

Beregnet til

Ålesund kommune og Statsforvalteren i Møre og Romsdal

Dokument type

Tiltaksplan

Dato

November, 2022

GASSVERKSTOMTA TILTAKSPLAN MOT FORURENSET SJØBUNN



GASSVERKSTOMTA TILTAKSPLAN MOT FORURENSET SJØBUNN

Oppdragsnavn **Prosjektering – Renere fjord Ålesund**
Prosjekt nr. **1350046044**
Mottaker **Ålesund kommune og Statsforvalteren i Møre og Romsdal**
Dokument type **Tiltaksplan**
Versjon **001**
Dato **01.11.2022**
Utført av **Eivind Dypvik, Aleksander Worren, Mathias Leithe Haukø**
Kontrollert av **Tom Øyvind Jahren**
Godkjent av **Tom Øyvind Jahren**
Beskrivelse **Dokumentet inneholder en tiltaksplan for gjennomføring av tiltak mot forurensning på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta. Tiltaksplanen beskriver områdehistorikk, forurensningskilder, forurensningsutbredelse, miljømål for området, vurdering av aktuelle tiltak, anbefaling og beskrivelse av tiltak, beskrivelse av momenter som må inngå i detaljprosjekteringen av tiltaket, skisse av kontroll- og overvåkningsprogram, overordnet fremdriftsplan for gjennomføring av tiltaket, samt et prisestimat for gjennomføring av tiltak som anbefales.**

Rambøll
Harbitzalléen 5
Postboks 427 Skøyen
0213 Oslo

T +47 22 51 80 00
<https://no.ramboll.com>

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Bakgrunn	3
1.1	Bærekraft	4
2.	Målsetting	5
3.	Områdebeskrivelse	5
3.1	Områdebeskrivelse og historikk	5
3.1.1	Planlagt områdeutvikling	5
3.1.2	Sjøbunnstopografi og bunnforhold	6
3.1.3	Strømforhold	7
3.1.4	Geotekniske forhold	7
4.	Forurensningskilder	8
5.	Avgrensning av tiltaksområdet	8
6.	Miljømål	9
6.1	Langsiktig miljømål	10
6.2	Operasjonelt (kortsiktig) tiltaks mål	11
6.3	Forskjell før og etter tiltak	11
7.	Tiltaksbehov	12
8.	Tiltaksvurdering	13
9.	Anbefalt tiltaksløsning	13
9.1	Mudring av forurensede sedimenter	13
9.2	Håndtering og avvanning av mudrede masser	14
9.3	Tildeckingslag	16
9.3.1	Tildeckingsdesign	16
9.4	Disponeringsløsning tildekkingsmasser	19
9.5	Erosjonssikringsbehov	20
9.6	Geotekniske forhold	21
9.7	Sjøbunnsdybde før og etter tiltak	24
9.8	Koordinering mot andre tiltak	24
9.9	Risiko for rekontaminering av forurensning ved endt tiltak	24
9.10	Naturmangfold	25
9.10.1	Naturtyper og verdifulle områder	25
9.10.2	Rødlistede arter	27
9.10.3	Hensyn til naturmangfold	28
9.11	Hensyn til marine naturressurser	28
9.12	Hensyn til installasjoner på sjøbunnen	29
10.	Behov for ytterligere undersøkelser	30
10.1	Kulturminner	30
10.2	Udetonerte eksplosiver (UXO)	30
10.3	Skrot på sjøbunnen	30
10.4	Geotekniske undersøkelser	30
10.5	Detaljvurdering av tildeckingslagets design	30
10.6	Kartlegging av mulige arealer for å etablere anleggsområde	31
10.7	Kartlegging av deponiløsninger	31
10.8	Kum-undersøkelse	31
10.9	Plan for informasjon og medvirkning for interessenter	31
11.	Kontroll, overvåking og avbøtende tiltak	32
11.1	Miljøeffekt ved tiltak på kort og lang sikt	32
11.2	Påvirkning på influensområdet	32
11.3	Kontroll og overvåking under tiltaksgjennomføring.	32
11.3.1	Kontroll av tildekkingsmasser	33

11.3.2	Siltgardin	33
11.3.3	Turbiditet	33
11.3.4	Sedimentfeller	34
11.3.5	Passive prøvetakere av vannkvalitet	34
11.3.6	Avvanning av mudringsmasser	35
11.3.7	Støy	35
11.3.8	Støv	36
11.3.9	Beredskapsplaner og avbøtende tiltak.	36
11.4	Sluttkontroll av tiltaket.	37
11.4.1	Mudring	37
11.4.2	Tildekking	37
11.5	Overvåking av sjøbunn etter tiltaksgjennomføring.	37
11.5.1	Sedimentprøvetaking	37
11.5.2	Kontroll av tildekkingslag	38
11.5.3	Rekolonisering av biota	38
11.5.4	Kontroll av utlekking og spredning av forurensning	38
11.6	Oppdatering av databaser	38
12.	Fremdriftsplan og Kostnadsestimat	39
12.1	Fremdriftsplan	39
12.2	Kostnadsvurdering	40
13.	Konklusjoner og anbefalning	41
14.	Referanser	42
15.	Vedlegg	45
	Vedlegg 1. Områdebeskrivelse og historikk	45
	Vedlegg 2. Sjøbunnstopografi og bunnforhold	47
	Vedlegg 3. Strømforhold	50
	Vedlegg 4. Forurensning på land og i sjø	56
	Vedlegg 5 Tiltaksmetoder	71
	Vedlegg 6. Vurdering av ulike tiltaksløsninger	78

1. BAKGRUNN

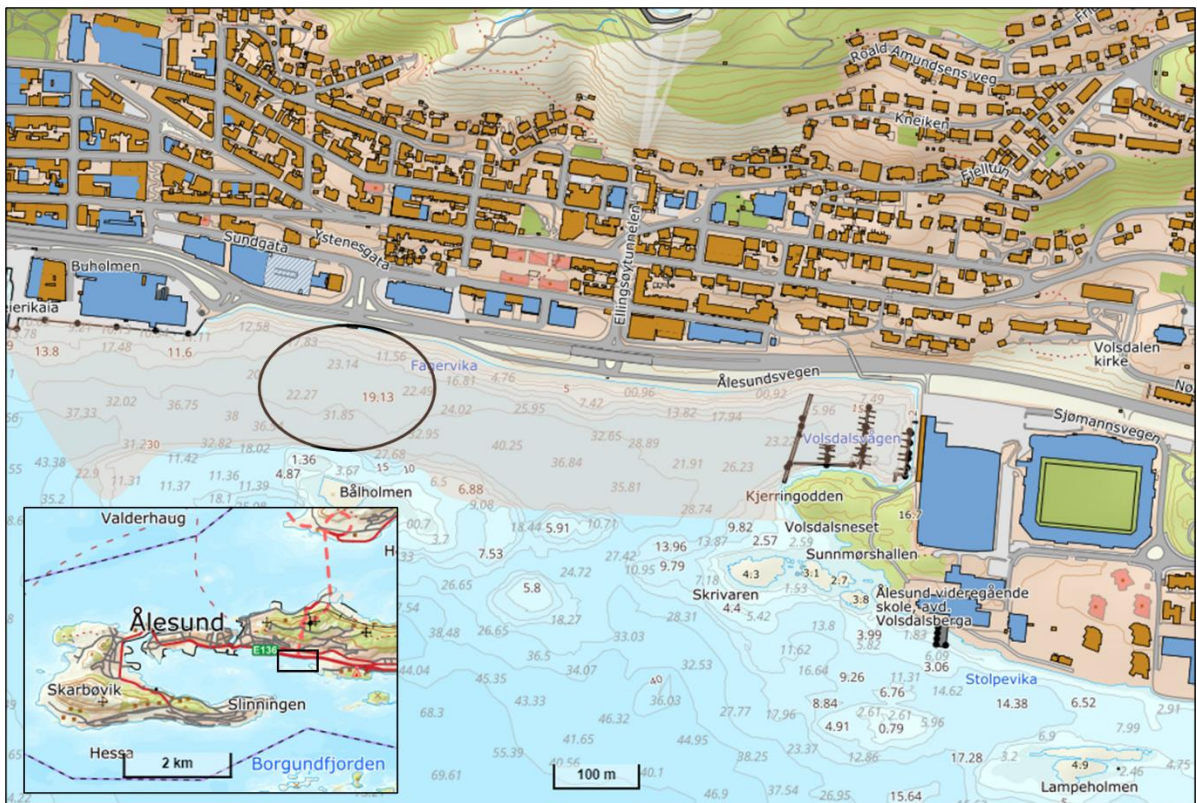
Aspevågen i Ålesund er ett av 17 prioriterte områder for opprydding av forurenset sjøbunn i Norge. I 2015 ble det utarbeidet en tiltaksplan for prosjektet Renere fjord Ålesund (Rambøll, 2015), basert på daværende gjennomførte undersøkelser. Tiltaksplanen avdekket uakseptable konsentrasjoner av ulike miljøgifter i sedimentene i store deler av Aspevågen, og det ble anbefalt mudring i grunne områder (<15 m) og tildekking i dypere områder i delområde 2-5 (Figur 1).

I etterkant av at tiltaksplanen (Rambøll, 2015) ble utarbeidet er det gjort ytterligere kartlegging av forurensning på sjøbunnen i et område utenfor den tidligere Gassverkstomta (Figur 1), i Volsdalsvågen. I dette området har det blitt avdekket omfattende tjære- og PAH-forurensning (Multiconsult, 2020a). Multiconsult (2020a) utarbeidet en risiko- og tiltaksvurdering for forurenset sjøbunn i området i 2020, og anbefalte at det gjennomføres mudring og tildekking av forurenset sjøbunn i et ca 6000 m² stort område forurenset av tidligere utslipp fra det tidligere Gassverket (heretter kun kalt Gassverkstomta).

I 2021 sendte Statsforvalteren i Møre og Romsdal et pålegg til Ålesund kommune om å utarbeide en tiltaksplan om opprydding av forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta (Statsforvalteren i Møre og Romsdal, 2021a). I den forbindelse vurderte Rambøll at det var behov for å gjøre supplerende undersøkelser for å avgrense forurensningsutbredelse på sjøbunnen ved Gassverkstomta, både horisontalt og vertikalt på sjøbunnen (Rambøll, 2022a). I tillegg var flere sedimentprøver, prøvetatt av Multiconsult, ikke analysert som del av den gjennomførte undersøkelsen (Multiconsult, 2020a), og disse sedimentprøvene ble analysert høsten 2021 (Rambøll, 2022a).

Rambøll (2022a) gjennomførte miljøtekniske undersøkelser ved Gassverkstomta (og Volsdalsvågen (delområde 4 i prosjektet Renere fjord Ålesund) for øvrig) høsten 2021. Det ble gjennomført grabbprøvetaking, kjerneprøvetaking og sub-bottom profilering. Målet med undersøkelsene var å oppdatere det eksisterende datagrunnlaget mht. forurensningens utbredelse for å kunne utarbeide en tiltaksplan for opprydding av forurenset sjøbunn i området. Datarapport fra undersøkelsene ble utarbeidet vinteren 2022 (Rambøll, 2022a). I tillegg har det blitt gjennomført geotekniske undersøkelser (Rambøll, 2022c) og strømmålinger i Aspevågen i 2021-2022 (ikke publisert pr. 1. juni 2022).

I denne rapporten benyttes det eksisterende datagrunnlaget, med hovedvekt på Multiconsult (2020) og Rambøll (2022a) til å utarbeide en tiltaksplan for opprydding av forurenset sjøbunn utenfor Gassverkstomta. Tiltaksplanen er utarbeidet i overensstemmelse med krav fra Statsforvalteren i Møre og Romsdal (Statsforvalteren i Møre og Romsdal, 2021a). Parallelt utarbeides det også en «tiltaksplan for sikring av grunnforurensning» ved Gassverkstomta, samt en tiltaksplan for opprydding av forurenset sjøbunn som del av prosjektet *Renere fjord Ålesund*.



Figur 1. Kart over Volsdalsvågen i Aspevågen i Ålesund. Delområde 4 (Volsdalsvågen) er markert i transparent grått og omtrentlig utbredelse av primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta er markert med sort sirkel. Oversiktskart over Ålesund med markering av delområde i sort firkant er gitt nederst i venstre hjørne.

1.1 Bærekraft

FNs bærekraftsmål er vår verdens arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030.



Foreliggende prosjekt berører i særlig grad FNs bærekraftsmål nr. 14 «Liv under vann», som ønsker å «bevare og bruke hav og marine ressurser på en måte som fremmer bærekraftig utvikling». Dette innebærer blant annet forhindring og reduksjon av alle former for havforurensning innen 2025, særlig fra landbaserte virksomheter. Dette inkluderer marin forsurening og utslipp av miljøgifter og næringssalter. Bærekraftsmål nr. 14 er også en viktig del av Ålesund kommunes grønne strategi for perioden 2021 – 2024 (Ålesund kommune, 2022)

2. MÅLSETTING

Målet med foreliggende rapport er som følger:

- Foreslå miljømål for tiltaket og tiltaksområdet
- Beskrive tiltaksområdet, herunder forurensningshistorikken og dagens forurensningssituasjon
- Bedømme om det er risiko for spredning av forurensning fra forurenset grunn til sjø, basert på eksisterende data.
- Anbefale egnede tiltaksløsninger for opprydding av forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta.
- Gi et tilfredsstillende svar på Statsforvalteren i Møre og Romsdals pålegg om å utarbeide en tiltaksplan for opprydding av forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta
- Utarbeide en tiltaksplan iht. anbefalinger i Miljødirektoratets faktaark M-325 (Miljødirektoratet, 2015b)
- Legge til rette for detaljprosjektering av gjennomføring av opprydding av forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta.

3. OMRÅDEBESKRIVELSE

3.1 Områdebeskrivelse og historikk

En utfyllende beskrivelse av områdets historikk ble gitt av Norconsult (2018a). Det er også gitt en forkortelse av Norconsults beskrivelse i Vedlegg 1.

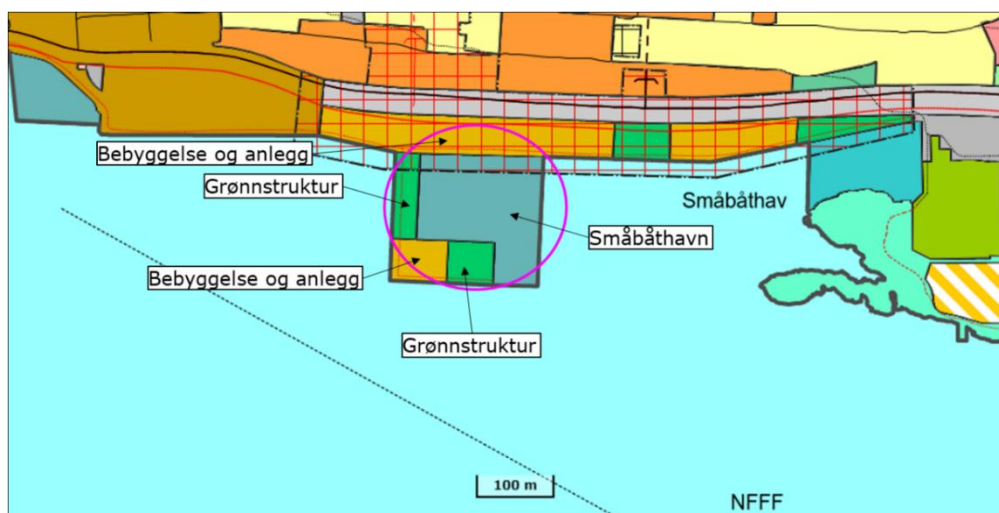
3.1.1 Planlagt områdeutvikling

Området i sjø utenfor Gassverkstomta ligger delvis innenfor vedtatt arealplan for Ålesund sentrum (planID: 1504446) med ikrafttredelsesdato 17. mars 2000. I denne reguleringsplanen er området kun avsatt som havneområde i sjø (Ålesund kommune, 2001).

Kart og figurer som presenterer foreliggende visjoner og planer for sjøområdene utenfor Gassverkstomta er vist i Figur 2 og Figur 3. Disse figurene er hentet fra kommunedelplanens arealdel for 2016 – 2028 (Ålesund kommune, 2017). I kommuneplanens arealdel er det bl.a. lagt inn planer om å etablere grønnstruktur, og områder for bebyggelse og anlegg gjennom utfylling i sjø i deler av sjøområdene utenfor Gassverkstomta (Geoinnsyn - Ålesund, 2022). Det er også lagt planer om å etablere småbåthavn i øvrige deler av sjøområdene utenfor Gassverkstomta (Geoinnsyn - Ålesund, 2022). I denne planen er det også lagt frem visjoner om å fylle ut deler av Volsdalsvågen, inkludert områdene i sjø utenfor Gassverkstomta (Ålesund kommune, 2017).

Videre vil den planlagte Brosundstunnelen i Ålesund sentrum på strekningen Ysteneset – Skutvika ligge delvis innenfor området til tiltaksområdet i sjø utenfor Gassverkstomta (Norconsult, 2021).

Ytterligere planer i området innebærer etablering av ny gang- og sykkelvei langs E136 som går langs Volsdalsvågen forbi Gassverkstomta. Dette prosjektet vil trolig innebære stedvis eller fullstendig utfylling i sjø for å etablere gang- og sykkelveien.



Figur 2. Kart som illustrerer kommuneplanens arealdel for 2016-2028 i Volsdalsvågen. Relevante fargebeskrivelser for sjøområdene ved Gassverkstomta er gitt i figuren. Omtrentlig område forurenset sjøbunn som følge av driften på Gassverkstomta er markert med rosa sirkel. Kartet er hentet fra Geoinnsyn (2022) med enkelte modifikasjoner.



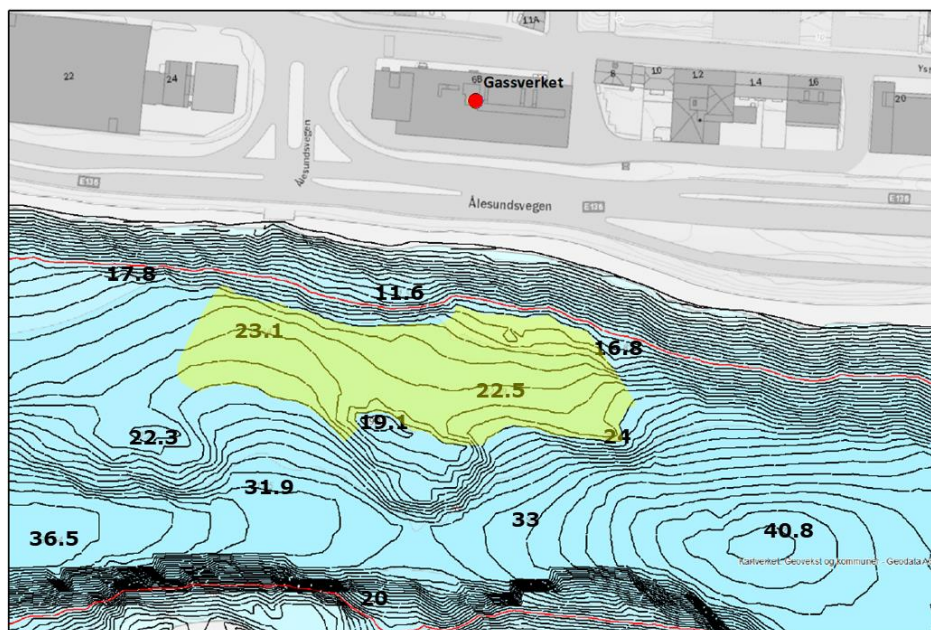
Figur 3. Framtidsvisjon for ny bebyggelse mellom Kvennaneset og Bålholmen i Ålesund. Omtrentlig område forurenset sjøbunn som følge av driften på Gassverkstomta er markert med rosa sirkel. Illustrasjonen er utarbeidet av JaJa Architects og hentet fra Ålesund kommune (2017).

3.1.2 Sjøbunnstopografi og bunnforhold

Sjøbunnstopografien og bunnforholdene i tiltaksområdet er beskrevet av Multiconsult på følgende måte:

Sjøfronten langs land består av grove fyllmasser som skrår forholdsvis bratt fra nord (ca kote 3, NN2000) mot sør, hvor fyllingsfronten går over til en flate med sandbunn ved ca kote -20. Flaten skrår svakt sørover og ender i en oppstikkende fjellgrunne med dybde ca kote -19. Vest for grunnen skrår terrenget i en forsenkning mot sør, og ned i en vestlig orientert renne hvor terrenget skrår svakt dypere ut av delområde 4. Øst for grunnen skrår terrenget ned i en renne/forsenkning og ned i en fordypning på dybde ca kote -40. Mellom grunnen og Bålholmen går en terskel som skiller fordypningen i øst og den vestlig orienterte rennen.

Kart med dybdekoter er vist i Figur 4. Ytterligere beskrivelse er gitt i Vedlegg 2.



Figur 4. Kart over sjøbunnstopografien utenfor Gassverkstomta. Området markert i gul-grønn farge angir tiltaksområdet vurdert av Multiconsult (2020a). Svarte linjer angir 1 m dybdekoter, mens rød linje angir kote -15 m. Kartet er hentet fra Multiconsult (2020a), men modifisert med markering av tiltaksområdet og nye angivelser av dyp på enkelte punkter.

3.1.3 Strømforhold

Det ble utført strømmålinger i sjøområdene utenfor Gassverkstomta i perioden 25. januar 2022 - 22. mars 2022. Resultatene er oppsummert i Vedlegg 3, men også presentert i Rambøll (2022d). Strømforholdene i vannsøylen kan oppsummeres som rolige, med gjennomsnitt strømhastighet mellom 2-3 cm/s, og høyest målt strømhastighet på 14 cm/s.

3.1.4 Geotekniske forhold

Området ved Gassverkstomta er kartlagt ved scanning av sjøbunnen (sub-bottom profiling), som gir en oversikt over relativt mektighet av løsmassene (dataene er presentert i datarapporten for miljøtekniske undersøkelser gjennomført av Rambøll høsten 2021 (Rambøll, 2022b)). Disse dataene er imidlertid veldig usikre, da det var mye støy, og man kan derfor bare lese dem som en relativ indikasjon på mektighet og ikke absolutt antall meter. Ellers er det utført grunnundersøkelse (Rambøll, 2022c) med borerigg på flåte. Det er imidlertid bare utført én totalsondering for aktuelt område. Plasseringen av boringen ser muligens ut til å treffe i et område med relativ liten løsmassemektighet (boringene ble utført før resultater fra sub-bottom profiling).

Totalsonderinger gir informasjon om dybde til berg og mulighet for å tolke lagdeling. Totalsonderingen fra området viser ca 1,5 meter løst sedimentlag (veldig liten motstand) over et ca 0,5 meter tykt lag av noe som trolig er silt/sand. Sonderingene fra datarapporten (Rambøll, 2022c) i andre områder av Ålesund havn viser mye av det samme, med relativ liten løsmassemektighet som består av veldig bløte masser over tynne lag av silt/leire eller sand over berg. Dette stemmer også godt med løsmassekartet til NGU som angir hovedandelen av området er bart fjell (NGU, 2022). Det forventes dermed heller ikke å treffe på områder med stor løsmassemektighet. Samtidig må det bekreftes med borerigg med tilstrekkelig tetthet for å være sikker, da kartene fra NGU bare gir en indikasjon.

4. FORURENSNINGSKILDER

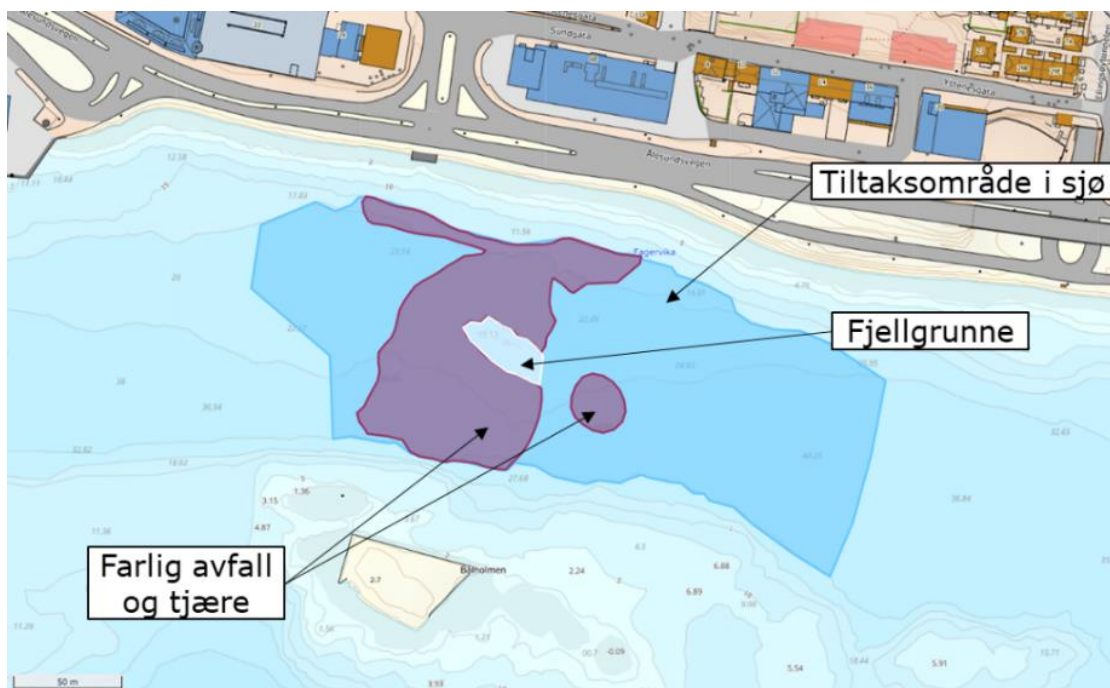
Driften av Gassverket i Ålesund medførte tilførsel av store mengder forurensning i grunnen, som beskrevet i Vedlegg 1. I Vedlegg 4 gis en oppsummering av eksisterende forurensningskilder fra land og sjø, samt en oppsummerende beskrivelse av miljøtilstanden i sedimentene i området. Resultater fra risikovurderingen av forurenset sjøbunn i området og vurdering av forurensningens utbredelse er også oppsummert i Vedlegg 4. Kort oppsummert kan imidlertid området beskrives som sterkt påvirket av pågående utlekking av olje- og PAH-forurensning fra Gassverkstomta. Den kjemiske tilstanden på sjøbunnen er svært dårlig, med PAH-konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» i et sentralt området utenfor Gassverkstomta.

5. AVGRENSNING AV TILTAKSOMRÅDET

Tiltaksområdet i sjø ved Gassverkstomta omfatter de delene av sjøbunnen som er påvirket av forurensning fra den tidligere driften av Ålesund Gassverk (Figur 5). I dette kapittelet vurderes avgrensningen av tiltaksområdet for sjøbunnen ved Gassverkstomta. Merk at resterende deler av Voldsalsvågen ikke friskmeldes, men heller inngår som del av prosjektet Renere fjord Ålesund.

Sjøbunnstopografi og forurensningsutbredelse er utslagsgivende for avgrensningen av tiltaksområdet for opprydding i forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta. Området der det er kartlagt tjære og konsentrasjoner av farlig avfall for PAH danner de sentrale delene av tiltaksområdet, fra foten av steinfillingen og utover mot Bålholmen (Figur 5). Totalarealet for dette området er beregnet å utgjøre ca 7670 m², men det er sannsynlig at deler av området består av hardbunn slik at reelt areal for tiltak er noe mindre. Det totale tiltaksområdet som er sterkt forurenset av PAH-forbindelser eller oljeforbindelser, som tilsynelatende hovedsakelig stammer fra driften ved Gassverkstomta, utgjør ca 26 000 m² (Figur 5).

Tiltaksområdet er naturlig avgrenset mot land i nord ved at sjøbunnen i all hovedsak består av steinfillingsmasser ned til kote -20 (Multiconsult, 2020a). Noen områder mellom kote -15 og kote -20 direkte utenfor Gassverkstomta er imidlertid inkludert i tiltaksområdet, siden det ble tatt vellykkede sedimentprøver i området som viste svært dårlig tilstand i sedimentene, inkl. farlig avfallskonsentrasjoner av PAH (Multiconsult, 2020a; Rambøll, 2022a). Følgelig vil det ikke være behov for å gjennomføre tiltak grunnere enn kote -15 inn mot land i midtre delene av tiltaksområdet, og kote -20 inn mot land i de øvrige nordlige delene av tiltaksområdet (Figur 5). Mot sørvest og sør avgrenses tiltaksområdet av hhv. hardbunn i området mot Kippervika, samt hardbunn i skrånningen opp mot Bålholmen. Mot nordvest og øst er avgrensningen noe mer diffus, men fastsettes på grunnlag av en endring i konsentrasjonene av PAH og oljeforurensning, samt endret karakter på sammensetningen av ulike PAH-forbindelser sammenlignet med i primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (se Vedlegg 4).



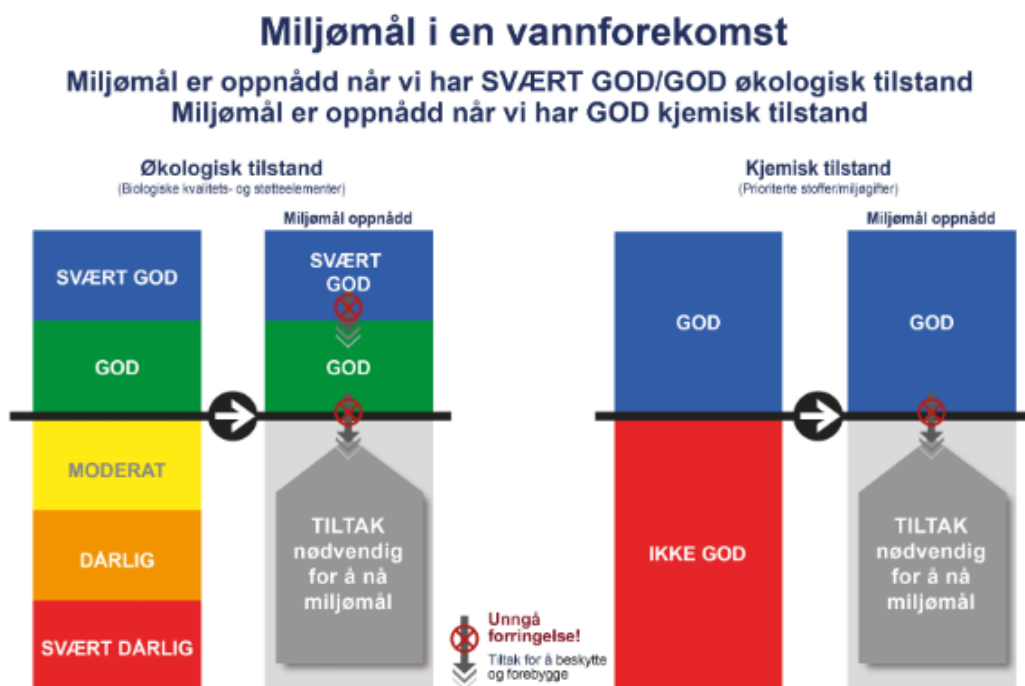
Figur 5. Tiltaksområdet for opprydding av forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta (markert i lyst blått polygon) vurdert basert på undersøkelser gjennomført av Multiconsult (Multiconsult, 2020a) og Rambøll (Rambøll, 2022a). En fjellgrunne i sentrale deler av tiltaksområdet er markert i hvitt, mens områder med konsentrasjoner av «farlig avfall» for PAH-forbindelser og tjære er markert i lilla.

6. MILJØMÅL

Gjennom vanddirektivet og vannforskriften har Norge forpliktet seg til å jobbe for at alle vannområder minst skal opprettholde eller oppnå «god miljøtilstand» (illustrert i Figur 6). For Aspevågen (vannforekomst-ID: 0301021900-C), og følgelig området utenfor Gassverkstomta i Volsdalsvågen, er det gitt utsatt frist om at miljømålet skal nås innen 2027 (Direktoratsgruppen for vanddirektivet, 2022a). Hovedformålet med vanddirektivet er å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet, og om nødvendig iverksette forebyggende eller forbedrende miljøtiltak for å sikre miljøtilstanden i ferskvann, grunnvann og kystvann (Direktoratsgruppen for Vanddirektivet, 2022b). Det skal settes miljømål som skal være konkrete og målbare.

Miljømålet for naturlige vannforekomster av overflatevann (elver, innsjøer og kystvann) er at de som et minstemål skal ha god økologisk- og kjemisk tilstand iht. gjeldene veiledere (Direktoratsgruppen for Vanddirektivet, 2022b).

Volsdalsvågen ved Gassverkstomta er del av Aspevågen, og Aspevågen er karakterisert som en sterkt modifisert vannforekomst på bakgrunn av havnedrift og skipsfart (Rambøll, 2015). Merk imidlertid at området utenfor Gassverkstomta i liten grad er benyttet til dette formålet. I tråd med vanddirektivet (Direktoratsgruppen for vanddirektivet, 2018a), settes miljømålet for tiltaksområdet til «god kjemisk tilstand» og «godt økologisk potensial». Dette er også i tråd med miljømålene for Renere fjord Ålesund (Rambøll, 2022e). Tiltak mot forurensningen i bunnsedimentene ved Gassverkstomta skal altså bidra til at Vanddirektivets miljømål nås.



Figur 6. Illustrasjon av miljømål for vannforekomster i Norge hentet fra Vannportalen (Direktoratsgruppen for Vanddirektivet, 2022b). Ytterligere beskrivelse av figuren gis i Vannportalen.

For å nå målet om god kjemisk tilstand i overflatevann skal utslipp av prioriterte stoffer som metaller og organiske miljøgifter reduseres eller opphøre slik at det oppnås konsentrasjoner i vannmiljøet som ligger nær bakgrunnsnivået for naturlig forekommende stoffer og nær null for menneskeskapt stoffer. Alle kilder til utslipp må vurderes, herunder forurenset grunn og forurenset sjøbunn. Spredning fra forurensete sedimenter er å regne som utslipp.

6.1 Langsiktig miljømål

I revidert tiltaksplan for opprydding av forurenset sjøbunn i Aspevågen (Rambøll, 2022e) er følgende langsiktige miljømål etablert:

- *Sedimentene i Aspevågen skal minst oppnå tilstandsklasse III i sedimentene for de prioriterte stoffene:*
 - *Bly, kadmium, kvikksølv, nikkel og PAH (i henhold til EUs prioriterte liste) samt PCB som ofte forekommer i høye konsentrasjoner i norske havner*
- *Det skal ikke være uakseptabel spredning av forurensning fra sediment i havna*
- *Sedimentene i Aspevågen skal ikke utgjøre en uakseptabel risiko for økosystemet og det biologiske mangfoldet i havna*
- *Det skal ikke være en uakseptabel risiko for human helse ved inntak av fisk og skalldyr fra havna.*

De ovennevnte tiltaksmålene vil også være gjeldene for området utenfor Gassverkstomta, og vurderes å være i henhold til kravene som er fastsatt gjennom vanddirektivet (se kapittelet ovenfor, samt Direktoratsgruppen for vanddirektivet (2022b)). Enkelte momenter er imidlertid mindre relevante for området utenfor Gassverkstomta (f.eks. det er ikke havnevirksomhet i området).

6.2 Operasjonelt (kortsiktig) tiltaks mål

Operasjonelle tiltaks mål rettet mot utførende entreprenør, som danner grunnlag for kontroll av tiltaksgjennomføringen vil være noe mer konservative enn de langsiktige miljømålene. Disse miljømålene fastsettes som kriterier for å måle om gjennomførte tiltak mot forurenset sjøbunn i et område er gjennomført på en akseptabel måte, og om anleggsfasen kan anses som avsluttet. De skal følgelig ikke benyttes som miljømål for området etter at tiltaket er ferdigstilt. Gjeldene miljømål etter at tiltaket er ferdigstilt og sluttkontrollen har vurdert tiltaksgjennomføring som akseptabel, vil være de langsiktige miljømålene i kapittelet ovenfor.

Følgende operasjonelle tiltaks mål foreslås:

- *Ved sluttkontroll av tiltaket skal mediankonsentrasjonen av PCB7, PAH16 og metaller (As, Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Ni, Zn) i overflatesedimentene (0-10 cm), på de undersøkte stasjonene, tilsvare tilstandsklasse II (god tilstand) eller bedre i henhold til veileder M-608/2016 rev. 2020 (Miljødirektoratet, 2020a).*
- *Ingen konsentrasjoner av PCB7, PAH16 og metaller (As, Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Ni, Zn) i overflatesedimentene (0-10 cm), på de undersøkte stasjonene, skal overskride konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse III (moderat tilstand) i henhold til veileder M-608/2016 rev. 2020 (Miljødirektoratet, 2020a).*

6.3 Forskjell før og etter tiltak

Forskjellene mellom den nåværende miljøtilstanden og de foreslåtte miljømålene (både langsiktige og kortsiktige) er store. Naturlige prosesser som sedimentasjon er ikke tilstrekkelig i området for å oppnå foreslåtte miljømål i nær fremtid. For Aspevågen er det tidligere vurdert at en slik tiltaksløsning vil ta flere ti-år (Rambøll, 2015). I tillegg vil en slik tiltaksløsning innebære at sedimenter med konsentrasjoner av PAH-forbindelser tilsvarende «farlig avfall» blir liggende på sjøbunnen. Naturlig restitusjon vurderes derfor ikke som en egnet tiltaksløsning for området. Følgelig må det iverksettes aktive tiltak for opprydding av forurenset sjøbunn, slik at det på sikt vil være mulig å oppnå de foreslåtte miljø- og tiltaks målene for sjøområdet utenfor Gassverkstomta.

