
Fluoranten mg/kg TS	0.41	0.11	0.11	0.26	0.18	0.12	0.12	0.19	0.28	0.15	0.21	0.37
Pyren mg/kg TS	0.34	0.11	0.1	0.28	0.15	0.11	0.11	0.2	0.3	0.15	0.21	0.4
Benzo[a]antracen mg/kg TS	0.25	0.076	0.075	0.23	0.11	0.08	0.078	0.16	0.22	0.12	0.17	0.31
Krysen/Trifenylen mg/kg TS	0.18	0.059	0.058	0.16	0.082	0.061	0.056	0.12	0.16	0.09	0.12	0.23
Benzo[b]fluoranten mg/kg TS	0.76	0.35	0.3	1.1	0.33	0.3	0.27	0.82	1	0.59	0.67	1.4
Benzo[k]fluoranten mg/kg TS	0.23	0.1	0.088	0.34	0.1	0.092	0.081	0.24	0.3	0.17	0.2	0.41
Benzo[a]pyren mg/kg TS	0.4	0.17	0.16	0.6	0.19	0.15	0.14	0.43	0.53	0.3	0.35	0.75
Indeno[1,2,3-cd]pyren mg/kg TS	0.42	0.19	0.2	0.63	0.21	0.19	0.18	0.49	0.55	0.36	0.39	0.73
Dibenzo[a,h]antracen mg/kg TS	0.093	0.043	0.042	0.13	0.044	0.039	0.038	0.099	0.11	0.079	0.077	0.15
Benzo[ghi]perylen mg/kg TS	0.42	0.22	0.21	0.68	0.21	0.2	0.18	0.52	0.56	0.39	0.4	0.74
Sum PAH(16) EPA mg/kg TS	3.9	1.5	1.4	4.7	1.8	1.4	1.3	3.5	4.3	2.5	3	5.9
PCB 28 mg/kg TS	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	<0,00050	0.00055
PCB 52 mg/kg TS	<0,00050	<0,00050	<0,00050	0.0009	0.00067	0.00076	<0,00050	0.00061	0.0008	<0,00050	0.00064	0.0011
PCB 101 mg/kg TS	0.00095	<0,00050	<0,00050	0.0025	0.0012	0.001	<0,00050	0.0013	0.0024	0.00067	0.0012	0.0025
PCB 118 mg/kg TS	0.0011	0.00055	0.00059	0.0026	0.0014	0.00081	<0,00050	0.0013	0.002	0.0008	0.0012	0.002
PCB 153 mg/kg TS	0.0024	0.0013	0.0014	0.0046	0.0021	0.0015	0.0013	0.0033	0.0041	0.0022	0.0025	0.0049
PCB 138 mg/kg TS	0.0017	0.001	0.0012	0.0035	0.0018	0.0014	0.00097	0.0024	0.0028	0.0015	0.0019	0.0036
PCB 180 mg/kg TS	0.002	0.00089	0.00093	0.0027	0.00093	0.00078	0.00071	0.002	0.0027	0.0015	0.0019	0.0042
Sum 7 PCB mg/kg TS	0.0082	0.0037	0.0041	0.017	0.0081	0.0063	0.003	0.011	0.015	0.0067	0.0093	0.019
Tributyltinn (TBT) µg/kg tv	4.7	3.1	2.8	<2.5	3.7	2.8	<2.5	<2.5	<2.5	4.2	<2.5	5.3
Tributyltinn-Sn (TBT-Sn) µg Sn/kg TS	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2.2
Dibutyltinn (DBT) µg/kg tv	3.9	3.2	5.1	3.6	7.7	4.4	5.6	<2,5	3.5	5.6	<2,5	6.6
Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn) µg Sn/kg tv	2	<2,0	2.6	<2,0	4	2.2	2.9	<2,0	<2,0	2.9	<2,0	3.4
Monobutyltinn (MBT) µg/kg tv	4.8	6.6	5.7	5.2	7.7	7.3	5.3	4.1	4.5	9.2	4.9	8.7
Monobutyltinn kation µg Sn/kg tv	3.2	4.5	3.9	3.5	5.2	4.9	3.6	2.8	3	6.2	3.3	5.9
Kornstørrelse <2 µm % TS	3.9	3.6	4.4	4.5	3.5	3.6	3	7.8	4.6	4.4	5.2	4.1
Kornstørrelse <63 µm %	90.2	80.1	88.7	91.2	77.3	77.5	67.2	94.4	92.2	91.3	93.6	89.2
Injeksjon	blank	ck value	Impck value	Impck value	Impck value	Impck value	Impck value	Impck value	Impck value	Impck value	Impck value	Impck value
Totalt organisk karbon % C	2.04	1.76	1.66	2.69	1.23	1.21	1.2	1.5	1.86	2.12	1.87	2.84
Totalt organisk karbon (TOC) mg C/kg TS	20400	17600	16600	26900	12300	12100	12000	15000	18600	21200	18700	28400
IO(2005)-PCDD/F TEQ (upper-boi ng/kg tv		1330		4760		856		2350	3370		3120	

Figur 12 viser høyeste tilstandsklasse (TK) i toppsedimentene. Muddermassene har i hovedsak TK 4, men med en prøve i TK3 og en i TK2. Dette tyder på relativt lavere forurensing i topplaget av muddermassene.



Figur 12 Høyeste tilstandsklasse i toppsedimenter (20 cm), med unntak av dioksiner, som alle viser tk 5. Grønne felt er dumpearealer, Lilla felt er mudreområder.

