



*Horten Ren Indre havn*  
*Opprydding i forurenset sjøbunn*  
*Program for langtidsovervåkning etter tiltak*

*Revisjon: 30.5.2022*



Program for langtidsovervåkning skal dokumentere at miljømålene som er satt for tiltaket overholdes og om nødvendig danne grunnlag for vurdering av avbøtende tiltak.

Dette programmet angir omfang, hyppighet, varighet og metoder for overvåkning. Overvåkingen skal dokumentere miljøtilstanden i Horten Indre havn, om tildekkingen fungerer etter hensikten, om naturverdier reetableres og om det lekker ut miljøgifter fra deponiet.

Horten kommune er ansvarlig for gjennomføring av overvåkingen. Arbeidet blir satt ut på anbud, med en varighet på 3 år, med opsjon på ytterligere 2 år. Deretter gjøres en vurdering av overvåkningsprogrammet og det lyses ut på nytt anbud for 3 + 2 år. Behov for fortsatt overvåking vurderes etter dette.

Behov for eventuelle avbøtende tiltak vurderes i forbindelse med årlig rapportering.

Internettadressen til siden som viser rapporter relevant for Indre havn er:

<https://www.horten.kommune.no/kommunalomrader/kultur-og-samfunnsutvikling/kommuneutvikling/by-og-tettstedsutvikling/utvikling-av-havneomradene/ren-indre-havn/rapporter/> Det vises også til referanselisten bak i dette overvåkningsprogrammet.

**Revisjonshistorikk:**

Mars 2022:

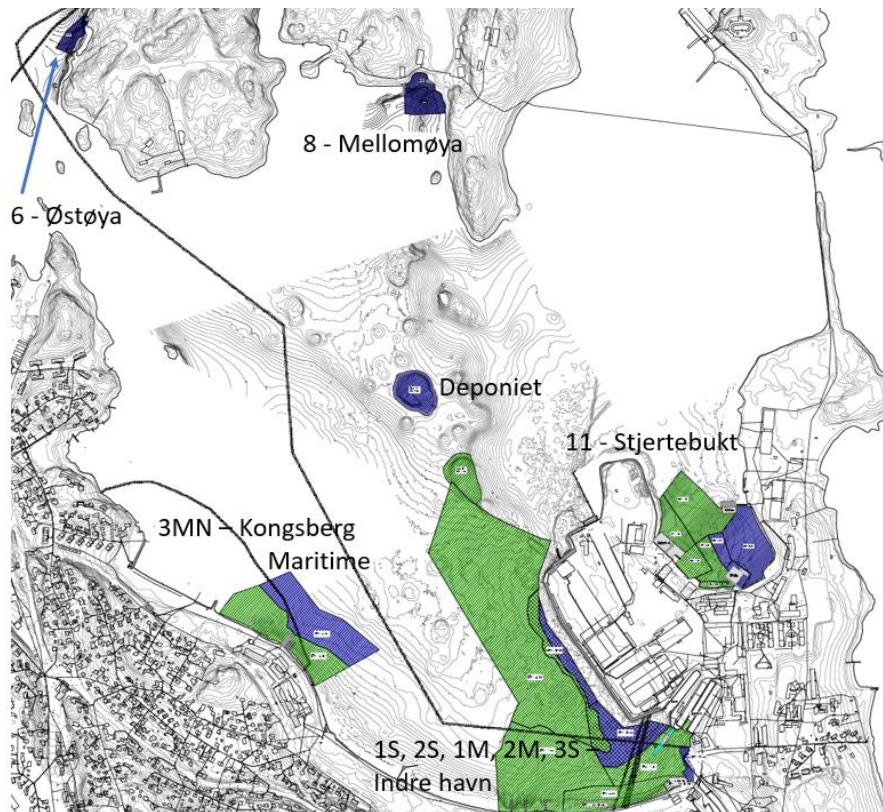
- Det er rettet en del skrivefeil og puttet inn to figurer som var nevnt i tekst, men ikke var kommet med.
- Det er satt inn et nytt kapittel som beskriver overvåking av TBT og kobber i sediment (2.2)
- Det skal settes ut sedimentfeller i 2022.
- Transektene i Stjertebukta skal vurderes visuelt, både ift tildekkingslag og naturressurser.

Mai 2022:

- Kapittel 2.2: 5 nye prøvepunkt er kartfestet
- Tabell 1: Innsamling av biota til kjemisk analyse er tatt inn i år 3.
- Kapittel 2.1: Lagt inn presisering om rapportering.
- Kapittel 2.3: Lagt inn begrunnelse for antall prøver.
- Kapittel 2.4.2: Det skal gjennomføres innsamling og kjemisk analyse av blåskjell og bunndyr i år 3. Dersom det ikke finnes blåskjell vil det vurderes å sette ut bur med blåskjell i år 6.

## Innholdsfortegnelse

1. Informasjon om forhold i Indre havn .....	5
1.1. Hydrografisk forhold Indre havn .....	5
1.1.1. Saltholdighet.....	5
1.1.2. Temperatur.....	5
1.1.3. Oksygen .....	5
1.2. Kjemisk tilstand .....	5
1.3. Økologisk tilstand og miljøgifter i biota .....	6
1.4. Tilførsel fra kilder på land.....	7
2. Program for langtidsovervåkning .....	9
2.1. Generelle krav .....	9
2.2. Overvåking av TBT og kobber i sediment .....	11
2.3. Sedimentprøver – kjemisk analyse.....	12
2.4. Fungerer tildekkingen etter hensikten.....	16
2.4.1. Visuell vurdering av tildekkingslaget i utsatte områder.....	16
2.4.2. Innsamling av biota og prøvetaking til kjemisk analyse .....	20
2.4.3. Sedimentfeller – kjemisk analyse .....	21
2.5. Reetablering av naturressurser .....	22
2.5.1. Sedimentprøver – økologisk analyse.....	22
2.5.2. Visuell vurdering av utvalgte områder .....	26
2.6. Overvåking av at deponerte masser ligger stabilt og at tildekkingen over massene er intakt 28	
2.6.1. Passive prøvetakere (SPMD, POM og DGT).....	28
2.6.2. Visuell kontroll av tildekkingen i deponiet .....	29
3. Referanser .....	31



Figur 1 Oversikt over de ulike delområdene med navngivning.



Figur 2 Oversikt over alle prøvestasjoner langtidsovervåking.

# 1. INFORMASJON OM FORHOLD I INDRE HAVN

Nedenfor følger en kort oppsummering av forhold i Indre havn som er relevant å ta hensyn til for langtidsovervåkning av tiltaket.