I kombinasjon med miljømålene som skal fastsettes for Aspevågen for øvrig (Rambøll, 2022e), vil dette sikre en sterkt forbedret og akseptabel miljøtilstand i Aspevågen på lang sikt.

7. TILTAKSBEHOV

Sedimentene på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta er sterkt forurenset med PAH-forbindelser, og stedvis ren steinkulltjære, som følge av den tidligere driften på Gassverkstomta, inkludert pågående utlekking av forurensning fra eiendommen.

Den gjennomførte risikovurderingen (Multiconsult, 2020a) viser at forurensningene utgjør en uakseptabel risiko mht. effekter på økosystemet og spredning fra sedimentene. Det er også gjort konkrete analyser og tester som viser at sedimentene har toksisk virkning, og at miljøgiftene er tilgjengelige for bioakkumulering.

De supplerende undersøkelsene gjennomført i 2021 av Rambøll (2022a) har også vist at forurensningen fra Gassverkstomta er spredt utover et noe større område enn det som lå til grunn for risikovurderingen gjennomført av Multiconsult. Og i disse tilgrensende områdene er de registrerte konsentrasjonene av PAH-forbindelser og oljeforurensning av en slik karakter at tiltaksområdets avgrensning er noe utvidet.

For å imøtekomme miljømålene for områdene utenfor Gassverkstomta (se kapittel 6 ovenfor), samt Aspevågen for øvrig (Rambøll, 2015; Rambøll, 2022e) er det nødvendig å gjøre særskilte tiltak på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta. Tiltak må imidlertid også utføres på land for å forhindre/begrense rekontaminering av sedimentene fra pågående utlekking av forurensete partikler fra Gassverkstomta. Parallelt med utarbeidelsen av den inneværende tiltaksplanen for opprydding av forurenset sjøbunn, utarbeider Rambøll også en separat tiltaksplan for sikring og av forurenset grunn, med bakgrunn i tidligere utredninger og undersøkelser, og pålegg fra Statsforvalteren (Statsforvalteren i Møre og Romsdal, 2021b).

Gjennomføring av tiltak på land og på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta vil fjerne en vesentlig aktiv kilde mht. PAH i fjordsystemet, samt også andre miljøgifter som ulike tungmetaller (eks. kobber og kvikksølv) og PCB. Det er verdt å merke at sedimentene i øvrige deler av Volsdalsvågen også er sterkt forurenset av ulike tungmetaller, PAH-forbindelser, TBT og PCB7, og at det er et tiltaksbehov i de resterende delene av Volsdalsvågen. Dette følges imidlertid opp av prosjektet Renere fjord Ålesund og en separat tiltaksplan er under utarbeidelse for disse delene av Volsdalsvågen (Rambøll, 2022e). Gjennomføring av de ulike tiltakene i Volsdalsvågen bør imidlertid samkjøres.

8. TILTAKSVURDERING

Alternativene for aktive tiltak i forurensede sedimenter kan grovt inndeles i to kategorier; mudring for å fjerne de forurensede massene og tildekking av forurensede sedimenter for å etablere ny ren sjøbunn og redusere utlekking av underliggende forurensning til et akseptabelt nivå (Miljødirektoratet, 2018). I Vedlegg 5 presenteres ulike tiltaksmetoder som er aktuelle for opprydding av forurenset sjøbunn utenfor Gassverkstomta.

I Vedlegg 6 gis en generell vurdering av ulike tiltaksløsninger som kan være aktuelle for opprydding av forurenset sjøbunn i tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta. Fem ulike tiltaksløsninger vurderes; naturlig restitusjon og ingen aktive tiltak (null-alternativ), tildekking av forurenset sjøbunn (alternativ 1), mudring av forurenset sjøbunn (alternativ 2), mudring av farlig avfall og tildekking av forurenset sjøbunn (alternativ 3) og utfylling i sjø i tiltaksområdet (alternativ 4). Mudring av farlig avfall og tildekking av forurenset sjøbunn (alternativ 3) vurderes som det beste alternativet. Denne tiltaksløsningen beskrives i detalj i de videre kapitlene.

9. ANBEFALT TILTAKSLØSNING

Det er skissert ulike løsninger for tiltak mot forurenset sjøbunn i tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta. Den anbefalte tiltaksløsningen, mudring av hot-spot område med påfølgende tildekking i hele tiltaksområdet, er hovedsakelig basert på vurderinger av sedimentenes forurensningsgrad, områdets topografi, vanddyp og områdebruk. I kapitlene nedenfor beskrives de ulike momentene av den anbefalte tiltaksløsningen i ytterligere detalj.

9.1 Mudring av forurensede sedimenter

I mudringsområdet er sedimentene myke og stedvis bestående av ren tjære. Mudring i dette området bør derfor gjennomføres ved sugemudring med kuttersuger, som omtalt i Vedlegg 6. Det er vurdert som nødvendig å gjennomføre mudring av minimum 0.5 m sedimentmektighet i et ca 7670 m² stort område. Dette vil tilsvare mudring av et *in situ* volum på ca 3835 m³ av sterkt forurensede sedimenter. Sugemudring med kuttersuger tilfører imidlertid svært mye ekstra vann utover *in situ* volum, typisk opp til 10-20 ganger *in situ* volum grunnet et vanninnhold på ca 90-95 % (DNV, 2008). Følgelig må det påregnes at et volum på ca 38 350 – 76 700 m³ mudringsmasser med svært høyt vanninnhold må håndteres i et avvanning- og renseanlegg. Merk imidlertid at det er usikkerhet knyttet til sedimentmektigheten i de ulike delene av tiltaksområdet, og at mengdeestimatene ovenfor kan være både en underestimering og overestimering av reelt mudringsvolum.

Det er også noe usikkerhet knyttet til mengden ren tjære i området, og om denne tjæren er tilstrekkelig konsentrert til å kunne sendes direkte til forbrenning, slik som i Gilhusbukta (Kornmo, 2022), eller om den må håndteres sammen med de resterende mudrede massene. I Gilhusbukta ble sugemudring av fri-fase-tjære gjennomført av dykkere på sjøbunnen og tjæren ble fraktet direkte via rør til 35 m³ tette dunker. Deretter ble resterende sedimenter sugemudret på mer tradisjonelt vis med fjernstyring av operatør (Kornmo, 2022). Den mudrede fri-fase-tjæren ble sendt til forbrenning i Brevik i Vestfold og Telemark, mens øvrige sedimenter kategorisert som «farlig avfall» ble avvannet på stedet og sendt til NOAHs deponi på Langøya (Kornmo, 2022). Dette er momenter som må vurderes av entreprenør i forbindelse med planleggingen av tiltaksoppstart.

Sugemudrede masser bør fraktes direkte fra sugemudringsenheten, via rør, til det aktuelle avvanning- og renseanlegget. Dersom det ikke lykkes å finne et egnet område for å etablere et avvanning- og renseanlegg i umiddelbar nærhet av tiltaksområdet, kan sedimentene alternativt lastes direkte over i tette containere for transport til et etablert avvanning- og renseanlegg. Håndtering og avvanning av mudrede masser er beskrevet nærmere i kapittel 9.2 nedenfor.

I forkant av mudringen må det gjøres en innmåling av sjøbunnen for å sikre et detaljert grunnlag for vurdering av mudringsmektighet ved endt mudring. Ved endt mudring må det gjøres nye innmålinger av sjøbunnen for å sikre at tilstrekkelig areal og mektighet av sediment er mudret i de ulike områdene. Det skal også tas prøver av overflatesedimentet ved endt mudring. Det for å undersøke om tjære og sedimenter med konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» er mudret iht. tiltakskravene.

9.2 Håndtering og avvanning av mudrede masser

Dersom det mudres ren tjære med tilstrekkelig høy konsentrasjon, kan dette sendes til forbrenning for videre utnyttelse som en ressurs. Dette ble gjort i Gilhusbukta der tjære ble sendt til forbrenning i Brevik (Kornmo, 2022). Som nevnt ovenfor er det stor usikkerhet knyttet til volumet av ren tjære som et utbredt ved Gassverkstomta, og i hvilken grad konsentrasjonen er å anse som egnet for forbrenning. Dette er momenter som må vurderes av entreprenør i forbindelse med planleggingen av tiltaksoppstart. I det videre antar vi at tjæren på sjøbunnen ved Gassverkstomta vil bli håndtert som «farlig avfall», på lik linje med resterende mudrede masser.

Sugemudrede sedimenter har et høyt vanninnhold (80-90 %), og før transport til godkjent deponi vil derfor massene måtte avvannes. Dette vannet må renses iht. fastsatte akseptkriterier før utslipp tilbake til tiltaksområdet i Volsdalsvågen. Det vil foreligge strenge renskrav for utslipp av avvannet vann tilbake til resipient. For det nylig gjennomførte mudringstiltaket av sterkt forurensede sedimenter (olje og PAH-forbindelser) i Gilhusbukta satte Miljødirektoratet renskrav for naftalen, benzo(a)pyren, øvrige PAH-forbindelser, oljeforbindelser (C10-C40) og suspendert stoff før utslipp tilbake til resipient (Miljødirektoratet, 2020b). De fastsatte utslippskravene er presentert i Tabell 1, og tilsvarende krav vurderes som realistisk for utslipp av avvannet vann fra mudringsmasser fra Gassverkstomta.

Mulige renseløsninger for mudringsmasser fra Gassverkstomta kan prosjekteres etter erfaringer fra mudringsprosjektet i Gilhusbukta. Sedimentene i Gilhusbukta var sterkt forurensede med tjære i fri fase og PAH-forbindelser som følge av utslipp av tjære og olje som følge av en brann på et tjæreproduksjonsanlegg på 1930-tallet (Multiconsult, 2013c), og har blitt mudret i flere faser de siste 15 årene. Under det siste mudringstiltaket ble mudrede tjære-forurensede sedimenter i Gilhusbukta transportert via rør direkte til geotuber for avvanning i 4 mnd til massene hadde en fuktighetsgrad på ca 25-35 %. Deretter ble geotubene gravd opp og tilsatt brent kalk som stabilisering før frakt til godkjent deponi. Geotubene var lagt på en tett duk/membran, slik at alt vann som ble trykket ut av porene på geotubene under avvanningsprosessen ble samlet opp, tilsatt flokkuleringsmiddel og pumpet til sedimenteringstanker. Vannet fra topplaget i sedimenteringstankene ble deretter pumpet til en filterrenseløsning bestående av aktivt kull og Sphagnum (torvmose), før utslipp tilbake til resipient.

Det ble gjort hyppige målinger på det rensede utslippsvannet. Erfaringene tilsier at både filteret bestående av Sphagnum og aktivt kull blir mettet og må skiftes relativt hyppig for å nå renskravene, og at det var krevende å nå renskravene til enhver tid (Kornmo, 2022). Utenfor tiltaksområdet ble det imidlertid ikke registrert overskridelser av gjeldende tiltaksgrenseverdier i resipienten gjennom overvåkning med passive prøvetakere, sedimentfeller og turbiditetsovervåkning (Kornmo, 2022).

For de mudrede sedimentene ved Gassverkstomta vil det måtte iverksettes omfattende avvanning- og renseløsninger, og det anbefales at en tilsvarende renseløsning som benyttet i Gilhusbukta prosjekteres i neste fase av prosjektet.

Et avvanning- og rensaneanlegg for mudrede sedimenter er imidlertid arealkrevende. For Gilhusbukta var arealkravet for geotubene i seg selv ca 7 000 m² (Kornmo, 2022). Tiltaket ved Gassverkstomta vil være av et mindre volum, og følgelig vil arealkravet nok være noe mindre. Det vil allikevel være utfordrende å finne tilgjengelig areal for et slikt anleggsområde ved Gassverkstomta og Aspevågen. Som del av gjennomføringen av prosjektet Renere fjord Ålesund vil det imidlertid også være behov for å etablere et anleggsområde ved Aspevågen for mellomlagring av masser og utstyr, samt evt. avvanningsbehandling av mudrede sedimenter. Som del av utarbeidelsen av denne tiltaksplanen er det gjort en overordnet innledende vurdering av mulige arealer i Aspevågen og omegn som potensielt kan benyttes til dette formålet (Figur 7). Dersom anleggsområdet skal anlegges i Aspevågen vil det trolig være behov for å leie plass av Ålesund Havn KF på noen av deres arealer i Skutvika eller Kippervika (Figur 7). Alternativt, vil muligens arealene ved Flatholmen kunne benyttes (Figur 7), men dette vil generere en del ekstra tidsbruk og kostnader knyttet til transport av mudrede masser. Et positivt aspekt ved dette er imidlertid at anleggsområdet blir flyttet ut av de sentrumsnære og tettbebygde områdene ved Aspevågen, til mer eksponerte områder. Det er for øvrig også kartlagt større arealer ved Vasshaug, Sparebanken Møre Arena (Sunnmørshallen) og Gangstøvika uten bygninger (Figur 7), men disse anses som lite egnet som anleggsområde på grunn av området bruk, manglende kaianlegg og/eller størrelse.

Som del av detaljprosjekteringen av tiltaket ved Gassverkstomta, og Renere fjord Ålesund, må det kartlegges hvilke tilgjengelige arealer som kan benyttes som anleggsområde for tiltaket ved Gassverkstomta, samt øvrige tiltak mot forurenset sjøbunn i Aspevågen. Området må være av tilstrekkelig størrelse for å kunne etablere et anlegg for avvanning av forurensete sedimenter, og egnede renseløsninger for overskuddsvannet.

Etter avvanning vil sedimenter lastes over til utlekkingsstette containere/lektere, som frakter de mudrede sedimentene til et godkjent deponi. Mudrede masser med konsentrasjoner av fri fase tjære og/eller konsentrasjoner av PAH tilsvarende farlig avfall må leveres til et godkjent mottak, og bør stabiliseres med f.eks. brent kalk. NOAH Langøya har de siste årene vært det eneste reelle alternativet for deponering av slike masser i Norge. Rambøll og Ålesund kommune har vært i kontakt med NOAH som del av utarbeidelsen av denne tiltaksplanen. De har i utgangspunktet ikke kapasitet eller mulighet til å ta imot de aktuelle mudringsmassene fra Gassverkstomta, men det arbeides med å finne en løsning. Pr. 2022 er bruk av deponi for farlig avfall i utlandet det mest aktuelle. Et aktuelt deponi vil være Slufter, som ligger ved Rotterdam havn i Nederland (Port of Rotterdam, 2022). For å sende mudrede masser til Slufter fra andre land enn Nederland kreves det en egen spesifisert søknad og påfølgende tillatelse fra Rotterdam Havn. Det vil legges opp til at egnet deponiløsning velges og klargjøres av utførende entreprenør som del av forberedende arbeidene før tiltaksoppstart.

Tabell 1. Fastsatte utslippsgrenser for vann fra avvanning av forurensede sedimenter mudret ved Gilhusbukta. Kravene ble fastsatt i tillatelse etter forurensningsloven datert 10. desember 2020 (Miljødirektoratet, 2020b).

Stoff	Maksimal konsentrasjon	Midlingstid
Naftalen ($\mu\text{g/L}$)	21	mengdeproporsjonale ukeblandprøver
Benzo(a)pyren ($\mu\text{g/L}$)	0,5	mengdeproporsjonale ukeblandprøver
Øvrige PAH-forbindelser	Øvre grense i tilstandsklasse 3 for kystvann (M608/2016)	mengdeproporsjonale ukeblandprøver
THC (C10-C40) (mg/L)	10	stikkprøve
Suspendert stoff (mg/L)	100	kontinuerlig



Figur 7. Kart over Ålesund sentrum og omegn med blå markeringer av parkeringsplasser, havneområder eller industriområder som potensielt kan være egnet for å etablere et anleggsområde i forbindelse med gjennomføring av tiltak mot forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta og Aspevågen for øvrig, som del av Renere fjord Ålesund.

9.3 Tildekkingslag

9.3.1 Tildekkingsdesign

De geotekniske vurderingene for området indikerer at sedimentene er bløte og tildekkingslaget må designes deretter. Det er imidlertid en del usikkerhetsmomenter ved de geotekniske forholdene som må utredes nærmere som del av tiltakets detaljprosjektering. Det endelige designet av tildekkingslaget må derfor kvalitetssikres og vurderes i lys av den geotekniske detaljprosjektering for tiltaket. Følgelig må nødvendig tykkelse på tildekkingslaget og utleggingsmetode endelig fastsettes som del av detaljprosjekteringen. I tillegg må dette koordineres med planlagt tiltak for øvrige deler av Voldalsvågen, og Aspevågen for øvrig.

Den foreliggende kunnskapen tilsier imidlertid at det bør etableres et tildekkingslag bestående flere «dellag» for å sikre at de underliggende sedimentenes bæreevne er tilstrekkelig og at ikke tildekkingslaget «synker» ned i de forurensede sedimentene. Dette er en vanlig tildekkingsmetode for å sikre et stabilt og velfungerende tildekkingslag ved bruk av mineralske masser. Utlegging av geotekstilduk under sandlaget vurderes som ikke egnet, da det vil være vanskelig å få tett uten at de underliggende sedimentene blir fortrent opp mellom dukene. Foreslått tildekkingsdesign for tildekkingslaget utenfor Gassverkstomta er beskrevet i Tabell 2 og i teksten nedenfor.

Tildekking vil generere et ekstra trykk på den eksisterende sjøbunnen. Hvis etablering av tildekkingslaget medfører at bæreevnen til underliggende sedimenter overskrides, vil tildekkingsmassene synke inn i de forurensede sedimentene og ikke lenger ha en tildekkingsfunksjon. For å øke de underliggende forurensede sedimentenes bæreevne, bør det

derfor først etableres et «blandingslag» med ren sand/skjellsand på ca 5-10 cm tykkelse (Tabell 2). Funksjonen til et slikt blandingslag vil være å blande seg med overflatelaget av sedimenter, uten å synke for langt ned i sedimentene. De miljøtekniske undersøkelsene som er gjennomført på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta indikerer at overflatesedimentene i tiltaksområdet kan karakteriseres som velgradert silt eller ensgradert sand (Figur 8). Følgelig vil egnede masser til et blandingslag være masser karakterisert som middels sand (Tabell 3). Sanden i «blandingslaget» bør derfor være finkornet med en d_{15} -verdi på $<0.5 \mu\text{m}$. Masser i fraksjon 0-4 mm til 0-10 mm kan være velegnet til dette formålet. Det er viktig at sanden er uten stein. Sanden bør ha relativt lav egenvekt for at massene skal kunne blande seg med overflatesedimentene på ønsket måte.

Deretter anbefales det å etablere ytterligere fire tildekkingslag med tykkelse på 10-15 cm (Tabell 2). For tildekking av relativt finkornige sedimenter (det første tildekkingslaget) bør tildekkingsmassene ha noe høyere permeabilitet enn de forurensede sedimentene, men samtidig ikke være så grovkornede at finstoff utvaskes fra de underliggende sedimentene. For å sikre tilstrekkelig permeabilitet er det en generell anbefaling om at tildekkingsmassene bør ha d_{15} verdi $>2*d_{15}$ for sedimentene, samtidig som at d_{85} verdien bør være $<5 \times d_{85}$ for sedimentene for å hindre utvasking av finstoff (COWI, 2018). Det første tildekkingslaget, over innblandingslaget, bør derfor bestå av noe grovere sand enn blandingslaget. Det skal imidlertid heller ikke være noe stein i disse massene, slik som i massene benyttet i blandingslaget. Dette tildekkingslaget bør være 10-15 cm tykt. De tre neste tildekkingslagene kan bestå av noe grovere masser, iht. veileder M-411, "Testprogram for tildekkingsmasser – forurenset sjøbunn" (Miljødirektoratet, 2017). Massene i de siste tildekkingslaget bør være av en slik karakter at det ikke er fare for at de eroderer bort med strømmene i området. Undersøkelsene og vurderingene av strømforholdene tilsier imidlertid at dette ikke vil være noe problem med massetyper fra grovere sand til grov grus, og at et slikt overflatelag vil være tilstrekkelig mht. erosjonssikring av tildekkingslaget (se kapittel 9.4 og 9.5 nedenfor). Forslag til massetyper og fraksjon er gitt i Tabell 2.

Mellom utlegging av de ulike tildekkingslagene bør det beregnes en ventetid før utlegging av neste lag. Dette for å sikre at de ulike tildekkingslagene er konsolidert i tilstrekkelig grad før et nytt tildekkingslag legges ut. Hvor lang tid som bør beregnes mellom utlegging av hvert dellag vil måtte vurderes som del av detaljprosjekteringen av tiltaket.

Det anbefales at totaltykkelsen på tildekkingslaget ved tiltaksslutt er 50-70 cm tykt over hele tiltaksområdet, med 50 cm som minimum akseptabel tildekkingstykkelse. Medberegnet et tillegg på 25 % vil tiltaket kreve ca 16 250 – 22 750 m³ tildekkingsmasser (Tabell 2). Tillegget på 25 % er inkludert for å ta høyde for bl.a. setning av massene og at tildekkingsmassene ikke alltid legger seg jevnt utover i tiltaksområdet, og at noe trolig vil spres ut av tiltaksområdet. En usikkerhetsfaktor på ca 25 % kan derfor legges mengdeestimatet, som et konservativt estimat.

Det er på det nåværende tidspunkt ikke gjennomført en kartlegging av mulige tildekkingsmasser for gjennomføring av prosjektet. Dette vil gjøres som en del av detaljprosjekteringsfasen, eller gjennom entreprenør som velges til å gjennomføre tiltaket. Dette må også koordineres og samkjøres med planlagt tiltak for øvrige deler av Volsdalsvågen, og Aspevågen for øvrig. Det er imidlertid viktig av tildekkingsmassenes egnethet vurderes i forhold til en rekke faktorer som er beskrevet i veileder M-411, "Testprogram for tildekkingsmasser – forurenset sjøbunn" (Miljødirektoratet, 2017). I dette ligger det vurderinger av massenes opprinnelse, dets innhold av miljøgifter, permeabilitet, filteregenskaper, egenvekt, konsolideringsegenskaper mm. Det må også utføres en vurdering av de valgte tildekkingsmaterialets egenskaper (sedimentets bæreevne og konsolideringsegenskaper) på opp mot de geotekniske forholdene i tildekkingsområdet, samt beregning av diffusjon av forurensning i tildekkingslag bestående av de aktuelle massene. En

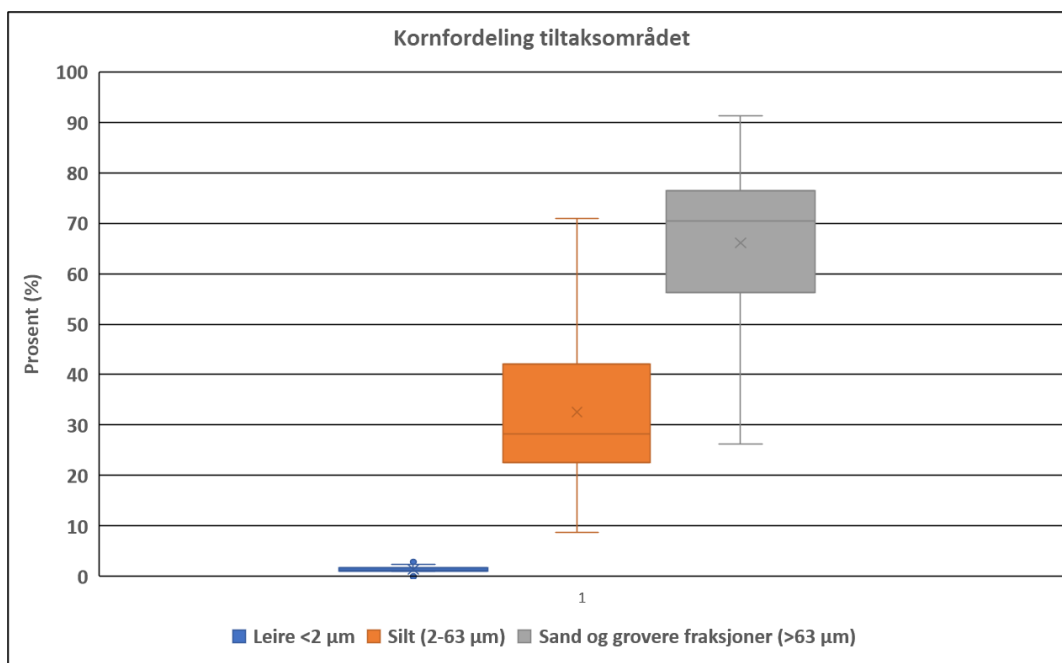
dimensjonering av total tykkelse og antall utleggingslag bør gjøres basert på denne informasjonen, samt en vurdering av sedimentets bæreevne, under detaljprosjekteringen. Merk også at massefraksjonen som benyttes i tiltaket også vil bli styrt av hvilke masser som er tilgjengelige for tiltaket, og må vurderes i lys av det. Følgelig må denne tiltaksplanen kun anses som en anbefaling og ikke et krav mht. valg av tildekkingsmasser.

Tabell 2. Beskrivelse av anbefalt tildekkingsdesign for tildekkingslaget på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta med anbefalt tykkelse pr. tildekkingslag, anbefalt fraksjon, areal og mengdeberegning mht. behov for tildekkingsmasser.

Tildekkingslag	Tykkelse (cm)	Massetype	Fraksjon	Areal (m ²)	Mengde (m ³)	Mengde (m ³) inkl. tillegg på 25 %
Innblandingslag	5-10	Middels sand/ Skjellsand	0-4 - 0-10 mm	26 000	1 300 - 2 600	1 625 - 3 250
Første tildekkingslag	10-15	Middels sand/ Skjellsand	0-4 - 0-10 mm	26 000	2 600 - 3 900	3 250 - 4 875
Andre tildekkingslag	10-15	Middels til grov sand	0-8 - 0-10 mm	26 000	2 600 - 3 900	3 250 - 4 875
Tredje tildekkingslag	10-15	Middels sand til grov grus	0-8 - 0-20 mm	26 000	2 600 - 3 900	3 250 - 4 875
Fjerde tildekkingslag	15	Grov sand til grov grus	0-8 - 0-30 mm	26 000	3 900	4 875
Total	50 - 70			26 000	13 000 - 18 200	16 250 - 22 750

Tabell 3. Typiske kornstørrelser for aktuelle materialer hvor d_{15} og d_{85} er den korndiameteren som henholdsvis 15 % og 85 % (vekt) av kornene er mindre enn. Hentet fra Miljødirektoratets veileder M-411 (Miljødirektoratet, 2015).

Forurenset sediment				Egnet tildekkingsmateriale	
Forurenset sediment	Kornstørrelse d_{15} , (mm)	Permeabilitet k , (m/s)	Kornstørrelse d_{85} , (mm)	Kornstørrelse d_{15} , (mm)	Beskrivelse, i tilfelle bruk av ensgradert materiale
Siltig leire	< 0.002	10^{-8} - 10^{-11}	0.006	< 0.004 - 0.03	Middels til grov silt
Ensgradert silt	0.004	Ca. 10^{-7}	0.02	0.008 - 0.1	Middels silt til fin sand
Velgradert silt	0.006	Ca. 10^{-6}	0.1	0.012 - 0.5	Grov silt til middels sand
Ensgradert sand	0.08	Ca. 10^{-5}	0.2	0.08 - 1	Middels til grov sand
Velgradert sand	0.08	Ca. 10^{-5}	6	0.08 - 30	Middels sand til grov grus



Figur 8. Boxplott over kornfordeling (leire, silt og sand inkl. grovere fraksjoner) av sedimenter prøvetatt i 2019 (Multiconsult, 2020a) og 2021 (Rambøll, 2022a) i tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta.

9.4 Disponeringsløsning tildekkingsmasser

Ved tildekking med mineralske masser på ca 20-40 m vanddyp er det mest aktuelt å utføre tildekkingen fra overflaten med lekter, enten splittlekter eller fallbunnslekter. Dette fordi tildekkingsmassene vil kunne spre seg horisontalt i vannsøylen, og legge seg relativt jevnt i områdene der de slippes ut. Denne metoden er omtalt i Vedlegg 5.

Det er relativt rolige strømforhold i området med gjennomsnittshastigheter på 0.2 – 0.3 m/s i overflatelaget til bunnvannet (se Vedlegg 3). Basert på Hjulstrøms diagram i Figur 9 vil det kunne være potensiale for transport av grov silt og fin sand i vannmassene ved utlegging av denne type masser fra overflaten, mens transport av masser med diameter over 0.3 mm (middels sand og grovere partikler) vil være begrenset. Følgelig er spredningspotensialet ved utlegging av middels sand og/eller grovere massefraksjoner (se Tabell 2) fra overflaten for å etablere et tildekkingslag vurdert som begrenset. Tildekkingsmassene vil imidlertid trolig inneholde en mindre andel partikler i finere fraksjoner, med et visst spredningspotensial. Noe spredning i vannsøylen ved utlegging av masser fra overflaten må derfor påregnes. Det anbefales at det gjennomføres overvåkning og kontroll av denne type spredning ut av tiltaksområdet under tiltaksarbeidene (se kapittel 11).

Resuspensjon av masser på sjøbunnen kan forekomme når tildekkingsmassene treffer sjøbunnen, og finere fraksjoner i de forurensede sedimentene vil kunne spres ut av tiltaksområdet. Når tildekkingen vil utføres som en stegvis prosess, med flere tildekkingslag som legges ut over flere perioder, vil imidlertid resuspensjons- og spredningspotensialet reduseres som følge av at massene på sjøbunnen blir grovere etter hvert som tildekkingslagene blir lagt ut. Det anbefales allikevel at eventuell spredning av tildekkingsmasser ut av tiltaksområdet skal kontrolleres gjennom turbiditetsovervåkning, samt øvrige overvåkning med passive prøvetakere og sedimentfeller, under tiltaksgjennomføringen (se kapittel 11).

Frakt til tiltaksområdet kan gjøres med lastebiler eller båt/lekter fra masseleverandøren eller fra et mellomlager. Alternativet med frakt av tildekkingsmasser med jernbane er ikke et reelt alternativ. Utfordringene ligger i kapasitetsproblemer veiene inn mot Ålesund og begrensede arealer rundt tiltaksområdet som er aktuelle for mellomlager.

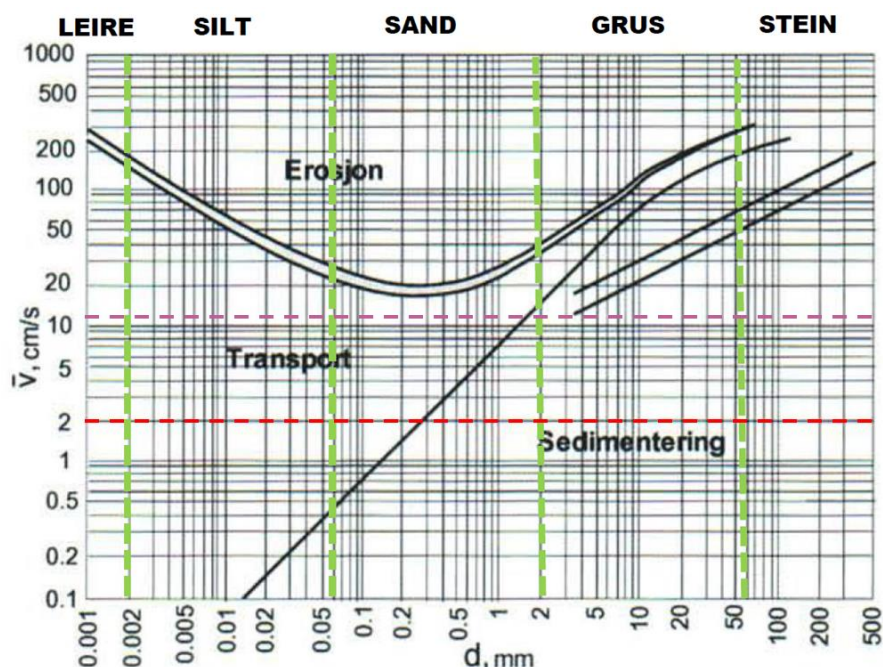
I detaljprosjekteringsfasen må det utredes nærmere hvilke masseuttak som kan benyttes, hvordan disse massene kan fraktes til tiltaksområdet, og om det vil være mulig med mellomlagring av massene.

9.5 Erosjonssikringsbehov

Erosjonssikring av tildekkingslaget skal dimensjoneres for å tåle strømforholdene i området. Strømmønstret i tiltaksområdet (se Vedlegg 3) ser i hovedsak ut til å være dominert av tidevannsstrømmer og følger topografien ved Gassverkstomta.

I Figur 9 presenteres et Hjulstrøms diagram som beskriver forholdet mellom transport, erosjon og sedimentasjon av ulike kornstørrelser ved gitte strømforhold. Transport av partikler er under forutsetning av at partiklene er i suspensjon i vannet, mens erosjon indikerer i hvilken grad strømforholdene «sliter» bort sjøbunn bestående av en gitt partikkelfraksjon. Erosjon skjer raskest på partikler av typen fin/medium sand. Derfor er det ofte nødvendig å bruke grovere masser til erosjonssikring, eller som overflatelag i et tildekkingslag dersom det er risiko for erosjonsskader på tildekkingslaget.

Ved tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta er det registrert gjennomsnittsstrømmer på 2 cm/s i bunnvannet i perioden januar – mars 2022, og maksimal hastighet ble målt til 12 cm/s. Hjulstrøm diagrammet viser at strømforholdene i bunnvannet i tiltaksområdet ikke vil medføre nevneverdige erosjonsutfordringer ved bruk av sand eller grus i tildekkingslaget (Figur 9).



Figur 9. Hjulstrøm diagram hentet fra COWI (2016), men modifisert noe i etterkant, som viser strømhastighet i cm/s (y-akse) og partikkelstørrelse i mm (x-akse) og forholdet mellom transport, erosjon og sedimentasjon. De grønne stiplede linjene indikerer ulike kornstørrelsesfraksjoner; leire, silt, sand, grus og stein. Gjennomsnittlig strømhastighet i bunnvannet (2 cm/s) er markert i stiplet rød linje, mens maksimal strømhastighet i bunnvannet (12 cm/s) er markert med lilla stiplet linje.

9.6 Geotekniske forhold

Med tanke på geoteknikk er det hovedsakelig to problemstillinger som må vurderes. Den første er områdestabiliteten, mens det andre er lokalstabilitet ved mudring og/eller etablere tildekking.

Området ved Gassverkstomta er kartlagt ved scanning av sjøbunnen (sub-bottom profiling), som gir en oversikt over relativt mektighet av løsmassene (Figur 10). Disse dataene er imidlertid usikre, da det var mye støy, og man derfor bare lese dem som en relativ indikasjon på mektighet og ikke absolutt antall meter. Ellers er det utført grunnundersøkelse (Rambøll, 2022c) med borerigg på flåte. Det er imidlertid bare utført én totalsondering for aktuelt område (Figur 11). Plasseringen av boringen ser muligens ut til å treffe i et område med relativ liten løsmassemektighet (boringene ble utført før resultater fra sub-bottom profiling).

Totalsonderinger gir informasjon om dybde til berg og mulighet for å tolke lagdeling. Totalsonderingen viser ca 1,5 meter med slamlag (veldig liten motstand) over ett ca 0,5 meter tykt lag av noe som trolig er silt/leire. Sonderingene fra datarapporten i andre områder av Ålesund havn viser mye av det samme, med relativ liten løsmassemektighet som består av veldig bløte masser over tynne lag av silt/leire eller sand over berg.

Sjøbunnstopografien i tiltaksområdet viser at det er bratt ned til ca 20 meters dybde (Figur 12). Tiltaksområdet ligger i all hovedsak i bunn av denne skråningen. Samtidig øker vanddypet ytterligere, ned til kote -40, sør-øst for tiltaksområdet.

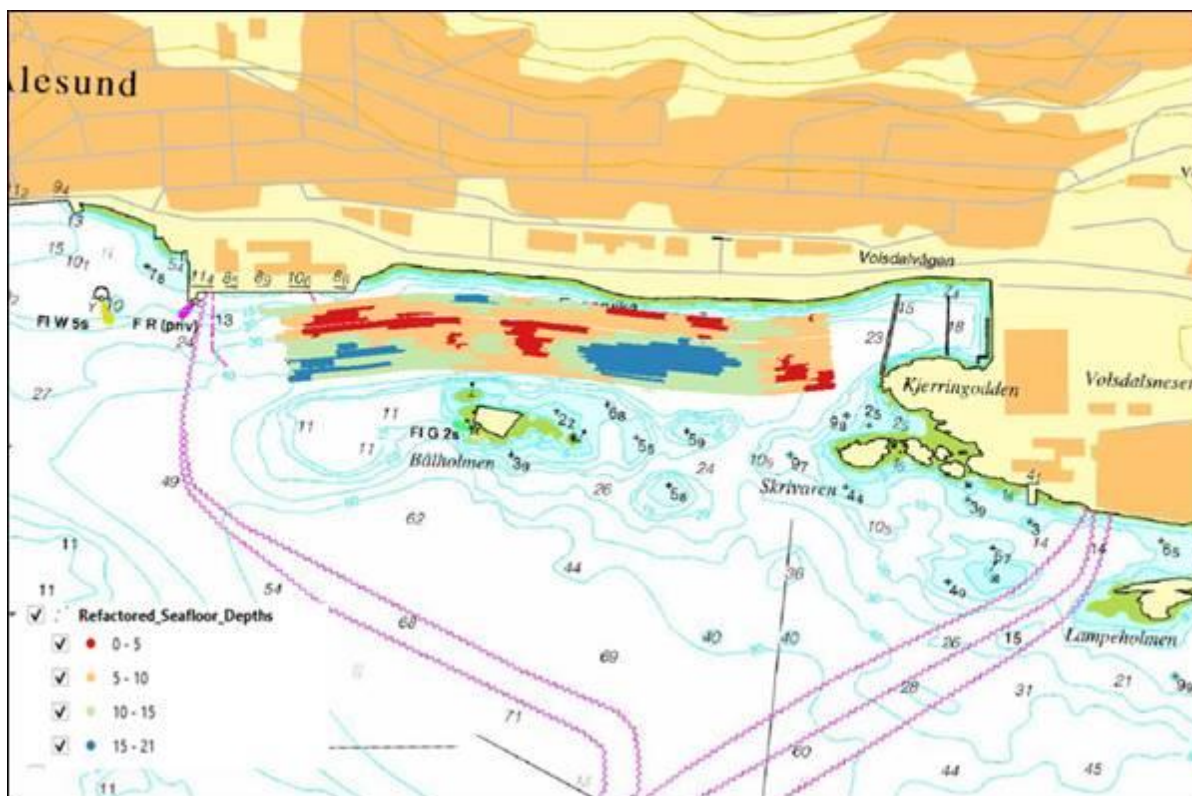
Områdestabiliteten kan bli påvirket av enten mudring eller tildekking. Mudring vil være stabiliserende ved topp av skråning, og destabiliserende i bunn av skråning. Motsatt med tildekking, der fylling i bunn av skråning vil forbedre stabiliteten. Med tanke på områdestabilitet er det trolig for liten løsmassemektighet til at det kan gå et områdeskred i tiltaksområdet. Det bør allikevel gjøres flere totalsonderinger som del av detaljprosjekteringen av tiltaket for å forsikre seg om at dette er tilfelle for hele tiltaksområdet. Hvis områder med større løsmassemektighet påtreffes burde CPT sonderinger og prøveserier vurderes for å kunne gjøre en sikker vurdering av skråningsstabiliteten (Figur 12).