6. Risikovurdering trinn 1

Prøver fra øverste 20 cm av muddermassene overskrider grenseverdien for økologisk risiko for kvikksølv, PAH, PCB og dioksiner, iht. Miljødirektoratets veileder TA M1489, se Figur 13. Det er vist verdier for overskridelse beregnet på grunnlag av høyeste verdi av miljøgifter (maks) og gjennomsnitt (middel) for delområdet.

Prøver fra øverste 20 cm av området planlagt for deponi, overskrider grenseverdien også for arsen, sink og flere PAH'er, , iht. iht. Miljødirektoratets veileder TA M1489, se Figur 14.

Resultatene fra Trinn 1 viser at det er behov for å gjennomføre risikovurdering Trinn 2.

Figur 13 Målt sediment konsentrasjon sammenlignet med trinn 1 grenseverdier for muddermasser 0-20 cm

Tab.1: Målt sedimentkonsentrasjon sammenlignet med trinn 1 grenseverdier

Mudderarealer

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	8	8.1	6.625	18		
Bly	8	54	39.875	150		
Kadmium	8	0.12	0.090625	2.5		
Kobber	8	17	12.5625	84		
Krom totalt (III + VI)	8	18	13.3125	660		
Kvikksølv	8	0.82	0.56125	0.52	1.6	1.1
Nikkel	8	11	8.575	42		
Sink	8	90	67.75	139		
Naftalen	6	0.015	0.01233333	0.027		
Acenaftylen	7	0.021	0.01614286	0.033		
Acenaften	0	mangler	mangler	0.096		
Fluoren	0	mangler	mangler	0.15		
Fenantren	8	0.058	0.044	0.78		
Antracen	7	0.022	0.01757143	0.0046	4.8	3.8
Fluoranten	8	0.12	0.08975	0.4		
Pyren	8	0.12	0.089625	0.084	1.4	1.1
Benzo(a)antracen	8	0.099	0.072375	0.06	1.7	1.2
Krysen	8	0.071	0.053	0.28		
Benzo(b)fluoranten	8	0.46	0.318375	0.140	3.3	2.3
Benzo(k)fluoranten	8	0.13	0.09475	0.135		
Benzo(a)pyren	8	0.25	0.167	0.183	1.4	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8	0.27	0.1915	0.063	4.3	3.0
Dibenzo(a,h)antracen	7	0.06	0.04514286	0.027	2.2	1.7
Benzo(ghi)perylene	8	0.29	0.20525	0.084	3.5	2.4
Tributyltinn (TBT-ion)	8	0.0001	0.0001	0.035		
PCB7	7	0.0048	0.00367143	0.0041	1.2	
Dioksiner og d.lignende forbindelser	7	0.00152	0.00113343	8.60E-07	1767.4	1317.9

Figur 14 Målt sediment konsentrasjon sammenlignet med trinn 1 grenseverdier deponiarealer 0-20 cm