## 1.1. HYDROGRAFISK FORHOLD INDRE HAVN

Det er tidligere målt saltholdighet, temperatur og oksygen ved til sammen fem lokasjoner: Tre lokasjoner i indre havn, én lokasjon ved terskelen i Vealøsrenna og én på utsiden av terskelen. Disse stasjonene skal følges opp med årlige målinger i dette overvåkningsprogrammet

### 1.1.1. SALTHOLDIGHET

Resultatene fra de tre lokasjonen inne i Indre havn viser et tydelig sjikt ved 5 m vanddyb der saltholdigheten øker fra omtrent 15 PSU til mellom 25 og 30 PSU. Dette viser at det er et vannlag med lavere saltholdighet i de øvre vannmassen i Indre havn.

### 1.1.2. TEMPERATUR

Temperaturen viser ikke en like tydelig trend som saltholdigheten. Omtrent midt i havnebassenget påvises det en tydelig sjikting med temperaturendring fra omtrent 4 grader i overflaten ned til 10 m vanddyb, til omtrent 8 grader i dypere vannmasser. De andre to lokasjonene i Indre havn er grunnere enn 10 m og vanntemperaturen er omtrent 4 grader i hele vannsøyla ved disse to lokasjonene. For de to lokasjonene ved terskelen og utenfor terskelen er temperaturen 4 grader gjennom hele vannsøyla.

### 1.1.3. OKSYGEN

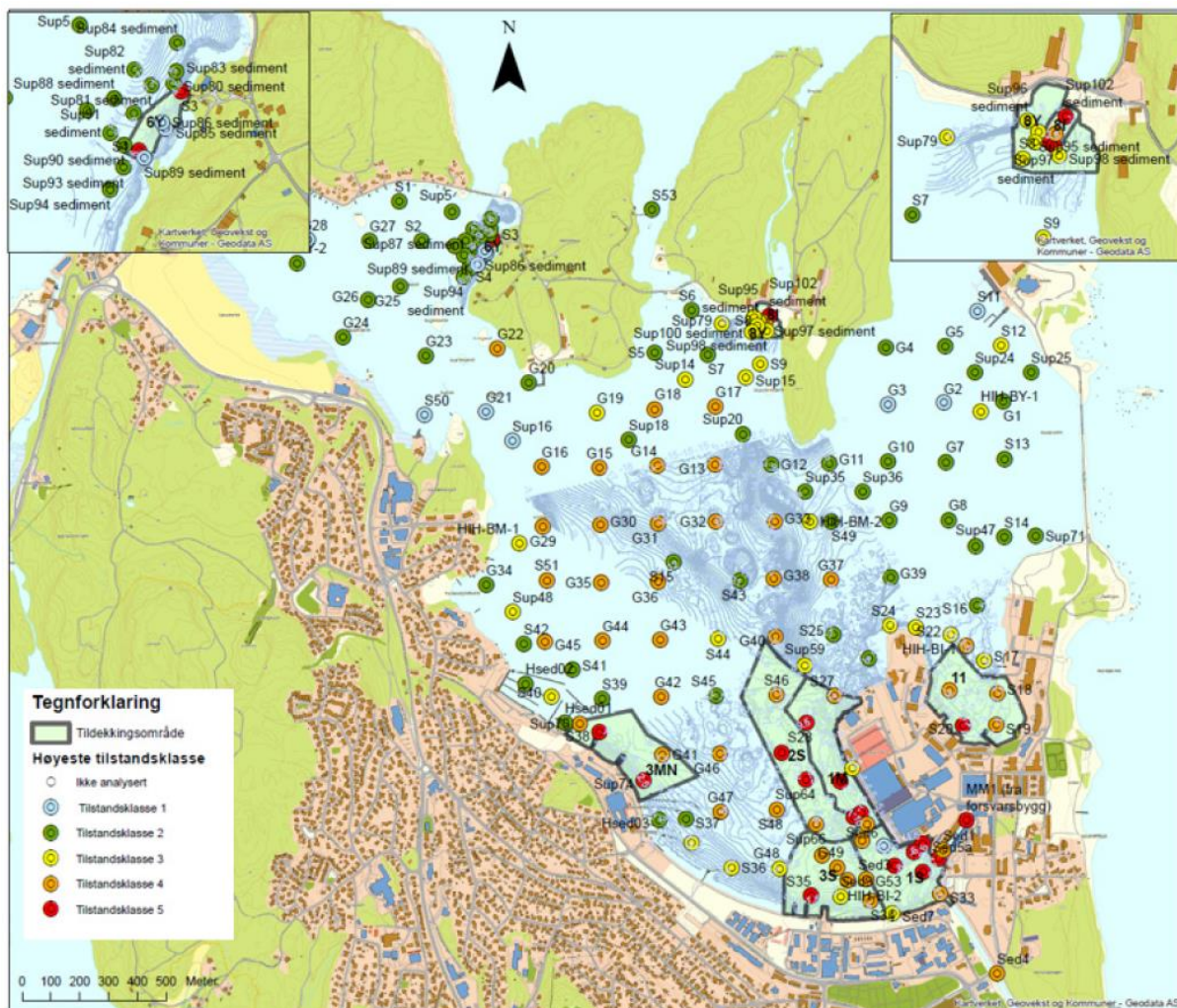
Ved den dypeste stasjonen er det et tydelig skille mellom overliggende oksygenholdig vann fra 0 til omtrent 10 m vanddyb, og anoksiske vannmasser fra 15 til 25 m vanddyb. Oksygenkonsentrasjonen reduseres fra 10 mg/L i overflaten til 0 mg/L ved 20 m vanddyb. Denne overgangen kan så vidt sees på en av lokasjonene der vanddybet er 10 m, men sees ikke for den tredje lokasjonen i Indre havn der vanddybet er kun 8 m.

Ved terskelen og utenfor terskelen sees ingen antydning til anoksiske vannmasser.

## 1.2. KJEMISK TILSTAND

Den kjemiske tilstanden før tildekkingen ble gjennomført i Indre havn i Horten er grundig kartlagt gjennom flere år. Figur 3 viser en oversikt over stasjoner hvor det er tatt prøver av sedimentet, og hvilken tilstandsklasse konsentrasjonen av miljøgifter tilsvarer.

Etter at tiltaket er gjennomført skal den kjemiske tilstanden i sjøbunnen tilsvare tilstandsklasse 2 (TK2) etter grenser i Veileder 02:2018 i ni av ti prøvepunkt. Ett av ti prøvepunkt kan overskride TK2, men ikke TK3. Det langsiktige målet er at sjøbunnen ikke skal overstige tilstandsklasse 3 i tiltaksområdene.