For det anbefalte mudringstiltaket er stabiliteten i området vurdert som akseptabel, med liten risiko for utglidninger og tilsvarende. Massene som eventuelt blir fjernet vil ha veldig lav styrke, og har dermed i utgangspunktet veldig begrenset effekt på stabilitet. Eventuelt mudring av masser ved kaianlegg fundamentert på løsmasser kan ha en effekt ved at man fjerner vekt på stabiliserende side. Dette er imidlertid ikke relevant for det aktuelle mudringsområdet ved Gassverkstomta.

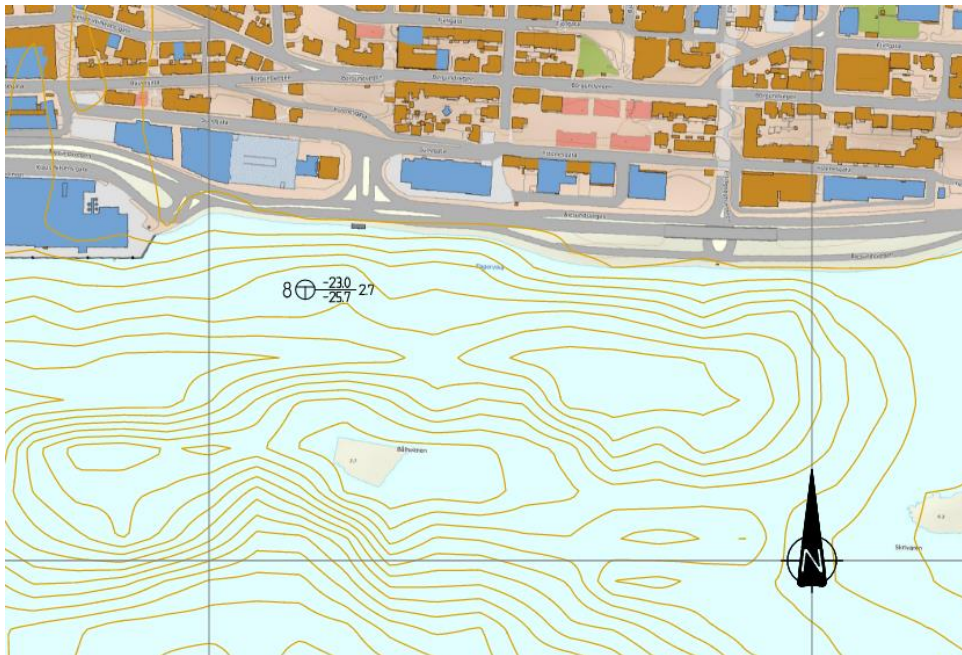
For tildekking må det gjøres en vurdering av lokalstabiliteten ved utførelse (Figur 12). I områder der massene er veldig bløte kan det være utfordrende å få lagt ut et lag som ikke penetrerer de eksisterende massene. Det burde derfor vurderes å lage et forsøksfelt i forkant av utleggelse av masser. Aktuell utførelse i områder med bløte lag kan være utleggelse og konsolidering av tilstrekkelig tynne lag, med tilstrekkelig lav kornstørrelse slik at de ikke penetrerer laget under. Konsolideringstiden må detaljeres slik at man får tilstrekkelig styrkeøkning for å unngå lokale brudd. For eksempel slamlaget som ses i toppen av utført totalsondering kan typisk ha en skjærstyrke rundt 0,5-2 kPa. For å få tilstrekkelig lokalstabilitet vil man da typisk være avhengig av å få konsolidert disse massene noe, da forventet tildekkingshøyde er rundt 0,5 meter. Beregninger av lokalstabilitet og konsolidering vil gi noe informasjon, men det er trolig nødvendig med prøveforsøk da det er veldig utfordrende å bestemme styrker i så bløte masser. Dette fordi det er vanskelig å ta prøver for testing på laboratorium, og CPTU sonderinger er ikke kalibrert mot

så lave styrker ($S_u < 20$ kPa). Beregningene vil dermed ha en betydelig usikkerhet i materialparametere som man vil være utfordrende å fjerne.

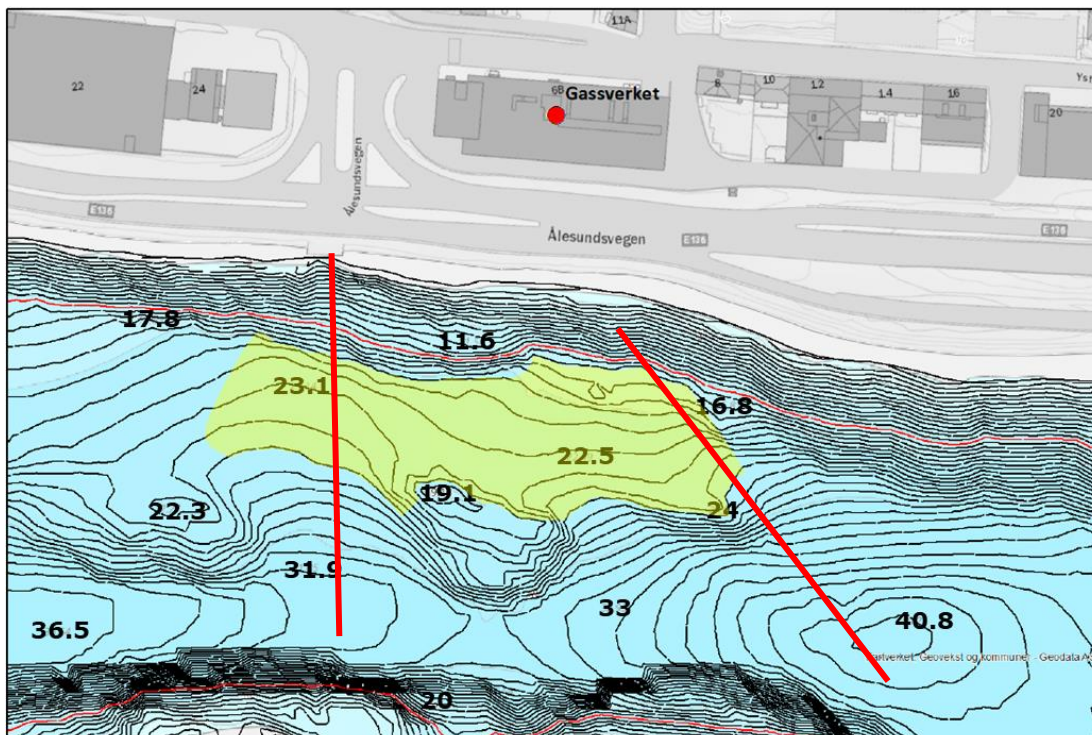
For å oppsummere trengs det flere grunnundersøkelser i området for å avdekke om løsmassemektingen av silt og eller sandlag er vesentlig for områdestabiliteten, og eventuelt undersøkelser som angir styrkeparametere (prøveserier og laboratorieundersøkelser og CPTU sonderinger). For tildekkingslaget bør det påregnes at man må teste ut valgt løsning i et forsøk, for å verifisere valgt løsning i detaljprosjekteringen, da usikkerheten i materialparametere fortsatt vil være vesentlig selv ved utvidet grunnundersøkelsesprogram.



Figur 10. Kart over løsmassemekting fra iSurvey basert på SBP-dataene. Merk at dybder ikke er meter, men relativ mektighet da det var mye usikkerhet/støy i dataen. Rød farge indikerer lavest løsmassemekting, mens blå farge indikerer størst løsmassemekting. Merk at det deler av det røde området sentralt i kartet, midt mellom Bålholmen og Gassverkstomta, er dokumentert som fast fjell i ROV-undersøkelser gjennomført av Multiconsult (2020a).



Figur 11. Kart over punkt for utført grunnundersøkelse i området (Rambøll, 2022c). Tall ved angitt ved prøvepunktet angir toppkote for løsmasser (-23), bunnkote for løsmasser (-25.7) og antall meter boret (2.7 m) i løsmasse. Bopunktet var bopunkt nr. 8 for grunnboringer gjennomført i Aspevågen høsten 2021 (Rambøll, 2022c).



Figur 12. Sjøbunnsstopografi ved tiltaksområdet. Det gul-grønne området viser tiltaksområdet som skissert av Multiconsult (2020a). Merk at dette er utvidet i den innværende rapporten. Rød linje viser forslag til aktuelle skråninger for områdestabilitetsvurdering.

9.7 Sjøbunnsdybde før og etter tiltak

Tiltaksområdet har vanddybder på i all hovedsak ca 20 – 40 m dyp og båttrafikken i området er kun fritidsbåter. Mudring av 0.5 – 1 m, samt tildekking med masser i tykkelse <1 m på sjøbunnen vil ikke bety praktiske endringer i bruken av området.

Det vil imidlertid være potensielle utfordringer med tildekkingslagets design knyttet til fremtidig områdeutvikling, som f.eks. utfylling av hele området for å etablere en ny bydel. Design av tildekkingslaget mht. sjøbunnsdybde påvirkes imidlertid ikke av dette.

Fastsettelse av krav om kontroll av tildekkingslagets tykkelse og evt. innmåling av nye sjøbunnsdybder vil foreslås nedenfor og i søknad om tillatelse til å gjennomføre tiltakene som omtales i denne tiltaksplanen, og fastsettes gjennom tillatelse eller pålegg om å gjennomføre tiltak mot forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta.

9.8 Koordinering mot andre tiltak

Tiltaket i sjø må gjøres i etterkant av gjennomført sikringstiltak av forurenset grunn på Gassverkstomta-eiendommen på land, slik at ikke sjøbunnen blir rekontaminert av tjære- og PAH-forurensning fra denne lokaliteten. Disse prosjektene bør samordnes og koordineres.

Gjennomføring av tiltak mot forurenset sjøbunn vil trolig også medføre en kontaminering av nærliggende sjøbunn. For å minimere graden av rekontaminering etter gjennomføring av tiltak bør derfor detaljprosjektering og gjennomføring tiltak mot forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta samordnes med øvrige tiltak mot forurenset sjøbunn i Volsdalsvågen, og Aspevågen for øvrig. Dette vil også medføre en vesentlig reduksjon i tid og kostnad knyttet til ulike prosjektfaser som detaljprosjektering, anleggsarbeid, kontroll og etterovervåkning av de gjennomførte tiltakene. Ved å begrense tidsperioden for anleggsarbeidene vil også skadelige og forstyrrende effekter, som støy, estetikk og trafikkbelastning, for miljøet og byens befolkning begrenses.

Statens vegvesen planlegger å etablere ny gang- og sykkelvei ved eksisterende vei (E136 Ålesundsvegen) langs Volsdalsvågen. Dette vil sannsynlig gjøres gjennom utfylling i sjø ved bl.a. Gassverkstomta. Tiltak for å begrense utlekking av forurensning til sjø fra Gassverkstomta må gjennomføres i forkant, eller som del av dette tiltaket. I tillegg må det i veiprojektet tas hensyn til tiltaksområdet på sjøbunnen ved Gassverkstomta, enten gjennom at oppryddingstiltaket gjennomføres i forkant, parallelt, eller som del av den aktuelle veiutbyggingen. Veiprojekt må prosjekteres i overensstemmelse med anbefalingene for tiltak mot forurensning som fremkommer av denne tiltaksplanen, og *Renere fjord Ålesund* for øvrig. Det er en pågående dialog mellom de ulike prosjektene for å løse dette på mest hensiktsmessig måte.

9.9 Risiko for rekontaminering av forurensning ved endt tiltak

Overflatesedimentene i de omkringliggende områdene til tiltaksområdet i sjø er sterkt forurenset (Rambøll, 2015; Rambøll, 2022b), og det er planlagt tiltak i dette området som del av prosjektet *Renere fjord Ålesund*. Deler av den forurensete sjøbunnen i de nærliggende delområdene som inngår i *Renere fjord Ålesund* ligger grunnere enn hele (eller deler av) tiltaksområdet på sjøbunnen ved Gassverkstomta. Som følge av ulike spredningsmekanismer som bl.a. skipsanløp og havneaktivitet ved Meierikaia, er det derfor sannsynlig at forurenset sediment fra nærliggende områder i Volsdalsvågen, og Aspevågen for øvrig, kan rekontaminere tildekkingslaget utenfor Gassverkstomta dersom ikke disse tiltakene koordineres/samkjøres mht. gjennomføringstidspunkt og design. Dersom disse prosjektene samkjøres, vil faren for rekontaminering av den nyetablerte sjøbunnen ved Gassverkstomta være begrenset til evt. avrenning fra tette flater, veiavrenning og

overløp. Rekontaminering av sjøbunnen i tiltaksområdet fra landkilder kan imidlertid ikke utelukkes, og kan heller ikke forhindres i sin helhet. I et byområde som Ålesund vil det blant annet være diffuse forurensningskilder fra land til sjø. En kildekontrollundersøkelse for Aspevågen, inklusive områdene rundt Gassverkstomta, bør gjennomføres som del av detaljprosjekteringsfasen for Renere fjord Ålesund, slik at evt. uakseptable og håndterbare forurensningskilder kartlegges og følges opp videre for å begrense rekontaminering av sjøbunnen.

Ved tildekking etter mudring i tiltaksområdet ved Gassverkstomta, og tildekking i Volsdalsvågen for øvrig, er det en mulighet for rekontaminering knyttet til oppvirvling av sedimenter under utlegging av tildekkingsmasser. Ved å påføre massene skånsomt i flere lag, fra de grunneste delområdene mot de dypeste delområdene, vil risikoen for oppvirvling og rekontaminering reduseres.

9.10 Naturmangfold

Mudring og tildekking av sjøbunnen med 0.5 - 1 m rene masser vil ødelegge habitatet for de organismer som lever der i dag. Det er imidlertid registrert få eller ingen organismer i overflatesedimentene under prøvetaking høsten 2019 og 2021 (Multiconsult, 2020a; Rambøll, 2022a), men heller bakteriematter som indikerer dårlige oksygenforhold, samt fri-fase tjære eller konsentrasjoner av miljøgifter som indikerer svært dårlige forhold for marine organismer. I kapitlene nedenfor oppsummeres funn av registrerte naturverdier i/ved tiltaksområdet gjennom søk i nasjonale databaser, bl.a. Naturbase (Miljødirektoratet, 2022a), Artskart (Artsdatabanken, 2022) og Yggdrasil (Fiskeridirektoratet, 2022).

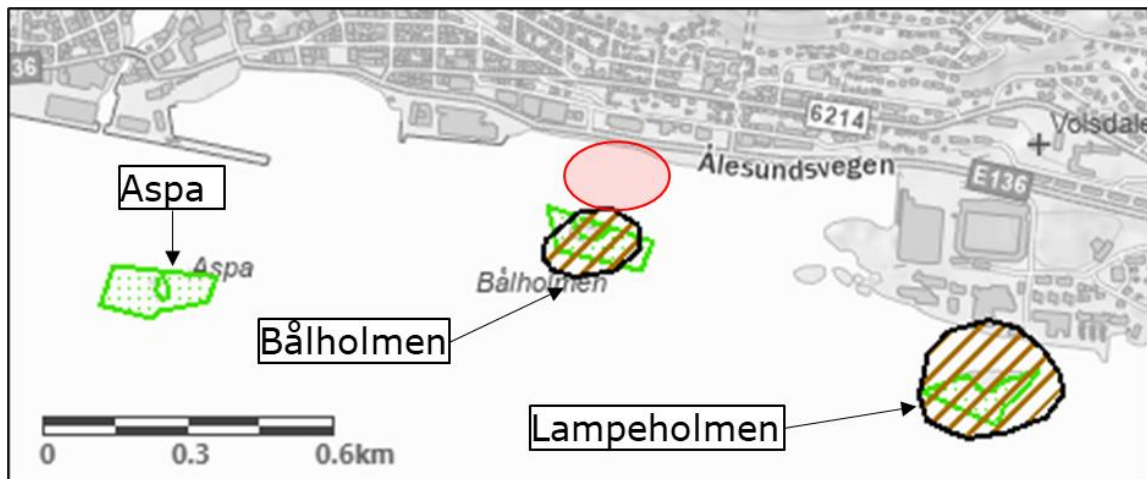
9.10.1 Naturtyper og verdifulle områder

Utenom at hele Aspevågen er del av et nasjonalt viktig gyteområde for torsk, er det ikke registrert noen viktige naturtyper eller annen type verdifulle områder på sjøbunnen i tiltaksområdet (Figur 13). Dette støttes også av observasjoner fra videoundersøkelser av sjøbunnen i tiltaksområdet (Multiconsult, 2020a).

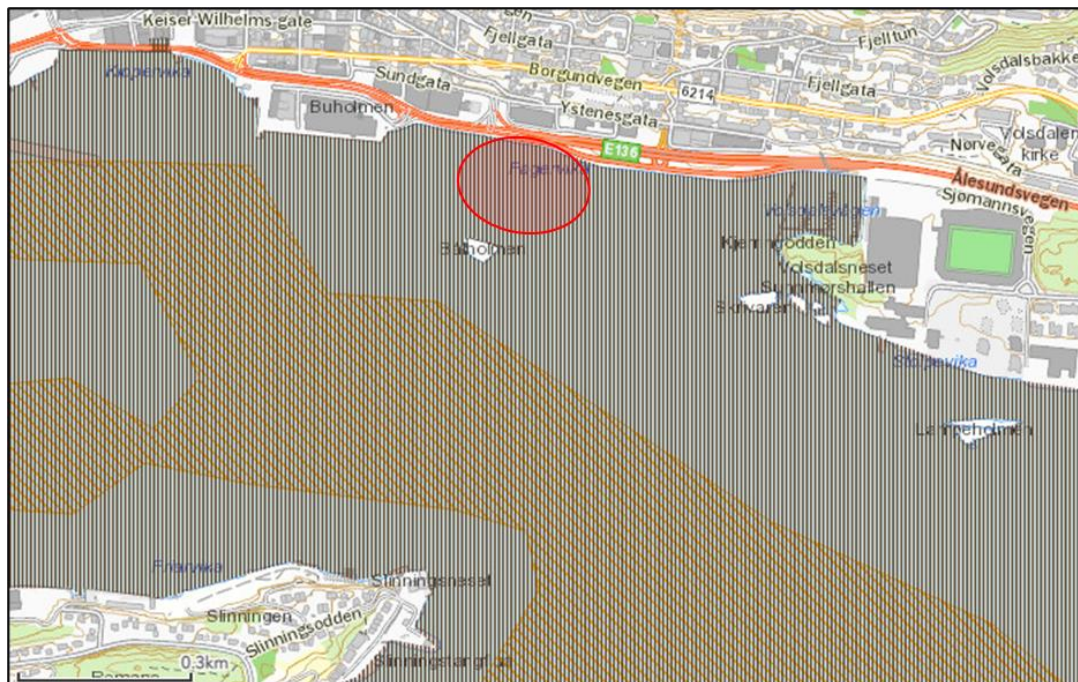
Det er imidlertid registrert en viktig tareskogforekomst (B-verdi) rundt Bålholmen (kun 30-40 m fra tiltaksområdets sørlige grense), samt en tareskogforekomst ved Aspa (ca 750 m fra tiltaksområdets vestre grense) og en ved Lampeholmen (ca 750 m fra tiltaksområdets sørøstre grense). Disse er markert i Figur 13. De registrerte forekomstene er imidlertid noe usikre, da utbredelsen er modellert og det ikke foreligger observasjoner som bekrefter forekomstene (Miljødirektoratet, 2022a).

Det er også registrert et yngleområde/utbredelsesområde for arter av særlig stor forvaltningsinteresse ved Bålholmen og Lampeholmen. Ved Bålholmen er det registrert tjeld (*Haematopus ostralegus*) og ærfugl (*Somateria mollissima*). Ved Lampeholmen (Volsdalsholmane) er det registrert tjeld, ærfugl, hettemåke (*Chroicocephalus ridibundus*), krykkje (*Rissa tridactyla*) og fiskemåke (*Larus canus*). Disse områdene er også markert i Figur 13.

Registrerte gyteområder i/ved tiltaksområdet ved Gassverkstomta er illustrert i Figur 14. Tiltaksområdet ved Gassverkstomta ligger innenfor et nasjonalt viktig gyteområde for torsk (navn: *Borgundfjorden*, registrert av Havforskningsinstituttet), som omfatter hele Borgundfjorden (Fiskeridirektoratet, 2022). I tillegg er det registrert et gyteområde for torsk i mer sentrale deler av Aspevågen og ut rundt Slinningsodden (navn: *Borgundfjorden-Aspevågen*, registrert av Ålesund og Suløy fiskarlag). Dette gyteområdet ligger i sin helhet innenfor det nasjonalt viktige gyteområdet *Borgundfjorden* (Fiskeridirektoratet, 2022), ca 200 m fra de ytterste grensene av tiltaksområdet ved Gassverkstomta. Viktige gyteperioder for torsk i de to gyteområdene er angitt til perioden mars-mai (Fiskeridirektoratet, 2022).



Figur 13. Utsnitt fra Naturbase (Miljødirektoratet, 2022a) med registrerte marine naturtyper (grønt omriss) og områder for arter av særlig forvaltningsinteresse (sort omriss med brune streker på tvers). Omtrentlig tiltaksområde i sjø utenfor Gassverkstomta er markert med rød sirkel.



Figur 14. Utsnitt fra Yggdrasil (Fiskeridirektoratet, 2022) med markering av to registrerte, overlappende, gyteområder for torsk. Sort skravur indikerer gyteområdet Borgundfjorden, registrert av Havforskningsinstituttet. Brun skravur indikerer gyteområdet Borgundfjorden-Aspevågen, registrert av Ålesund og Suløy fiskarlag.

9.10.2 Rødlistede arter

Artskart (Artsdatabanken, 2022) ble undersøkt for å innhente informasjon om registrerte rødlistede marine arter og sjøfugl ved tiltaksområdet. Området for søk av artsregistreringer er illustrert i Figur 15, og registreringer av rødlistede arter de siste ti årene er presentert i Tabell 4.

Det er registrert to rødlistede marine arter like utenfor tiltaksområdet ved Gassverkstomta (ved Bålholmen). Det er brugde (*Cetorhinus maximus*) som er kategorisert som sterkt truet (EN), og hummer (*Homarus gammarus*) som er kategorisert som sårbar (VU). Brugde er en vandrende art som lever pelagisk (i de frie vannmasser). Følgelig er dette ikke vurdert som en stedegen art, men heller en sporadisk gjest for området. Hummer er en bunnlevende art, som lever hovedsakelig på hardbunn med skjulesteder i steinrøyser, kløfter eller i huler under store steiner.

Det er også registrert fem rødlistede arter av sjøfugl ved tiltaksområdet. Dette er fiskemåke som er kategorisert som sårbar (VU), gråmåke (*Larus argentatus*) som er kategorisert som sårbar (VU), havelle (*Clangula hyemalis*) som er kategorisert som nær truet (NT), storskarv (*Phalacrocorax carbo*) som er kategorisert som nær truet (NT) og ærfugl som er kategorisert som sårbar (VU). Det vurderes som sannsynlig at disse registrerte artene, inklusive arter (tjeld, hettemåke og krykkje) som er kjent fra yngleområdene ved Bålholmen og Lampeholmen (se kapittel 9.10.1 ovenfor), tidvis kan være stedegne for området og potensielt ynglende i områdene nært tiltaksområdet.



Figur 15. Utsnitt av området undersøkt i Artskart (Artsdatabanken, 2022) for å kartlegge registrerte rødlistede marine arter og sjøfugl ved tiltaksområdet i sjø ved Gassverkstomta. Søkeområdet er markert med blått omriss, sort sirkel indikerer omtrentlig tiltaksområdet i sjø ved Gassverkstomta, øvrige sirkler indikerer artsobservasjoner i søkeområdet. Rødfarget område indikerer utbredelsesområdet for tjeld og ærfugl ved Bålholmen.

Tabell 4. Norsk rødliste for arter 2021 (Artsdatabanken, 2022b)

Artsgruppe	Norsk navn	Vitenskapelig navn	Kategori
Fisker	brugde	<i>Cetorhinus maximus</i>	Sterkt truet (EN)
Krepsdyr	hummer	<i>Homarus gammarus</i>	Sårbar (VU)
Fugler	fiskemåke	<i>Larus canus</i>	Sårbar (VU)
Fugler	gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	Sårbar (VU)
Fugler	havelle	<i>Clangula hyemalis</i>	Nær truet (NT)
Fugler	storskarv	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Nær truet (NT)
Fugler	ærfugl	<i>Somateria mollissima</i>	Sårbar (VU)

9.10.3 Hensyn til naturmangfold

Miljøforholdene som er registrert i området gjennom de siste miljøtekniske undersøkelsene (Multiconsult, 2020a; Rambøll, 2022a) indikerer at det er et vesentlig behov for å gjennomføre tiltak ved Gassverkstomta for å fremme reetablering av et bunnfaunasamfunn med god økologisk tilstand eller en sjøbunn med godt økologisk potensial iht. kravene i Vannforskriften (Direktoratsgruppen for Vanddirektivet, 2022b).

Det er imidlertid registrert naturverdier i de tilgrensende områdene som bør hensyntas som del av planleggingen og gjennomføringen av et oppryddingstiltak som dette. Tiltaket mot forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta bør tilpasses med avbøtende tiltak for å minimere potensielt skadelige effekter som følge av særlig spredning av forurensete partikler og potensielt også støy og lys. Dette innebærer at det i planleggingen av tiltaket bør tas særskilte hensyn under gyte- og hekketid for torsk og sjøfugl. I tillegg bør det etableres grenseverdier for tillatt spredning ut av tiltaksområdet, for å begrense negative effekter som følge av partikkelspredning (inklusive forurensete partikler) til nærliggende marine naturtyper og områder for sjøfugl. Flere av de registrerte naturverdiene ligger utenfor en undervannsbarriere av grunnere vann i området mellom Bålholmen og Volsdalsneset, og spredning av partikler vil sannsynligvis bli naturlig begrenset som følge av dette.

9.11 Hensyn til marine naturressurser

Det er registrert et fiskefelt for passive redskaper som strekker seg inn i sentrale deler av Aspevågen (Figur 16). I dette området er det registrert fiske etter torsk og hyse i perioden mars-mai og sei i perioden august – oktober, og deler av feltet reguleres med fiskerioppsyn fra 1. mars-15. mai (Fiskeridirektoratet, 2022). For øvrig fremkommer det av informasjon gitt i Yggdrasil (Fiskeridirektoratet, 2022) at det fiskes etter krabber, hummer og leppefisk i strandsonen i hele kommunen.

Det registrerte fiskefeltet ligger >200 m fra yttergrensene av tiltaksområdet. Spredning i vannsøylen fra tiltaksområdet til dette området i sørlig og sørøstlig retning vil begrenses gjennom en delvis barriere av grunnere vann i området mellom Bålholmen og Volsdalsneset, men i vestlig retning må spredning begrenses gjennom metodevalg og øvrige avbøtende tiltak.



Figur 16. Fiske med passive redskaper etter torsk og hyse i perioden mars-mai, sei i perioden august – oktober (Fiskeridirektoratet, 2022)

9.12 Hensyn til installasjoner på sjøbunnen

Det er ikke registrert rør, ledninger eller kabler på sjøbunnen i tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta i nasjonale kartdatabaser (Figur 17). Det er imidlertid registrert en del sjøkabler, utslippsrør og ledninger i området vest for tiltaksområdet, ved Meierikaia (Figur 17). I tillegg ble det observert et gammelt utslippsrør på sjøbunnen nordvest for tiltaksområdet, ved ROV-undersøkelser gjennomført høsten 2021 (Rambøll, 2022b). I bynære områder er det vanlig å treffe på installasjoner på sjøbunn som ikke er registrert i nasjonale databaser, slik som Kystinfo (Kystverket, 2022). ROV-undersøkelsene gjennomført av Multiconsult registrerte allikevel ingen slike funn i tiltaksområdet (Multiconsult, 2020a), men derimot ble det registrert en god del avfall. Dette bør kartlegges nærmere som del av detaljprosjekteringen av tiltaket på sjøbunnen ved Gassverkstomta. Dette er beskrevet nærmere i kapittel 10.3 nedenfor.



Figur 17. Kart hentet fra Kystinfo med markering av registrerte ledninger, kabler og rør (markert i grått eller lilla/fiolett) på sjøbunnen ved tiltaksområdet (markert i lys blå) utenfor Gassverkstomta.

10. BEHOV FOR YTTERLIGERE UNDERSØKELSER

I henhold til Miljødirektoratets faktaark for utarbeidelse av tiltaksplaner (Miljødirektoratet, 2015b), skal det som del av en tiltaksplan redegjøres for behovet for ytterligere tiltaksrettede undersøkelser. I delkapitlene nedenfor vurderes behovet for slike undersøkelser.

10.1 Kulturminner

Bergens Sjøfartsmuseum gjennomførte en marinarkeologisk undersøkelse i tiltaksområdet i 2016 (Bergens Sjøfartsmuseum, 2016). Det ble ikke gjort funn som omfattes av Kulturminneloven §14 (skipsfunn eldre enn 100 år). Følgelig anses det ikke som relevant å gjennomføre ytterligere kulturminnekartlegging i området.

10.2 Udetonerte eksplosiver (UXO)

Ålesund var gjenstand for flere bombeangrep under 2. verdenskrig, og i tilsvarende prosjekter (f.eks. Ren Harstad havn og Hammerfest Ren havn) har funn av UXO medført tid- og kostnadskrevende aksjoner. Følgelig vurderes det som sannsynlig at det foreligger en risiko for å treffe på UXO under mudring i tiltaksområdet. For å redusere denne risikoen under mudring bør det som del av detaljprosjekteringen gjennomføres en UXO-undersøkelse på sjøbunnen i tiltaksområdet. Dette ble forsøkt påbegynt høsten 2021, men avsluttet grunnet utfordringer knyttet til bunnforholdene og utstyret ble benyttet. Følgelig ble det besluttet at en tilsvarende undersøkelse skulle planlegges og gjennomføres som del av detaljprosjekteringen av tiltaket.

10.3 Skrot på sjøbunnen

For å bidra til et heldekkende tildekkingslag, er det viktig å fjerne fremmedelementer og søppel fra sjøbunnen. Det er observert en god del avfall i tiltaksområdet, eller nærliggende områder, som del av de miljøtekniske forundersøkelsene (Multiconsult, 2020a; Rambøll, 2022b). Omfanget av nødvendig skrotrydding må kartlegges i detaljprosjekteringsfasen, spesielt i de grunnere områdene nær fyllingsfoten. Dette vil også være gjeldene for Volsdalsvågen for øvrig, som del av prosjektet Renere fjord Ålesund. Dette bør gjennomføres som en ROV-undersøkelse.

10.4 Geotekniske undersøkelser

Foreliggende geotekniske undersøkelser indikerer at toppsedimentene i tiltaksområdet er svært bløte. Det er vurdert som hensiktsmessig å gjennomføre flere grunnundersøkelser i området for å avdekke om løsmassemektingen av silt og eller sandlag er vesentlig med tanke på områdestabilitet. Innledende undersøkelser viser at tykkelsen er beskjedne. Samtidig vil det være en fordel å gjøre undersøkelser som også gir informasjon av styrkeparametere (prøveserier og laboratorieundersøkelser og CPTU sonderinger). Det er imidlertid vanskelig å ta prøve av å teste de bløte materialene ($S_u < 5$ kPa). Styrken i disse massene vil være bestemmende for hvordan tildekningslaget utformes. Det anbefales dermed at det gjøres overslag med øvre og nedre grenseverdier av styrker, og at endelig design verifiseres med en prøvefylling, da usikkerheten i materialparametere trolig blir vanskelig å redusere i tilstrekkelig grad. Dette fordi det er vanskelig å innhente intakte prøver av materialet for å teste i laboratoriet, og CPTU sonderinger i utgangspunktet ikke er korrelert mot så lave styrker.

10.5 Detaljvurdering av tildekkingslagets design

Som del av detaljprosjekteringsfasen bør det, i lys av den geotekniske detaljprosjekteringen gjøres en detaljert vurdering av nødvendig tildekkingsstykkelse og tildekkingsmassenes egnethet. Siden sedimentene i deler av tiltaksområdet er bløte, anbefales det å gjennomføre testforsøk med ulike tildekkingsløsninger i et mindre område. Dette for å undersøke potensialet for oppvirvling og innsynkning av tildekkingsmassene i sedimentene på sjøbunnen i tiltaksområdet. Resultatene fra

testprosjektet kan benyttes til å endelig bestemme mengde og type tildekkingsmasse, samt egnet utleggingsmetode.

Gjennom de geotekniske vurderingene som presenteres i denne tiltaksplanen anbefales det å gjennomføre et testforsøk med tildekking i området, for å verifisere valgt løsning i detaljprosjekteringen. Dette fordi det foreligger en usikkerhet i materialparameterne på sjøbunnen.

10.6 Kartlegging av mulige arealer for å etablere anleggsområde

Det er gjort en overordnet innledende undersøkelse av potensielle arealer rundt Aspevågen som kan benyttes som anleggsområde under tiltaksgjennomføringen. Som del av detaljprosjekteringen bør det gjøres en mer detaljert undersøkelse av slike arealer. Grunneiere og/eller de som drifter eiendommene bør kontaktes for å avklare om det kan være mulig å benytte de aktuelle områdene som anleggsområde for bl.a. mellomlagring av tildekkingsmasser, lagring av utstyr og maskinell, og avvanning- og renseanlegg for mudrede sedimenter. Ålesund kommune har best kjennskap til arealene i området, og bør derfor i stor grad involveres i denne prosessen.

10.7 Kartlegging av deponiløsninger

Det er knyttet usikkerhet til deponiløsning for overskuddsmassene som vil oppstå som del av prosjektet. I utgangspunktet vil det legges opp til at egnet deponiløsning velges og klargjøres av utførende entreprenør som del av forberedende arbeidene før tiltaksoppstart. Et mulig alternativ som utredes nærmere er om NOAH Langøya kan ta imot massene, selv om de i utgangspunktet ikke har kapasitet eller anledning. Dette kan være kostnad- og tidsbesparende sammenlignet med bruk av deponi for farlig avfall i utlandet.

10.8 Kum-undersøkelse

Det er planlagt å gjennomføre en kildeundersøkelse av avløps- og overvannskummer til Aspevågen som del av prosjektet Renere fjord Ålesund. Dette bør gjennomføres før det iverksettes tiltak mot forurenset sjøbunn, for å vurdere behov for konkrete og målrettede tiltak for å redusere kildetilførselen. I tillegg vil resultatene benyttes til å etablere en realistisk forståelse for rekontamineringsgraden etter tiltak mot forurenset sjøbunn. Kum-undersøkelsen vil følges opp i det videre av Renere fjord Ålesund.

10.9 Plan for informasjon og medvirkning for interessenter

Det bør lages en kommunikasjonsplan med oversikt over private og offentlige interessenter samt tidspunkt/faser for medvirkning. *Renere fjord Ålesund* hadde tidligere en egen hjemmeside, men informasjon er nå å finne på Ålesund kommunes hjemmesider: <https://alesund.kommune.no/samfunnsutvikling/slik-bygger-vi-alesund/prosjekt-vatn-og-avlop/reinare-fjord.4812.aspx>. Informasjon om fremdriften til oppryddingstiltaket ved Gassverkstomta bør inkluderes på denne siden.

11. KONTROLL, OVERVÅKNING OG AVBØTENDE TILTAK

11.1 Miljøeffekt ved tiltak på kort og lang sikt

På kort sikt vil tiltaket medføre direkte bortfall av substrat (ved mudring) og fortrenging av habitat i overflatesedimentene (ved tildekking). Følgelig vil lokal bunnlevende fauna og flora i tiltaksområdet bli direkte påvirket av tiltaket. De miljøtekniske undersøkelsene som er gjennomført i området indikerer imidlertid at sjøbunnen i området er sterkt påvirket av forurensning, og at artsmangfoldet på sjøbunnen i området er begrenset. Det er heller ikke noen marine naturtyper som vil bli direkte påvirket. Følgelig vil den negative effekten på den økologiske tilstanden i området være begrenset. Tareskogen som er kartlagt gjennom modellering ved Bålholmen vil imidlertid kunne bli påvirket negativt. Dersom tiltaket gjennomføres på en skånsom måte og det etableres et godt kontroll- og overvåkningsprogram, vil det være mulig å gjennomføre tiltaket med akseptabel grad av negativ påvirkning. Dette gjelder også for viktige arts- og naturtypeforekomster i omkringliggende områder.