Tab.1: Målt sedimentkonsentrasjon sammenlignet med trinn 1 grenseverdier

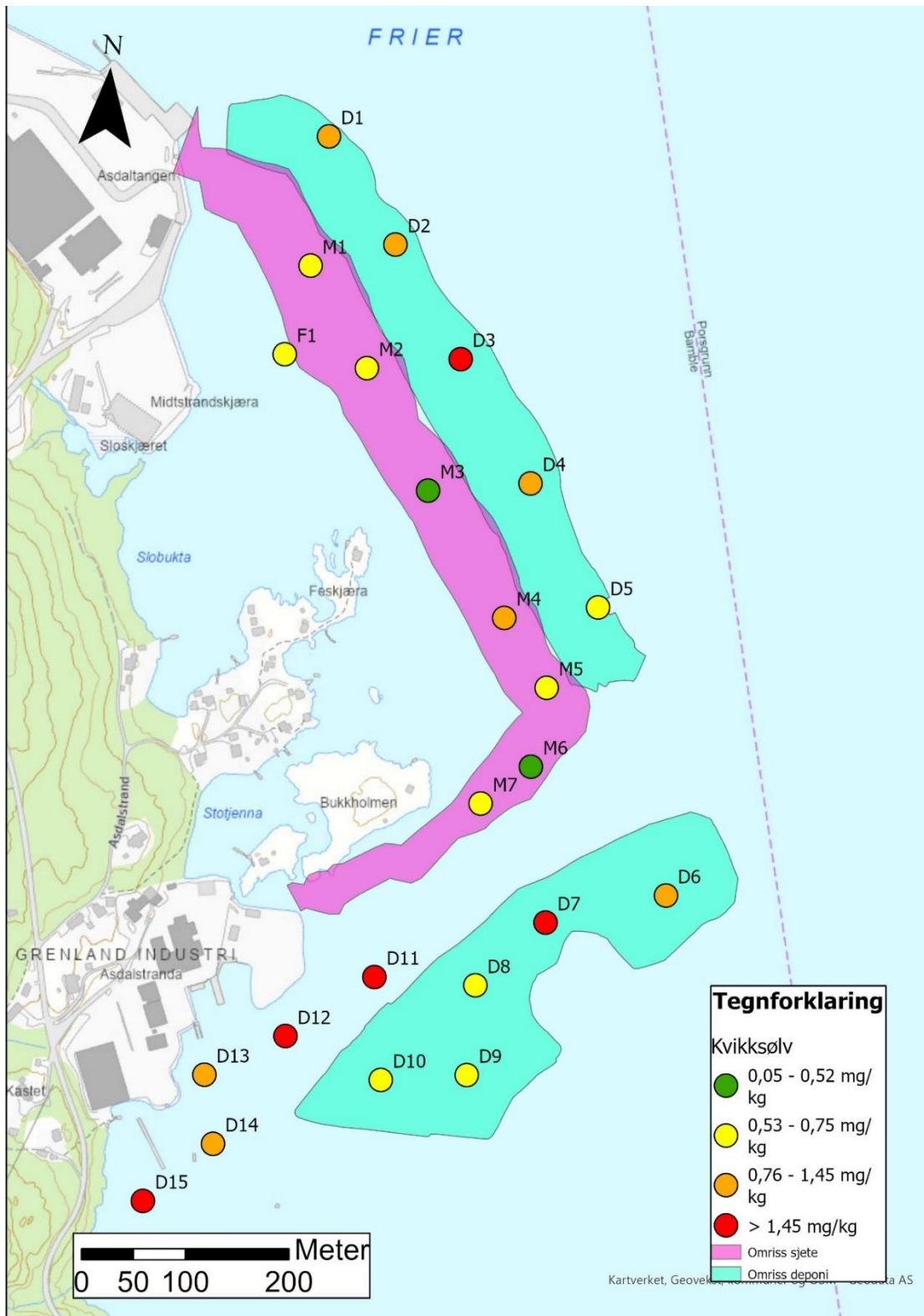
Deponiarealer

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	15	20	9.92666667	18	1.1	
Bly	15	150	82.2666667	150		
Kadmium	15	0.93	0.26766667	2.5		
Kobber	15	46	25.1333333	84		
Krom totalt (III + VI)	15	42	23.4	660		
Kvikksølv	15	2.5	1.21333333	0.52	4.8	2.3
Nikkel	15	24	14.7866667	42		
Sink	15	220	126.4	139	1.6	
Naftalen	12	0.044	0.02483333	0.027	1.6	
Acenaftylen	15	0.04	0.02273333	0.033	1.2	
Acenaften	2	0.011	0.0105	0.096		
Fluoren	10	0.025	0.0157	0.15		
Fenantren	15	0.19	0.10246667	0.78		
Antracen	15	0.11	0.04	0.0046	23.9	8.7
Fluoranten	15	0.41	0.202	0.4	1.0	
Pyren	15	0.4	0.202	0.084	4.8	2.4
Benzo(a)antracen	15	0.31	0.1566	0.06	5.2	2.6
Krysen	15	0.23	0.11546667	0.28		
Benzo(b)fluoranten	15	1.4	0.676	0.140	10.0	4.8
Benzo(k)fluoranten	15	0.41	0.20073333	0.135	3.0	1.5
Benzo(a)pyren	15	0.75	0.36066667	0.183	4.1	2.0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	15	0.73	0.38666667	0.063	11.6	6.1
Dibenzo(a,h)antracen	15	0.15	0.08126667	0.027	5.6	3.0
Benzo(ghi)perylene	15	0.74	0.40666667	0.084	8.8	4.8
Tributyltinn (TBT-ion)	15	0.0053	0.00259333	0.035		
PCB7	15	0.019	0.00925333	0.0041	4.6	2.3
Dioksiner og d.lignende forbindelser	8	0.00517	0.002866	8.60E-07	6011.6	3332.6

Figur 15 viser at det er gjennomgående 2 - 3 ganger så høye konsentrasjoner i muddermassene sammenlignet med deponimassene. For TBT er det 25 ganger så mye i muddermassene sammenlignet med deponimassene.

Figur 15 Maks og middel av sediment konsentrasjon i muddermasser og deponimasser i forhold til Trinn 1 grenseverdi, samt forholdet mellom konsentrasjonen i deponi og muddermasser.

	Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	mudder		deponi		deponi/mudder	
		maks	Middel	maks	Middel	maks	Middel
Arsen	18	0.5	0.4	1.1	0.6	2.5	1.5
Bly	150	0.4	0.3	0.3	0.5	0.8	2.1
Kadmium	2.5	0.0	0.0	0.4	0.1	7.8	3.0
Kobber	84	0.2	0.1	0.5	0.3	2.7	2.0
Krom totalt (III + VI)	660	0.0	0.0	0.1	0.0	2.3	1.8
Kvikksølv	0.52	1.6	1.1	4.8	2.3	3.0	2.2
Nikkel	42	0.3	0.2	0.6	0.4	2.2	1.7
Sink	139	0.6	0.5	1.6	0.9	2.4	1.9
Naftalen	0.027	0.6	0.5	1.6	0.9	2.9	2.0
Acenaftylen	0.033	0.6	0.5	1.2	0.7	1.9	1.4
Acenaften	0.096	0.1	0.1	0.1	0.1	2.3	2.2
Fluoren	0.15	0.1	0.1	0.2	0.1	2.2	1.9
Fenantren	0.78	0.1	0.1	0.2	0.1	3.3	2.3
Antracen	0.0046	4.8	3.8	23.9	8.7	5.0	2.3
Fluoranten	0.4	0.3	0.2	1.0	0.5	3.4	2.3
Pyren	0.084	1.4	1.1	4.8	2.4	3.3	2.3
Benzo(a)antracen	0.06	1.7	1.2	5.2	2.6	3.1	2.2
Krysen	0.28	0.3	0.2	0.8	0.4	3.2	2.2
Benzo(b)fluoranten	0.140	3.3	2.3	10.0	4.8	3.0	2.1
Benzo(k)fluoranten	0.135	1.0	0.7	3.0	1.5	3.2	2.1
Benzo(a)pyren	0.183	1.4	0.9	4.1	2.0	3.0	2.2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.063	4.3	3.0	11.6	6.1	2.7	2.0
Dibenzo(a,h)antracen	0.027	2.2	1.7	5.6	3.0	2.5	1.8
Benzo(ghi)perylene	0.084	3.5	2.4	8.8	4.8	2.6	2.0
Tributyltinn (TBT-ion)	0.035	0.0	0.0	0.2	0.1	53.0	25.9
PCB7	0.0041	1.2	0.9	4.6	2.3	4.0	2.5
Dioksiner og d.lignende forbindelser	8.60E-07	1767.4	1317.9	6011.6	3332.6	3.4	2.5