Figur 3, Horten Havn og de ulike delområdene. Punktene viser sedimentprøver og de er farget etter dårligste tilstandsklasse før tiltak for bly, kvikksølv, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH-16) eller klorerte bifenyler (PCB-7) etter grenser gitt i veileder TA-2229/2007, se tegnforklaringen til venstre. Kartet er hentet fra NGI, 2016.

### 1.3. ØKOLOGISK TILSTAND OG MILJØGIFTER I BIOTA

Den økologiske tilstanden til bløtbnnsfauna har ikke blitt vurdert før tiltaket ble gjennomført, men en studie gjennomført på foraminiferer i 2014 viser at indre havn i Horten sannsynligvis har liten artsdiversitet (Hess m.fl., 2014). Dette antas å skyldes de naturlige hydrografiske forholdene for Indre havn.

Det har vært gjennomført vurdering av oppkonsentrasjon av miljøgifter i biota i indre havn (COWI, 2013A og Cowi, 2013B). Resultatene fra undersøkelsen viste moderate nivå av miljøgifter i bunndyrene, med enkelte høye nivåer av TBT, PAH-16 og PCB-7. I rapporten ble det også kommentert at det ble observert lav artsdiversitet.

Etter at tiltaket er gjennomført består sjøbunnen i tiltaksområdene av ren sand/grus uten flora eller fauna.

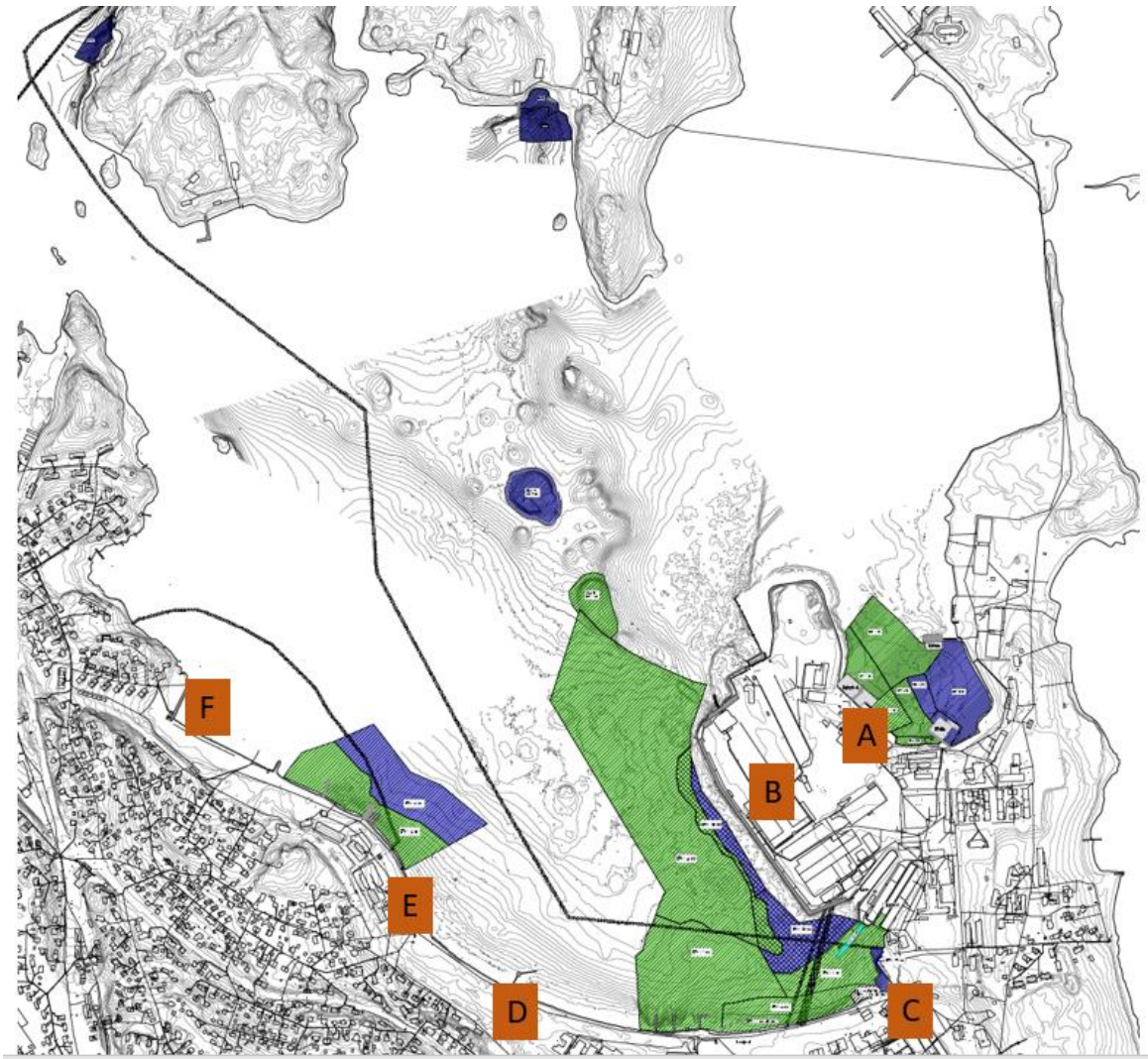
## 1.4. TILFØRSEL FRA KILDER PÅ LAND

Det ble i 2015 gjennomført en kartlegging av tilførsel av miljøgifter fra land til Indre havn i Horten (Golder, 2015). Undersøkelsene viser at tilførsel av forurensning til havnebassenget hovedsakelig vil komme fra oppvirvling av forurenset sediment og intern spredning i havnebassenget. I tillegg vil overvann fra tilgrensende områder, utlekking fra forurenset områder på land, samt utslipp fra skipsverft og slip-plasser, skip og småbåthavner kunne være en kilde til tilførsel av miljøgifter til Indre Havn i Horten.

For utlekking fra forurenset grunn ble den gamle akkumulatorfabrikken og Exide Sønnak identifisert som områder der det bør gjennomføres undersøkelser for å avklare hvorvidt det forekommer spredning av miljøgifter til Indre havn (Golder, 2015). Ved Exide Sønnak er det gjort tiltak og det pågår overvåkning. For utslipp fra skipsverft, slipper, skip og småbåthavner ble dokken ved HIP identifisert som et område som burde overvåkes nøyer, i tillegg ble puss og vedlikehold i småbåthavnene hentet frem som en mulig kilde til forurensning (Golder, 2015).

I forbindelse med overvåkingen av tiltaket med opprydning i Indre Oslofjord, Ren Oslofjord, er utslipp av overvann trukket frem som en vesentlig bidragsyter til rekontaminering av tildekkingslaget (NGI, 2020). Situasjonen vil være lik i Horten som for Oslo, og utslipp av overvann til havnebassenget kan føre til en rekontaminering av tildekkingslaget. Utslipp av overvann ble også i for Indre havn vurdert til å være en mulig kilde til rekontaminering av tildekkingslaget (Golder, 2015).