På lang sikt vil en ny og renere sjøbunn kunne legge til rette for rekolonisering og etablering av et bunnsamfunn av flora og fauna, og en sjøbunn med godt økologisk potensial. Spredning av forurensning ut av området vil også minimeres, slik at tiltaksområdet i seg selv ikke vil fungere som en forurensningskilde til omkringliggende områder.

Tiltaksgjennomføringen kan generere oppvirvling og spredning av forurensning til nærliggende områder, slik at den kjemiske tilstanden på kort sikt kan bli forringet i nærliggende områder dersom det ikke etableres metodiske krav, krav til kontroll- og overvåkning, samt grenseverdier for akseptabel spredning. Et omforent kontroll- og overvåkningsprogram vil imidlertid bli utarbeidet og iverksettes ved tiltaksgjennomføring, slik at denne påvirkningen minimeres. Ved bruk av skånsomme tiltaksmetoder vil også spredningspotensialet bli redusert. Den kjemiske tilstanden i tiltaksområdet og omkringliggende områder vil raskt bedres etter at tiltaket er ferdigstilt. Dette fordi en aktiv og vesentlig forurensningskilde blir fjernet fra fjordsystemet.

11.2 Påvirkning på influensområdet

Hele Aspevågen er forurenset (Rambøll, 2015), og det skal gjøres tiltak mot forurenset sjøbunn i de omkringliggende områdene i Volsdalsvågen, samt Skutvika, Kippervika og Aspholet. Mudring av sediment med konsentrasjoner tilsvarende farlig avfall for PAH-forbindelser og fri fase tjære innebærer imidlertid en stor risiko for spredning av sterkt forurensete partikler, og påvirkning på vannsøylen i de tilgrensende områdene til tiltaksområdet. Det vil også være et potensiale for oppvirvling og spredning av forurensete partikler ved utlegging av de første tildekkingslagene, samt økt partikkelinnhold og spredning i vannsøylen av rene partikler (tildekkingsmasser) under utlegging av alle tildekkingslag. Følgelig vil det være viktig å gjennomføre mudring og tildekking ved bruk av skånsomme metode, samt etablere et godt overvåknings- og kontrollprogram for spredning av forurensning og partikler ut av tiltaksområdet.

11.3 Kontroll og overvåkning under tiltaksgjennomføring.

Tiltaksarbeidene i sjø vil bli underlagt krav til overvåking og kontroll, som skal defineres i et kontroll- og overvåkningsprogram i forkant av tiltaksoppstart, iht. en tillatelse etter forurensningsloven. . Entreprenøren som blir valgt for å gjennomføre tiltakene skal beskrive metodevalg, rutiner og presisjon for de ulike oppgavene. Dette vil blant annet være kontrollprogrammer for måloppnåelse av mudring, tildekking og partikkelspredning under tiltak.

Særlig relevante deler av tiltaket på sjøbunnen som skal overvåkes vil være

- Kontroll av tildekkingsmassers opprinnelse og kvalitet
- Mudring av forurensede sedimenter
- Avvanning og utslipp av rensset overflødig vann
- Tildekking av forurensede sedimenter
- Spredning av partikler og forurensning i vannsøylen
- Støv og støy fra anleggsarbeidene

11.3.1 Kontroll av tildekkingsmasser

Det skal dokumenteres at tildekkingsmassene tilfredsstillter kravene i M-411/2015 Testprogram for tildekkingsmasser (Miljødirektoratet, 2017) med hensyn på blant annet massetype, kjemisk innhold og kornfordeling, samt krav som vil bli beskrevet i detaljprosjekteringen.

11.3.2 Siltgardin

En siltgardin er en duk med en gitt maskestørrelse som benyttes ved ulike tiltak som har utslipp til eller genererer fare for partikkelspredning i sjø. Dette for å forhindre spredning av partikler og/eller partikkelbundet forurensning, styre partikler til et konkret område eller holde tilbake partikler fra et gitt område for å unngå forhøyet partikkelnivå i vannsøylen.

For at tiltaksarbeidene skal kunne gjennomføres samtidig som de ikke bidrar til skadelig avrenning, oppvirvling, partikkeltransport eller spredning av forurensede stoffer til omkringliggende områder, kan det monteres en siltgardin som omslutter tiltaksområdet i sjø. Spesielt vil dette være viktig for mudringsdelen av tiltaket. For tildekkingsdelen av tiltaket, er det sannsynlig at utlegging av masser vil gjøres samtidig med øvrige deler av Volsdalsvågen (som del av prosjektet Renere fjord Ålesund). Hvis dette blir tilfellet, vil siltgardinen måtte flyttes eller fjernes før tildekkingsarbeidet i Volsdalsvågen igangsettes. Dersom tildekking i tiltaksområdet ved Gassverkstomta skjer uavhengig av tildekking i resterende deler av Volsdalsvågen, bør siltgardinen bli stående utplassert til tildekkingsdelen av tiltaket er ferdigstilt.

Dersom det monteres siltgardin rundt tiltaksområdet må den være av godkjent kvalitet, tilpasset dimensjonering og plasseres på hensiktsmessig måte i forhold til vind og strøm slik at spredningen av finpartikler og forurensning minimeres. Siltgardinene bør da være utplassert til sluttkontroll av tiltakene i sjø er gjennomført og dokumenterer av miljømålene er oppnådd.

Utførende entreprenør vil imidlertid være ansvarlig for å følge opp utforming, bestilling, installasjon og kontroll av siltgardiner som benyttes i prosjektet.

11.3.3 Turbiditet

For å kontrollere at tiltaket gjennomføres i henhold til målsetning og fastsatte krav og vilkår i tillatelsen etter forurensningsloven, må det gjennomføres turbiditetsovervåkning. Som del av de forberedende arbeidene til tiltaksgjennomføringen skal det etableres et overvåkningsprogram for turbiditet under tiltaksgjennomføringen i de ulike delområdene. Standarden NS 9433 *Turbiditetsovervåking av tiltak i vannforekomster* skal være styrende for endelig valgt turbiditetsovervåkning.

Det anbefales å etablere minst to turbiditetsstasjoner, samt en referansestasjon.

Referansestasjonen bør etableres i et område, som ikke er påvirket av tiltaksarbeidene, men som allikevel ligger relativt nært med tilnærmet like hydrografiske forhold. Turbiditetsmålerne anbefales plassert iht. lokale strømforhold (inkl. tidevannsstrømmer), slik at de på best mulig måte fanger opp spredning av partikler og forurensning ut av tiltaksområdet gjennom hele

tiltaksgjennomføringen. Det er stor trafikk til/fra Ålesund havn, noe som også må hensyntas i valg av plassering av de ulike stasjonene.

Turbiditetsovervåkingen bør foregå så lenge arbeidet i sjø pågår og målingene av turbiditet skal skje på relevant dyp, hvor det forventes mest spredning av partikler. Det kan være aktuelt å etablere flere turbiditetsmålere på hver stasjon. F.eks. en turbiditetsmåler i overflatelaget, og en turbiditetsmåler i dypere vannmasser (f.eks. under sprangsjiktet). Alle turbiditetsdata bør loggføres og inngå i rapportering til myndighetene som del av sluttrapportering av gjennomført tiltak. I tillegg bør det føres logg om avvik og andre uønskede hendelser.

Selv om det skal etableres en referansestasjon for turbiditetsovervåking anbefales det å starte opp turbiditetsovervåkingen i periode før tiltaksoppstart. Dette fordi ekstra informasjon om bakgrunnskonsentrasjoner i området kan være nyttig data i vurderingene av spredning ut av tiltaksområdet, samt naturlige variasjoner i området.

11.3.4 Sedimentfeller

Under tiltaksgjennomføring i sjø anbefales det å utplassere sedimentfeller hvor det tas ut prøver månedlig. Passive prøvetakere bør også monteres på de samme stasjonene. Med sedimentfeller og passive prøvetakere detekteres omfanget av partikler og miljøgifter som spres ut av tiltaksområdet. Nærmere vurderinger av bruken av sedimentfeller og passive prøvetakere som del av tiltaksovervåkingen bør inngå i kontroll- og overvåkningsprogrammet som skal utarbeides i forkant av tiltaksoppstart.

Det anbefales å plassere ut partikkelfeller (sedimentfeller) ved aktuelle turbiditetsstasjoner utenfor tiltaksområdet. Dette for å dokumentere eventuell spredning av partikulært materiale, både forurensede og rene partikler.

I utgangspunktet kan sedimentfellene monteres på samme rigg som turbiditetssensorene, men dersom dette ikke er mulig vil de plasseres så nært «turbiditetsriggen» som mulig uten at det blir konflikt mellom instrumentene. Sedimentfelleriggen anbefales plassert like over sjøbunnen, evt. like under de dypeste turbiditetssensorene, på de ulike stasjonene. Det er imidlertid viktig at de monteres slik at de ikke slår borti bunnen, da dette kan medføre feilkilder.

Ytterligere vurderinger knyttet til lokalitet, antall stasjoner, prøvetakingsfrekvens, analyseparametere og utforming skal fremkomme av kontroll- og overvåkningsprogrammet for det aktuelle tiltaket.

11.3.5 Passive prøvetakere av vannkvalitet

Det anbefales å overvåke tiltakets påvirkning på vannkvaliteten i området gjennom bruk av passive prøvetakere på de ulike overvåkningsstasjonene. SPMD (Semi Permeable Membrane Devices) kan benyttes for å overvåke hydrofobe organiske forbindelser, som f.eks. PAH og PCB, mens DGT (Diffusive Gradients in Thin films) kan benyttes for å prøveta metaller (arsen, nikkel, bly, sink, kobber, krom, kadmium og kvikksølv). Vi foreslår å plassere de passive prøvetakerne på sedimentfelleriggene, og at de blir plassert ut, og tatt opp, samtidig med sedimentfellene.

Ytterligere vurderinger knyttet til lokalitet, antall stasjoner, prøvetakingsfrekvens, analyseparametere og utforming skal fremkomme av kontroll- og overvåkningsprogrammet for de aktuelle tiltakene i Aspevågen. I likhet med turbiditetsovervåkingen, anbefales det imidlertid å sette ut sedimentfeller og passive prøvetakere i en periode før tiltaksoppstart for å etablere data for bakgrunnsverdier.

11.3.6 Avvanning av mudringsmasser

Det er ikke bestemt hvor og hvordan mudringsmassene fra tiltaksområdet utenfor Gassverksomta skal håndteres. Det er imidlertid skissert en løsning for avvanning av mudringsmassene og rensing av det overflødige vannet i denne tiltaksplanen. I avsnittet nedenfor skisserer vi en overordnet løsning for overvåkning av avvanning- og renseprosessen.

Med hensyn til den skisserte renseløsningen vil det være behov for å utføre jevnlig kontroll av det rensede vannet før utslipp. Dette for å kontrollere renseprosessen, om mekanismene i renseprosessen fungerer som forutsatt og om vannkvaliteten på utslippsvannet er iht. fastsatte grenseverdier gitt i en utslippstillatelse.

Dersom det ikke er mulig å etablere et anleggsområde med avvanning- og renselanlegg, og utslippspunktet for rens vann innenfor tiltaksområdet ved Gassverkstomta, bør det også etableres en egen stasjon for kontinuerlig turbiditetsovervåkning ved utslippspunktet for rens vann i sjø, samt passive prøvetakere og sedimentfeller. Ved eventuelle overskridelser av turbiditetsgrenseverdi på denne stasjonen, bør det iverksettes tilsvarende prosess som beskrevet i kapittel 11.3.3, med vannprofilundersøkelse og vannprøve av evt. partikkelsky for å undersøke i hvilken grad tiltaket har medført forurensninger utover det som aksepteres gjennom en eventuell tillatelse.

Detaljert prosjektering av anlegg for håndtering og avvanning av mudringsmasser må gjennomføres som del av tiltakets detaljprosjektering. Det er anbefalt at dette gjøres samlet for tiltaket ved Gassverkstomta, samt tiltakene som inngår i *Renere fjord Ålesund*. Som del av detaljprosjekteringen må det også vurderes om det er behov for å etablere en egen siltgardin rundt et eventuelt utslippspunkt, samt også overvåkning med sedimentfeller og passive prøvetakere, i tillegg til turbiditetsovervåkingen.

11.3.7 Støy

Det forventes at entreprenører i forkant av tiltakene beskriver og utarbeider rutiner for å minimere støy. I den grad det er mulig bør arbeidet gjennomføres slik at det ikke kommer i konflikt med andre interesser. Tiltaksområdet ligger i et område stedvis preget av høye støynivåer (Figur 18), og nærliggende havneaktivitet. Det er ikke forventet at tiltaksarbeidene vil medføre problemer knyttet til støy utover det som allerede er registrert i området. Det anbefales imidlertid å sette krav om at anleggsarbeidene i seg selv ikke skal medføre overskridelser av de gjeldene anbefalingene til støygrenser for utendørs bygge- og anleggsvirksomhet (Tabell 5). Spesielle tiltakshensyn i gyte- og hekkeperioden for torsk og sjøfugl kan vurderes, men siden tiltaket ikke skal innebære pelearbeider eller sprengning som medfører sterke og akutte lydimpulser, vurderer vi tiltaksaktivitetene som innenfor det som anses som normalt i området mht. støy. Følgelig vurderes tiltaksgjennomføringens støypåvirkning på omkringliggende miljøverdier som begrenset.



Figur 18. Støymålingskart over deler av Volsdalsvågen hentet fra Miljøstatus (Miljødirektoratet, 2022b). Fargekoder i kart angir støynivåer i dB og er beskrevet til venstre i figuren. Omtrentlig areal for tiltaksområdet i sjø ved Gassverkstomta er markert med svart sirkel.

Tabell 5. Anbefalte støygrenser for utendørs bygge- og anleggsvirksomhet med varighet over 6 mnd. Ved varighet under 6 mnd, kan det aksepteres opp mot 5 dB høyere støynivå på dagtid og kveld. Tabellen er hentet fra veileder M-2061 Veileder om behandling av støy i arealplanlegging (Miljødirektoratet, 2022c).

Bygningstype	Støykrav på dagtid ($L_{pAeq12h}$ 07-19)	Støykrav på kveld (L_{pAeq4h} 19-23) eller søn-/helligdag ($L_{pAeq16h}$ 07-23)	Støykrav på natt (L_{pAeq8h} 23-07)
Boliger, sykehus, pleieinstitusjoner	60	55	45
Skole, barnehage	55 i brukstid		

11.3.8 Støv

I utgangspunktet er det ikke forventet nevneverdige problemer knyttet til støv ved gjennomføring av tiltaksarbeidene ved Gassverkstomta. Dersom det er behov for mellomlagring eller lasting av mudringsmasser og tildekkingsmasser kan det imidlertid oppstå en mulighet for spredning av støv. Gjennom detaljprosjekteringen av tiltaket bør det beskrives/utarbeides avbøtende tiltak som reduserer risikoen for spredning av støv. Dette kan f.eks. være vanning av tildekkingsmasser og/eller lagring av tildekkingsmasser under presenning.

11.3.9 Beredskapsplaner og avbøtende tiltak.

I forbindelse med detaljprosjektering av tiltaket ved Gassverkstomta, og tiltak i Renere fjord Ålesund er det planlagt å gjennomføre en miljørisikoanalyse. I den forbindelse vil risikomomenter bli kartlagt og avbøtende tiltak vurdert.

Det bør også settes krav til at entreprenør som skal gjennomføre tiltaksarbeidene, utfører en miljørisikovurdering som for å identifisere hendelser som kan medføre miljøskade og tiltak for å redusere risikoen. Identifiserte risikomomenter må inkluderes i en beredskapsplan og varslingsplan.

11.4 **Sluttkontroll av tiltaket.**

Sluttkontrollen omfatter både mudringsdelen og tildekkingsdelen av tiltaket i sjø ved Gassverkstomta.

11.4.1 **Mudring**

Det bør gjøres en nøyaktig dybdeoppmåling før og etter at mudringsdelen av tiltaket er gjennomført. Dette for å sikre at mudring gjennomføres i overensstemmelse med prosjektert tiltak. Videre må det også tas sedimentprøver på utvalgte stasjoner innenfor det mudrede området ved endt mudring. Dette for å bekrefte at konsentrasjoner av fri fase tjære og PAH-forbindelser tilsvarende farlig avfall er fjernet fra området. Videre bør også de prøvetatte overflatesedimentene på den «nye» sjøbunnen analyseres for kornfordeling, for å kvalitetssikre at prosjektert tildekking vil være egnet.

11.4.2 **Tildekking**

Etter endt tildekking anbefales det å gjennomføre tre ulike undersøkelser for å dokumentere at det operative tiltaksområdet er oppnådd og at tildekkingslaget er lagt ut i prosjektert tykkelse over hele tiltaksområdet. Dette innebærer sedimentprøver, innmåling av ny sjøbunn og kontroll av målestaver. Undersøkelsene beskrives nærmere nedenfor.

11.4.2.1 **Sedimentprøver**

Innen fire uker etter at planlagt tildekkingsarbeid er gjennomført skal det gjennomføres sluttkontroll ved hjelp av prøveinnsamling og kjemiske analyser for innhold av miljøgifter i overflatesedimentene (0-10 cm). Det bør som et minimum tas sedimentprøver iht. Miljødirektoratets veileder M-409/2015 *Risikovurdering av forurenset sediment* (Miljødirektoratet, 2015a). Sedimentprøvene bør analyseres for minimumslisten angitt i veileder M-350/2015 rev. 2018 *Håndtering av sediment* (Miljødirektoratet, 2018), samt totale hydrokarboner (C5-C35). Dersom analyseresultatene fra denne kontrollen viser at det operative tiltaksområdet ikke er oppnådd, kan det være aktuelt med ekstra tildekking. En ny sluttkontroll må i så fall utføres i det aktuelle området etter en ekstra tildekking.

11.4.2.2 **Kontroll tildekkingslag**

Utførende entreprenør må kunne dokumentere at tildekkingslaget er heldekkende og utført i henhold til detaljprosjektert mektighet.

Det bør gjøres en nøyaktig dybdeinnmåling før og etter utlegging av tildekkingsmasser, i tillegg til at det skal plasseres ut målestaver i flere punkter innenfor tildekkingsområdet.

Mellom utlegging av hvert tildekkingslag, samt etter endt tildekking bør markeringsstengene kontrolleres av dykker eller ved bruk av ROV, og en slik kontroll må dokumenteres med bilder.

11.5 **Overvåking av sjøbunn etter tiltaksgjennomføring.**

Etter at tiltaket er ferdigstilt er det normal praksis å gjennomføre overvåking over flere år, for å vurdere om miljøtilstanden opprettholdes og de langsiktige miljømålene blir nådd. Som del av kontroll- og overvåkningsplanen for tiltaket skal det inngå en detaljert plan for en slik etterovervåkning. I kapitlene nedenfor gir vi en overordnet beskrivelse av de momentene som bør inngå i etterovervåkingen av tiltaket.

11.5.1 **Sedimentprøvetaking**

For å kontrollere at tildekket sjøbunn opprettholder den kvaliteten som er ønsket og bestemt gjennom det langsiktige miljømålet, bør det foretas sedimentprøver i tiltaksområdet årlig de første årene etter tiltaksgjennomføringen. Deretter kan hyppigheten av sedimentprøvetaking avta frem til overvåkingen anses som avsluttet.

11.5.2 Kontroll av tildekkingslag

Det bør gjøres en årlig kontroll av tildekkingslagets overflate med dykker eller ROV. Dette for å dokumentere at tildekkingslaget ikke eroderer bort. En slik kontroll bør gjøres i samme frekvens som sedimentprøvene (se forrige kapittel). Som del av undersøkelsen kan det vurderes å gjøre undersøkelse med SPI-kamera eller kjerneprøvetaker, for å vurdere hvordan de øvre tildekkingslagene består.

11.5.3 Rekolonisering av biota

For å undersøke i hvilken grad bløtbunnsfauna rekoloniserer sedimentene i tiltaksområdet etter endt tiltaksgjennomføring bør det gjøres bløtbunnsfaunaundersøkelser, f.eks. ett, tre, fem og ti år etter tiltaksgjennomføringen. En slik undersøkelsen må gjøres iht. gjeldene veileder. Pr. 2022 er det veileder 02:2018 *Klassifisering av miljøtilstand i vann* (Direktoratsgruppen for vanddirektivet, 2018b). Resultatene kan benyttes til å klassifisere den økologiske tilstanden på sjøbunnen i tiltaksområdet, samt overvåke utviklingen av bunnsamfunnet etter tiltaksgjennomføringen.

11.5.4 Kontroll av utlekking og spredning av forurensning

Som del av etterovervåkingen kan det vurderes å inkludere overvåking av porevann i sedimentene i tiltaksområdet, toksisitetstester med biota, og utlekking av miljøgifter fra sjøbunnen med flukskammer eller passive prøvetakere utplassert like over sjøbunnen. Det bør fremkomme av kontroll- og overvåkningsprogrammet hvorfor, eller hvorfor ikke, dette er inkludert i etterovervåkingen av tiltaket ved Gassverkstomta.

11.6 Oppdatering av databaser

Alle undersøkelser som er gjennomført på referansestasjoner som del av tiltaksgjennomføringen, samt sluttkontroll og etterovervåking vil bli lastet opp i databasen Vannmiljø.

Innmålinger av ny sjøbunn vil kunne bli oversendt Kystverket og/eller Kartverket ved behov.

12. FREMDRIFTSPLAN OG KOSTNADSESTIMAT

I kapitlene nedenfor skisserer vi en fremdriftsplan for gjennomføring av oppryddingstiltaket i sjø ved Gassverkstomta, samt et budsjett for opprydding av forurenset sjøbunn iht. tiltaksbeskrivelsen i kapitlene ovenfor i den innværende rapporten.

12.1 Fremdriftsplan

Prosjektet Renere fjord Ålesund arbeider mot et mål om oppstart for tiltaksgjennomføring ila. 2025, etter at Prosjektet Hammerfest Ren Havn er ferdigstilt. I det videre arbeidet er det planlagt at tiltaket mot forurenset sjøbunn utenfor Gassverkstomta skal gjøres som en del av prosjektet Renere fjord Ålesund. Videre detaljprosjektering, arbeid frem mot gjennomføring, anbudsutlysning og tiltaksgjennomføring for opprydding av forurenset sjøbunn utenfor Gassverkstomta vil derfor gjøres sammen med det videre arbeidet i Renere fjord Ålesund. Tiltaksplanen for Renere fjord Ålesund (Rambøll, 2022e) vil ferdigstilles høsten 2022. For detaljert fremdriftsplan henviser vi til tiltaksplanen for Renere fjord Ålesund (Rambøll, 2022e), men nedenfor skisserer vi en tentativ fremdriftsplan for Gassverkstomta.

Sikring av grunnforurensning på land vil måtte gjennomføres før det gjøres noen tiltak på sjøbunnen ved Gassverkstomta, eller delområde 4 (delområde for Volsdalsvågen som inngår i Renere fjord Ålesund) for øvrig. Det er ikke avklart når dette sikringstiltaket vil gjennomføres. Tiltaksplanen for sikringstiltaket (Rambøll, 2022f) er utarbeidet parallelt med denne tiltaksplanen for tiltak i sjø.

Vi har nedenfor skissert en prioriteringsrekkefølge for aktuelle undersøkelser/tiltak/prosjekter som er relevante for gjennomføringen av tiltak mot forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta. Dette er listet opp i prioritert leveranserekkefølge nedenfor (merk at arbeid med de ulike fasene kan gå parallelt for flere momenter):

1. Detaljprosjektering sikring grunnforurensning og tiltak i sjø Gassverkstomta
2. Detaljprosjektering tiltak mot forurenset sjøbunn Renere fjord Ålesund
3. Anbudsutlysning og kontraktsinngåelse sikringstiltak mot grunnforurensning
4. Gjennomføring av tiltak mot grunnforurensning og utlekking fra Gassverkstomta på land
5. Politisk behandling i Ålesund kommune
6. Utarbeide og oversende søknad om tillatelse til å gjennomføre tiltak på sjøbunnen etter relevant lovverk, herunder bl.a. forurensningsloven og havne- og farvannsloven
7. Miljørisikoanalyse av tiltak mot forurenset sjøbunn i prosjektet Renere fjord Ålesund
8. Utarbeide kontroll- og overvåkningsprogram i prosjektet Renere fjord Ålesund
9. Anbudsutlysning tiltak i sjø
10. Vurdere tilbud og inngå kontrakt med utførende entreprenør
11. Oppstart kontroll- og overvåkning i sjø ved Gassverkstomta
12. Mudringstiltak sjøbunnen ved Gassverkstomta
13. Sluttkontroll mudringstiltak
14. Tildekking Gassverkstomta og delområde 4 for øvrig, samt øvrige tiltak i prosjektet Renere fjord Ålesund
15. Sluttkontrollundersøkelser
16. Etterovervåkning

Finansieringen av tiltaket ved Gassverkstomta vil i hovedsak være knyttet til Ålesund kommune, som ansvarlig forurenser etter forurensningsloven §7, fjerde ledd. Dersom det skal gjennomføres infrastrukturtiltak i området, vil imidlertid disse prosjektene også kunne bidra finansielt inn i

prosjektet gjennom at alle tiltak som berører sjøbunnen i tiltaksområdet ved Gassverkstomta må hensynta/håndtere forurensningen iht. denne tiltaksplanen.

Ved at tiltaket gjøres som en del av prosjektet Renere fjord Ålesund, vil det også være vesentlig kostnadsbesparelser knyttet til detaljprosjektering, utarbeidelse av søknader, miljørisikoanalyser, SHA-dokumenter, anbudsdokumenter, anleggsgjennomføring, kontroll og overvåkning, og etterarbeid. I tillegg vil tidsperioden med gjennomføring av omfattende tiltak på sjøbunnen i Aspevågen effektiviseres, slik at miljøpåvirkningen optimaliseres.

12.2 Kostnadsvurdering

I dette kapitlet gis et kostnadsestimat for den anbefalte tiltaksløsningen ved Gassverkstomta. Kostnadsestimatet gis kun for gjennomføring av det aktuelle tiltaket på sjøbunnen ved Gassverkstomta, og det er ikke tatt i betraktning eventuelle besparelser som følge av at tiltaket eventuelt gjennomføres som del av de øvrige tiltakene i Renere fjord Ålesund.

Kostnadsestimatet er basert på tiltaksløsningen slik det fremkommer av denne tiltaksplanen. Det er knyttet stor usikkerhet til flere av momentene som vil påvirke kostnadsestimatet, blant annet mudringsmengde, tilgjengelig deponi for «farlig avfall», tilgjengelige arealer for anleggsområde, renseløsning for avvanning av mudringsmasser, type tildekkingsmasse og transport av disse massene til tiltaksområdet, samordning med infrastrukturprosjekter som E136 og Renere fjord Ålesund, og hvilken tildekkingsløsning som blir endelig bestemt i lys av resultatene fra den geotekniske detaljprosjekteringen. Videre kan detaljprosjekteringen medføre justeringer mht. valgt tiltaksløsning, som igjen kan medføre kostnadsreduksjon og/eller kostnadsøkning på ulike poster. Sikre kostnadsestimater er vanskelige å gi for denne typen prosjekter, og det vil som regel være knyttet en del usikkerheter til tallene på de ulike postene. Følgelig har vi inkludert en usikkerhetsfaktor på ca 25 % på de ulike postene. Allikevel er det viktig å påpeke at de sikreste kostnadsestimatene for denne typen tiltak er de som blir gitt av eventuelle tilbydere ved anbudsutlysning.

Kostnadsestimatet er gitt i Tabell 6 og baserer seg på erfaringstall fra tilsvarende prosjekter i Norge. Estimaten inkluderer kostnader til mudringsarbeider, rensing, transport og deponering av mudrede masser, innkjøp, transport og utlegging av tildekkingsmasser, supplerende undersøkelser som del av prosjektering, kontroll- og overvåkning i sjø, byggherrekostnader og rigg- og driftskostnader. Det er imidlertid også viktig å nevne at det for tiden er et svært ustabil marked i Europa, bl.a. for ulike faktorer som vil kunne påvirke ulike enhetspriser. F.eks. vil unormalt høye drivstoff- og strømpriser medføre kostnader som ikke vil være mulig å forutsi i denne fasen av prosjektet.

Kostnadsestimatet er gitt for valgt tiltaksløsning: Mudring for å fjerne sedimenter med tjære, og konsentrasjoner av PAH-forbindelser tilsvarende «farlig avfall» i et ca 7670 m² stort område. Påfølgende tildekking av sedimenter i et ca 26 000 m² stort område med et >50 cm tykt tildekkingslag bestående av mineralske masser.

Kostnadsoverslagene forutsetter at det utføres sugemudring. Mektigheten for sugemudring er satt til 0,5 m og mektighet for tildekkingslaget er satt til 0,5 m. Sugemudring av sedimenter forutsetter at det gjøres avvanning (og rensing av vann) før videre transport til godkjent deponi for «farlig avfall». I kostnadsestimatet er det inkludert et estimat for deponering som inkluderer transport, behandling og deponiavgift ved godkjent deponi i utlandet. Det er lagt til grunn at eventuelle mudrede masser med konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» må eksporteres, eksempelvis til Nederland.

Tabell 6. Kostnadsestimat angitt i NOK (eks mva) for mudring og tildekkningstiltak i tiltaksområdet på sjøbunnen ved Gassverkstomta.

Aktivitet	Estimert minimumskostnad	Estimert maksimumskostnad
Mudring, håndtering mudringsmasser og eksternt deponi	13 000 000	16 900 000
Tildekking, innkjøp av masser og utlegging	4 500 000	5 900 000
Kontroll og overvåkning, sluttkontroll og etterovervåkning	2 700 000	3 500 000
Undersøkelser i forbindelse med detaljprosjektering og fjerning av skrot	2 200 000	3 000 000
Byggherrekostnader	2 000 000	2 500 000
Rigg og drift (tiltaksgjennomføring)	4 400 000	5 800 000
Total	28 800 000	37 600 000

13. KONKLUSJONER OG ANBEFALNING

Etter pålegg fra Statsforvalteren i Møre og Romsdal har Ålesund kommune fått utarbeidet en tiltaksplan for opprydding av forurenset sjøbunn utenfor Gassverkstomta i Volsdalsvågen.

Tiltaksplanen har identifisert at det er behov for å gjennomføre tiltak i et område som utgjør ca 26 000 m². Av dette området er de midtre delene bestående av fjell, så det reelle tiltaksområdet er noe mindre. Det anbefalte tiltaket innebærer mudring av et område på ca 7 670 m² der det er identifisert fri fase tjære og konsentrasjoner av PAH-forbindelser som tilsvarer farlig avfall. Kravet til mudringsmektigheten er vurdert til å være minimum 0.5 m. Ved endt mudring skal mudringsområdet, samt omkringliggende områder tildekkes med et tildekkingslag bestående av minimum 0.5 m tildekkingsmasser. Det er fortsatt noe usikkerhet knyttet til områdestabiliteten og bæreevnen i området. Følgelig må det gjennomføres ytterligere geotekniske utredninger i området, samt Volsdalsvågen for øvrig, som del av detaljprosjekteringen til tiltaket. Basert på disse geotekniske utredningene vil det være behov for å kvalitetssikre det foreslåtte tildekkingslagdesignet.

Det vil også være behov å gjennomføre en UXO-undersøkelse og skrotkartlegging på sjøbunnen i tiltaksområdet som del av detaljprosjekteringen. Dette for å undersøke om det er behov for å fjerne udetonerte eksplosiver (UXO) eller skrot fra sjøbunnen i forkant av tiltaksgjennomføringen.

Estimerte kostnader for tiltaket er ca 28 800 000 NOK (eks mva) til ca 37 600 000 NOK (eks. mva). Det må imidlertid understrekes at det er flere usikkerhetsmomenter som inngår i kostnadsestimatene. I tillegg er det sterkt anbefalt at videre detaljprosjektering og gjennomføring av tiltakene på sjøbunnen ved Gassverkstomta utføres i sammenheng med øvrige tiltak som skal gjennomføres i Volsdalsvågen, og Aspevågen for øvrig, som del av Renere fjord Ålesund. Det er derfor svært sannsynlig at kostnadsestimatet vil endre seg som følge av videre detaljprosjektering av tiltak i Volsdalsvågen, og Aspevågen for øvrig.

14. REFERANSER

- Artsdatabanken. (2022, April 28). Artskart. Hentet fra Artskart:
<https://artskart.artsdatabanken.no/app/#map/427864,7623020/3/background/greyMap/filter/%7B%22IncludeSubTaxonIds%22%3Atrue%2C%22Found%22%3A%5B2%5D%2C%22NotRecovered%22%3A%5B2%5D%2C%22CenterPoints%22%3Atrue%2C%22Style%22%3A1%7D>
- Artsdatabanken. (2022b, April 28). Norsk rødliste for arter. Hentet fra Norsk rødliste for arter:
<https://artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter/2021>
- Bergens Sjøfartsmuseum. (2016). Rapport fra Marinarkeologiske registreringer - tiltaksplan for forurensning - Aspevågen. Dato: 1. august 2016,.
- COWI. (2016). Tiltaksplan for forurenset sjøbunn i Store Lungegardsvann, Bergen. Oppdragsnr. A040950-002.
- COWI. (2018). Tiltaksplan forurensede sedimenter Vindholem. Oppdragsnr. A087751-001. Dokumentnr. RAP002.
- Direktoratsgruppen for vanndirektivet. (2018a). Veileder 01:2018. Karakterisering - metodikk for å karakterisere og vurdere miljømålsoppgåelse etter vannforskriften §15.
- Direktoratsgruppen for vanndirektivet. (2018b). Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.
- Direktoratsgruppen for vanndirektivet. (2022a, April 5). Vann-nett. Hentet fra Vann-nett.no:
<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/0301021900-C>
- Direktoratsgruppen for Vanndirektivet. (2022b, April 22). Vannportalen. Hentet fra Vannportalen.no: <https://www.vannportalen.no/regelverk-og-foringer/vanndirektivet/>
- DNV. (2008). Statens forurensningstilsyn - Mudringsmetoder for forurenset sjøbunn. Rapportnr. 2008-0476.
- Fiskeridirektoratet. (2022, April 28). Yggdrasil. Hentet fra Yggdrasil:
<https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=4b22481a36c14dbca4e4def930647924>
- Fjordbyen Lier og Drammen. (2022, April 26). fjordbyenlierdrammen.no. Hentet fra <https://fjordbyenlierdrammen.no>: <https://fjordbyenlierdrammen.no/aktuelt-nyheter/se-video-slik-ryddes-gilhusbukta>
- Geoinnsyn - Ålesund. (2022, April 7). Geoinnsyn. Hentet fra kartserver.esunnmøre.no:
<https://kartserver.esunnmøre.no/geoinnsyn/#?project=Aalesund&layers=1038,1035,8016,8015,8014,8013,8012,8011,8010,8009,8008&guid=9746862b-94dc&zoom=14&lat=6929933.47&lon=354260.20¶ms=10000000000>
- Kornmo, W. (2022, Mai 23). Telefonsamtale med William Korn (PX Solutions) - prosjektleder for opprydding og utfylling av forurenset sjøbunn i Gilhusbukta i Drammensfjorden. (E. Dypvik, Intervjuer)
- Kystverket. (2022, Mai 16). Kystinfo. Hentet fra Kystinfo: <https://kystinfo.no/>
- Miljødirektoratet. (2009). Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. TA-2553/2009.
- Miljødirektoratet. (2015a). Risikovurdering av forurenset sediment. Veileder M-409/2015.
- Miljødirektoratet. (2015b). Tiltaksplaner for opprydding i forurenset sjøbunn. Faktaark. M-325/2015.
- Miljødirektoratet. (2016a). Oversendelse av tillatelse til mudring og tildekking av forurenset sjøbunn i Gilhusbukta, Lier kommune. Re. 2013/3320. Dato: 6. desember 2016.
- Miljødirektoratet. (2016b). Oppsummering av erfaring med tildekking av forurenset sjøbunn. M-502/2016. Utarbeidet av NGI og DNV-GL.
- Miljødirektoratet. (2017). Testprogram for tildekkingsmasser - forurenset sjøbunn (oppdatert pr. august 2017. M-411/2015 rev. 2017.
- Miljødirektoratet. (2018). Håndtering av sediment. Veileder M-350/2015 rev. 2018.