Figur 16 Kvikksølv i sedimentene vist ihht tilstandsklasse

7. Risikovurdering trinn 2

I henhold til Miljødirektoratets veileder TA-1489/2019, må en Trinn 2 risikovurdering gjennomføres for å avdekke om den aktuelle risiko er akseptabel eller ikke. For utfyllingsprosjektet er det aktuelt å vurdere risiko for spredning.

Miljødirektoratets beregningsverktøy (TA-409 regneark) er anvendt for å beregne overskridelser i Trinn 2 vurderingen. Stedsspesifikke data som er benyttet i risikovurderingen er vist i tabeller nedenfor for hvert av delområdene

Arsen, TBT, PAH og dioksiner vil overskride beregnet porevanns-konsentrasjon i forhold til ($PNEC_w$) (Figur 17). Porevanns-konsentrasjonen vil være styrende for spredning av giftigheten fra sedimentene, da det er dette som vil være biotilgjengelig, samt i størst grad lekke ut til de frie vannmassene. Overskridelsene er høye for dioksiner og Benzo(a)pyren.

Figur 17: Beregnet porevannskonsentrasjon for **muddermassene** med $PNEC_w$. Tabellen viser her at det er arsen, og ikke kvikksølv, av metallene som fører til at EQS overskrides. I tillegg overskrides $PNEC_w$ for flere PAH-er, TBT og dioksiner

Tab.4: Beregnet/målt porevannskonsentrasjon sammenlignet med $PNEC_w$

$PNEC_w$ tilsvarer grensen mellom tilstandsklasse II og III

Stoff	Beregnet porevanns-konsentrasjon		Målt porevanns-konsentrasjon		Grense-verdi for økologisk risiko, $PNEC_w$ (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til $PNEC_w$ (antall ganger):	
	C_{pv} , maks (mg/l)	C_{pv} , middel (mg/l)	C_{pv} , maks (mg/l)	C_{pv} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1.23E-03	1.00E-03	ikke målt	ikke målt	6.0E-04	2.0	1.7
Bly	3.49E-04	2.57E-04	ikke målt	ikke målt	1.3E-03		
Kadmium	9.23E-07	6.97E-07	ikke målt	ikke målt	2.0E-04		
Kobber	6.96E-04	5.15E-04	ikke målt	ikke målt	2.6E-03		
Krom totalt (III + VI)	1.50E-04	1.11E-04	ikke målt	ikke målt	3.4E-03		
Kvikksølv	8.20E-06	5.61E-06	ikke målt	ikke målt	4.7E-05		
Nikkel	1.55E-03	1.21E-03	ikke målt	ikke målt	8.6E-03		
Sink	8.18E-04	6.16E-04	ikke målt	ikke målt	3.4E-03		
Naftalen	8.88E-04	6.95E-04	ikke målt	ikke målt	2.0E-03		
Acenaflyten	6.21E-04	4.55E-04	ikke målt	ikke målt	1.3E-03		
Acenafthen	1.51E-04	1.51E-04	ikke målt	ikke målt	3.8E-03		
Fluoren	7.54E-05	7.54E-05	ikke målt	ikke målt	1.5E-03		
Fenantren	1.20E-04	9.10E-05	ikke målt	ikke målt	5.1E-04		
Antracen	5.74E-05	4.16E-05	ikke målt	ikke målt	1.0E-04		
Fluoranten	9.45E-05	7.07E-05	ikke målt	ikke målt	6.3E-06	15.0	11.2
Pyren	1.57E-04	1.17E-04	ikke målt	ikke målt	2.3E-05	6.8	5.1
Benzo(a)antracen	1.52E-05	1.11E-05	ikke målt	ikke målt	1.2E-05	1.3	
Krysen	1.37E-05	1.02E-05	ikke målt	ikke målt	7.0E-05		
Benzo(b)fluoranten	4.25E-05	2.94E-05	ikke målt	ikke målt	1.7E-05	2.5	1.7
Benzo(k)fluoranten	1.26E-05	9.18E-06	ikke målt	ikke målt	1.7E-05		
Benzo(a)pyren	2.31E-05	1.54E-05	ikke målt	ikke målt	1.7E-07	136.0	90.8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8.86E-06	6.28E-06	ikke målt	ikke målt	2.7E-06	3.3	2.3
Dibenzo(a,h)antracen	2.37E-06	1.61E-06	ikke målt	ikke målt	6.0E-07	3.9	2.7
Benzo(ghi)perylene	2.18E-05	1.54E-05	ikke målt	ikke målt	8.2E-07	26.6	18.8
Tributyltinn (TBT-ion)	6.99E-06	6.99E-06	ikke målt	ikke målt	2.0E-07	35.0	35.0
PCB7	1.15E-06	8.79E-07	ikke målt	ikke målt	0.0E+00	#DIV/0!	#DIV/0!
Dioksiner og dioksinlign	2.41E-08	1.80E-08	ikke målt	ikke målt	1.9E-12	12699.5	9469.7