De kildene på land som er vurdert når overvåkningsprogrammet ble utarbeidet er vist i figuren under.



Figur 4, Kilder på land som kan bidra til rekontaminering av tildekkingslaget i Indre havn i Horten. A= akkumulatorfabrikk, B = overvannskummer og dokka hos HIP, C = Hortenskanalen, D = forurenset grunn/fylling, E = Pluggen båtforening, F = Sælavika og Solviken båtforening. Grønn og blå skraver er tildekkingsområdene



## 2. PROGRAM FOR LANGTIDSOVERVÅKNING

### 2.1. GENERELLE KRAV

For å svare ut krav i tillatelsen med vilkår for langtidsobservasjon er programmet skrevet slik at det skal dokumentere følgende punkter:

#### **Miljøtilstand i Horten Indre havn:**

- Prøvetaking av sediment til kjemisk analyse

#### **Om tildekkingen fungerer etter hensikten**

- Visuell vurdering av tildekkingslaget i transekter i alle delområder
- Innsamling av biota og prøvetaking til kjemisk analyse
- Sedimentfeller og analyse av innhold

#### **Om naturressurser reetableres**

- Prøvetaking av sediment til økologisk analyse
- Visuell inspeksjon av utvalgte områder

#### **Om det lekker ut miljøgifter fra deponiet**

- Passive prøvetakere (SPMD) i flukskamre, DGT og POM i vannkolonna
- Visuell inspeksjon av tildekkingslaget over deponiet

Hyppighet og varighet for overvåkingen er beskrevet i Tabell 1 på neste side. Tabellen viser også omfanget av overvåking for hvert år. Programmet følges slik det er satt opp for de første fem årene etter tiltaket; det vil si etter 1 år, 2 år, 3 år, 4 år og 5 år. Samtidig med at resultatene fra undersøkelsen 5 år etter tiltak foreligger skal det at det gjøres en vurdering av samtlige resultater som er samlet inn for de 5 foregående årene og at programmet revideres om nødvendig.

For eksempel kan sedimentprøvene til analyse av kjemisk tilstand gjøres med kjerneprøvetaker og seksjoneres før analyse. Dette kan være nyttig hvis det for de foregående årene observeres en økning i konsentrasjonen av miljøgifter i overflatesedimentet. Ved å seksjonere øvre sediment fra underliggende vil det fremkomme data som viser om forurensningen kommer nedenfra eller ovenfra. Det skal også ved 5 år etter tiltak gjøres en vurdering av om plasseringen av stasjoner for sedimentfeller er optimal, eller om det observeres en rekontaminering av tildekkingslaget som gjør at det er andre kilder til partikler i indre havn som bør overvåkes med feller.

Det er lagt opp til at det gjøres full overvåking som inkluderer alle elementer nevnt i punktlisten over etter 1 år, 3 år, 6 år og 9/10 år etter tiltak. Når programmet revideres etter 5 år har man derfor data fra to fulle runder med overvåking og så vil man etter revisjon ha to nye runder med revidert oppsett.

Konsulentene vil årlig utarbeide en overvåkingsrapport. Denne skal senest være ferdigstilt den 1. mars påfølgende år, og oversendes Statsforvalteren i Vestfold og Telemark.

For de ulike overvåkningsmetodikkene er det beskrevet hvilke miljøgifter det skal analyseres for. Delområde 1M/2S er ekstra utsatt for erosjon, det er derfor inkludert at det skal gjøres visuelle inspeksjoner av delområdet i transekter for å avdekke eventuell erosjon. I tillegg er det satt opp 2 stasjoner med sedimentfeller for å avdekke spredning fra eksklusjonsområdet på innsiden av 1M/2S mot HIP for å avdekke en eventuell spredning fra dette utildekkede området til tilgrensende tildekkede områder. Stasjoner for prøvetaking av sediment til kjemisk analyse er lagt i et transekt

langs HIP for å ytterligere bidra til å fange en eventuell spredning fra området som ikke er dekket til. Analysedata fra partikler i fellene sammen med analysedata av sedimentet skal sammen kunne avdekke en eventuell spredning fra området som ikke er dekket til.

Tabell 1 Oversikt over hyppighet av overvåkning etter gjennomført tiltak i Indre havn i Horten. Tallene angir antall år etter ferdig tiltak. Tiltaket ferdigstilles i november 2020. Første overvåkning gjennomføres forsommer 2021.