- Miljødirektoratet. (2020a). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - M-608/2016 - oppdatert 30.10.2020.
- Miljødirektoratet. (2020b). Oversendelsesbrev til tillatelse - opprydding i forurensede sedimenter Gilhusbukta Nordøst i Lier kommune. Ref. 2013/3320.
- Miljødirektoratet. (2022a, April 28). Naturbase. Hentet fra Naturbase: <https://geocortex01.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>
- Miljødirektoratet. (2022b, Mai 16). Miljøstatus. Hentet fra Miljøstatus: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/stoy/>
- Miljødirektoratet. (2022c, Mai 16). miljodirektoratet.no. Hentet fra miljodirektoratet.no: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/stoy/for-myndigheter/veileder-om-behandling-av-stoy-i-arealplanlegging/>
- Miljødirektoratet. (2022d, Mai 23). Grunnforurensning. Hentet fra Grunnforurensning: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/forurenset-grunn/forurenset-grunn/>
- Miljødirektoratet, NGI, NIVA og Universitetet i Stockholm. (2014). Tynntildekking av forurensede sedimenter - overvåkning av fire testfelt i Grenlandsfjordene. Rapportnr. 2019/2014.
- Multiconsult. (2013a). Ålesund kommune. Aspevågen. Biologiske effekter av sedimentforurensning. Felt- og datarapport 415512-RIGm-RAP-001, May 2013.
- Multiconsult. (2013b). Ålesund kommune. Aspevågen. Risikovurderinger. Tiltaksanbefalinger og prioriteringer. Prosjektrapport 415512-RIGm-RAP-002.
- Multiconsult. (2013c). Gilhusbukta - forurensede sedimenter - risiko- og tiltaksvurdering. Dokumentnr. 123017-RIGm-RAP-005-REV00.
- Multiconsult. (2019). Tildekking forurenset sjøbunn Pollen og Kittelsbukta - Sluttrapport Pollen. Dato. 30. september 2019.
- Multiconsult. (2020a). Gassverkstomta, Ålesund - supplerende miljøgeologisk undersøkelse av sjøbunn. Dokumentkode: 10214608-RIGm-RAP-001.
- Multiconsult. (2020b). Gassverkstomta, Ålesund - Supplerende miljøgeologiske undersøkelser på land. Dok.nr. 10214608-RIGm-RAP-002.
- NGI. (2013). Trondheim kommune. Renere havn - prosjektering av tiltak. Prosjektering av mudring og tildekking- Fase 1. Dok.nr. 20130339-01-R.
- NGI. (2017). Renere havn - sluttrapport for tiltak i Trondheim havn. Dok.nr. 20130339-26-R.
- NGI. (2020). Miljøopprydding i Gilhusbukta Nordøst, Lier kommune. Dok.nr. 20160750-01-R.
- NGI. (2022, April 25). NGI.no. Hentet fra NGI.no: <https://www.ngi.no/Prosjekter/OPTICAP-tildekking-av-forurenset-sjoebunn>
- NGU. (2021). Sedimentasjonsmiljø og historisk utvikling i forurensningsstatus i sjøområdene i kommunene Ålesund og Giske. NGU rapport 2021.018.
- NGU. (2022, Mai 23). Nasjonal løsmassedatabase. Hentet fra Nasjonal løsmassedatabase: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- NIVA. (2006). Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Borgundfjorden - Fase 2. Aspevågen, Buholmstranda og Fiskerstrand. NIVA & Multiconsult. Prosjektnr. O-25237.
- NIVA. (2021, Juni 9). Niva.no. Hentet fra Niva.no: <https://www.niva.no/nyheter/kunsten-a-ta-knekken-pa-gammel-forurensning-og-samtidig-ta-vare-pa-dyrelivet>
- Norconsult. (2018a). Supplerende undersøkelser, risiko og tiltaksvurdering - Gassverkstomta i Ålesund. Dokumentnr. RIM-01-5176339.
- Norconsult. (2018b). Sluttrapport, utgraving nord for veibane - Gassverkstomta i Ålesund. Dok.nr. RIM-06-5176339.
- Norconsult. (2018c). Vurdering av behov for supplerende undersøkelser. Gassverkstomta i Ålesund. RIM-01-5176339, Mar. 2018.
- Norconsult. (2021). Brosundtunnelen - Planprogram - detaljreguleringsplan med konsekvensutredning. Dok.nr. R-03.

- Norge i bilder. (2022, Mars 23). norgebilder.no. Hentet fra norgebilder.no:
<https://norgebilder.no/>
- Norsk klimasenter. (2022, April 26). Norsk klimasenter. Hentet fra Norsk klimasenter:
<https://seklima.met.no>
- PEAB. (2018). Renere Puddefjord - sanering av forurenset sjøbunn. Sluttrapport. Dato: 29. november 2018.
- Port of Rotterdam. (2022, Mai 9). Portofrotterdam.com. Hentet fra Portofrotterdam.com:
<https://www.portofrotterdam.com/en/building-port/ongoing-projects/slufteer>
- Rambøll. (2015). Aspevågen - Ålesund havneområde - tiltaksplan forurenset sjøbunn. Prosjektnr. 1131738.
- Rambøll. (2021). Miljøtiltak Langøyene - sluttrapport tiltaksområdet Sørvest.
- Rambøll. (2022a). Aspevågen 2021 - Miljøteknisk undersøkelse ved Gassverkstomta - datarapport.
- Rambøll. (2022b). Aspevågen 2021 - Miljøteknisk undersøkelse - datarapport. Prosjektnr. 1350046044.
- Rambøll. (2022c). Ålesund kommune - Renere fjord Ålesund havn - Datarapport fra grunnundersøkelse.
- Rambøll. (2022d). Aspevågen - strømundersøkelser 2021 - 2022.
- Rambøll. (2022e). Renere fjord Ålesund havn - revidert tiltaksplan mot forurenset sjøbunn.
- Rambøll. (2022f). Gassverkstomta - tiltaksplan for sikring av gjenliggende grunnforurensning. Prosjektnr. 1350046044-002. .
- SFT. (2008). Miljøgifter i sedimenter rundt Ålesund havn - resultater fra supplerende prøver fra tiltaksområdet. TA-2426/2008.
- Skanska. (2018). Renere Sandefjordsfjord - sluttrapport. Rev. 02. Dato: 3.10.2018.
- Statsforvalteren i Møre og Romsdal. (2021a). Ålesund kommune - pålegg om tiltaksplan for opprydning på forurenset sjøbunn ved tidl. gassverk. Ref.nr. 2008/644.
- Statsforvalteren i Møre og Romsdal. (2021b). Ålesund kommune - pålegg om tiltaksplan for sikring av grunnforurensning ved tid. gassverk. Ref. 2008/644. Dato: 02.07.2021.
- Statsforvalteren i Møre og Romsdal. (2021c). P Juls Sandvig AS - Vedtak om tillatelse til utfylling ved Fjordgata, gnr. 200 bnr. 79 og 356, i Ålesund kommune.
- Statsforvalteren i Oslo og Viken. (2022). Tillatelse etter forurensningsloven til utfylling i Drammen Havn - trinn 3. Rev. 8. februar 2022.
- Stronhorst, J., & van Hattum, B. (2003). Contaminants of concern in Dutch marine harbour sediments. Archives of Environmental Contamination and toxicology. Vol. 45. 306-316.
- United States Environment Protection Agency. (2005). Contaminated Sediment Remediation - Guidance for hazardous waste sites.
- Ålesund kommune. (2001). Verne- og byformingsplan for Ålesund sentrum. Nyopptrykk med godkjent sentrumsplan. Plan- og bygningsavdelingen. .
- Ålesund kommune. (2017). Planbeskrivelse - Kommuneplanens arealdel 2016-2028. Hefte 2. Rev. D. Godkjent 9. mars 2017.
- Ålesund kommune. (2022, Mai 31). pub.framsikt.net/plan/alesund2020/. Hentet fra <https://pub.framsikt.net/plan/alesund2020/plan-1630d740-a4e7-4ce1-9a24-db3e594a4192-12064/#/>

15. VEDLEGG

Vedlegg 1. Områdebeskrivelse og historikk

Gassverket

Gassverket i Volsdalsvågen var i drift i perioden 1905 – 1959. Gassverket produserte gass, koks og kulltjære. Før 1940 ble det pr. år produsert ca 1,2 mill. m³ gass, 50 000 hektoliter koks og 600 fat kulltjære. Et flyfoto fra 1947 av anlegget og dets plassering er presentert i Figur 19.

Gassverket var basert på tørrdestillasjon av steinkull (oppvarming uten oksygentilførsel). Restproduktet etter oppvarming av steinkull var koks, og fra rensning av gassen ammoniakk og tjære. Gass ble ofte videre tørrenset hvor svovel og cyanid ble fjernet. Gassen ble deretter lagret i tanker. Koksen ble knust og solgt til husholdninger. Tjære ble lagret på fat eller i tjærekummer. Rensevann er trolig ført til avløp, mens resemassen fra tørrensing kan ha blitt deponert på tomta, dumpet i sjø, eller fraktet til andre lokaliteter.

Tjæreforurensning ved det tidligere gassverket kan stamme fra skader på tanker benyttet til oppbevaring, rørledninger og søl av tjære i forbindelse med avtapping, transport og lagring av tjære på tønner, samt ved tjæredestillasjon.

Tjære fra kullgassverk er en tyktflytende sort væske med en karakteristisk lukt. Det antas at steinkulltjære inneholder omkring 10 000 forbindelser. PAH-forbindelsene naftalen og fenantren utgjør mengdemessig de største enkeltkomponentene. Dessuten inneholder tjæren fenoler, BTEX og en rekke andre polyaromatiske hydrokarboner (PAH-forbindelser).

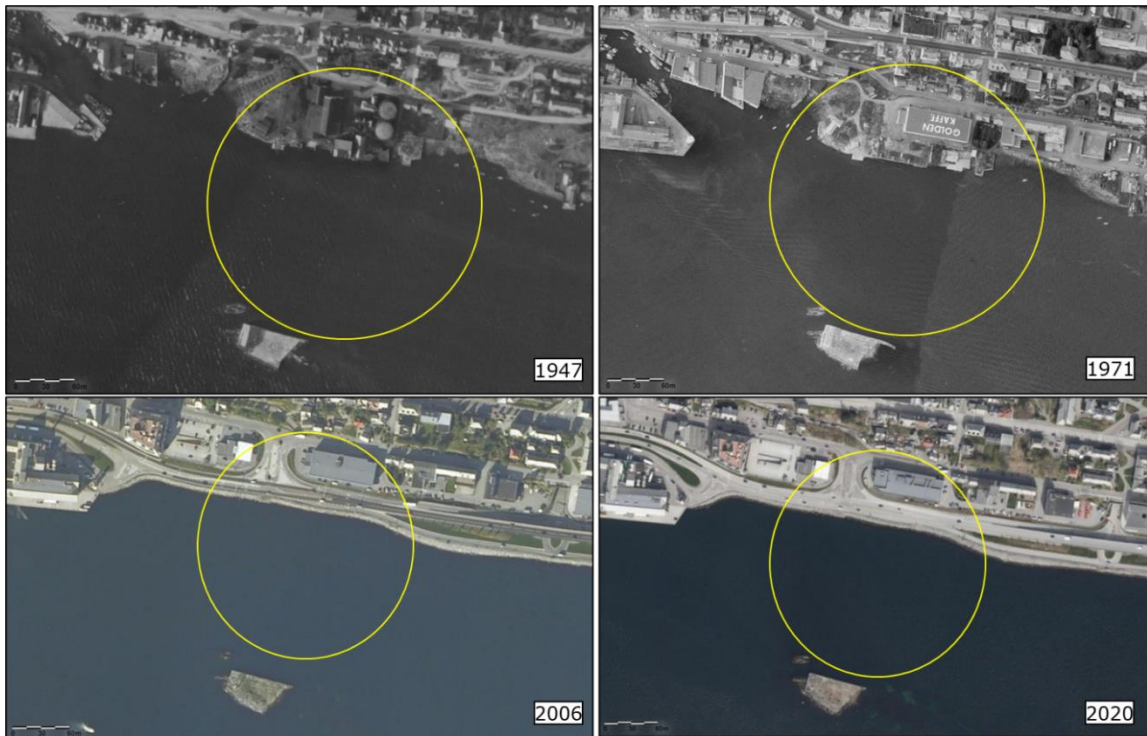
Områdets bruk etter Gassverksvirksomheten

Bygningene fra gassverksdriften ble revet rundt 1966/67, da lagerbygget i Ystenesgata 6b ble oppført (se flyfoto fra 1971 i Figur 19).

Det er tidligere oppgitt at ca 10 m³ med tjærerester fra tjærekummene fra gassverket ble kjørt til kommunens fyllplass i Gangstøvika (Norconsult, 2018a). I forbindelse med bygging av E69 mellom lagerbygg og sjø i 1976-1978, er det oppgitt at det ble skiftet ut masser ned til kote 0 nedstrøms det tidligere Gassverket. Arealene slik de opprinnelig var er antatt å inneholde lite løsmasser over fjell. I forbindelse med utbygging av veien i denne perioden, observerte Statens vegvesen at tjære av ukjent mengde sivet ut fra en tank e.l. i forbindelse med gravearbeidene. Ifølge Statens vegvesen lå tjæren igjen i den dypeste delen av utgravingen for veien, og det ble lagt på grus før videre oppfylling for veibanen (Norconsult, 2018b).

Det ble også påtruffet tjæreforurensede masser i forbindelse med den siste utgravingen for påkjøringsrampe til tunnelforbindelsen Ellingsøy – Bergsøy øst for lokaliteten. Ellingsøytunnelen ble etablert i perioden 1986-1987 (Norconsult, 2018a). Eksakt lokalitet der disse massene ble deponert av Statens vegvesen er ikke kjent.

I 2018 ble det gjennomført opprydding av forurenset grunn ved deler av den tidligere Gassverkstomta (Norconsult, 2018b). Utgravingene av forurenset masse i området i 2018 avdekket at også en god del tjæreforurensede masser ble liggende igjen på tomta før oppføring av lagerbygget på slutten av 60-tallet, ettersom det ble fjernet ca 920 tonn svært forurenset masse fra området ved tiltaksgjennomføringen (Norconsult, 2018b).



Figur 19. Flyfoto over Gassverkstomta fra 1947, 1971, 2006 og 2020 hentet fra Norge i bilder (Norge i bilder, 2022).

Vedlegg 2. Sjøbunnstopografi og bunnforhold

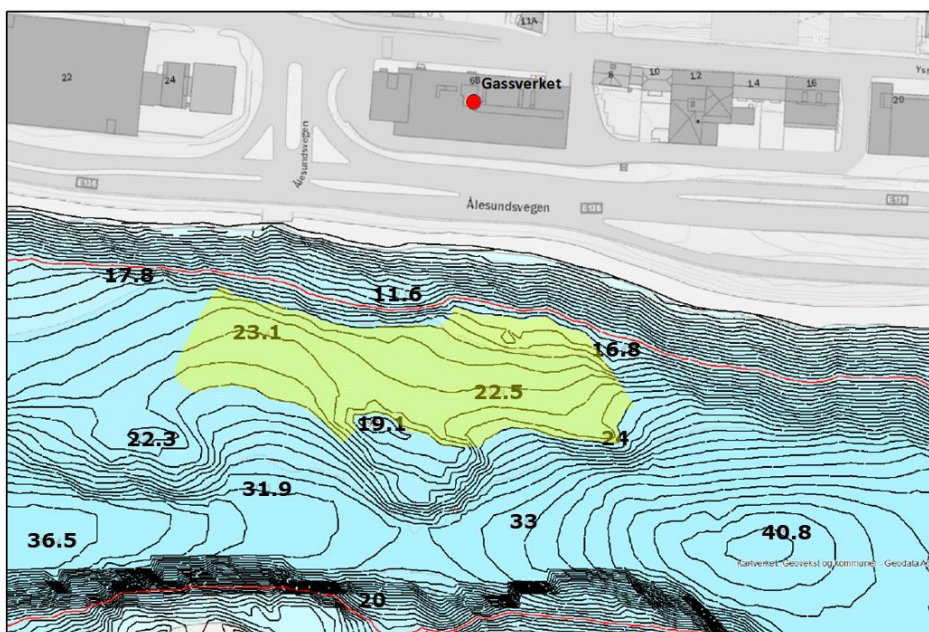
Sjøbunnstopografien og bunnforholdene i tiltaksområdet er beskrevet av Multiconsult på følgende måte:

Sjøfronten langs land består av grove fyllmasser som skrår forholdsvis bratt fra nord (ca kote 3, NN2000) mot sør, hvor fyllingsfronten går over til en flate med sandbunn ved ca kote -20. Flaten skrår svakt sørover og ender i en oppstikkende fjellgrunne med dybde ca kote -19. Vest for grunnen skrår terrenget i en forsenkning mot sør, og ned i en vestlig orientert renne hvor terrenget skrår svakt dypere ut av delområde 4. Øst for grunnen skrår terrenget ned i en renne/forsenkning og ned i en fordypning på dybde ca kote -40. Mellom grunnen og Bålholmen går en terskel som skiller fordypningen i øst og den vestlig orienterte rennen.

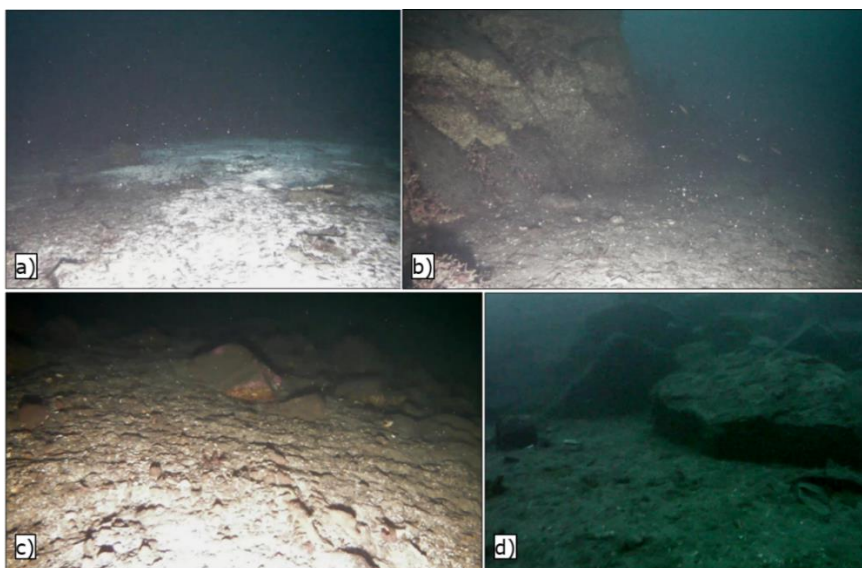
Kart med dybdekoter er vist i Figur 20.

Multiconsult (2020a) har også beskrevet bunnforholdene i området på bakgrunn av en undersøkelse med undervannsdroner. Det fremkommer av deres undersøkelse at områdene langs land består av grove fyllmasser (stein) eller fjell ned til ca 18 m dyp. Det er en større flate mellom 18 m og 25 m, men ca midt mellom Gassverkstomta og Bålholmen stikker det opp fjell til ca 19 m dybde. Som illustrert i Figur 4 går det en renne mot øst og vest for tiltaksområdet. Mot øst består går denne rennen ned til en fordypning på ca 40 m med finere sedimenter. Det ble ikke detektert ren tjære på sjøbunnen i droneundersøkelsen, men felter med bakterie-matter på sedimentoverflaten ble registrert og dette antas å være som følge av tjæreforurensning i sedimentene (Multiconsult, 2020a). Disse observasjonene støttes også av dataene fra sub-bottom profiling undersøkelsen gjennomført i området i 2021, som i tillegg indikerer at sedimentmektigheten i området er liten (Rambøll, 2022a). Det ble også observert en del avfall på sjøbunnen i området. Utvalgte bilder av sjøbunnen presentert i Multiconsult (2020a) er også presentert i Figur 21 nedenfor.

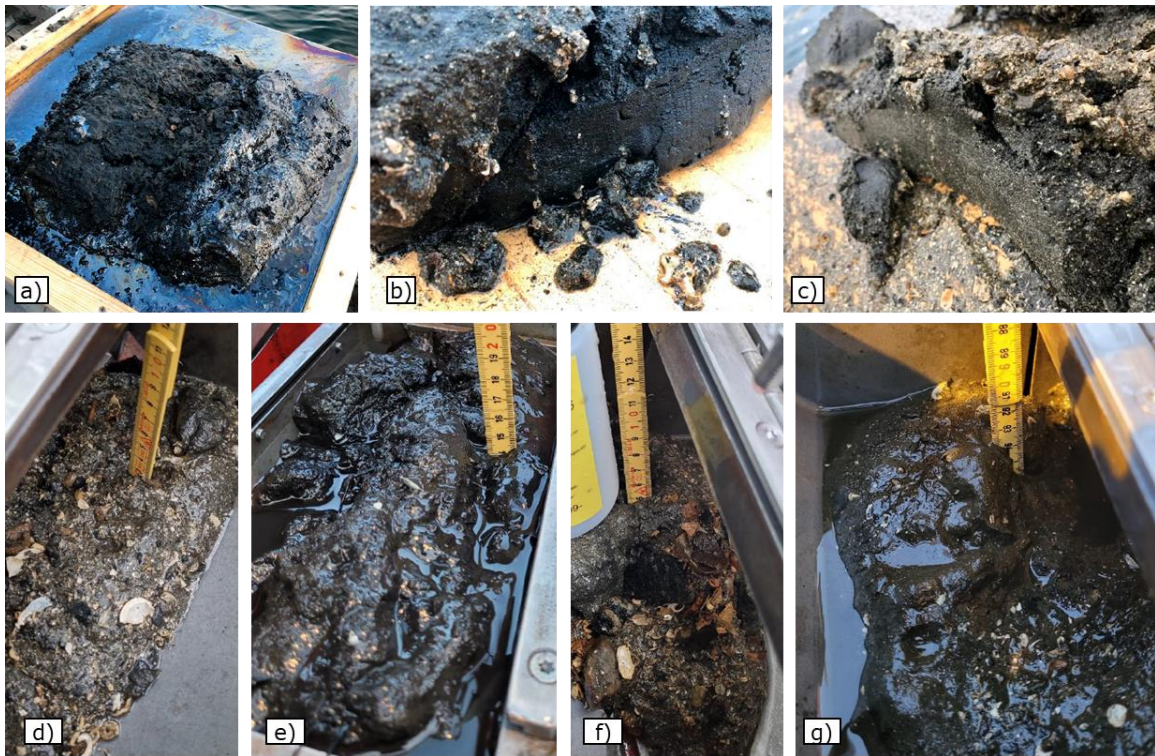
I primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, undersøkt av Multiconsult (Multiconsult, 2020a) består sedimentene uten tjære i all hovedsak av lyse grå, sandige sedimenter med skjellfragmenter på overflaten. Stedvis var imidlertid sedimentene grove og kompakte med en høy andel sand, og en del stein. Tjæreholdige sedimenter var imidlertid noe bløtere i konsistens, med sort farge og kraftig tjære- og sulfidlukkt. I enkelte områder ble det også registrert tjærefilm i vannfasen. Ytterligere beskrivelse er angitt i Multiconsult (2020a). I de tilgrensende områdene til primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, undersøkt av Rambøll (2022a), besto sedimentene i all hovedsak av sandige eller grove sedimenter med noe silt, utenom i prøvene som ble tatt i renna mot øst og i det dypere bassenget i øst. I dette området besto sedimentene av mer siltig leire eller «seig masse». Dette er beskrevet nærmere i Rambøll (2022a). Utvalgte bilder av sedimenter fra primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, samt tilgrensende områder er gitt i Figur 22.



Figur 20. Kart over sjøbunntopografien utenfor Gassverkstomta. Området markert i gul-grønn farge angir tiltaksområdet vurdert av Multiconsult (2020a). Svarte linjer angir 1 m dybdekoter, mens rød linje angir kote -15 m. Kartet er hentet fra Multiconsult (2020a), men modifisert med markering av tiltaksområdet og nye angivelser av dyp på enkelte punkter.



Figur 21. Utvalgte bilder av sjøbunnen ved Gassverkstomta hentet fra Multiconsult (2020a). a) sedimenter på sjøbunnen med et hvitt belegg av antatte bakteriematter indikerer oksygenfattige sedimenter i midtre deler av tiltaksområdet, b) overgang mellom fjellgrunn og sedimenter i vestre sentrale deler av tiltaksområde i sjø, c) grovkornede sedimenter i skråning mot øst på ca 35 m ved tiltaksområde i sjø, d) overgang mellom steinfylling og sedimenter på sjøbunnen ved tiltaksområde i sjø.

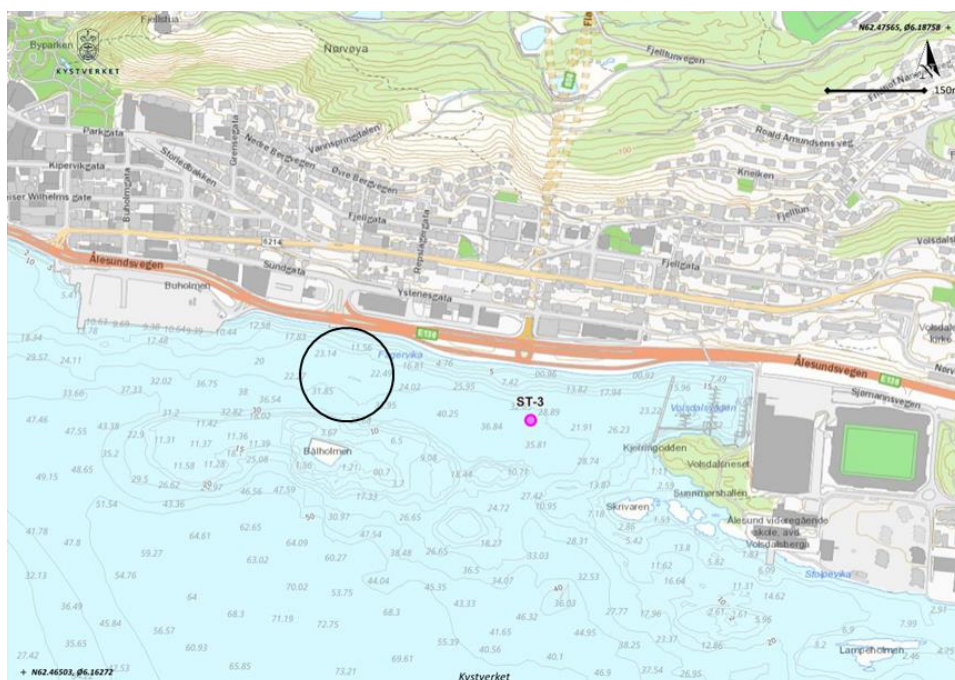


Figur 22. Bilder av sedimenter prøvetatt av Multiconsult (2020a) i primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (a-c) og Rambøll (2022a) i tilgrensende områder til primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (d-g). a) tjæreforurenset sediment fra de midtre delene (punkt 41) av primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, b) sediment med lommer av tjære og sterk tjære- og sulfidlukkt fra nordvestre deler (Punkt 23) av primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, c) sedimenter vestre deler (Punkt 40) av primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta uten observert tjære, d) sedimenter uten lukt fra nordøst for primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (G-02), e) sedimenter med lukt av olje fra sørøst (G-20) for primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, f) sediment med svak lukt av svovel fra sørvest (G-06) for primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta og g) sedimenter uten lukt fra nordvest (G-10) for primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta.

Vedlegg 3. Strømforhold

Det ble utført strømmålinger i sjøområdene utenfor Gassverkstomta i perioden 25. januar 2022 - 22. mars 2022 (Figur 23). Resultatene er presentert i Rambøll (2022d), men oppsummeres i dette vedlegget. Strømforholdene i vannsøylen kan oppsummeres som rolige, med gjennomsnitt strømhastighet mellom 2-3 cm/s, og høyest målt strømhastighet på 14 cm/s.

Nedenfor oppsummeres resultatene fra undersøkelsen. Metodikk vil bli beskrevet senere i eget notat for strømundersøkelser gjennomført for hele Aspevågen i perioden november 2021 – mai 2022. Strømmåleren ved Gassverkstomta var plassert på ca 36 meters dyp. Vinddata er hentet fra Norsk Klimasenter (2022) med data fra målestasjon på Vigra, ca 10 km nordvest for målepunktet.

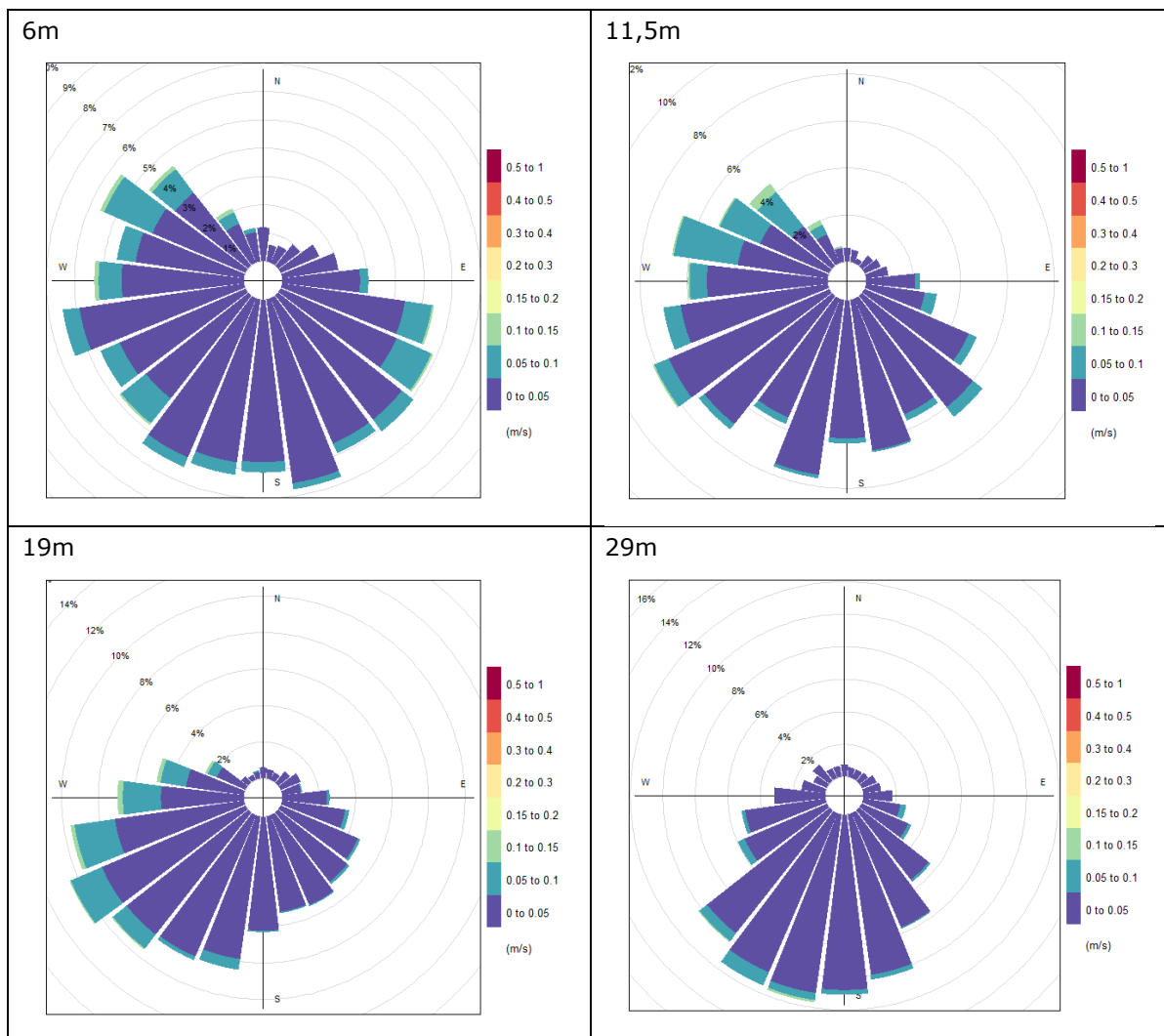


Figur 23. Kart som viser plassering av målepunkt for strømmåler (rosa sirkel) i sjøområdene utenfor Gassverkstomta (ST-3). Svart sirkel indikerer omtrentlig utstrekning av primærområdet for forurensning i sjø fra det tidligere Gassverket.

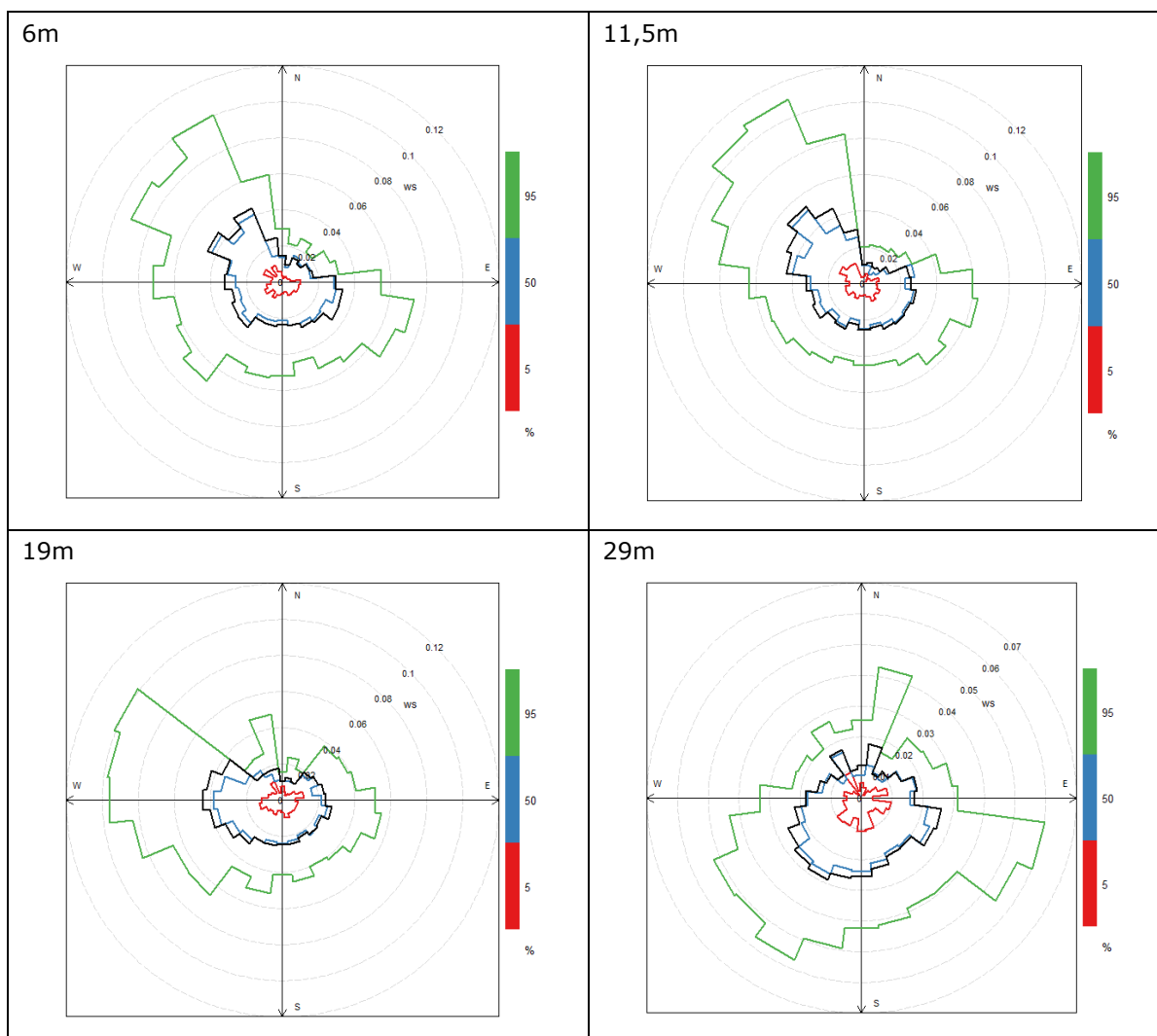
Utvalgte dyp for analyse av strømforholdene ved Gassverkstomta er 6, 11.5, 19 og 29 meter. Strømrøsene i Figur 24 viser en dominerende sør og sør-vestlig retning for de laveste strømhastighetene ved alle utvalgte dyp. Ved seks meters dyp er sør-vest den dominerende retningen, mens høyeste hastighet er målt i nordvestlig retning. Også for 11.5 og 19 meters dyp er sør-vest dominerende for de lavere hastighetene, med høyeste målte hastigheter i henholdsvis nord-vest og vestlig retning. På 29 meters dyp er sør den dominerende retningen for alle målte strømhastigheter.

Figur 25 viser at de høyeste strømhastighetene er målt i nordvestlig retning for 6 meters dyp. Forskjellen mellom maks og middel strømhastighet er størst i nordvestlig retning, og minst i nordøstlig retning ved 6 meters dyp. For 11.5 meters dyp er de høyeste strømhastighetene målt mot nord-vest. I nordøstlig retning er forskjellen fra makshastighet til minimum hastighet svært liten, noe som tyder på svak strøm i denne retningen. På 19 meters dyp er de høyeste strømhastighetene målt i vestlig retning, og det er målt noe større strømhastigheter i østlig enn sørlig retning. I nordlig retning er forskjellen mellom maksimumshastighet og minimum hastighet

minimal, og kun lave strømhastigheter er målt i nordlig retningen. For 29 meters dyp ligger de høyeste strømhastighetene mellom sørvestlig og sørøstlig retning (Figur 25). Oppsummert er det en dominerende strømreretning mellom nordvest og sørøst for 6 og 11.5 meters dyp, og øst-vestlig strømreretning for 19 meters dyp, og sørlig strømreretning for 29 meters dyp.



Figur 24. Strømrøser med hastighetsfordeling ved utvalgte dyp ved Gassverkstomta.



Figur 25. Strømrøser med retning for gjennomsnitt (sort), 5% persentil (rødt), 50% persentil (blå), 95% persentil (grønn) fra stasjon 3.