Figur 18: Beregnet porevannskonsentrasjon for øverste 20 cm av **deponimassene** med PNEC_w. Tabellen viser her at det er arsen, og ikke kvikksølv, av metallene som fører til at EQS overskrides. I tillegg overskrides PNEC_w for flere PAHer, TBT og dioksiner

Tab.4: Beregnet/målt porevannskonsentrasjon sammenlignet med PNEC_w

PNEC_w tilsvarer grensen mellom tilstandsklasse II og III

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{pv, maks} (mg/l)	C _{pv, middel} (mg/l)	C _{pv, maks} (mg/l)	C _{pv, middel} (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	3.03E-03	1.50E-03	ikke målt	ikke målt	6.0E-04	5.0	2.5
Bly	9.68E-04	5.31E-04	ikke målt	ikke målt	1.3E-03		
Kadmium	7.15E-06	2.06E-06	ikke målt	ikke målt	2.0E-04		
Kobber	1.88E-03	1.03E-03	ikke målt	ikke målt	2.6E-03		
Krom totalt (III + VI)	3.50E-04	1.95E-04	ikke målt	ikke målt	3.4E-03		
Kvikksølv	2.50E-05	1.21E-05	ikke målt	ikke målt	4.7E-05		
Nikkel	3.39E-03	2.09E-03	ikke målt	ikke målt	8.6E-03		
Sink	2.00E-03	1.15E-03	ikke målt	ikke målt	3.4E-03		
Naftalen	6.77E-04	3.82E-04	ikke målt	ikke målt	2.0E-03		
Acenaften	3.08E-04	1.75E-04	ikke målt	ikke målt	1.3E-03		
Acenaften	4.31E-05	4.12E-05	ikke målt	ikke målt	3.8E-03		
Fluoren	4.90E-05	3.08E-05	ikke målt	ikke målt	1.5E-03		
Fenantren	1.02E-04	5.51E-05	ikke målt	ikke målt	5.1E-04		
Antracen	7.46E-05	2.71E-05	ikke målt	ikke målt	1.0E-04		
Fluoranten	8.39E-05	4.14E-05	ikke målt	ikke målt	6.3E-06	13.3	6.6
Pyren	1.36E-04	6.86E-05	ikke målt	ikke målt	2.3E-05	5.9	3.0
Benzo(a)antracen	1.24E-05	6.25E-06	ikke målt	ikke målt	1.2E-05	1.0	
Krysen	1.16E-05	5.80E-06	ikke målt	ikke målt	7.0E-05		
Benzo(b)fluoranten	3.37E-05	1.63E-05	ikke målt	ikke målt	1.7E-05	2.0	
Benzo(k)fluoranten	1.03E-05	5.05E-06	ikke målt	ikke målt	1.7E-05		
Benzo(a)pyren	1.80E-05	8.67E-06	ikke målt	ikke målt	1.7E-07	106.1	51.0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6.23E-06	3.30E-06	ikke målt	ikke målt	2.7E-06	2.3	1.2
Dibenzo(a,h)antracen	1.54E-06	8.34E-07	ikke målt	ikke målt	6.0E-07	2.6	1.4
Benzo(ghi)perylene	1.45E-05	7.95E-06	ikke målt	ikke målt	8.2E-07	17.6	9.7
Tributyltinn (TBT-ion)	9.64E-05	4.72E-05	ikke målt	ikke målt	2.0E-07	481.8	235.8
PCB7	1.18E-06	5.76E-07	ikke målt	ikke målt	0.0E+00	#DIV/0!	#DIV/0!
Dioksiner og dioksinlign	2.13E-08	1.18E-08	ikke målt	ikke målt	1.9E-12	11230.7	6225.8

Figur 17 og Figur 18 viser at det i første rekke er doksiner og TBT som overskrider akseptable verdier for porevann. Tabellene viser også at det er ca 3 ganger høyere beregnet porevannskonsentrasjon i deponimassene sammenlignet med muddermassene.

8. Mudring og dumping

8.1. Omfang og metode

Masser ytterst i tildekkingsområdet som er for løse som fundament for steinsjeteen, må fjernes ved mudring. De øverste 20 - 50 cm ansees som forurensset, beskrevet i denne undersøkelsen. Dypere sedimenter i mudringsområdet ansees som rene, basert på tidligere undersøkelser i Frierfjorden, og at området ligger i strømmingssonen i Frierfjorden med begrenset sedimentering.

Dumpeareal ligger innenfor regulerte områder for utbygging av nytt kai-areal. Området i sør er en fordypning i terrenget med naturlig begrensning som hindrer videre spredning.

De øverste 50 cm mudres og legges i området sør for fyllingsarealet. Her er det dypere og massene vil ligge mer beskyttet mot mulige påvirkninger.

Muddermasser dypere enn 50 cm, ansees som rene og legges over muddermasser fra topplaget. Massene under 50 cm er også fastere, og vil tas opp på lekter med graver, noe som gir begrenset omrøring og lavt vanninnhold.

Alle muddermassene tildekkes med 100 - 300 cm rene masser egnet for tildekking, med steinfraksjoner tilpasset lokale forhold. Tildekkingen gjøres i minimum 2 lag.

Basert på utfylling av 200 000 m² ved utbygging av ny kai beregnet NIVA (Green, Håvardstun, Fagerli, & Ruus, 2020) hvor mye miljøgifter som tas ut av sirkulasjon fra området, se Figur 19. Dumping av muddermasser med tilhørende tildekking med rene masser i området sør og øst for utfylling, vil øke arealet der forurensset sediment tas ut av sirkulasjon / spredning, med ytterligere 150 000 m², noe som nesten vil doble anslagene i tabellen i Figur 19.