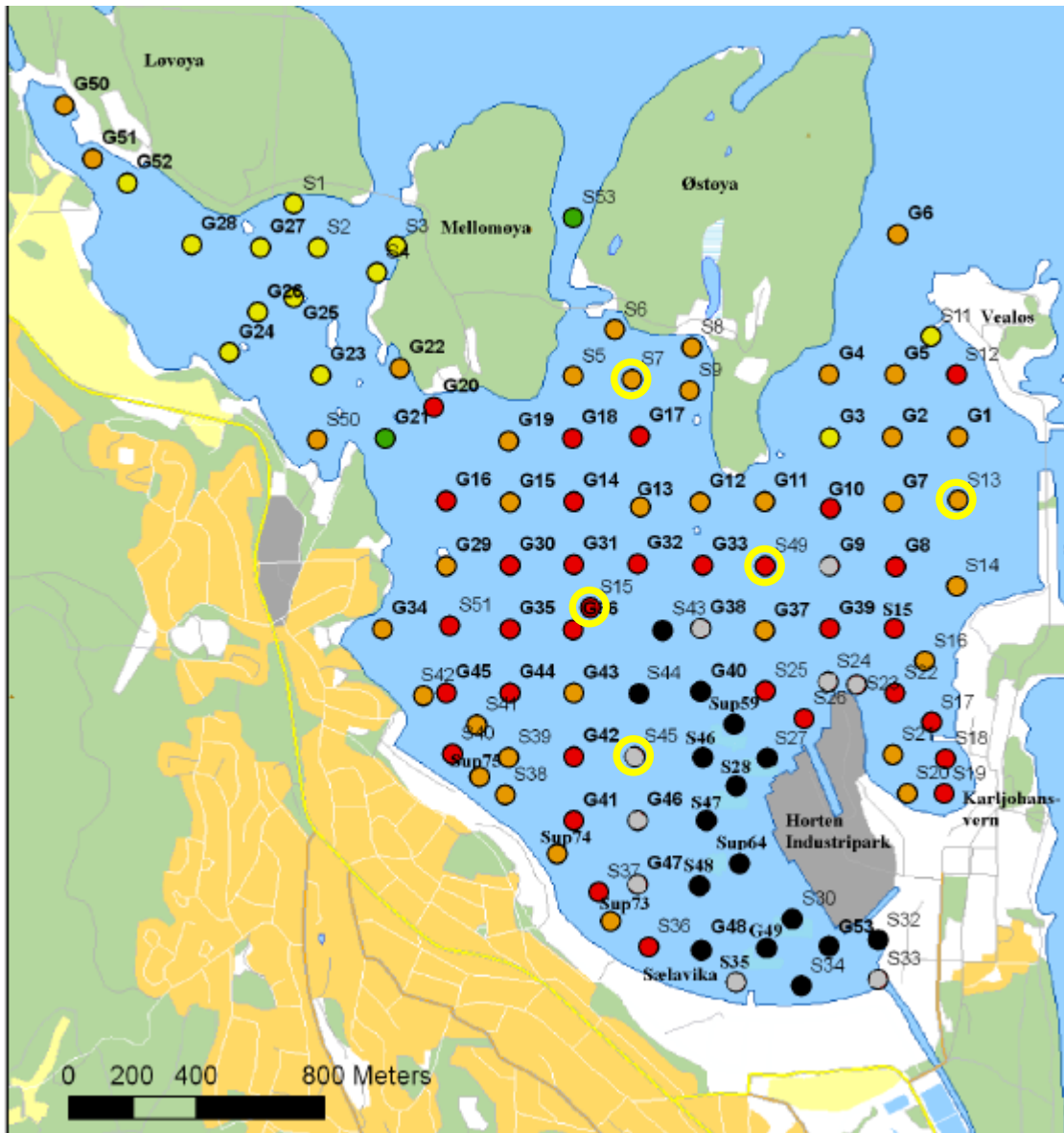
Aktivitet	2021 – 1 år	2022 – 2 år	2023 – 3 år	2024 – 4 år	2025 – 5 år	2026 – 6 år	2027 – 7 år	2028 – 8 år	2029 – 9 år	2030 – 10 år
<b>1. Miljøtilstand i Horten Indre havn</b>										
Prøvetaking av sediment til kjemisk analyse	X		X			X			X	
<b>2. Fungerer tildekkingen etter hensikten</b>										
Visuell vurdering av tildekkingslaget	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Innsamling av biota til kjemisk analyse			X			X			X	
Sedimentfeller og analyse av innhold	X	X	X			X			X	
<b>3. Vurdering av reetablering av naturressurser</b>										
Visuell inspeksjon dykker eller ROV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Prøvetaking av sediment til økologisk analyse			X			X			X	
Visuell vurdering av reetablering	X	X	X	X	X	X			X	
Hydrografi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>4. Overvåkning av deponerte masser og tildekkingslag</b>										
Visuell vurdering integritet tildekkingslag	X	X	X	X	X	X			X	X
SPMD i flukskamre på sjøbunn over deponiet	X		X			X			X	
POM + DGT (Hg og met.) i vannkolonna	X		X			X			X	

## 2.2. OVERVÅKING AV TBT OG KOBBER I SEDIMENT

I tillatelsen er det et krav om overvåking av TBT og kobber i sediment. Statsforvalteren har et ønske om at dette også skal overvåkes i områder hvor det ikke er gjennomført tiltak. Som beskrevet i tiltaksplanen (NGI, 2016) kan en ikke forvente en nedgang i kobberkonsentrasjonene i sedimentene, men heller en økning, da kobber er en viktig bestanddel i dagens bunnstoff. UiO (2014) har vist at konsentrasjonene av TBT (med nedbrytningsstoffer) har en klar nedgang i sedimentet de senere år.

TBT og kobber vil i etterovervåkingen følges opp på følgende måte:

- Sediment fra sedimentfellene, innenfor og utenfor tiltaksområdet, vil analyseres på kobber og TBT (om det er nok sediment).
- Sedimentprøver i tiltaksområdet vil analyseres på kobber og TBT.
- I vurderingsrapporten, i år 5 (2025), skal konsulenten vurdere om og når det bør tas kjerneprøver en eller flere ganger i perioden 2026-2030, i områder utenfor tiltaksområdet. Før dette vil det være praktisk vanskelig å få gode prøver, om en legger til grunn en antatt sedimentasjonsrate på 2 mm/år. Da vil det i år 5 ha akkumulert 1 cm nytt sediment.
- Det vil allikevel gjennomføres kjerneprøvetaking i fem punkt i 2023. Punktene er plassert utenfor tiltaksområdet, ved punkter tidligere tatt med kjerne av NIVA i 2011, slik at det er mulig å vurdere utviklingstrender i kobber og TBT konsentrasjoner (figur 5).
- Kjernene vil analyseres i intervallene 0-2 cm, 2-5 cm og 5-10 cm. Analyseparametere vil være kobber, TBT, DBT og MBT.



Figur 5: Prøvepunkter fra NIVAs undersøkelse i 2011. Farger viser tilstandsklasser for TBT i overflatesediment (NIVA 2011A).

### 2.3. SEDIMENTPRØVER – KJEMISK ANALYSE

Dette anbefales at prøvetaking av sediment gjøres med grabb. Analyse av innhold av miljøgifter i disse massene vil vise om tildekkingslaget i tiltaksområdet er intakt. Prøvetaking og analyse skal gjøres som det er beskrevet i NS EN ISO/IEC-17025 Generelle krav til prøvetaking og kalibreringslaboratoriers kompetanse (Norsk standard, 2017), samt andre krav som er beskrevet i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018).

Ved prøvetaking skal krav i NS EN ISO 5667-19:2004 (Norsk standard, 2004) og Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018) følges. For hver stasjon skal det tas 4 grabbhugg og det lages en blandprøve av de øverste 0-10 cm av de fire prøvene. Blandprøven sendes til analyse. Resultatene skal klassifiseres etter grenser gitt i Veileder M608. Indre havn i Horten har mål om god kjemisk tilstand innen 2022-2027. Sedimentet skal beskrives med hensyn til konsistens, farge, lukt og foreslått korngradering, og dokumenteres med foto.