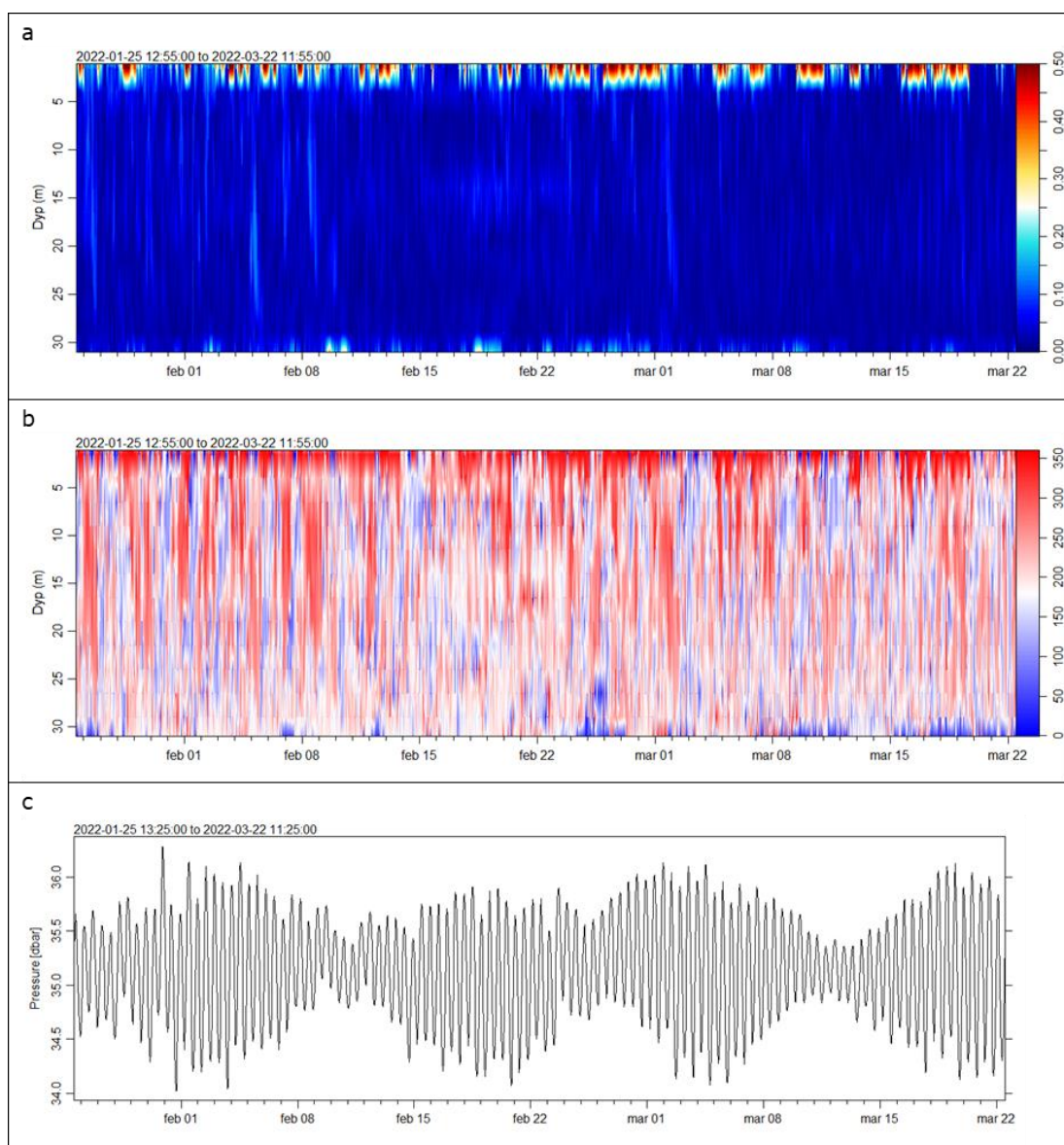
Høyeste strømhastighet ved Gassverkstomta ble målt på 11.5 og 19 meters dyp med en hastighet på 0,14 m/s. Gjennomsnittshastighet var på 0,03 m/s ved alle de tre øverste dypene, og 0,02 m/s ved 29 meters dyp. Variasjonen i strømhastighet gjennom vannsøylen er svært liten (Tabell 7).

Tabell 7. Ulike hastigheter ved utvalgte dyp ved gassverkstomta.

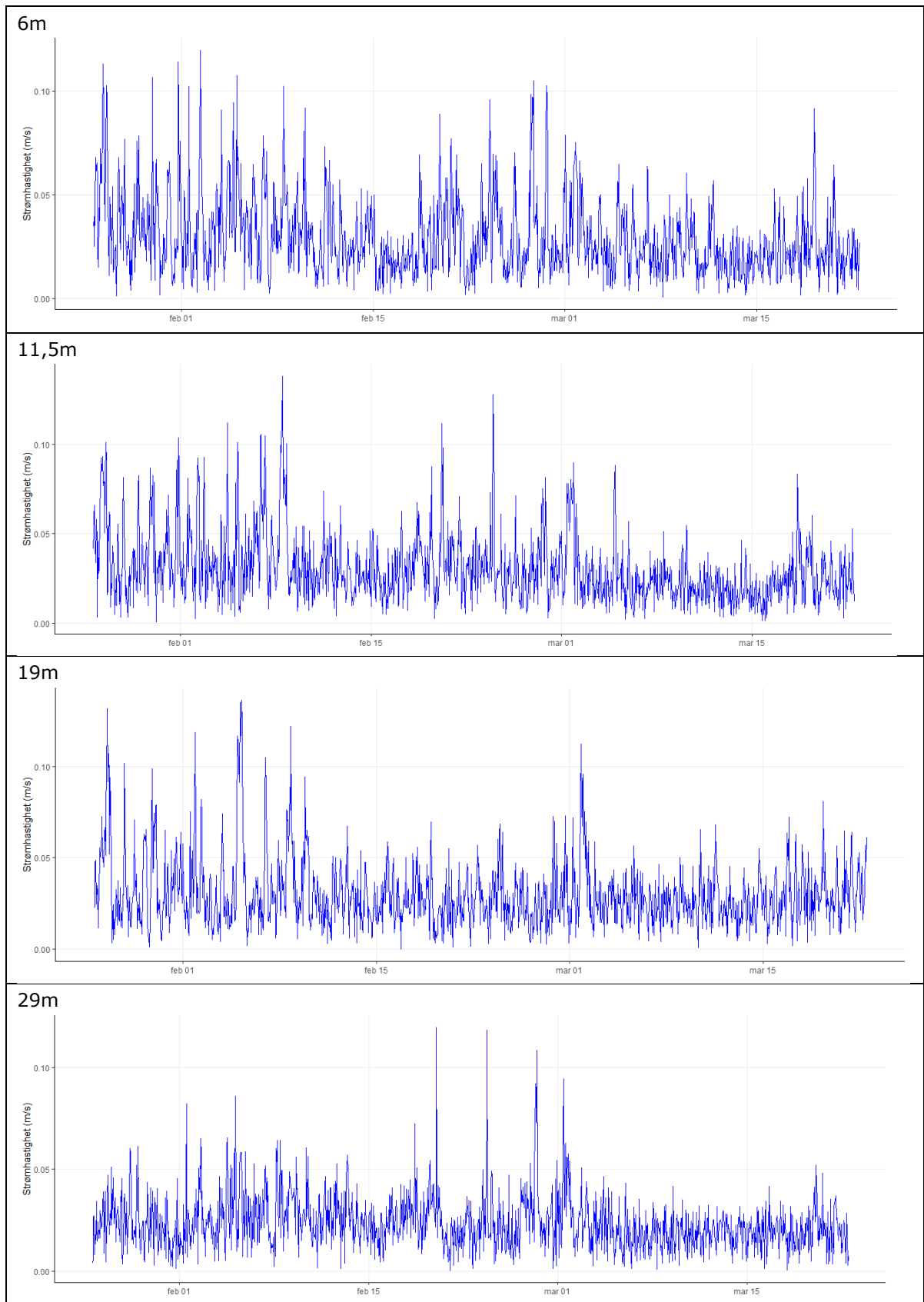
Dyp	Min	5%	25%	Gjennomsnitt	Middel (50%)	75%	95%	Maks
m	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
6m	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,07	0,12
11,5m	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,07	0,14
19m	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,07	0,14
29m	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,12

Figur 26a, b og c viser strømhastighet, strømrretning og tidevannsvariasjon gjennom måleperioden i Volsdalsvågen. Resultatene i Figur 26b viser at tidevannsstrømmene dominerer strømbildet ved målestasjonen med en sørlig og østlig (lys blå/hvit) til nordvestlig (rød) retning i hele vannsøylen. Figur 26b viser også en sørlig dominerende retning i bunnvannet, og mer vestlig i toppvannet.

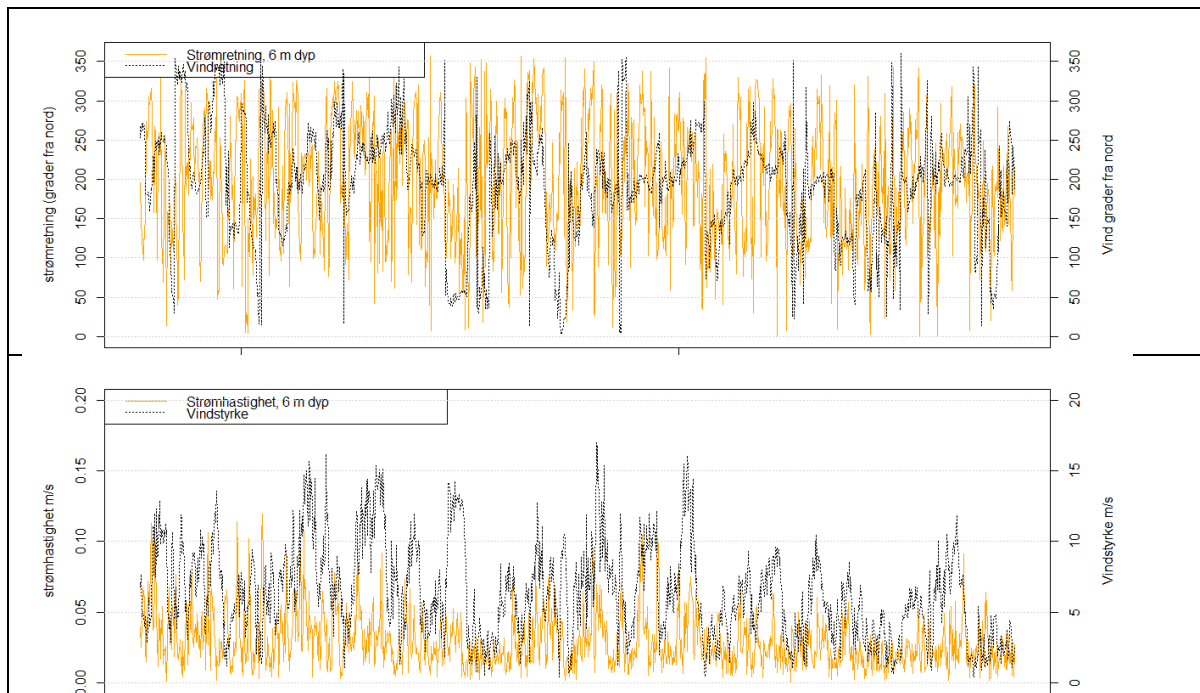
Strømhastighetene ved utvalgte dyp varierer noe gjennom prøvetakingsperioden. I de to nederste dypene ser variasjonen i strømhastighet ut til å korrespondere med målte tidevannsvariasjoner (Figur 27). I de øverste vannmassene varierer strømforholdene mer enn ved de nederste dypene, spesielt ved seks meters dyp. Trolig er det vindforholdene som også påvirker strømhastigheten i de grunnere dypene, og i perioder ser også strømrretning ut til å korrespondere med vindretning ved seks meters dyp (Figur 28).



Figur 26. Strømhastighet (a) og -retning (b) (fra nord) mot dybde, de øverste 0-3 meter har dårlig datakvalitet på grunn av side lobe effekten samt trykk (c) målt i dbar ved Gassverkstomta.



Figur 27. Horisontale hastigheter gjennom hele måleperioden ved utvalgte dyp for Gassverkstomta.



Figur 28. Vindhastighet og -retning sammenlignet med strøm i overflata (5 meters dyp) ved stasjon 3 under måleperioden.

Strømmålingene ved Gassverkstomta viser et relativt likt strømmønster med en dominerende sørlig til vestlig strømretning. For de øverste vannmassene (6-11.5 m dyp) dominerer en nordvestlig strømretning, mens i bunnvannet (29 m) har strømmen en sørvestlig dominert retning. Strømmønstret ser i hovedsak ut til å være dominert av tidevannet og følger topografien i ved Gassverkstomta. Strømmen ser også ut til å bli påvirket av vind i overflatevannet. Strømhastighetene er relativt lave, med en gjennomsnittshastighet på 0,03 m/s i de tre øverste dypene og 0,02 m/s i bunnvannet.

Vedlegg 4. Forurensning på land og i sjø

1 Forurenset grunn og landkilder

I etterkant av de siste utgravingene av forurenset masse på land ved Gassverkstomta i 2018, estimerte Norconsult (2018b) at det ligger igjen ca 260 – 300 m³ sterkt tjæreforurensete masser i de østlige delene av området (Figur 29), som har vist seg å være tidevannspåvirket ved stormflo, og således kan være en aktiv forurensningskilde til sjø. Multiconsult gjorde en ny undersøkelse i 2020 og resultatene indikerte at det ikke er transport av fri-fase tjære i grunnen i området (Multiconsult, 2020b). De argumenterte for at det er liten risiko for spredning fra lokaliteten på annen måte enn ved transport av løste forbindelser i grunnvann. Multiconsult beskrev imidlertid at det trolig er et område på ca 780 m² med tjære under veibanen ved Gassverkstomta (Figur 30). Det er vurdert som sannsynlig at denne tjæra kan sige via steinfyllingen ved veibanen til sjøbunnen utenfor.

Det er også registrert forhøyede verdier av PCB-7 i grunnen ved Gassverkstomta. Det er imidlertid usikkert om denne kilden stammer fra gassverket eller annen virksomhet som f.eks. bilverkstedvirksomhet eller tilsvarende (Norconsult, 2018b).

Både Norconsult (2018b) og Multiconsult (2020b) har anbefalt at det etableres et filter / skjerming over eksisterende fylling som tiltak, og Multiconsult (2020b) åpnet for at et mer omfattende tiltak (oppgraving og fjerning) kan eventuelt vurderes i sammenheng med framtidige endringer av veien over området. Tiltaksplan for sikringstiltak mot forurenset grunn ved Gassverkstomta er for tiden under utarbeidelse av Rambøll. Ytterligere beskrivelse og vurdering av tiltak mot forurensning i grunnen vil ikke bli vurdert i den inneværende rapporten, der det vil gis en vurdering og beskrivelse av egnete tiltak mot forurensning på sjøbunnen.

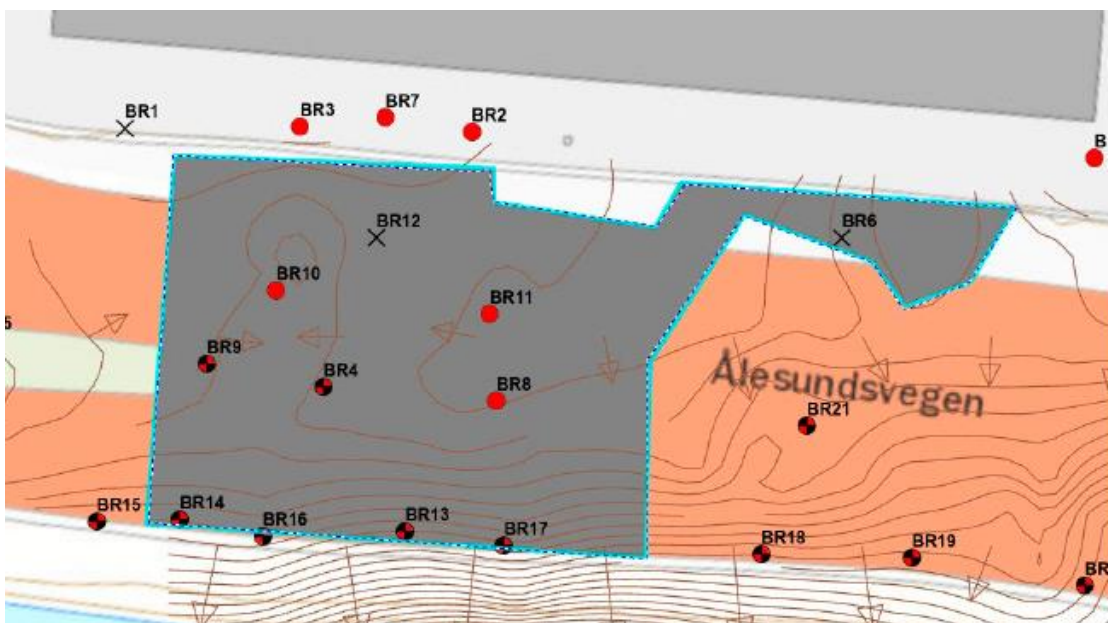
Det er i databasen Grunnforurensning (Miljødirektoratet, 2022d) registrert flere eiendommer langs Volsdalsvågen (Figur 31). Av disse er det imidlertid kun Gassverkstomtas eiendom under veibanen til E136, nærmest sjøen, som ikke er definert som godkjent mht. forurensningsnivåer iht. gjeldene arealbruk. Registrerte lokaliteter som er definert som godkjent mht. forurensningsnivåer iht. gjeldene arealbruk er i all hovedsak knyttet til tidligere verftsvirksomhet. Dette er bl.a. Gamle Liaaen verft like vest for Gassverkstomta, og Brødrene Wiig & Olsens skipsverft og Statens havnevesens slippområde lenger øst i Volsdalsvågen (Miljødirektoratet, 2022d).

Av øvrige utslipp til Volsdalsvågen er det registrert flere avløpsledninger for overvann med utslipp til Volsdalsvågen (Figur 32). Dette er å forvente mht. Volsdalsvågen plassering og nærheten til tettbebygde områder. Det er ikke kjent i hvilken grad disse avløp-/overløpsledningene er en aktiv forurensningskilde til området, men det er igangsatt en prosess med å kartlegge dette. I tillegg ligger E136 som er hovedveien inn til Ålesund sentrum langs med Volsdalsvågen. Det må forventes at avrenning og generell trafikkrelatert forurensning fra E136 har en viss påvirkning på vannkvaliteten i Volsdalsvågen, inkl. sjøområdet utenfor Gassverkstomta.

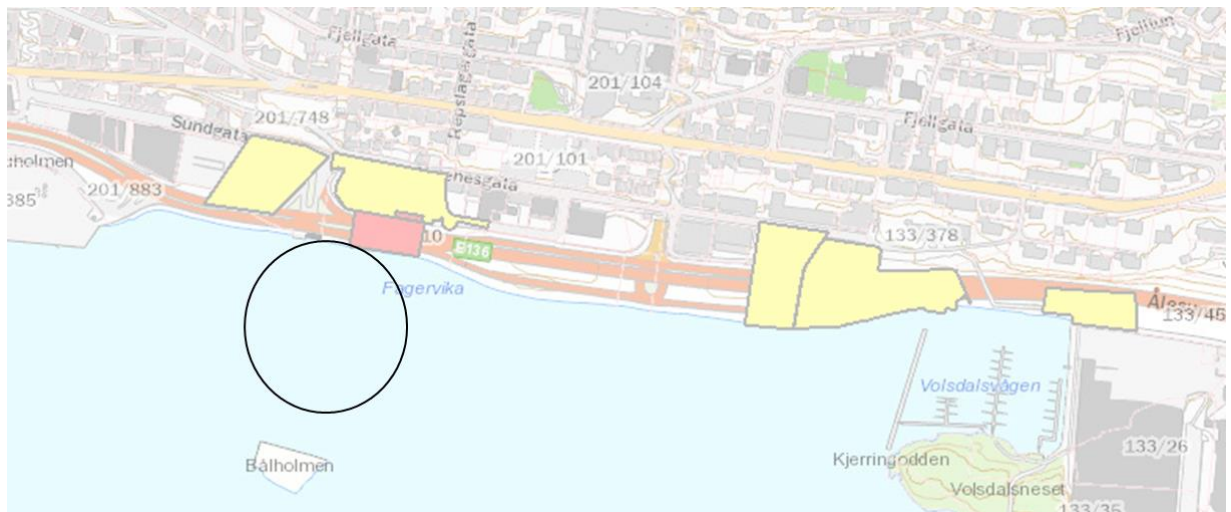
For øvrig er det ikke kjent om det foreligger noen andre aktive forurensningskilder til Volsdalsvågen.



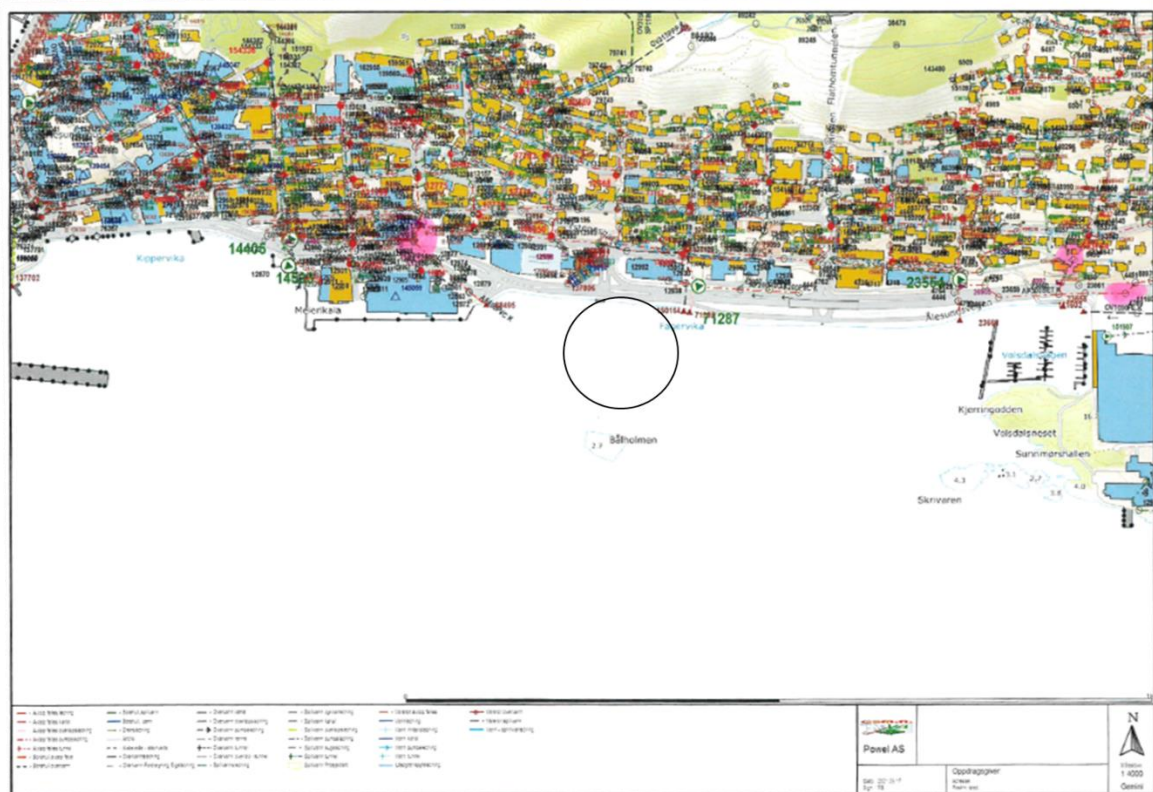
Figur 29. Illustrasjon av område der det ble gjennomført opprydding av forurensete masser i 2018, med fargeillustrasjon av gjenliggende forurensetingsgrad i massene. Fargekodene beskriver målt (heldekkende) eller antatt (skravur) tilstandsklasse for de gjenliggende massene (se beskrivelse i figur). Figuren er hentet fra Norconsult (2018b).



Figur 30. Antatt utbredelse av tjære under vegbanen ved Gassverkstomta, revidert etter nye undersøkelser i 2020, arealet tilsvarer ca 780 m². Figuren er hentet fra Multiconsult (2020b) og ytterligere beskrivelse gis i Multiconsult, 2020b.



Figur 31. Kart fra databasen Grunnforurensning (Miljødirektoratet, 2022d) over Volsdalsvågen og tilgrensende eiendommer. Gulmarkerte eiendommer angir eiendommer med akseptabel forurensning med dagens areal- og resipientbruk. Rødmarkert eiendom (Gassverkstomta) angir ikke akseptabel forurensning og behov for tiltak. Sort ring angir omtrentlig tiltaksområde i sjø utenfor Gassverkstomta.



Figur 32. Kart over overløpsutslippspunkter i Volsdalsvågen (markert i røde trekanted). Sort ring angir omtrentlig tiltaksområde i sjø utenfor Gassverkstomta. Kartet er oversendt fra Ålesund kommune.

2 Forurenset sjøbunn

2a Tidligere undersøkelser

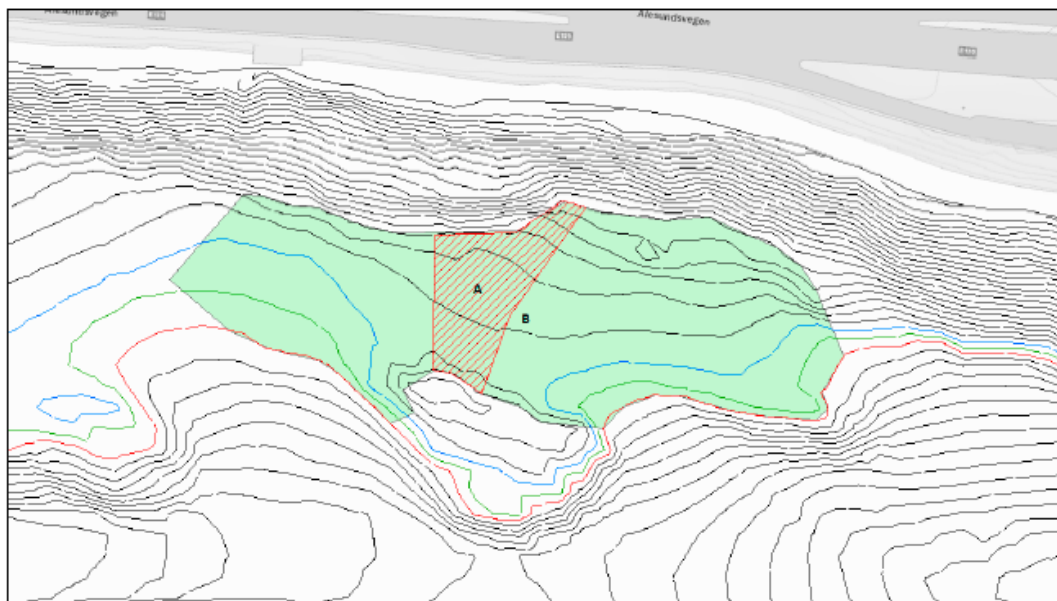
Tidligere undersøkelser på sjøbunnen i Volsdalsvågen har avdekket at sedimentene er forurenset, særlig med hensyn til PAH-forbindelser (NIVA, 2006; SFT, 2008). Nyere undersøkelser avdekket en «hot-spot» med tilnærmet ren steinkulltjære i sedimentene utenfor det gamle gassverket, og følgende svært høye konsentrasjoner av PAH (Multiconsult, 2013a; Multiconsult, 2013b).

Tiltaksplanen for opprydding av forurenset sjøbunn i Aspevågen fra 2015 (Rambøll, 2015) belyste problemstillingen med tjæreforurensningen i Volsdalsvågen, og påpekte at det bør vurderes om forekomsten kan tildekkes, samt at utbredelsen både vertikalt og horisontalt burde kartlegges.

I etterkant av tiltaksplanen ble utarbeidet gjennomførte Norconsult en kartlegging av forurensning på sjøbunnen utenfor Gassverket, og fant ren steinkulltjære i ett av fem prøvepunkter. Dette var i overgangen mellom fyllingsfront og finere sedimenter (Norconsult, 2018c).

I 2019 gjennomførte Multiconsult en detaljert undersøkelse av forurensningsutbredelsen i sedimentene utenfor Gassverkstomta. Dette for å kartlegge utbredelse av forurensningen både horisontalt og vertikalt, samt gjennomføre en risiko- og tiltaksvurdering av den forurensete sjøbunnen i området (Multiconsult, 2020a). Multiconsult avdekket et ca 800 m² stort område med tjære, samt et omkringliggende område på ca 6000 m² med sterkt forurensete sedimenter. Disse områdene er illustrert i Figur 33. I disse områdene ble det vurdert som nødvendig å gjennomføre aktive tiltak for å forbedre miljøtilstanden på sjøbunnen (Multiconsult, 2020a). Dette ble vurdert på bakgrunn av at risikovurderingen viste uakseptabel risiko for spredning av forurensning fra sjøbunnen, hovedsakelig gjennom diffusjon, samt målte konsentrasjoner (både maks- og middelkonsentrasjoner) i porevann og sedimenter som overskrider akseptabel risiko for skade på organismer som lever i direkte kontakt med sedimentene. I tillegg viste helsediment-tester en dødelighet på 20%, som i henhold til risikoveilederen indikerer at sedimentene har toksisk virkning. Bioakkumuleringstester viste også at det er klare sammenhenger mellom konsentrasjoner av PAH i sedimentene og konsentrasjoner av PAH i børstemark eksponert for sedimentene (Multiconsult, 2020a).

På bakgrunn av funnene til Multiconsult (2020a), sendte Statsforvalteren i Møre og Romsdal ut et pålegg til Ålesund kommune om å utarbeide en tiltaksplan for opprydding av forurenset sjøbunn som følge av driften på Gassverkstomta (Statsforvalteren i Møre og Romsdal, 2021a).



Figur 33. Kart over sjøbunnen utenfor Gassverkstomta med dybdekoter (1 m koter). Kartet er hentet fra Multiconsult (2020a).

2b Forurensningsutbredelse i overflatesedimentene

Høsten 2021 gjennomførte Rambøll ytterligere sedimentprøvetaking og sjøbunnsundersøkelser i det aktuelle området i sjø ved Gassverkstomta, samt ytterligere deler av delområde 4 i Volsdalsvågen. Dette for å definere den horisontale utbredelsen av forurenset sediment som følge av den tidligere virksomheten på Gassverkstomta, samt vertikal utbredelse av forurensning i sedimentene, som del av utarbeidelsen av den inneværende tiltaksplanen. Resultatene er beskrevet i to datarapporter (Rambøll, 2022a; 2022b), men oppsummeres nedenfor. Siden olje- og PAH-forurensning er den tiltaksdrivende forurensningen fra Gassverksvirksomheten, er det denne forurensningen som omtales i detalj i det videre i denne rapporten. Merk imidlertid at også konsentrasjonene (maks- og middelkonsentrasjoner) av kvikksølv, PCB-7 og TBT i området overskrider trinn 1 grenseverdi med en faktor større enn 2. Dette er imidlertid forurensning som ikke kun kan tilskrives den tidligere driften på Gassverkstomta, men også annen aktivitet ved Aspevågen.

PAH

Overflatesedimentene (0-10 cm) i hele Volsdalsvågen er sterkt forurenset av ulike PAH-forbindelser og sumpparameteren PAH-16 (Figur 34). Området utenfor Gassverkstomta skiller seg imidlertid fra de øvrige områdene i Volsdalsvågen, gjennom markant høyere verdier for alle de 16 PAH-forbindelsene (Figur 35). Områdene lengst vest i Volsdalsvågen (mot Kippervika) er de minst PAH-forurensete overflatesedimentene i området, selv om konsentrasjonen av PAH-16 tilsvarer svært dårlig tilstand (tilstandsklasse V) på alle stasjonene (Figur 34). Kun en undersøkt stasjon i området, i skråningen opp mot Bålholmen, er det detektert konsentrasjoner av PAH-enkeltforbindelser som ikke tilsvarer svært dårlig tilstand.

I primærområdet forurenset av utslipp fra Gassverkstomta har det totalt blitt gjennomført analyser av 84 sedimentprøver. Kun to av prøvene inneholdt imidlertid konsentrasjoner av PAH-16 som tilsvarte dårlig tilstand, mens de resterende prøvene inneholdt konsentrasjoner av PAH-16 som tilsvarte svært dårlig tilstand (>20 mg/kg). I de midtre delene av primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta overskred konsentrasjonene av PAH-16 grensen for farlig avfall

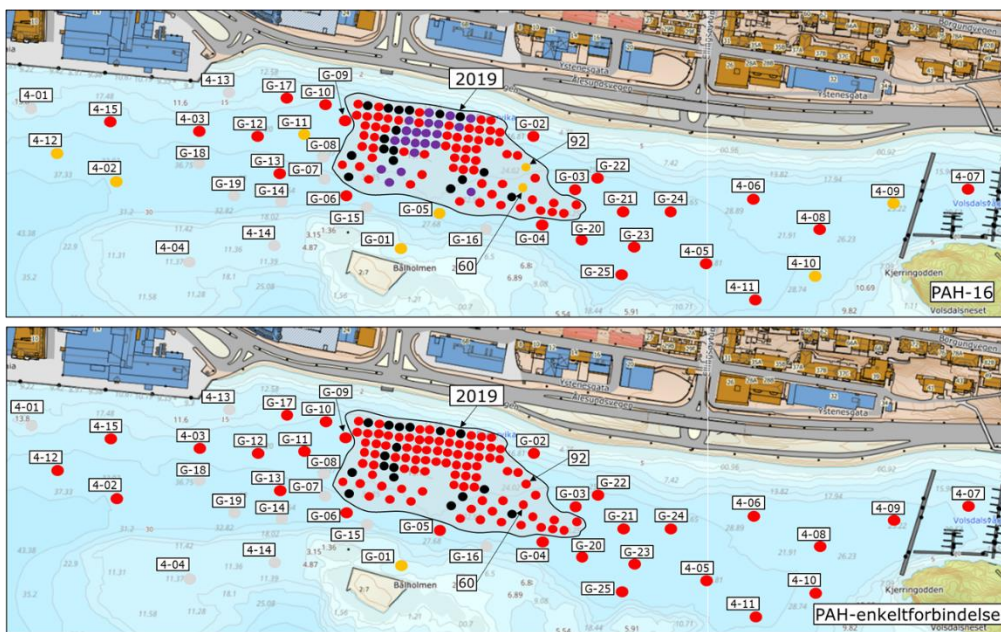
(2500 mg/kg iht. veileder TA-2553/2009 (Miljødirektoratet, 2009)). Dette området utstrekning vurderes nærmere i kapitlet *Modellert forurensningsutbredelse i hele tiltaksområdet* nedenfor.

I de prøvetatte tilgrensende områdene til primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (stasjon G-01 – G-25 prøvetatt i 2021 av Rambøll (2022a)) var konsentrasjonen av PAH i overflatesedimentene markant redusert i de aller fleste områdene. Konsentrasjonen av PAH-forbindelser i overflatesedimentene i områdene nærmest land, og sørvest for primærområdet, indikerer imidlertid en noe større utstrekning av PAH-forurensningen fra Gassverkstomta enn lagt til grunn i Multiconsult (2020a). Dette gjenspeiles også ved at sammensetningen av ulike PAH-forbindelser (dominert av fluoranthen, pyren og fenantren (gj. snitt ca 50 % av detekterte PAH-16 konsentrasjoner)) er relativt lik i disse prøvene (G-06, G-10, G-05, G-13 og G-22), som i hovedandelen av primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (gj. snitt ca 50 % av detekterte PAH-16 konsentrasjoner), samt høyere enn i resterende deler av de tilgrensende områdene til primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (gj. snitt ca 39 % av detekterte PAH-16 konsentrasjoner). På fire av disse fem stasjonene ble det detektert konsentrasjoner av PAH-16 tilsvarende ca 50-130 mg/kg. Basert på dette vurderer vi det som nødvendig å utvide tiltaksområdet for opprydding av forurenset sjøbunn, som følge av forurensning fra Gassverkstomta.

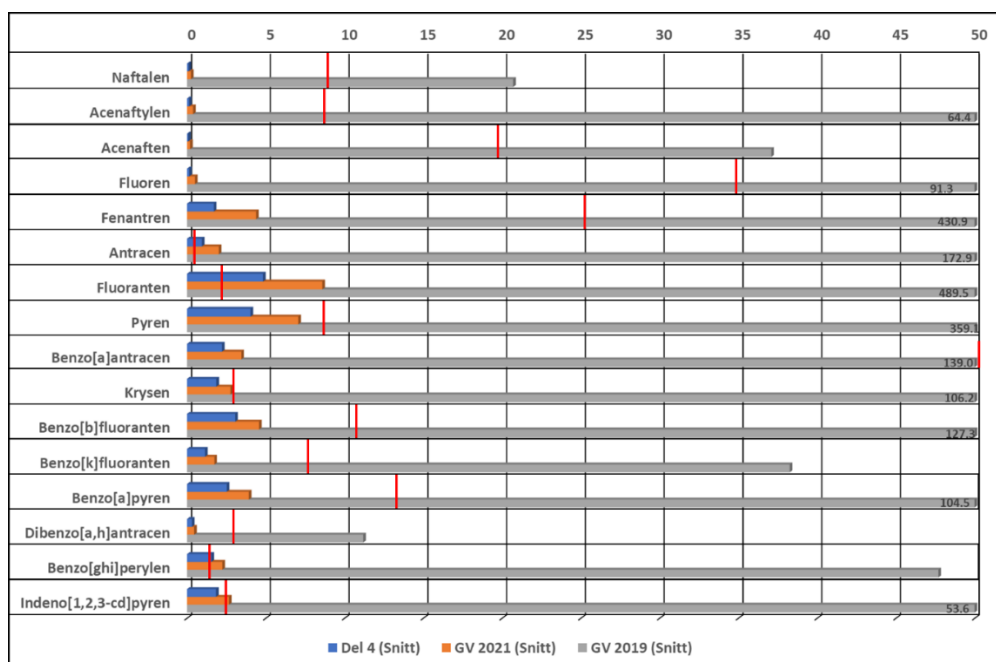
I området sørvest for primærområdet forurenset av utslipp fra Gassverkstomta var sjøbunnen preget av hardbunn. Følgelig var det ikke mulig å få opp vellykkede grabbprøver fra dette området, som danner en naturlig grense mht. forurensning i området som i all hovedsak kan tilskrives driften ved Gassverkstomta.