Geotekniske undersøkelser danner grunnlaget for behovet for mudringsdyp og avgrensning og oppfylling av arealet foreslått for dumping.

8.2. Overvåking

For å hindre spredning av forurensede sedimenter etableres ett eller flere lag med siltgardin i området rundt mudringen og rundt dumpeområdet.

Turbiditet måles ved flere stasjoner for å fange opp eventuelle avvik i partikkelinnhold i vannmassene. Plassering tilpasses arbeidene. Det etableres alarm med klare rutiner for oppfølging og eventuelt stopp, ved avvik utenfor siltgardin i forhold til referansestasjoner.

Figur 19 Beregnet mengde miljøgifter som tas ut av sirkulasjon, (Bakke, Borgersen, & Beylich, 2012)

Tabell 5. Mengde miljøgifter som vil bli tatt ut av sirkulasjon ved tildekking av ett areal på 200.000 m² ved utbygging av ny kai på Rønningen. Regneark fra veileder M-831/2017 er benyttet.

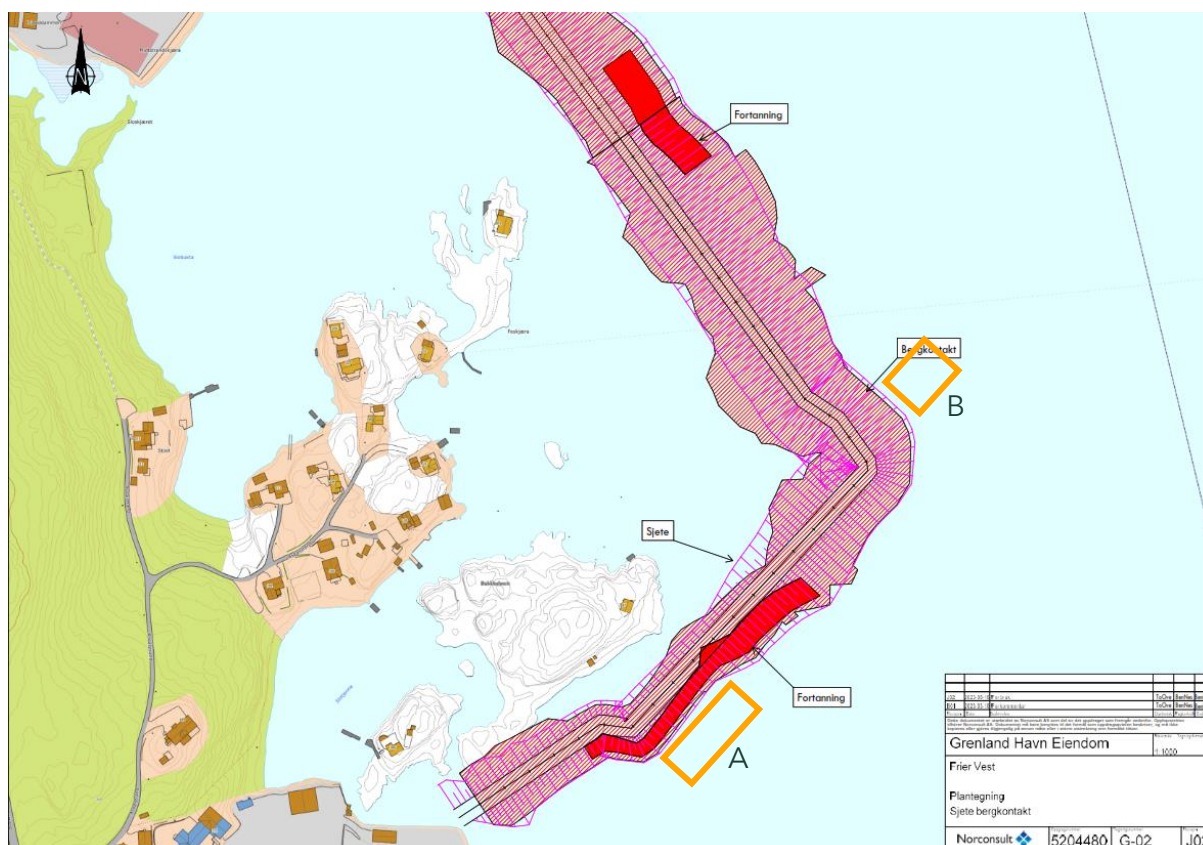
Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Arsen	9,5
Bly	48,3
Kadmium	0,2
Kobber	16,0
Krom totalt (III + VI)	16,0
Kvikksølv	0,5
Nikkel	10,9
Sink	98,5
Naftalen	0,02
Acenaftilen	0,02
Acenaften	0,02
Fluoren	0,02
Fenantren	0,06
Antracen	0,02
Fluoranten	0,12
Pyren	0,13
Benzo(a)antracen	0,08
Krysen	0,07
Benzo(b)fluoranten	0,37
Benzo(k)fluoranten	0,12
Benzo(a)pyren	0,19
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,22
Dibenzo(a,h)antracen	0,02
Benzo(ghi)perylene	0,22
Sum PAH-16	1,70
Sum PCB-7	0,02
Tributyltinn (TBT-ion)	0,01

9. Sprengning

9.1. Fortanning

Det er deler av området der sjeteen skal legges som har fjelltopografi som krever fortanning for å sikre at steinsjeteen ligger stabilt. I områdene vist i rødt på Figur 20 må fjellet løsnes for å sikre tilstrekkelig friksjon. Det legges først på et lag med steinmasser, for deretter å bore og sprengne / løsne på fjellet. Sprengstein skal ikke flyttes fra området.