Følgende antall stasjoner er foreslått for de ulike delområdene:

- 6 – Mellomøya (4 800 m<sup>2</sup>): 3 stasjoner

- 8 – Østøya (10 250 m<sup>2</sup>): 3 stasjoner
- 3MN – Kongsberg Maritime (62 300 m<sup>2</sup>): 5 stasjoner
- 1S, 3S, 2S, 1M – Indre havn (278 000 m<sup>2</sup>): 12 stasjoner
- 11 – Stjertebukt (69 300 m<sup>2</sup>): 4 stasjoner

Antall stasjoner per delområde varierer mellom 1 per 1600 m<sup>2</sup> til 1 per 23000 m<sup>2</sup>. I snitt tas det 1 prøve per 16000 m<sup>2</sup>. Håndteringsveilederen (M-350) anbefaler 1 prøve per 10000-40000 m<sup>2</sup>. Antallet defineres bl.a. etter homogeniteten til sedimentene. I tiltaksområdet er det nå lagt ut tildekkingsmasser over det hele. Sedimentene er dermed homogene. På bakgrunn av dette anser vi at foreslåtte prøvetakingsprogram er tilstrekkelig.

Forslag til plassering av stasjoner er vist i Figur 6, Figur 7, Figur 8, Figur 9 og Figur 10 på denne og påfølgende sider.



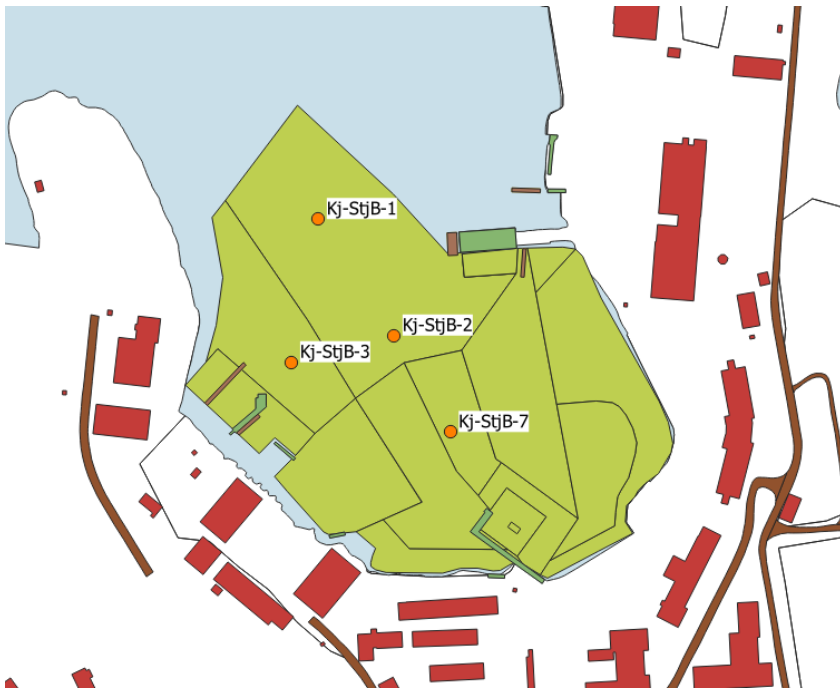
Figur 6 Oversikt over stasjoner for prøvetaking av sediment til kjemisk analyse i delområde 6



Figur 7 Oversikt over stasjoner for prøvetaking av sediment til kjemisk analyse i delområde 8



Figur 8 Oversikt over stasjoner for prøvetaking av sediment til kjemisk analyse i delområde 3MN



Figur 9 Oversikt over stasjoner for prøvetaking av sediment til kjemisk analyse i delområde 11



Figur 10 Oversikt over stasjoner til prøvetaking av sediment til kjemisk analyse i delområde Indre havn (3S+1S+1M+2S)

Det tas prøver av sedimentet til kjemisk analyse etter 1 år, 3 år, 6 år og 9 år etter tiltak.

6 og 9 år etter tiltak kan det vurderes om prøvetaking av sediment til kjemisk analyse skal gjøres med kjerneprøvetaker. Dette gir mulighet til å skille det øverste sedimentet fra dypereliggende sediment. Hvis det etter 1 og 3 år observeres at konsentrasjonen i sedimentet øker, kan en seksjonering av sedimentet før analyse gi dokumentasjon på om tilførsel av forurensning kommer ovenfra eller nedenfra. Sedimentasjonsrate i Horten indre havn er målt til mellom 4,6 og 1,7 mm/år (NGI, 2016), som gir en sedimenttilvekst på mellom 4,6 cm og 1,7 cm over 10 år, eller mellom 10 og 30 mm etter 6 år og mellom 15 og 42 mm etter 9 år. Hvis det velges å utføre sedimentprøvetaking med kjerneprøvetaker bør kjernene derfor seksjoneres ved 0,5 cm etter 6 år, og 2 cm etter 9 år. Ulempen med å bruke kjerneprøvetaker er at det kan være vanskeligere å penetrere og å komme ned til tilstrekkelig sedimentdyp i tildekkingsmassene sammenlignet med van veen grabb.

Analytter i sediment: PAH-16, PCB-7, Pb, Hg, TBT, Cu, As, Cd, Cu, Cr, Ni, Zn.

Hyppighet: 1 år, 3 år, 6 år og 9 år etter gjennomført tiltak

## 2.4. FUNGERER TILDEKKINGEN ETTER HENSikten

Hvorvidt tildekkingen fungerer etter hensikten er foreslått overvåket med:

- Visuell vurdering av tildekkingslaget i utsatte områder
- Innsamling av biota og prøvetaking til kjemisk analyse
- Utsetting av sedimentfeller og kjemisk analyse av innhold

### 2.4.1. VISUELL VURDERING AV TILDEKKINGSLAGET I UTSATTE OMRÅDER

Tildekkingslaget inspiseres visuelt med ROV (eller dykker) i områder som antas å være særskilt utsatt for erosjon. Dette inkluderer spesielt delområdene 1M/2S som ligger utenfor HIP. Her er det ankomst av større båter og for eksempel en akutt situasjon som krever bruk av større motorkraft enn det tildekkingslaget er dimensjonert for kan føre til skade på tildekkingslaget.

Transekter for visuell vurdering av tildekkingslaget i utsatte områder er vist i Figur 11, Figur 12, Figur 13 og Figur 14 på neste 2 sider.

Områdene overvåkes hvert år frem til programmet skal revideres (etter 5 år). Med utgangspunkt i dataene som foreligger etter 5 år kan visuell vurdering av tildekkingslaget utelates for 7, 8 og 10 år etter tiltak.

Hyppighet: 1 år, 2 år, 3 år, 4 år, 5 år, 6 år, (7 år, 8 år), 9 år, (10 år) etter tiltak

Det foreslås i tillegg å gjøre en mindre hyppig vurdering også av arealene ved øyene, delområde 6 og 8. Det forventes derfor ikke erosjonsskader i disse områdene siden det er liten eller ingen båttrafikk i disse to områdene. Det gjøres ett transekt med visuell vurdering av tildekkingslaget i hvert av områdene 3 år etter tildekking. Posisjonen til transektene i disse områdene er vist i Figur 14 og Figur 15.