I den sørøstre renna og i de sørlige delene av det dypere bassenget sørøst for primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, er det registrert sediment i finere fraksjon enn øvrige områder. Disse sedimentene (stasjon G-04, G-20, G-21, G-23, G-24 og G-25) ned til det dypere bassenget er også sterkt forurenset av PAH-forbindelser, men har en noe annerledes sammensetning av PAH-forbindelser med lavere andel av fenantren (en av PAH-hovedkomponentene i tjæren fra Gassverket) sammenlignet med PAH-forurensningen i primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta. I dette området er det fluoranthen og pyren som er de dominerende (totalt ca 31 %) PAH-forbindelsene, med også en anelig andel av benzo(b)fluoranthen og benzo(a)pyren (totalt ca 24 %). Oljeforurensning i dette området beskrives nærmere neste delkapittel.

Tiltaksvurdering og tiltaksplan for øvrige deler av Volsdalsvågen vil bli presentert som del av tiltaksplanen for Aspevågen (Rambøll, 2022e), og vurderes ikke nærmere videre i den inneværende rapporten.



Figur 34. Illustrasjoner av tilstandsklasser for PAH-16 og PAH-enkeltforbindelser (den dårligste tilstandsklassen for de analyserte PAH-enkeltforbindelsene) på de ulike stasjonene i delområde 4 (inklusive Gassverkstomta) i Aspevågen i 2021. Fargekodene illustrerer tilhørende tilstandsklasse etter veileder M-608/2016 rev. 2020 (Miljødirektoratet, 2020a). Lilla farge indikerer verdier av PAH-16 tilsvarende «farlig avfall» iht. TA-2553/2009 (Miljødirektoratet, 2009). Svarte prikker indikerer at prøven ikke er analysert for den aktuelle parameteren.



Figur 35. Gjennomsnittskonsentrasjoner (mg/kg) av ulike PAH-forbindelser i overflatesedimentene (prøvetatt i 2019 og 2021) i Voldalsvågen. Blått = stasjoner i områder lengst unna primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (se 4-01 – 4-15 i Figur 34), oransje = stasjoner i omkringliggende områder til primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (se G-01 – G-25 i Figur 34), og grå = stasjoner i primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta (se punkter i Figur 34). Verdien som angir grensen mellom tilstandsklasse IV (dårlig tilstand) og tilstandsklasse V (svært dårlig tilstand) iht. M-608 (Miljødirektoratet, 2020a) er markert med en rød strek for alle PAH-forbindelser. For elleve av PAH-forbindelsene er gjennomsnittsverdien i overflatesedimentene i primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta >50 mg/kg, og for disse er gjennomsnittsverdien angitt med tall i søylen for den respektive PAH-forbindelsen.

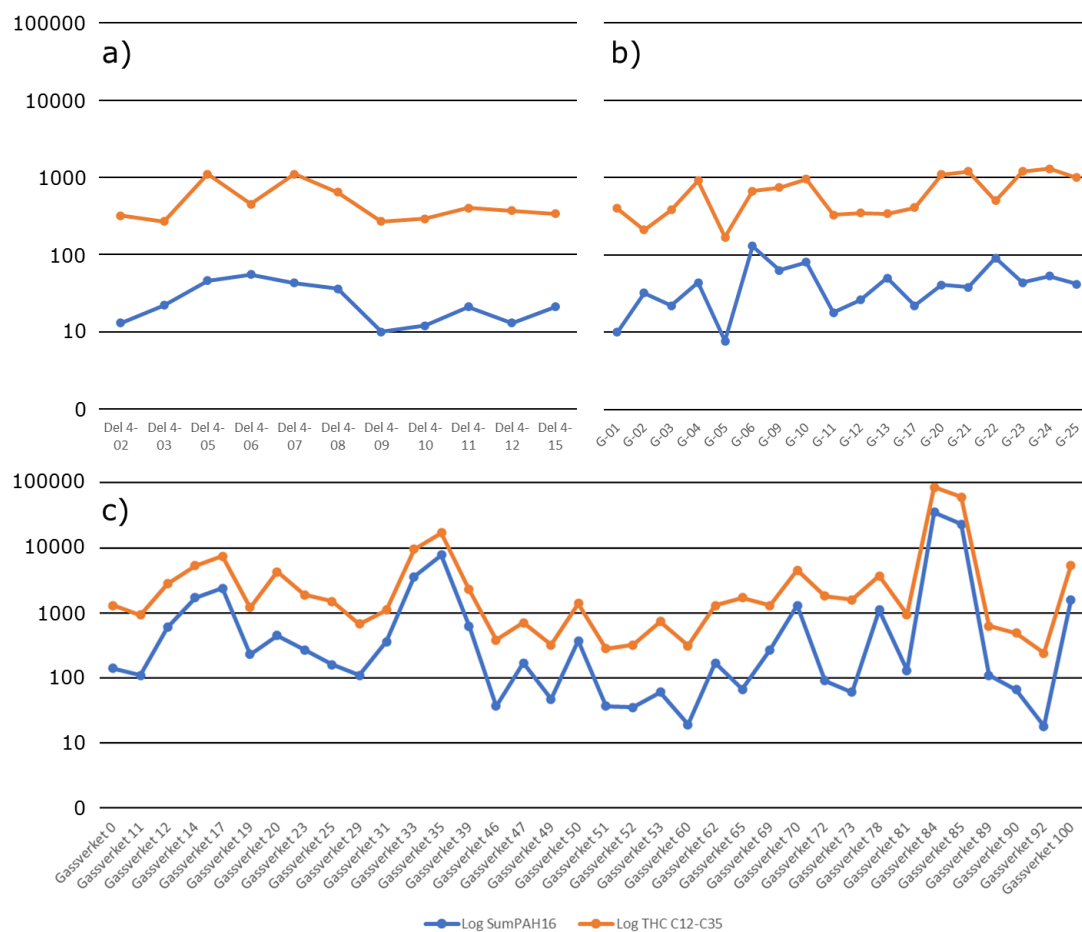
Oljeforbindelser (totale hydrokarboner)

Det er i all hovedsak de mellom- og langkjedete oljeforbindelsene (C12-C35) som er registrert i området, og følgelig beskrives disse nedenfor. For mer detaljert beskrivelse viser vi til datarapporten fra undersøkelsene gjennomført i 2021 (Rambøll, 2022a). Generelt indikerer resultatene at oljeforbindelser finnes stedvis i svært høye konsentrasjoner, opp til ca 8.6% av prøvematerialet i en grabbprøve. Merk at det ikke er etablert noen grenseverdier for totale hydrokarboner (oljeforbindelser) i Norge, da de fastsatte grenseverdiene for PAH-forbindelser er vurdert å dekke behovet for grenseverdier mht. oljeforurensning (Miljødirektoratet, 2015a). For sammenligningens skyld kan det imidlertid nevnes at konsentrasjoner <50 mg/kg anses som lave og at konsentrasjonen totale hydrokarboner i mindre påvirkede sjøområder utenfor Ålesund sentrum tilsvarer <70 mg/kg (NGU, 2021), samt at THC konsentrasjoner tilsvarende 1000 mg/kg har blitt vurdert som «maksimale akseptable konsentrasjonsgrense» for olje i havnesedimenter i Nederland (Stronhorst & van Hattum, 2003).

I primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta inneholder 23 av 36 sedimentprøver oljeforbindelser (C12-C35) som overskrider 1000 mg/kg. Syv stasjoner (Gass 14, Gass 17, Gass 33, Gass 35, Gass 84, Gass 85 og Gass 100) inneholdt mer enn 5000 mg/kg C12-C35, noe som utgjør mer enn 0.5% av prøvematerialet. Disse var fordelt i to områder; de midtre delene av primærinfluensområdet, og sørvest i primærinfluensområdet. De to høyeste detekterte verdiene av oljeforbindelser (C12-C35) ble registrert på stasjonene Gass 84 og Gass 85 (sørvest i primærområdet) og utgjorde hhv. 8.6% (86 000 mg/kg) og 6% (60 000 mg/kg) av prøvematerialet på de to stasjonene. På disse stasjonene, samt stasjon Gass-33 og Gass-35, ble det også detektert konsentrasjoner av PAH-16 som overskrider grenseverdien for farlig avfall (2500 mg/kg).

I delområde 4, utenfor primærinfluensområdet for forurensning fra Gassverkstomta, tilsvarte gjennomsnittskonsentrasjonen av oljeforbindelser (C12-C35) 611 mg/kg, og den høyeste detekterte konsentrasjonen tilsvarte 1300 mg/kg (C12-C35). Områdene der det ble detektert oljeforbindelser >500 mg/kg var nært primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, i det dypere området sørøst for primærområdet, samt i skråningen opp mot småbåthavna i Volsdalsvågen.

Konsentrasjonene av oljeforbindelser i overflatesedimentene var tilsynelatende korresponderende med PAH-forurensningen (PAH-16) i overflatesedimentene (Figur 36), og vurdering av horisontal utbredelse av forurensning fra Gassverkstomta basert på PAH-forbindelser vurderes som dekkende.



Figur 36. Log-verdier av PAH-16 og totale hydrokarboner (C12-C35) i ulike deler av Volsdalsvågen. a) stasjoner i områdene i Volsdalsvågen lengst unna primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, prøvetatt i 2021 av Rambøll, b) stasjoner i ytterkant av primærområde for forurensning fra Gassverkstomta, prøvetatt i 2021 av Rambøll, c) stasjoner i primærområde for forurensning fra Gassverkstomta, prøvetatt av Multiconsult i 2019. Se kart i Figur 34 for plassering av prøvepunktene i a) og b), samt overordnet område for stasjonene i c).

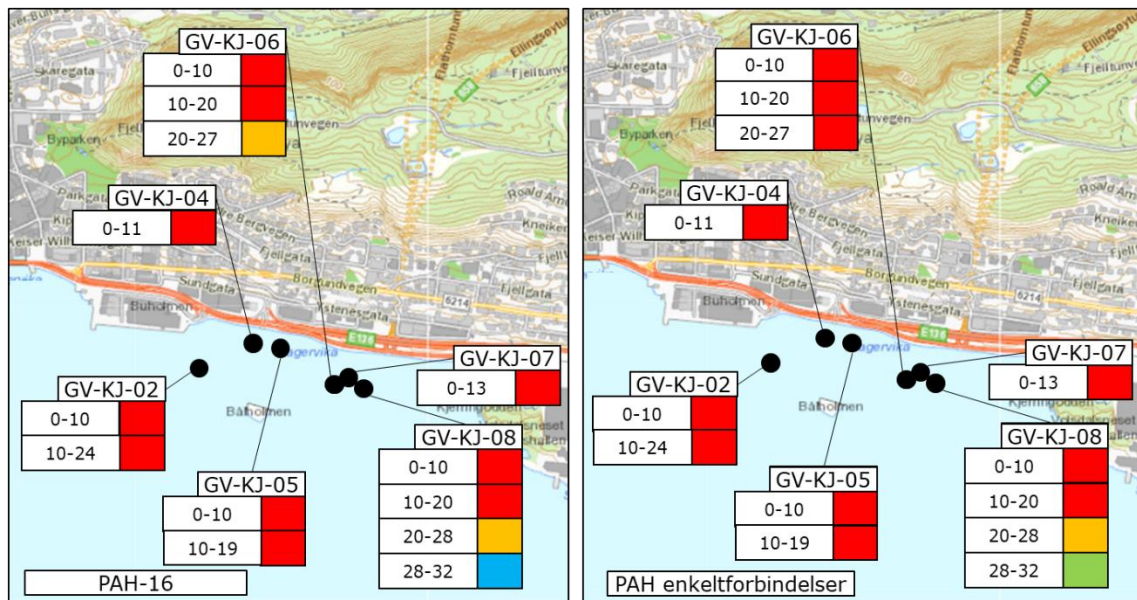
2c Vertikal forurensningsutbredelse i sedimentene

Basert på dataene fra den gjennomførte sub-bottom profilering undersøkelsen gjennomført høsten 2021, ble det samme høst gjennomført kjerneprøvetaking nært land i primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta, samt like øst og like vest for primærområdet (Rambøll, 2022a).

På grunn av sedimentenes beskaffenhet var det vanskelig å ta prøver med kjerneprøvetaker. Det lyktes ikke å opparbeide vellykkede kjerneprøver >32 cm sedimentdyp. I likhet med grabbprøveresultatene viste analysene av kjerneprøvene imidlertid sterkt forurensede overflatesedimenter. Resultatene indikerer også at de ulike konsentrasjonene av forurensning, samt tilsynelatende oljepåvirkede sedimenter, avtar fra ca 20 cm sedimentdyp (se bilder av kjerneprøvene i Figur 37, og illustrasjon av PAH- og oljeforurensning i ulike sedimentlag i hhv. Figur 38 og Tabell 8). Det ble imidlertid også detektert konsentrasjoner av både PAH-16 og PAH-enkeltforbindelser tilsvarende svært dårlig tilstand i sedimentlagene dypere enn 20 cm. Dette støttes også av undersøkelsene tidligere gjennomført av Multiconsult (Multiconsult, 2020a), da de klarte å innhente prøver fra et hull gravd av en dykker.



Figur 37. Bilder av kjerneprøver fra sjøområdene utenfor Gassverkstomta, med grunneste del av kjerneprøvene øverst i bilde.



Figur 38. Illustrasjon av tilstandsklasser for tungmetaller (den dårligste tilstandsklassen for analyserte metaller), kvikksølv, PAH-16, PAH-enkeltforbindelser (den dårligste tilstandsklassen for de analyserte PAH-enkeltforbindelsene), PCB-7 og TBT (forvaltningsmessige tilstandsklassegrenser) på ulike dybdeintervall i de ulike kjerneprøvene ved Gassverkstomta i Aspevågen i 2021. Fargekodene er forklart i Tabell 1. n.d. = ikke detektert og i.a. = ikke analysert.

Tabell 8. Oljeforbindelser (totale hydrokarboner) i kjerneprøver prøvetatt ved Gassverkstomta i Aspevågen i 2021.

Parameter	THC C5-C8	THC C8-C10	THC C10-C12	THC C12-C16	THC C16-C35	Sum THC C5-C35	Sum THC C12-C35
Enhet	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
GV-KJ-02 (0-10 cm)	< 5.0	<5.0	<5.0	22	860	880	880
GV-KJ-02 (10-24 cm)	< 5.0	<5.0	<5.0	23	570	590	590
GV-KJ-04 (0-11 cm)	< 5.0	<5.0	<5.0	35	1200	1200	1200
GV-KJ-05 (0-10 cm)	< 5.0	<5.0	510	7200	44000	52000	51000
GV-KJ-05 (10-19 cm)	< 5.0	<5.0	5.9	39	480	520	520
GV-KJ-06 (0-10 cm)	< 5.0	<10	<10	29	1100	1100	1100
GV-KJ-06 (10-20 cm)	< 5.0	<10	<10	52	1400	1500	1500
GV-KJ-06 (20-27 cm)	< 5.0	<5.0	<5.0	8.3	220	230	230
GV-KJ-07 (0-13 cm)	< 5.0	<5.0	<5.0	7.4	320	330	330
GV-KJ-08 (0-10 cm)	< 5.0	<10	<10	33	1100	1100	1100
GV-KJ-08 (10-20 cm)	< 5.0	<10	<10	54	1300	1400	1400
GV-KJ-08 (20-28 cm)	< 5.0	<10	<10	11	230	240	240
GV-KJ-08 (28-32 cm)	< 5.0	<10	<10	<10	45	45	45

3 Risikovurdering

Risikovurderingen for tiltaksområdet som har blitt utarbeidet av Multiconsult (2020a) viser at forurensningen i sedimentene representerer en uakseptabel risiko mht. forurensning. Det foreligger følgelig et behov for å gjøre tiltak mot forurenset sjøbunn i området. Miljøtilstanden i sedimentene fra enkelte tilgrensende områder, til området undersøkt av Multiconsult, prøvetatt og/eller analysert av Rambøll (2022a) var av tilsvarende karakter som sedimentene benyttet i risikovurderingen gjennomført av Multiconsult (2020a). Det er disse sedimentprøvene som ligger til grunn for utvidelsen av tiltaksområdet. Det er derfor vurdert som lite hensiktsmessig å gjøre en ny risikovurdering inkludert de nyere sedimentprøvene. Risikovurderingen gjennomført av Multiconsult vurderes derfor som dekkende for tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta.

Forurensede sedimenter utenfor Gassverkstomta er funnet å utgjøre en uakseptabel risiko for organismer som lever i direkte kontakt med sedimentene, samt organismer som lever fritt i vannmassene over sedimentoverflaten. Det er også beregnet svært høye overskridelser av tillatt spredning for alle 16 PAH-forbindelser som inngår i sum parameteren PAH-16. F.eks. middelveiden for beregnet spredning av benzo(a)pyren tilsvarer 4924 ganger «tillatt» spredning iht. Miljødirektoratets veileder for risikovurdering av forurenset sediment (Miljødirektoratet, 2015a). Nedenfor gis en noe mer utfyllende oppsummering av funnene fra den aktuelle risikovurderingen av forurenset sjøbunn (Multiconsult, 2020a) utenfor Gassverkstomta.

3a Porevann og vann over sedimentoverflaten

Målte konsentrasjoner av alle de 16 PAH-forbindelsene i porevann og sedimenter overskrider PNEC både for maks- og middelveidi (utenom middelveidi for acenaften), som indikerer en uakseptabel risiko for skade på organismer som lever i direkte kontakt med sedimentene (Tabell 9). Helse sedimenttester har vist en dødelighet på 20 %, som i henhold til risikoveilederen indikerer at sedimentene har toksisk virkning. I tillegg har bioakkumuleringstester vist at det er klare sammenhenger mellom konsentrasjoner av PAH i sedimentene og konsentrasjoner av PAH i børstemark eksponert for sedimentene. Organismer som lever fritt i vannmassene over sedimentoverflaten er også funnet å være utsatt for uakseptabel risiko med hensyn til flere PAH-forbindelser og TBT, både om man legger til grunn maks- og middelveidi (Multiconsult, 2020a).

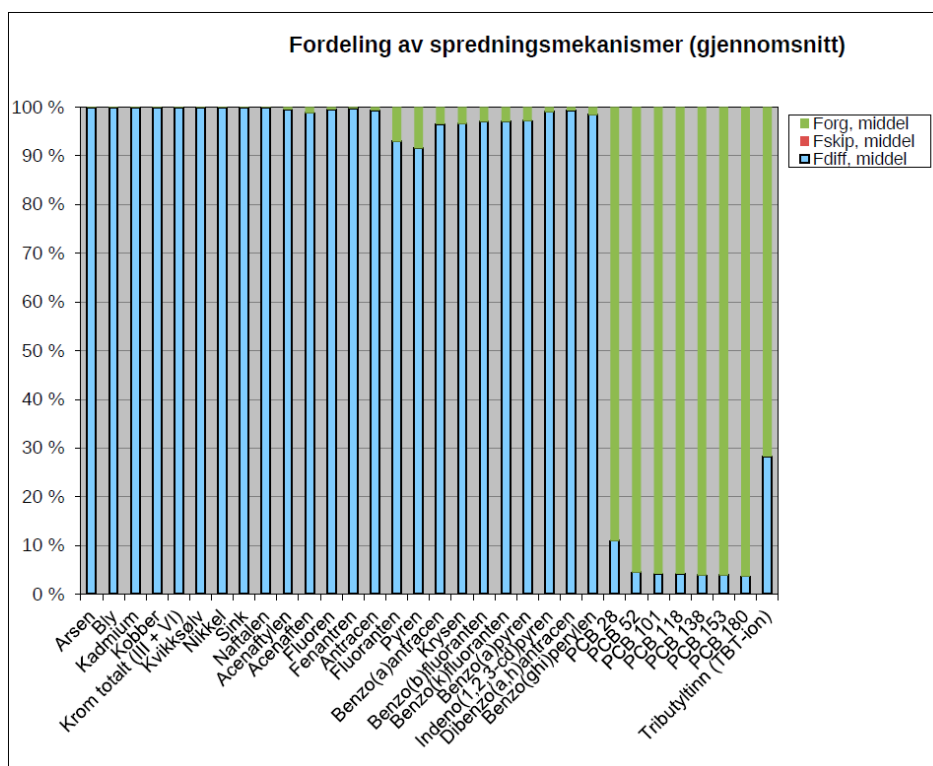
Tabell 9. Målte porevannskonsentrasjoner fra sedimentene utenfor Gassverkstomta sammenlignet mot grenseverdier for økologisk risiko. Tabellen er hentet fra Multiconsult (2020a).

Stoff	Målt porevannskonsentrasjon		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)		Maks	Middel
Arsen	3,82E-02	2,64E-02	6,0E-04	63,7	43,9
Bly	3,63E-01	9,62E-02	1,3E-03	279,2	74,0
Kadmium	6,32E-04	3,28E-04	2,0E-04	3,2	1,6
Kobber	2,48E-01	5,73E-02	2,6E-03	95,4	22,1
Krom totalt (III + VI)	4,80E-02	1,66E-02	3,4E-03	14,1	4,9
Kvikksølv	6,37E-04	2,07E-04	4,7E-05	13,6	4,4
Nikkel	1,26E-02	3,68E-03	8,6E-03	1,5	
Sink	4,27E-01	1,57E-01	3,4E-03	125,6	46,2
Naftalen	7,00E-02	1,66E-02	2,0E-03	35,0	8,3
Acenaftylen	2,80E-02	7,52E-03	1,3E-03	21,5	5,8
Acenaften	7,10E-03	2,30E-03	3,8E-03	1,9	
Fluoren	1,50E-02	3,90E-03	1,5E-03	10,0	2,6
Fenantren	1,80E-02	4,13E-03	5,1E-04	35,3	8,1
Antracen	8,70E-03	1,97E-03	1,0E-04	87,0	19,7
Fluoranten	1,50E-02	3,41E-03	6,3E-06	2381,0	540,6
Pyren	9,40E-03	2,11E-03	2,3E-05	408,7	91,9
Benzo(a)antracen	3,20E-03	8,90E-04	1,2E-05	266,7	74,2
Krysen	2,00E-03	6,49E-04	7,0E-05	28,6	9,3
Benzo(b)fluoranten	3,60E-03	8,74E-04	1,7E-05	211,8	51,4
Benzo(k)fluoranten	7,70E-04	2,31E-04	1,7E-05	45,3	13,6
Benzo(a)pyren	1,30E-03	3,92E-04	1,7E-07	7647,1	2304,7
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,60E-03	6,00E-04	2,7E-06	963,0	222,3
Dibenzo(a,h)antracen	5,00E-04	1,18E-04	6,0E-07	833,3	197,3
Benzo(ghi)perylen	2,20E-03	5,00E-04	8,2E-07	2682,9	610,2
Tributyltinn (TBT-ion)	ikke målt	ikke målt	2,0E-07	38409,1	12701,3

3b Risiko for spredning av forurensning

Spredning av miljøgifter fra sedimentene på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta skjer som følge av diffusjon, oppvirvling (fra ytre mekaniske påvirkninger) og biologisk aktivitet. I området utenfor Gassverkstomta er det lite skipstrafikk, og relativt store dyp (i all hovedsak >20 m), følgelig er spredning gjennom oppvirvling fra havneaktivitet og skipsanløp ikke en nevneverdig faktor for spredning av forurenset sediment i området. Betydningen av spredningsmekanismene er vist grafisk i Figur 39.

Diffusjon og organisk aktivitet på sjøbunnen er funnet å utgjøre de viktigste spredningsveiene for forurensning fra sjøbunnen ved Gassverkstomta (Multiconsult, 2020a). Beregnet spredning overskrider «tillatt» spredning i svært stor grad for de ulike PAH-forbindelsene (både middelvei og maksverdi), samt også relativt stor overskridelse for TBT (både middelvei og maksverdi).



Figur 39. Prosentvis av beregnede spredningsmekanismer for forurensning fra sedimenter ved Gassverkstomta. F_{org} = spredning som følge av organisk aktivitet, F_{skip} = spredning som følge av skipsaktivitet, F_{diff} = spredning som følge av diffusjon (kjemiske prosesser på sjøbunnen). Figuren er hentet fra Multiconsult (2020a).

4 Modellert forurensningsutbredelse i hele tiltaksområdet

Miljøgiftkonsentrasjonen av PAH-16 og enkeltforbindelser av PAH i overflateprøvene (grabbprøvene) av sediment er benyttet for å beregne forurensningsutbredelsen (ved interpolering) av de ulike parameterne på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta. Dette er også gjort for andre utvalgte miljøgifter i datarapporten fra feltarbeidet gjennomført høsten 2021 (Rambøll, 2022a), men siden det er PAH- og oljeforurensning som i hovedsak er tiltaksdrivende og stammer fra driften ved Gassverkstomta, er det dette som beskrives i kapitlene nedenfor.

I Figur 40 og Figur 41 er utbredelsen av PAH-forbindelsen benzo(a)pyren i overflatesedimentene i delområde 4 inkl. primærområde for forurensning fra Gassverkstomta illustrert ved interpolering (Natural Neighbor-metode) basert på alle grabbprøver tatt i området i 2019 og 2021 av hhv Multiconsult (2020a) og Rambøll (2022a). Utbredelsesmønsteret er tilsvarende de aller fleste andre PAH-forbindelser. Modelleringen bekrefter at overflatesedimentene i området er sterkt forurenset av PAH-forbindelser, og store deler av området inneholder konsentrasjoner av PAH-16, og følgelig PAH-enkeltforbindelser, tilsvarende svært dårlig tilstand.

Fra Gassverkstomta og utover i Voldsalsvågen er det flere prøver som har påvist konsentrasjoner av PAH-16 og benzo(a)pyren tilsvarende «farlig avfall» iht. veileder TA-2553/2009 (Miljødirektoratet, 2009). Interpoleringen indikerer at arealet med konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» for PAH-16, benzo(a)pyren og tjære, utgjør ca 7670 m². Dette er illustrert i Figur 42. Områder med fast fjell er ekskludert fra denne arealberegningen. Disse områdene er steinfyllingen i skråningen fra Gassverkstomta ned til mellom kote -15 og kote -20, fjell i midtre deler av tiltaksområdet, samt skråningen opp mot Bålholmen fra ca kote -20. Området overlapper med området der Multiconsult beskrev at det var forekomst av tjære, men strekker seg også lenger sørover, samt inkluderer ett mindre delområde ved steinfyllingsfoten mot vest og et

mindre delområde øst for fjellgrunnen i sentrale deler av tiltaksområdet. Det må tas særskilte hensyn ved tiltaksplanlegging i denne delen av tiltaksområdet.

I områdene utenfor Meierikaia, samt et område mellom Gassverkstomta og småbåthavnen i Volsdalsvågen er det detektert konsentrasjoner av PAH-16 som tilsvarer dårlig tilstand. I sentrale sørlige deler av delområde 4, er det også beregnet et område med dårlig tilstand. Dette området går fra skråningen opp mot Bålholmen, men omfatter også Bålholmen og gruntområdene rundt, som ikke er tatt hensyn til under interpoleringen av forurensningens utbredelse i området. Den avtagende konsentrasjonen av PAH-16 og PAH-enkeltforbindelser, rundt primærområde for forurensning fra Gassverkstomta, er illustreres tydelig i illustrasjonen av modellert utbredelse av PAH-forbindelsen benso(a)pyren i området (Figur 40).

Resultatene fra interpoleringene med PAH-16 konsentrasjoner og konsentrasjoner av ulike PAH-enkeltforbindelser i overflatesedimentene ved Gassverkstomta, og resterende deler av Volsdalsvågen, viser at det vil være behov for å gjennomføre tiltak for å bedre miljøtilstanden i hele Volsdalsvågen. Området utenfor Gassverkstomta er imidlertid av en særegen karakter med et relativt stort område med konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» i overflatesedimentene, samt for øvrig høyere PAH-konsentrasjoner enn omkringliggende områder. Utbredelsen av sedimenter med konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» er i stor grad overlappende med tidligere anbefalt mudringsområde (Multiconsult, 2020a), men er noe smalere (øst-vest) og lenger (nord-sør) i utbredelse.

Resultatene vil benyttes i det videre til avgrensning av tiltaksområdet, samt videre vurdering og anbefalinger av tiltak senere i den inneværende rapporten.



Figur 40. Interpolert utbredelse av benso(a)pyren i overflatesedimentene i Volsdalsvågen basert på prøver tatt i 2019 av Multiconsult og 2021 av Rambøll. Fargene indikerer tilstandsklassen til den aktuelle parameteren (iht. veileder M-608/2016 rev. 2020 (Miljødirektoratet, 2020a)); oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand og rosa tilsvarer verdier over grensen for farlig avfall (1000 mg/kg for benso(a)pyren). Merk at i figuren er områder med hardbunn ekskludert ved fjellgrunnen sentralt i området, men ikke for skråningen opp mot Bålholmen, samt fyllingsfoten langs E136.



Figur 41. Interpolert utbredelse av PAH-16 i overflatesedimentene i Volsdalsvågen basert på prøver tatt i 2019 av Multiconsult og 2021 av Rambøll. Fargene indikerer tilstandsklassen til den aktuelle parameteren (iht. veileder M-608/2016 rev. 2020 (Miljødirektoratet, 2020a)); oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand og rosa tilsvarer verdier over grensen for farlig avfall (2500 mg/kg for PAH-16). Merk at i figuren er områder med hardbunn ekskludert ved fjellgrunnen sentralt i området, men det er ikke tatt hensyn til skråningen opp mot Bålholmen, samt fyllingsfoten langs E136.



Figur 42. Utbredelse av overflatesediment med konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» for PAH-16 eller benzo(a)pyren, samt tjæreforekomster, markert i lilla.

Vedlegg 5 Tiltaksmetoder

Alternativene for aktive tiltak i forurensede sedimenter kan grovt inndeles i to kategorier; mudring for å fjerne de forurensede massene og tildekking av forurensede sedimenter for å etablere ny ren sjøbunn og redusere utlekking av underliggende forurensning til et akseptabelt nivå (Miljødirektoratet, 2018).

Ved mudring finnes det flere metodiske alternativer for å fjerne sedimenter, samt også håndtering av de mudrede massene. For tildekking finnes det også ulike metodiske løsninger for type masser som benyttes, metodikk for utlegging av tildekkingsmassene, samt design av tildekkingslag.

For de ulike metodene er det både fordeler og ulemper, som blant annet avhenger av eksisterende og planlagt arealbruk, miljømål, type forurensning som skal håndteres, tiltaksområdets topografi, type bunnsstrat, sjøbunnens stabilitet og bæreevne.

I dette kapittelet blir det gjort en generell vurdering av tiltak som kan være aktuelle for sjøbunnen i tiltaksområdet ved Gassverkstomta.

Det er ingen nevneverdig havneaktivitet i området, og følgelig heller ikke skipsanløp i området som kan generere oppvirvling av sedimenter. I tillegg er tiltaksområdet relativt dypt (ca 20 – 40 m vanddyb) med rolige strømforhold. Følgelig er tildekking av sjøbunnen i utgangspunktet vurdert som det mest egnede tiltaket for området.

I sentrale deler av området er det imidlertid funnet ren steinkulltjære, samt konsentrasjoner av PAH-16 og benzo(a)pyren som overskrider verdier for «farlig avfall» iht. veileder TA-2553/2009 *Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn* (Miljødirektoratet, 2009). Tildekking av tjæreholdige masser kan være utfordrende, siden vekten av tildekkingslaget kan medføre utpressing/fortrengning av tjæren både horisontalt og vertikalt (Multiconsult, 2020a). I tillegg stilles det krav om å fjerne/mudre masser med «farlig avfall» før tildekking. Slike masser må sendes til godkjent deponi, da det ikke vil være tillatt å etablere strandkantdeponi for slike masser (Miljødirektoratet, 2018). Sedimenter bestående av steinkulltjære og konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» må derfor mudres i forkant av at det gjennomføres tildekking av forurenset sjøbunn. Dette vil være et tiltak som er i overensstemmelse med hva som er gjennomført i Gilhusbukta i Drammensfjorden, et område med relativt tilsvarende forurensningsproblematikk på sjøbunnen som ved Gassverkstomta (Miljødirektoratet, 2016a).

Nedenfor gir vi en beskrivelse av aktuelle tildekkings- og mudringsmetodikker for opprydding av forurenset sjøbunn, og gir en anbefaling mht. hva som vil være mest egnet for opprydding av forurensning i sjø ved Gassverkstomta.

Tildekking

Tildekking av forurenset sjøbunn innebærer utlegging av egnede masser over forurensede sedimenter for å etablere en ny og ren sjøbunn. Massene legges som regel ut lagvis, og type masser som benyttes varierer avhengig av de lokale forholdene på stedet der tildekking skal gjennomføres. Et tildekkingslag skal normalt ha tre funksjoner (United States Environment Protection Agency, 2005):

- Fysisk isolasjon: forurensningen isoleres fra det omkringliggende miljøet for å beskytte biota i området (typisk gravende organismer), fra direkte kontakt med de forurensede sedimentene.

- Stabilisering/erosjonsbeskyttelse: minimalisering av muligheten for at forurensning fra sedimentene resuspenderes i vannmassene og transporteres ut som resultat av vannstrøm, bølger under stormer eller oppvirvling fra skipspropeller.
- Kjemisk isolasjon: beskytte miljøet og vannsøylen for øvrig fra kjemisk eksponering av forurensningen i sedimentene.

Disse tre mekanismene gjør at tildekking av forurenset sediment ofte er mest relevant for lokasjoner der vanddyppet ikke er til hinder for områdebruken, som for eksempel et havneområde eller en skipsled. Forsterkning av tildekkingslaget, for å sikre et stabilt tildekkingslag, kan gjøres ved å etablere et erosjonssikringslag på toppen av tildekkingslaget. På denne måten kan ulike tildekkingslag tilpasses ulike hydrodynamiske forhold.

Metode for utlegging av tildekkingslag

Utlegging av tildekkingslag skjer normalt på en av de følgende måtene (hentet fra Miljødirektoratet (2016b)):

- *Splittlekter*
En splittlekter legger ut masser på sjøbunnen ved at skroget åpnes og massene får falle fritt til bunnen fra skipet. Åpningen av skroget kan reguleres, men mengden som slippes ut kan være vanskelig å kontrollere nøyaktig. Denne metoden er derfor best egnet på større dyp der massene blandes med vann og derfor spres over et større område mens massene faller gjennom vannsøylen. Metoden kan imidlertid også benyttes på grunnere vann. Denne metoden ble f.eks. benyttet til tildekkingen av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven i Oslofjorden.
- *Fallbunnslekter*
Fallbunnslekter slipper ut massene gjennom bunnen av skroget via separate luker som kan åpnes gradvis. Utslippshastigheten vil normalt være lavere enn fra en splittlekter. I de fleste tilfeller åpnes ikke alle luker samtidig, noe som bidrar til bedre kontroll med massene som slippes ut. Denne metoden har f.eks. blitt benyttet til tildekkingen ved Hanneviksbukta i Kristiansand, i Trondheim havn og ved Langøyene i indre Oslofjord.
- *Pumping av masser gjennom rør ned til like over sjøbunnen*
Tildekkingsmasser legges ut ved at de pumpes fra et fartøy eller lekter der massene blandes med vann og pumpes gjennom et rør og slippes ut rett over sjøbunnen. Denne metoden brukes der man ønsker å ha høy grad av kontroll over hvor massene plasseres på sjøbunnen, samt hvor man ønsker å unngå blakking av vannet i overflaten. Denne metoden er for eksempel brukt i Opticap-prosjektet både ved tildekking i Grenlandsfjordene og utenfor Fiskerstrand.
- *Spredning av masser over vannoverflaten slik at disse spres igjennom luften før de synker gjennom vannet ned til sjøbunnen (rainbowing)*
Tildekkingsmasser pumpes ut fra et rør over vannoverflaten slik at massene spres gjennom luft før de sedimenterer gjennom vannsøylen ned til sjøbunnen. Denne metoden brukes ofte dersom man ønsker størst mulig spredning av tildekkingsmassen. Dette kan gjøres for å dekke til inntil eller innunder kaier og andre konstruksjoner i vannkanten/grunne områder. Denne metoden er bl.a. brukt i Tromsø havn, indre Oslo havn og Trondheim havn.

Ved Gassverkstomta vil tildekking i all hovedsak skje på dyp >20 m, i et område med relativt rolige strømforhold. Følgelig anses bruk av splittlekter eller fallbunnslekter som mest egnet. Nedpumping i rør vurderes også som en egnet metode, men dette vil i utgangspunktet være en mer tidkrevende og kostnadskreven metode enn bruk av splittlekter eller fallbunnslekter.

Tildekkingsmasser

I delkapitlene nedenfor gis en overordnet beskrivelse av type tildekkingsmasser som kan benyttes for tildekking av forurenset sjøbunn. Beskrivelsene er hentet fra Miljødirektoratet (2016b), med mindre modifikasjoner i etterkant.

Mineralske masser

Et tradisjonelt tildekkingslag består som regel av sand, finknuste steinmasser, rene mudrede masser, og/eller andre mineralske masser som legges ut i flere lag med ulike funksjoner. Slike lag vil typisk være et blandingslag, isolasjonslag, adveksjonslag, bioturbasjonslag og evt. erosjonssikringslag. En skisse over teoretisk oppbygging av et tradisjonelt tildekkingslag er presentert i Figur 43. I Norge er mineralske masser ofte lett tilgjengelig og relativt rimelige, og derfor er slike masser mye brukt som tildekkingsmasser.