Resterende deler av sjeteen har tilfredsstillende fjelltopografi, slik at steinsjeteen blir liggende stabilt etter at sedimentene er løsnet og/ eller fjernet.



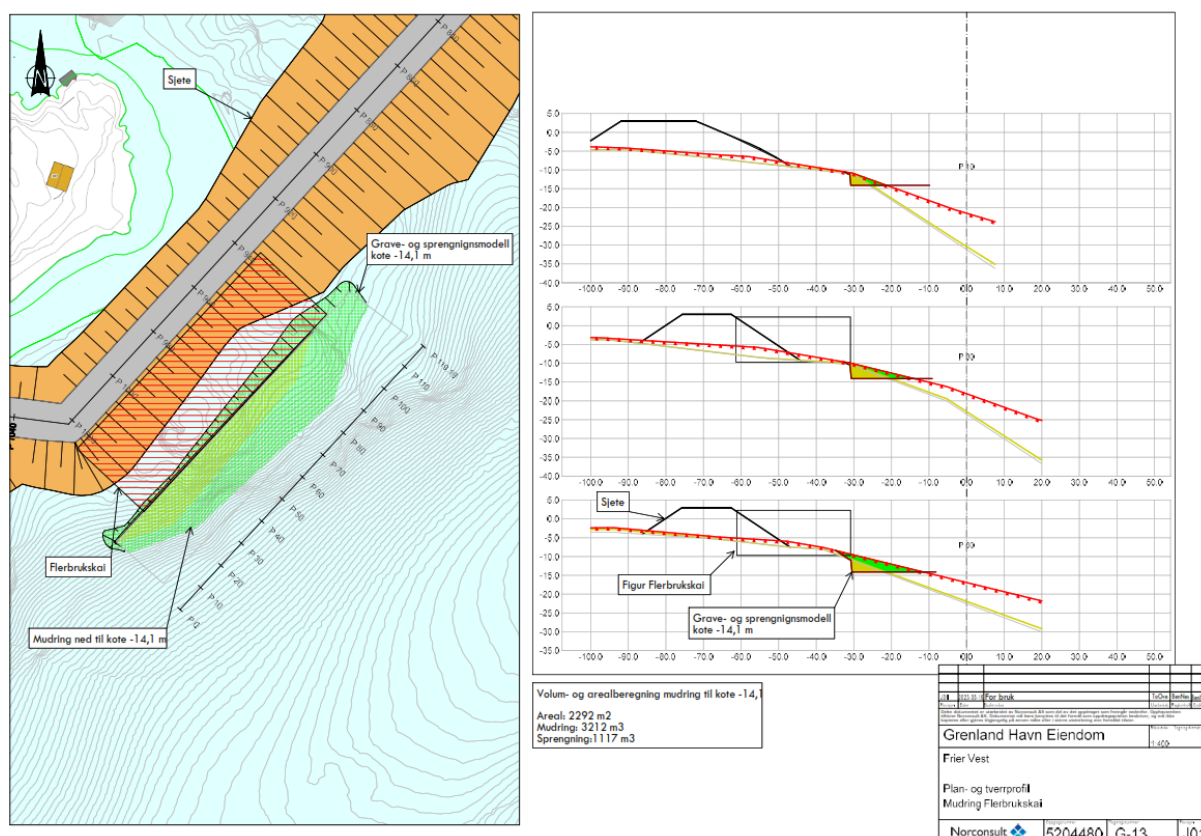
Figur 20 Plassering av steinsjete som danner yttergrensen av utfyllingen for ny havn på Frier Vest. De røde feltene krever fortanning før steinmasser legges ut.

9.2. Sprengning

Det er to mindre områder utenfor ny kaifront der det er behov for å øke seilingsdypet til minimum 14 meters dyp. Det er planlagt å sprengne bort noe berg og mudre noe sediment, område A og B i Figur 20.