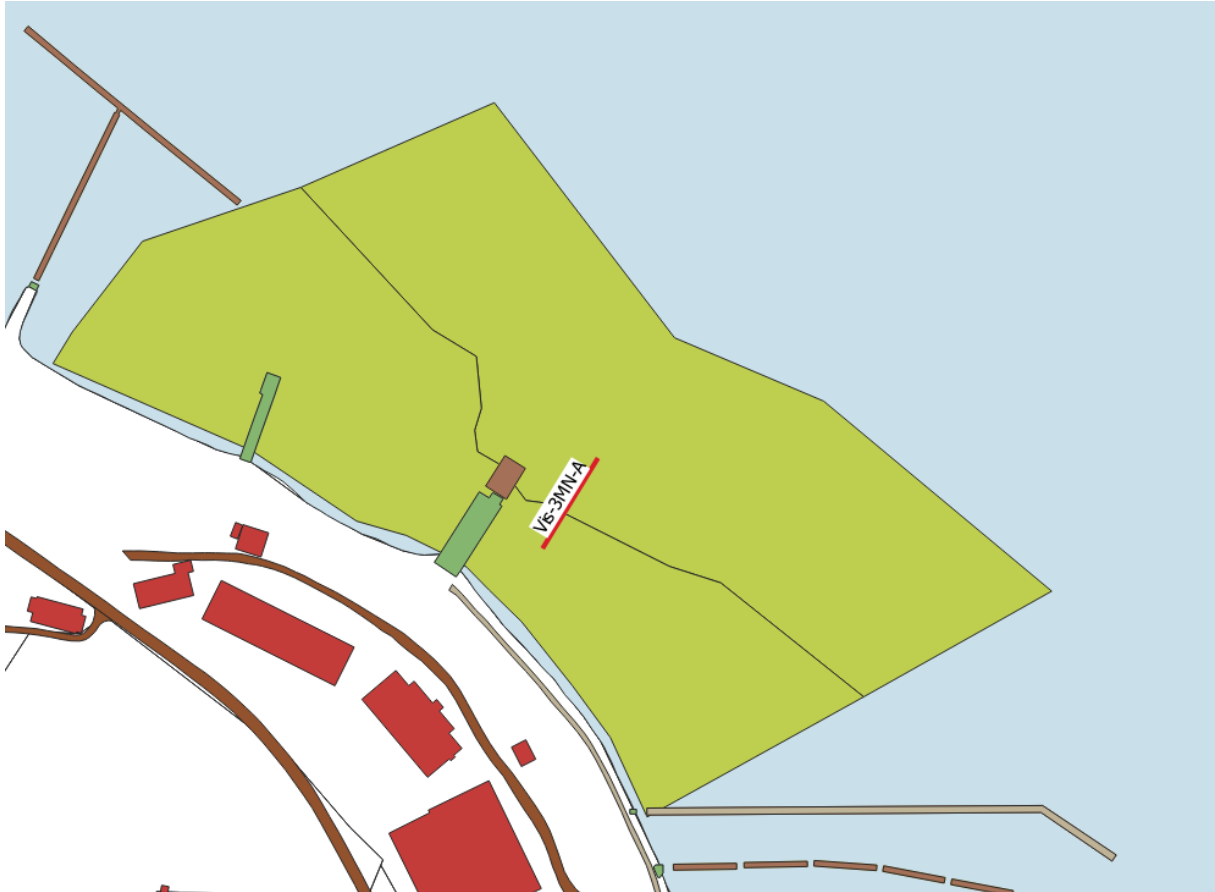




Figur 11 Posisjoner for transekter for visuell vurdering av tildekkingslag i delområdet Indre havn (1M, 2S, 1S, 3S)



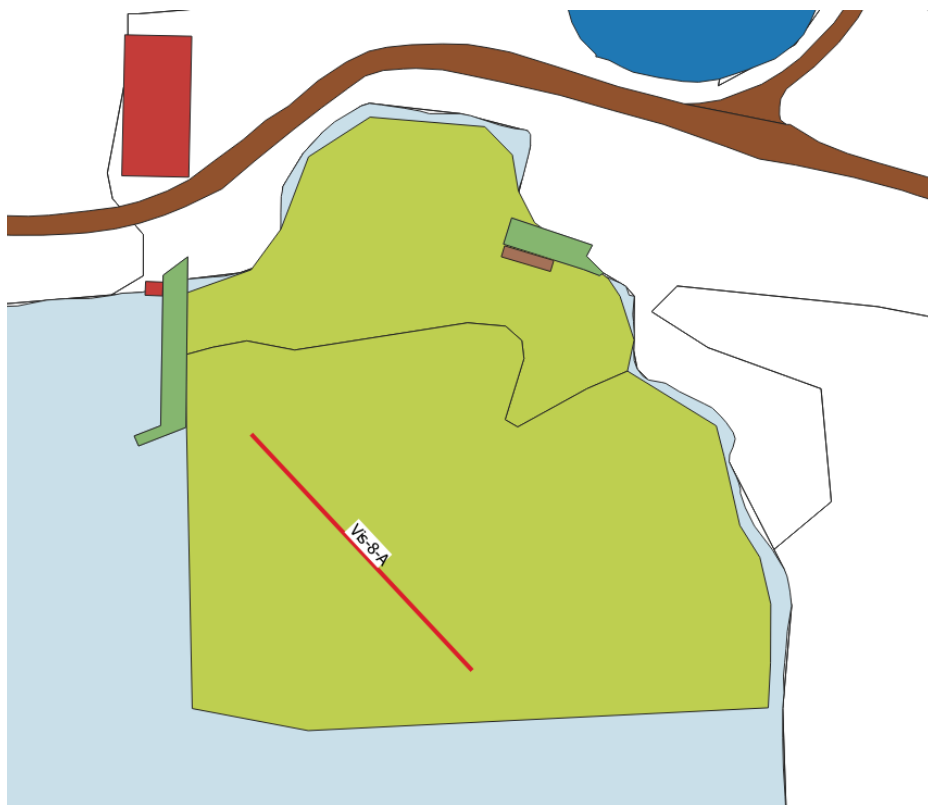
Figur 12 Posisjoner for transekter for visuell vurdering av tildekkingslag i delområdet 11



Figur 13 Posisjonen for transekt for visuell vurdering av tildekkingslag i delområdet 3MN



Figur 14 Posisjonen for transekt for visuell vurdering av tildekkingslag i delområdet 6



Figur 15 Posisjonen for transekt for visuell vurdering av tildekkingslag i delområdet 8

## 2.4.2. INNSAMLING AV BIOTA OG PRØVETAKING TIL KJEMISK ANALYSE

Det er tidligere gjennomført innsamling av biota og prøvetaking til kjemisk analyse for miljøgifter i biota i Indre havn (Cowi, 2013A og Cowi, 2013B). Analyse ble gjort på bunndyr fra bløt sjøbunn, blåskjell, lever fra torsk, filet fra torsk og flyndre.