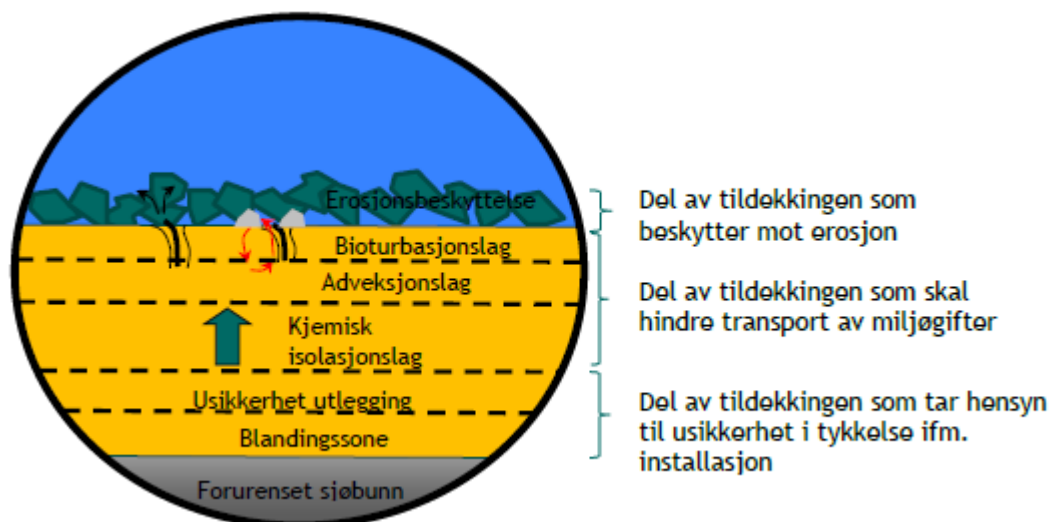
Mineralske masser har imidlertid som regel liten evne til å binde forurensningen og fungerer derfor kun som en fysisk barriere mellom de forurensete sedimentene, vannmassene og biota i overkant av tildekkingslaget. Denne tildekkingsløsningen forutsetter derfor at en tilstrekkelig del av tildekkingen ikke påvirkes av bioturbasjon eller vannstrømmer (adveksjon) og må derfor bygges opp med tanke på dette.

Vannstrømning i mindre skala inne i tildekkingslaget kan oppstå som følge av trykkforskjeller forårsaket av vannstrøm og bølger i vannmassen like over tildekkingen. For å hindre transport gjennom tildekkingen med slik strømning kan isolasjonstildekking designes med et lag med lav permeabilitet (adveksjonslaget, se Figur 43).

Tildekkingen må minimum ha en tykkelse som er større enn det som blandes av aktiviteten til sedimentlevende dyr (bioturbasjonsdyppet) og må derfor i praksis være tykkere enn 10 cm.

Denne tildekkingsløsningen er den vanligste tildekkingsløsningen i gjennomførte tildekkingsprosjekter i Norge, og har bl.a. vært benyttet i Trondheim havn (NGI, 2017), Sandefjordsfjorden (Skanska, 2018), Langøyene (Rambøll, 2021), Gilhusbukta (NGI, 2020), Puddefjorden i Bergen (PEAB, 2018) og Arendal (Multiconsult, 2019).

For tiltaksområdet ved Gassverkstomta vurderes dette som en egnet tildekkingsløsning.



Figur 43. Teoretisk illustrasjon av et tildekkingslag med mineralske masser hentet fra Miljødirektoratet (2016b).

Tynnsjiktstildekking med aktive materialer

Dersom det er ønskelig å dekke til store arealer eller etablere et så tynt tildekkingslag som mulig, kan tynnsjiktstildekking med aktive materialer (f.eks. aktivt kull) være fordelaktig.

En slik tildekking vil være bare noen få cm tykk og vil derfor være tynnere eller om lag like tykt som bioturbasjonsdypet. En slik tildekking vil i vesentlig grad bli blandet med det forurensede sedimentet under. For at denne løsningen skal redusere spredning og biotilgjengelighet av miljøgiftene er det nødvendig at tildekkingen inneholder aktive materialer som binder miljøgiftene. Dette gjør at fritt løste konsentrasjoner av miljøgifter i porevannet på sjøbunnen reduseres og dermed også biotilgjengeligheten og utlekking av disse.

Metoden er lite brukt i stor-skala i Norge, men ble benyttet i et pilotprosjekt i Trondheim havn og i OptiCap-prosjektet i Grenlandsfjordene i perioden 2009-2012 (Miljødirektoratet, 2016b; NGI, 2022). I prosjektet OptiCap i Grenlandsfjordene ble det undersøkt i hvilken grad aktivt kull kunne benyttes til å etablere egnete tynnsjiktstildekkingslag. Etterovervåkning har vist at et tildekkingslag med aktivt kull er godt egnet for å redusere utlekking og opptak av miljøgifter i organismer (NIVA, 2021). Metoden medfører imidlertid negative effekter på bunnfauna, noe som igjen kan påvirke næringsgrunnlaget til bl.a. fisk og dermed gi effekter på det lokale økosystemet (NIVA, 2021). Følgelig er det sannsynlig at metoden ikke vil kunne tilfredsstille miljømålet om godt økologisk potensial i tiltaksområdet ved Gassverkstomta. Bruk av aktive materialer er en relativt kostbar tiltaksløsning sammenlignet med bruken av mineralske masser. I tillegg foreligger det ingen begrensninger på tildekkingsstykkelsen (ved bruk av mineralske masser) på sjøbunnen ved Gassverkstomta mht. områdebruk og vanddyp. Følgelig vurderes det som lite egnet å benytte tynnsjiktstildekking med aktive materialer som tiltaksløsning på sjøbunnen ved Gassverkstomta.

Mineralske masser inkludert aktivt lag

For å øke tildekkingslaget med mineralske masser sin evne til å binde forurensning, kan det blandes inn aktive materialer (f.eks. aktivt kull) i et eller flere av tildekkingslagene (NGI, 2013). På denne måten kan tildekkingslagets evne til å minimere utlekking av forurensning til vannsøylen optimaliseres gjennom å redusere transport gjennom tildekkingen dersom det forventes betydelig transport for eksempel gjennom grunnvannsutstrømning eller annen adveksjon. I så fall vil tildekkingen fungere som en filterbarriere. Løsningen er mer kostbar enn å kun benytte mineralske masser, og er mindre vanlig i Norge enn kun bruk av mineralske masser. I tillegg vil aktive materialer kunne virke negativt på rekoloniseringen av biologiske organismer i området (Miljødirektoratet, NGI, NIVA og Universitetet i Stockholm, 2014; NIVA, 2021).

Tildekking med aktive masser er særlig aktuell dersom grunnvannstransport er en viktig transportmekanisme for vannløst eller frifase forurensning gjennom den forurensede sjøbunnen (Miljødirektoratet, 2016b). Sjøbunnen i tiltaksområdet består av sedimenter på relativt stort vanddyp (i all hovedsak >20 m), med relativt begrenset mektighet (Rambøll, 2022b), og stedvis er det fast fjell i området (Multiconsult, 2020a). Områdebruken og vanddypet setter ingen begrensninger for tildekkingslagets tykkelse i området utenfor Gassverkstomta, forurensningstransport med grunnvannsutstrømning er trolig også et begrenset problem. Følgelig vurderes tildekking med mineralske masser uten aktive materialer å være mer hensiktsmessig enn mineralske masser iblandet aktive materialer.

Spesialprodukter

I en del områder kan det være utfordringer knyttet til etablering av tildekkingslag på bakgrunn av bunnforhold, bunnsubstratets bæreevne, områdebruk eller tilsvarende. Det finnes ulike spesialtilpassede løsninger for å etablere fungerende tildekkingslag i slike utfordrende områder.

Betongmadrasser kan brukes i havner, hvor det er vanskelig å etablere et varig tildekkingslag grunnet propelloppvirvling fra skip, eller i skråninger bestående av løsmasser. Det finnes ulike typer betongmadrasser, men fiberduk med betonginjiserte lommer, eller prefabrikkerte betongmadrasser er det vanligste (Miljødirektoratet, 2016b). Bruk av betongmadrasser anses ikke som nødvendig i tiltaksområdet ved Gassverkstomta.

Bentonittleire eller andre materialer med tettende egenskaper kan benyttes dersom det er fare for at grunnvannsstrømmer gjennom tildekkingen eller det er behov for et tynt tildekkingslag. Dette finnes bl.a. som en fiberduk med innpakket leire, som kan rulles ut på sjøbunnen (Miljødirektoratet, 2016b). Bruk av bentonittleire anses ikke som nødvendig i tiltaksområdet ved Gassverkstomta.

Geotekstilduk kan brukes for å øke bæreevnen av bunnen som tildekkes, separere ulike deler av et tildekkingslag, bestående av forskjellige masser med ulik kornfordeling, eller unngå sammenblanding med de forurensede sedimentene og de rene tildekkingsmassene (Miljødirektoratet, 2016b). Ulemper ved bruk av geotekstilduker i tildekkingsprosjekter kan imidlertid være at de er skadeutsatt ved ankring eller andre inngrep på sjøbunnen, samt at de kan samle opp gass som siver ut fra underliggende sedimenter dersom duken er for tett. Ved bruk i strandsonen kan erosjon av overliggende masser også medføre at duken kommer til overflaten og blir synlig. Geotekstilduk har blitt benyttet i flere prosjekter i Norge (Miljødirektoratet, 2016b), og kan være aktuelt for tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta grunnet de myke sedimentene i området. Dette vil imidlertid trolig være relativt kostbart og for omfattende for hele tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta.

Mudring

I rapporten *Mudringsmetoder for forurenset sjøbunn* (DNV, 2008) er ulike mudringsmetoder beskrevet i detalj. Nedenfor oppsummerer vi i overordnede trekk de vanligste mudringstypene og gir en vurdering av hvilke metodikker som vil være mest egnet for mudring i tiltaksområdet ved Gassverkstomta.

Sugemudring

Sugemudring er en ren hydraulisk mudring der sedimentene suges direkte fra sjøbunnen med en pumpe. Ved sugemudring pumpes en blanding av muddermasser og vann opp gjennom et rør direkte til land eller til fartøy/lekter.

Ved denne metoden er det vann som brukes til å transportere massene fra sjøbunnen til fartøy/lekter eller landdeponi. Sugemudring genererer store vannmengder, og i de fleste tilfeller vil pumping av de mudrede massene direkte til land være foretrukket.

Et typisk svakt punkt ved sugemudringsoperasjonen er at et gitter monteres ved røroppningen tilstoppes, og det er behov for rengjøring. Under denne prosessen kan en del sedimenter renne ut fra sugesiden. Sugemudring er en velegnet metode for løse masser (ikke klebrige). Merk at sugemudring på større vanddyp vil kreve stor pumpekapasitet.

Mekanisk-hydrauliske metoder

Mekanisk-hydraulisk mudring er en kombinasjonsmetode hvor massene løses opp mekanisk og deretter sugemudres fra sjøbunnen til land eller til fartøy/lekter.

Typiske metoder, som kan være relevante for sedimentene utenfor Gassverkstomta er:

- *Horisontal auger*

Sedimentene fjernes med en roterende «skrue» som er laget slik at massene blir skjøvet mot midtpunktet av skruen. Ved midtpunktet finnes det en pumpe som suger opp massene og de transporteres via et rør til lekter eller direkte til land. Metoden er egnet for sjøbunn som er relativt jevn og myk og ikke inneholder store steiner og søppel. Følgelig er metoden trolig mindre aktuell for området ved Gassverkstomta.

- *Kuttersuger*

En kuttersuger består av et roterende kutterhode montert på en sugestige (arm) festet til selve mudringsfartøyet. Kutterhodet løser opp massene på bunnen, og massene ledes til et rør, montert ved siden av kutterhodet, tilkoblet en pumpe som suger opp massene og transporterer dem via rør til fartøy/lekter eller direkte til land. Metoden er ikke så kritisk for ujevn bunn som horisontal auger, men er følsom for sjøbunn som inneholder store steiner og søppel. Metoden kan være aktuell for mudring av sedimenter ved Gassverkstomta, men kan være utfordrende mht. vanndybde. En tilsvarende metode har blitt benyttet til å mudre kreosotforurensede sedimenter (stedvis fri-fase tjære og PAH-konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» tilsvarende sedimentene utenfor Gassverkstomta) i Gilhusbukta (Fjordbyen Lier og Drammen, 2022; Kornmo, 2022).

- *Disk kutter*

En disk kutter består av et roterende horisontalt skovlhjul med blader montert på en sugestige (arm) festet til selve mudringsfartøyet. Det roterende skovlhjulet løser opp massene på bunnen, og i sentrum av skovlhjulet sitter et rør tilkoblet en pumpe som suger opp massene til lekter eller direkte til land. Metoden er egnet for sjøbunn som er relativt jevn og myk og ikke inneholder store steiner og søppel. Følgelig er metoden trolig mindre aktuell for området ved Gassverkstomta.

Grabbmudring

Grabbmudring er den vanligste og minst kostbare mudringsmetoden. Grabbmudring kan gjøres med en bakgraver eller mer spesialtilpasset grabb-metodikk. Dette er beskrevet mer utdypende nedenfor.

Bakgraver

En gravemaskin plassert på en lekter benyttes til å grave opp sedimenter fra sjøbunnen, og de mudrede sedimentene plasseres på lekteren eller annet nærliggende fartøy. Metoden er egnet for alle typer sjøbunn, men har begrensninger med hensyn til vanndyp. Merk også at graveskuffen må være tilpasset miljømudring, ved å ha et lokk, slik at den kan løftes lukket gjennom vannsøylen uten at de mudrede sedimentene spres. Metoden tilfører mindre vann til de mudrede sedimentene enn sugemudring, og behovet for avvanning er derfor mindre enn ved sugemudring. Bruk av bakgraver til mudring av tjæreforurensede og finpartikulære sedimenter vil mest sannsynlig medføre uakseptabel oppvirvling og spredning av forurensning i vannsøylen. Følgelig vurderes ikke bruk av bakgraver som egnet for mudring av tjæreforurensede sedimenter ved Gassverkstomta.

Grabb

Det finnes mange forskjellige typer av grabber. For miljømudring er det mest aktuelt å bruke en lukket grabb utformet som en gripeskovl. Selve grabben kan være festet i en fast arm eller henge i en vaier. Fordelen med fast arm er at det gir bedre nøyaktighet enn hvis den henger i en vaier, men utstyrt med vaier kan grabben brukes til å mudre på betydelig større dyp. Metoden er egnet for alle typer sjøbunn, men harde masser lar seg vanskelig mudre med grabb i vaier. I likhet med mudring ved bakgraver, tilfører metoden mindre vann til de mudrede sedimentene enn sugemudring. Behovet for avvanning er derfor mindre enn ved sugemudring.

Tradisjonell grabbmudring av tjæreforurensede sedimenter vil mest sannsynlig medføre uakseptabel oppvirvling og spredning av forurensning i vannsøylen. Følgelig vurderes ikke grabbmudring som egnet for de tjæreforurensede sedimentene ved Gassverkstomta.

Frysemudring

Frysemudring er en mudringsteknikk for skånsom innkapsling og fjerning av forurensede sedimenter. De forurensede sedimentene som skal fjernes fryses fast i blokker som løftes opp med minimal forurensningsspredning i og utenfor vannet.

Metoden gir god kontroll på tykkelse av sedimentet som skal fjernes og minimerer vannvolumet som ellers måtte renses. Forurensede sedimenter kan med fordel fraktes i frosset tilstand for å minimere avrenning og fordampning av uønskete stoffer før rensing eller deponering. Metoden er lite benyttet i stor-skala-prosjekter som Renere fjord Ålesund, og vurderes som lite aktuell for tiltaksområdet i sjø ved Gassverkstomta.

Vedlegg 6. Vurdering av ulike tiltaksløsninger

Tiltaksområdet er i all hovedsak >20 m og benyttes i liten grad til havneaktivitet og skipsanløp. Følgelig må det ikke tas hensyn til dybde på ny sjøbunn i etterkant av et oppryddingstiltak, og potensialet for oppvirvling av sedimenter (inkl. et evt. tildekkingslag) på sjøbunnen er begrenset til naturlige prosesser i området, f.eks. bioturbasjon. Området er derfor i utgangspunktet god egnet for å etablere et tildekkingslag, og maksimaltykkelsen på dette vil i all hovedsak bli styrt av de geotekniske forholdene i området. Tildekking av tjæreholdige masser kan imidlertid være utfordrende, fordi vekten av tildekkingslaget kan medføre utpressing/fortrengning av tjære både horisontalt og vertikalt.

De omkringliggende områdene i Volsdalsvågen er også sterkt forurenset (Rambøll, 2022b), og en tiltaksplan for opprydding av disse områdene er også under utarbeidelse (Rambøll, 2022e). Det er også en aktiv forureningskilde fra den eiendommen til det gamle Gassverket (Statsforvalteren i Møre og Romsdal, 2021b), og en tiltaksplan for å håndtere denne grunnforurensningen er under utarbeidelse.

Tiltak mot forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta må ses i sammenheng med øvrige tiltak mot forurenset sjøbunn i Volsdalsvågen som del av *Renere fjord Ålesund* prosjektet, samt tiltak for å håndtere forurenset grunn på Gassverkstomta-eiendommen på land. Statens vegvesen har igangsatt et prosjekt med å etablere ny gang- og sykkelvei ved E136 Ålesundsvegen langs tiltaksområdet. Dette prosjektet må også planlegges og koordineres sammen med foreslåtte tiltak mot forurensning på land og på sjøbunnen ved Gassverkstomta, og Volsdalsvågen for øvrig.

Anbefalte tiltak som omtales videre gjelder utelukkende for tiltaksområdet på sjøbunnen ved Gassverkstomta. Etter Rambølls vurdering vil en kombinasjon av mudring og tildekking kunne være et varig tiltak i området dersom det prosjekteres riktig, og gjøres i samsvar med framtidig bruk av området.

I tiltaksplanen for Aspevågen fra 2015 (Rambøll, 2015) er det anbefalt å tildekke sjøbunnen i Volsdalsvågen, inkludert området med forurenset sediment utenfor Gassverkstomta. I ettertid har imidlertid et stort område med tjæreforurensede sedimenter og «farlig avfalls»-konsentrasjoner av PAH-16 og benzo(a)pyren blitt identifisert. Som nevnt ovenfor vil tildekking av de tjæreholdige massene være utfordrende, og trolig ikke varig. Det er også et generelt krav fra miljømyndighetene om at «farlig avfall» skal fjernes/mudres før forurensede sedimenter tildekkes med rene masser. I overensstemmelse med Multiconsult (2020a) anbefaler vi derfor at det gjennomføres mudring av dette «hot-spot» området med tjære og «farlig avfall», før det gjennomføres tildekking av de forurensede sedimentene i hele tiltaksområdet.

I kapitlene nedenfor presenterer vi de ulike tiltaksløsningene som er vurdert, og det gis en vurdering av hvilken tiltaksløsning som anbefales for tiltaksområdet ved Gassverkstomta. Alle de vurderte alternativene, utenom null-alternativet, forutsetter at det gjennomføres tiltak mot forurenset sjøbunn i øvrige deler av Volsdalsvågen (delområde 4) i overensstemmelse med tiltaksplanen for Aspevågen (Rambøll, 2015). Tiltaksløsningen som anbefales beskrives i detalj i hovedrapportens kapittel 9.

Null alternativet

Null-alternativet innebærer at det ikke gjøres aktive tiltak mot forurenset sjøbunn utenfor Gassverkstomta, men at naturlige prosesser på sikt vil medføre en naturlig restitusjon av miljøtilstanden. Miljøtilstanden på sjøbunnen vil derfor forbli uendret på kort sikt, men på lang

sikt kan miljøtilstanden forbedres gjennom naturlig tildekking med renere sedimenterende partikler.

For at et slikt tiltak skulle fungert må, som et minimum, området ha en høy sedimentasjonshastighet og det må oppnås kildekontroll. For tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta må forurensningskilder på land ha blitt håndtert, slik at det ikke tilføres ny forurensning til sjøbunnen. Denne prosessen er igangsatt gjennom pålegg om tiltaksplan for sikring av forurenset grunn fra Statsforvalteren (Statsforvalteren i Møre og Romsdal, 2021b). Det er imidlertid noe usikkert i hvilken grad andre tilførsler, som bl.a. avrenning fra E136 og avløp-/overvannsutslipp, påvirker sjøbunnen i tiltaksområdet.

Den naturlige sedimentasjonshastigheten er lav i området, og man kan regne med at naturlig restitusjon vil ta flere ti-år (Rambøll, 2015). I tillegg vil det være usikkert i hvilken grad naturlig sedimentering ville kunne forbedre miljøtilstanden i områdene med tjæreforurensning.

På bakgrunn av foreslåtte miljømål og prioriteringen av Ålesunds havneområde som et prioritert område for opprydding av forurenset sjøbunn, er det ikke rom for å akseptere null-alternativet som et egnet tiltak for sjøbunnen utenfor Gassverkstomta.

Konklusjon: Null-alternativet ansees som et uakseptabelt alternativ for tiltaksområdet på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta.

Alternativ 1: Tildekking av forurenset sjøbunn

Alternativ 1 innebærer at det kun gjennomføres tildekking av de forurensete sedimentene i tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta.

En slik løsning innebærer at forurensningskilden fra eiendommen til Gassverkstomta må sikres før tiltaksområdet tildekkes med et egnet tildekningslag. En slik løsning er vurdert som del av risiko- og tiltaksvurderingen for området (Multiconsult, 2020a). For delene av tiltaksområdet som ikke inneholder fri-fase tjære og konsentrasjoner av PAH-16 (og benzo(a)pyren) tilsvarende «farlig avfall», vil tildekking kunne være egnet. For områdene med tjære og «farlig avfall» vil imidlertid ikke tildekking være egnet.

Basert på det ovennevnte anses ikke alternativ 1 som et egnet tiltak for opprydding av forurenset sjøbunn i tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta. En mer reell tiltaksløsning vil imidlertid være å mudre sedimenter med fri-fase tjære og konsentrasjoner av PAH tilsvarende «farlig avfall» før det etableres et tildekningslag av forurenset sediment i tiltaksområdet. Dette vurderes som alternativ 3 nedenfor.

Konklusjon: Alternativ 1 anses som et uegnet alternativ for tiltaksområdet på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta.

Alternativ 2: Mudring av forurenset sjøbunn

Mudring av forurensete sedimenter er i all hovedsak en tiltaksløsning for å fjerne lokale "hot-spots" med særlig høy forurensning eller for å opprettholde/øke seilingsdyp der det er for grunt til å kun gjennomføre tildekking av forurenset sjøbunn (Miljødirektoratet, 2018). Erfaringer viser imidlertid at det ofte trengs flere runder med mudring for å oppnå ønsket resultat, fordi oppvirvling og omrøring av masser fører til resedimentering av forurenset sediment på sedimentoverflaten der det er mudret (Miljødirektoratet, 2018). Det er også en utfordring å finne egnet disponeringsløsning for de mudrede sedimentene.

Sugemudring ved bruk av kuttersuger anses som den mest aktuelle metoden for mudring av tjæreforurensede sedimenter ved Gassverkstomta. Dette fordi dette er den mest skånsomme mudringsmetoden, som vil generere minst mulig oppvirvling og resedimentering av forurenset finstoff i sedimentene, men samtidig løse opp sedimentene på bunnen før de ledes til sugemekanismen. Sugemudring med kuttersuger har blant annet blitt benyttet for å fjerne tilsvarende tjæreforurensede sedimenter i Gilhusbukta i Lier kommune (NGI, 2020; Fjordbyen Lier og Drammen, 2022; Kornmo, 2022).

Metoden betinger tilgang på arealer for avvanning av masser, og egnet sted for deponering. Det vil trolig være behov for rensing av avvannet vann i flere prosesser med f.eks. sedimenteringsbasseng og/eller geotuber, oljeutskillere og tilsvarende. Det er begrenset med tilgjengelig areal for et slikt midlertidig renseanlegg i området rundt Gassverkstomta.

Masser fra «hot-spot» området, som klassifiseres som «farlig avfall», må transporteres til godkjent deponi for slike masser. For slike masser er det, som nevnt av Multiconsult (2020a), få reelle alternativer i Norge. Det finnes imidlertid løsninger i utlandet, og det vil kunne være mulig å eksportere mudrede sedimenter, som klassifiseres som «farlig avfall», til utlandet. Blant annet kan deponiet Slufter i Nederland være et reelt alternativ (Port of Rotterdam, 2022). De øvrige massene som evt. vil bli mudret, dersom kun mudring velges som alternativ som opprydding av forurenset sjøbunn ved Gassverkstomta, vil også måtte håndteres som forurensede masser. Det finnes i utgangspunktet to ulike alternativer for håndtering av disse massene; levering til godkjent deponi eller benytte massene til å etablere strandkantdeponi. Begge deler er relativt kostbare løsninger, men etablering av strandkantdeponi (utfylling i sjø) kan ha en gevinst i at det etableres nytt land som kan benyttes til egnede formål.

Forurensningsmektigheten i sedimentene i tiltaksområdet er ikke kartlagt ned til akseptabelt nivå iht. både det langsiktige og det kortsiktige miljømålet for prosjektet (mediankonsentrasjon tilsvarende god tilstand for PCB7, PAH-forbindelser og utvalgte tungmetaller (se Vedlegg 4)), utenom på en stasjon (>28 cm på stasjon GV-KJ-08 like utenfor primærområdet for forurensning fra Gassverkstomta). Dersom prosjektet skal gjennomføres som et rent mudringsprosjekt for å oppnå god miljøtilstand for de gjeldene parameterne (PCB7, enkeltforbindelser av PAH16 og utvalgte tungmetaller), er det derfor stor usikkert knyttet til mudringsbehovet for området. I tillegg er det lite trolig at mudring, uten tildekking av sjøbunnen i etterkant av mudring, vil resultere i akseptabel miljøtilstand i overflatesedimentene. Dette på grunn av oppvirvling og avsetning av forurensede sedimenter under og etter mudringsprosessen.

Sammenlignet med tildekking, er mudring i utgangspunktet mer kostbar, tidkrevende, plasskrevende og mer komplisert metodikk for opprydding av forurenset sjøbunn. Områdebruken og sjødybden i tiltaksområdet tilsier også at etablering av et tildekkingslag vil være mulig i området. Tildekkingslaget må imidlertid designes i overensstemmelse med de geotekniske forholdene i området.

Basert på det ovennevnte mener vi at planlagt mudringsvolum bør begrenses i forbindelse med gjennomføring av oppryddingstiltak av sjøbunnen utenfor Gassverkstomta. Det vil være behov for å fjerne masser som inneholder fri fase tjære, eller konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» for PAH16 og benzo(a)pyren, men utover dette anses mudring som et lite hensiktsmessig tiltak.

Konklusjon: Alternativ 2 anses som et uegnet alternativ for tiltaksområdet på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta

Alternativ 3: Mudring av farlig avfall og tildekking av resterende sjøbunn

Multiconsult (2020a) har i sin risiko- og tiltaksvurdering for området anbefalt å sugemudre forurenset sediment med tjære og der konsentrasjonen av PAH16 overskrider 200 mg/kg, og deretter etablere et tildekkingslag på 0.5 m. En slik løsning forutsetter at forurensningskilden fra eiendommen til Gassverkstomta sikres før tiltaksoppstart i sjø.

Som et rent miljøprosjekt for tiltaksområdet, er det også Rambølls vurdering at en løsning som kombinerer mudring og tildekking vil være det mest egnede for området. Det vurderes imidlertid som tilstrekkelig å mudre masser med tjære eller konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» for benzo(a)pyren eller PAH-16, ikke alle områder med PAH-16 konsentrasjoner >200 mg/kg. Dette fordi tildekking av sediment med konsentrasjoner >200 mg/kg, men <2500 mg/kg, vil være mulig å gjennomføre på en god måte så lenge det ikke er fri fase tjære i området. I tillegg vil et slikt mudringstiltak være svært kostbart, slik at mudringsvolum bør begrenses så langt det er miljømessig forsvarlig.

Basert på modellering av utbredelsen av sediment med konsentrasjoner av PAH-forbindelser tilsvarende «farlig avfall» vil det imidlertid være behov for å mudre sediment i et område på ca 7670 m². Områdene bestående av steinfylling mot land ved Gassverkstomta, fjellgrunnen i sentrale deler av området, samt hardbunn i skråningen mot Bålholmen er ekskludert fra dette området. Allikevel forventes det at deler av området har svært liten sedimentmektighet eller stedvis hardbunn (Multiconsult, 2020a; Rambøll, 2022a). Følgelig vil det være noe usikkerhet knyttet til sedimentmektigheten i ulike deler av tiltaksområdet, og derfor det mulige mudringsvolumet for området.

Resultatene fra undersøkelsen av forurensningsmektigheten i området indikerer at det som et minimum vil være behov for å mudre de øvre 30 cm av sedimentene. Det vurderes imidlertid som sannsynlig at det er lokale variasjoner i mektigheten på sedimentene som må mudres, dvs. sediment som inneholder konsentrasjoner av tjære og konsentrasjoner tilsvarende «farlig avfall» for PAH-forbindelser. Nøyaktighet på mudringsdyp er begrenset ved mudring på vanddyp tilsvarende tiltaksområdet utenfor Gassverkstomta. Basert på det ovennevnte anbefaler vi i denne tiltaksplanen å mudre minimum 0.5 m mektighet av sediment i det planlagte mudringsområdet. Det settes ingen maksimalgrense for mudringsmektighet i tiltaksområdet. Dette vil derimot kunne bli bestemt som følge av den geotekniske detaljprosjekteringen, i neste fase av prosjektet.

Sugemudring ved bruk av kuttersuger anses som den mest aktuelle metoden for mudring av forurensete sediment ved Gassverkstomta. Dette fordi dette er den mest skånsomme mudringsmetoden, som vil generere minst mulig oppvirvling og avsetning av forurenset finstoff i sedimentene. Sugemudring med kuttersuger har blant annet blitt benyttet for å fjerne tilsvarende tjæreforurensete sediment i Gilhusbukta i Lier kommune (NGI, 2020; Fjordbyen Lier og Drammen, 2022; Kornmo, 2022).

Metoden betinger tilgang på arealer for avvanning av masser, og egnet sted for deponering. Det vil trolig være behov for rensing av avvannet vann i flere prosesser med f.eks. sedimenteringsbasseng og/eller geotuber, oljeutskillere og tilsvarende. Det er begrenset med tilgjengelig areal for et slikt midlertidig renseanlegg i området rundt Gassverkstomta.

Masser fra «hot-spot» området, som klassifiseres som «farlig avfall», må transporteres til godkjent deponi for slike masser. For slike masser er det, som nevnt av Multiconsult (2020a), få reelle alternativer i Norge. En mulig løsning kan være deponering på NOAH, men dette alternativet må utredes nærmere da det i utgangspunktet ikke er mulig. Det finnes imidlertid løsninger i utlandet, og det vil kunne være mulig å eksportere mudrede sediment, som klassifiseres som «farlig

avfall», til utlandet. Blant annet kan deponiet Slufter i Nederland være et reelt alternativ (Port of Rotterdam, 2022). Dersom deler av massene som mudres ikke er å anse som «farlig avfall», vil disse også måtte håndteres som forurensede masser. Kravene til deponering er imidlertid noe mindre strenge for slike masser. Det finnes i utgangspunktet to ulike alternativer for håndtering av disse massene; levering til godkjent deponi eller benytte massene til å etablere strandkantdeponi. Dette er mindre relevant for det aktuelle tiltaksalternativet, da det kun vurderes som relevant å mudre «farlig avfall» før tildekking.

I etterkant av at det er gjennomført mudring, skal resterende deler av tiltaksområdet i sjø tildekkes med rene masser. Tildekkingslaget må designes iht. de geotekniske forholdene, for å motstå erosjon og hindre spredning som følge av bioturbasjon, adveksjon og diffusjon.

Det finnes flere ulike designløsninger for tildekkingslag mht. type masser, tykkelse, lagdeling osv. Tradisjonell tildekking med mineralske masser vurderes som den mest aktuelle og minst kostnadskrevende tildekkingsløsningen for området. En slik type tildekking innebærer bruk av sand eller tilsvarende, og kan designes etter prinsippene i Figur 43 i Vedlegg 5 med et blandingssonelag direkte over de forurensede sedimentene, et usikkerhetslag for å sikre tilstrekkelig tykkelse, deretter et kjemisk isolasjonslag, så et adveksjonslag og til slutt et bioturbasjonslag. Det er viktig at utleggingsmetoden er tilpasset de lokale geotekniske forholdene og substratstypen som skal tildekkes. Ved behov kan det etableres et erosjonssikringslag på toppen. Den totale tykkelsen på et slikt tildekkingslag bør være 0.5 m eller tykkere for å sikre en langsiktig løsning med tilstrekkelig isolerende egenskaper.

Laget må ligge stabilt uten risiko for utglidninger og erosjon, og design av tildekkingslaget og utleggingsmetode vil måtte vurderes i lys av de lokale geotekniske forholdene. Dette for at risiko for utglidninger og langsiktig holdbarhet på tildekkingslaget skal være akseptabel. De geotekniske forholdene i området er undersøkt gjennom innledende undersøkelser høsten 2021 (Rambøll, 2022c). Strømforholdene i området er undersøkt i området gjennom undersøkelser i perioden januar til mars 2022. Funnene er presentert i Vedlegg 3 og viser relativt rolige strømforhold i området.

Konklusjon: Alternativ 3 anses som det beste alternativet for tiltak mot forurensning på sjøbunnen utenfor Gassverkstomta.

Alternativ 4: Utfylling av tiltaksområdet

I forbindelse med fremtidig områdeutvikling i Volsdalsvågen eksisterer det planer om å fylle ut hele eller deler av tiltaksområdet i sjø ved Gassverkstomta.

Ingen utfylling i sjø kan gjøres ved Gassverkstomta før det er gjennomført sikringstiltak mot utlekking til sjø av forurensning fra Gassverkstomta på land. Alternativt kan sikringstiltakene mot utlekking av forurensning gjennomføres som en del av aktuelle utfyllingstiltak. Sikringstiltakene mot utlekking av forurensning fra Gassverkstomta omtales i en separat tiltaksplan som er under utarbeidelse.

Ved prosjektering av en eventuell fremtidig utfylling av hele, eller deler av, området må det tas hensyn til forurenset sjøbunn og eventuelle tildekkingslag som er etablert eller planlagt etablert i området. Mudring av sediment med konsentrasjoner av farlig avfall må være gjennomført i forkant av et eventuelt utfyllingstiltak som berører det aktuelle området med sediment med konsentrasjoner av farlig avfall. Etablering av et egnet tildekkingslag kan prosjekteres som del av et utfyllingstiltak, dersom det er planlagt å gjennomføre utfylling i tiltaksområdet med forurenset sediment. Etablering av tildekkingslaget gjøres imidlertid gjøres i forkant av en utfylling som

berører forurenset sediment i tiltaksområdet, og utfyllingen må prosjekteres slik at tildekkingslaget ikke blir skadet.

Dersom et utfyllingstiltak planlegges etter at det er gjennomført opprydding av forurenset sediment utenfor Gassverkstomta, eller Volsdalsvågen for øvrig, vil det være svært viktig å utrede i hvilken grad tildekkingslaget vil tåle den aktuelle utfyllingen, og om det evt. må gjøres konkrete avbøtende tiltak for at utfyllingen i sjø ikke vil skade tildekkingslaget. Dette er viktig for å opprettholde den isolerende funksjonen til tildekkingslaget, slik at ikke underliggende forurensning blir gjort tilgjengelig og spredt ut av utfyllingsområdet under både anleggs- og driftsfase. Slike avbøtende tiltak kan f.eks. være å legge ut ekstra egnede tildekkingsmasser/erosjonssikringslag for å øke tåle- og bæreevnen til tildekkingslaget, eller iverksette konkrete metodetilpasninger for utlegging av utfyllingsmasser slik at det gjøres på en skånsom måte, som ikke skader tildekkingslaget i uakseptabel grad.

Dersom utfylling i sjø i tiltaksområdet skal skje før tiltaksområdet er ryddet opp, vil prosjektering måtte ta hensyn til dette og inkludere opprydding av delene av tiltaksområdet der det skal fylles ut, samt influensområdet rundt. Mudring av sedimenter med tjære og konsentrasjoner av PAH tilsvarende «farlig avfall» bør imidlertid søkes løst i sin helhet gjennom ett mudringstiltak og ikke flere mindre mudringstiltak. Tildekking av forurenset sjøbunn kan imidlertid gjennomføres i flere operasjoner, og det er relativt vanlig å etablere et tildekkingslag på sjøbunnen før utfylling i urbane områder. Det er for eksempel stilt krav om dette ved en mindre utfylling i sjø i Ålesund (Statsforvalteren i Møre og Romsdal, 2021c) eller ved en større utfylling i sjø i Drammen havn (Statsforvalteren i Oslo og Viken, 2022). Det er allikevel anbefalt å gjennomføre opprydding av hele tiltaksområdet før noe utfylling finner sted. Dette for å sikre den best mulige håndteringen og tiltaksløsningen for opprydding av forurenset sjøbunn i området.

Konklusjon: Utfylling av hele eller deler av tiltaksområdet er i seg selv ikke et egnet oppryddingstiltak for forurenset sjøbunn i området. Dersom det skal utføres utfylling i sjø i det aktuelle området, anbefales det at det gjøres i etterkant av at det er gjennomført et helhetlig oppryddingstiltak av forurenset sjøbunn i tiltaksområdet ved Gassverkstomta. Utfyllingsarbeidene må imidlertid prosjekteres og gjennomføres slik at det ikke medfører nevneverdige skader på tildekkingslaget.