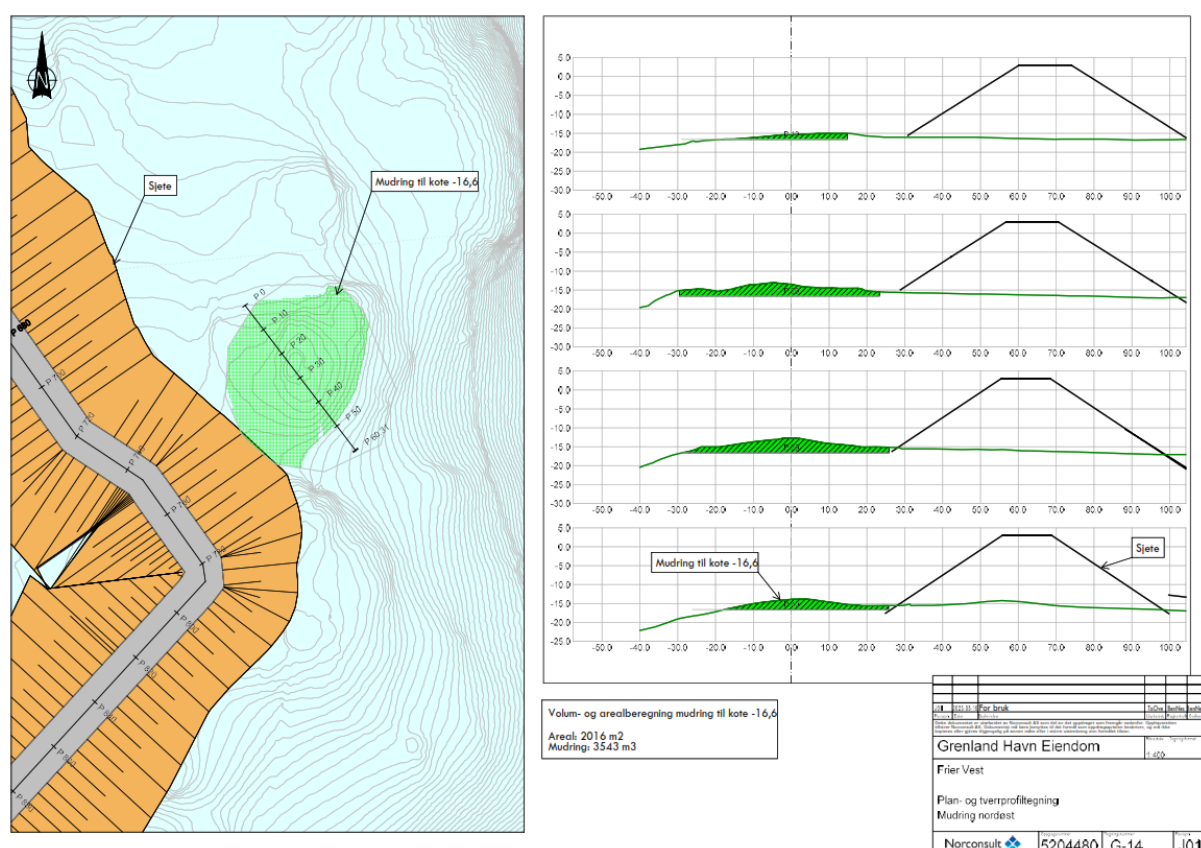
Sprengning vil gjennomføres etter arealet er mudret. Sprengning vil foregå fra lekter med borerigg og sprengteknikk tilpasset for å begrense spredning av partikler. Sprengningen gjøres forsiktig for å sikre at fjellet under steinsjete ikke påvirkes. Utsprengte masser kan graves opp og benyttes til utfylling bak ny kai, alternativt legges ut på dypere vann og tildekkes med rene masser. Også sprengningsarealet tildekkes med rene masser for å hindre spredning av små skarpkantede partikler. Etter sprengning vil dykker inspisere og samle opp eventuelle plastrester på sjøbunnen. Eventuell plast i vannoverflaten samles opp.

Område A, se Figur 21, er foreløpig beregnet til 2292 m² med behov for å sprengne bort 1117 m³ og mudre 3212 m³, se Figur 21.



Figur 21 Område A som må øke seilingsdybde utenfor ny kai.

Område B, se Figur 21, er foreløpig beregnet til 2016 m² med behov for å mudre 3543 m³, se Figur 22.



Figur 22 Område B som må øke seilingsdybde utenfor ny kai.

9.3. Miljøvurdering av sprengning

Sprengningsarbeider under vann kan føre til skade på fisk og annet dyreliv. Skadeomfanget er avhengig av størrelsen på ladningene, avstanden fra sprengningsstedet, om sprengningen foregår i vannmassene eller i grunnen og om området er tildekket på andre måter. Sprengningsteknikken tilpasses fjellkvaliteten slik at sprengsteinen ikke spres, men blir liggende på samme sted.

Sprengningen vil ikke ha direkte linjer til gyteplasser for fisk eller fugl.

Kilder

- Asplan_Viak. (2019). *Sedimentundersøkelser Rønningen Bamble kommune. Frier vest områderegulering. Asplan-viak. Oppdragsnummer 615705-01. Asplan Viak.*
- Asplan_Viak. (2021). *Sedimentundersøkelse Slotjønna, Frier vest, Frierfjorden. Asplan Viak.*
- Bakke, Borgersen, & Beylich. (2012). *Overvåking av Grenlandsfjordene, 2012. M9/2013. Miljødirektoratet.*
- Fagerli C.W., R. A., Stålstrøm, A., Green, N., Hjermann, D., & Selvik, J. (2016). *Tiltaksrettet overvåking av Grenlandsfjordene i henhold til vannforskriften. Overvåking for konsortium av 11 edrifter i Grenland. NIVA Rapport ISSN 1894-7948. NIVA.*
- Green, Håvardstun, Fagerli, & Ruus. (2020). *Områdereguleringens innvirkning på. NIVA.*
- Håvardstun, J., & Bakke. (2010). *Risikovurdering av propelloppvirvling av sedimenter ved Herøya industripark. NIVA-rapport, 6000-2010. NIVA.*
- M-350. (2015). *M-350. Veileder for håndtering av sediment – revider 25.mai 2018. Miljødirektoratet veileder M-350/2015. Miljødirektoratet.*
- M-409. (2015). *M-409. Risikovurdering av forurenset sediment. Veileder. Miljødirektoratet veileder M-409/2015. 106s. Miljødirektoratet.*
- M-608. (2016). *Veileder M-608 «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota». Miljødirektoratet.*
- NGI. (2017). *Noretyl AS, Rafnes Industriområde – Innspill til tilstandsrapport for forurenset grunn rundt Etylenfabrikken, NGI, 2017. NGI.*
- Rønningen, K. (2017). *Sedimentprøver, ulik dokumentasjon fra utfylling av steinkai ved Asdaltangen for Norsk Pukkservice A/S, 2017.*

Vedlegg:

- Vedlegg 1 – Feltprotokoll m/bilder
- Vedlegg 2 – Analyserapport Eurofins