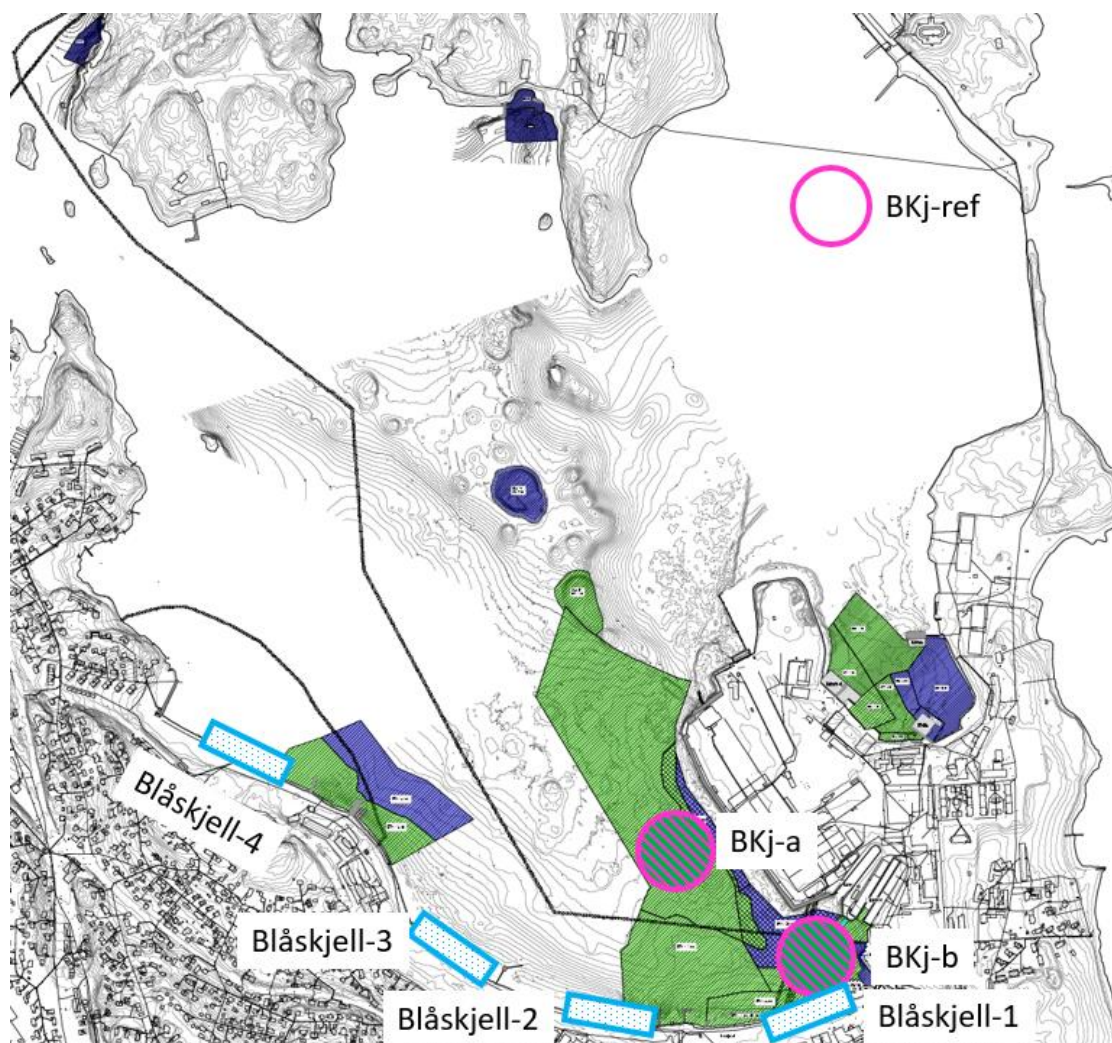
For å følge opp om tiltaket og tildekkingslaget fungerer etter hensikten skal dette følges opp med tre runder med innsamling av biota og analyse av miljøgiftinnhold tilsvarende det som ble rapportert i 2013 (Cowi, 2013A og Cowi, 2013B). Det er ikke lagt opp til analyse av lever og filet fra fisk i denne overvåkningen. Årsaken til denne vurderingen er at det etter undersøkelsene i 2013 ble konkludert med at det ikke var mulig å se noen sammenheng mellom prøvetakingsstasjon og innhold av miljøgifter i fisk (Cowi, 2013B). Det skal i stedet fokuseres på å samle inn og analysere bunndyr og blåskjell. Analysene av bunndyr bekreftet i 2013 funnene i risikovurderingen som antok at området med Hortenskanalen og HIP utgjorde størst risiko med tanke på økologiske effekter (Cowi, 2013A). Mens fra analyse av juvenile blåskjell (omtrent 1 år gamle) ble det konkludert med at det var aktive kilder til spredning av miljøgifter i Indre havn (Cowi, 2013A).

Det prøvetas bunndyr til kjemisk analyse i to stasjoner ved HIP, samt en referansestasjon ute mot Vealøs. Omtrentlig plassering av stasjonene er vist i Figur 16. Er det ikke bunndyr skal dette dokumenteres, og analyser utgår. Det skal utføres oksygenmålinger ved alle prøvetakingsrunder, også om det ikke blir påvist bunndyr.

Innsamling og analyse av bunndyr skal følge retningslinjer i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). For blåskjell skal det plukkes i flere stasjoner langs Indre havn. Omtrentlig plassering til disse stasjonene er også vist i Figur 16. Innsamling og analyse av blåskjell skal følge retningslinjer i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018).

Stasjonen er satt med bakgrunn i hvilke områder det er ønskelig å overvåke. BKj-a skal kunne vise at tildekkingen ved HIP fungerer og ikke har erosjonsskader, mens BKj-b skal kunne fange tilførsel av miljøgifter fra Hortenskanalen. For blåskjellstasjonene skal stasjon 1 og 2 kunne si noe om spredning fra HIP og Hortenskanalen, mens blåskjell fra stasjon 3 og 4 skal kunne si noe om spredning fra henholdsvis Pluggen båtforening og Sælavika og Solviken båtforening. Finner en ingen blåskjell i år 3, vil det vurderes å sette ut bur med blåskjell i år 6 og 9.

Hyppighet: 3, 6 og 9 år etter gjennomført tiltak.

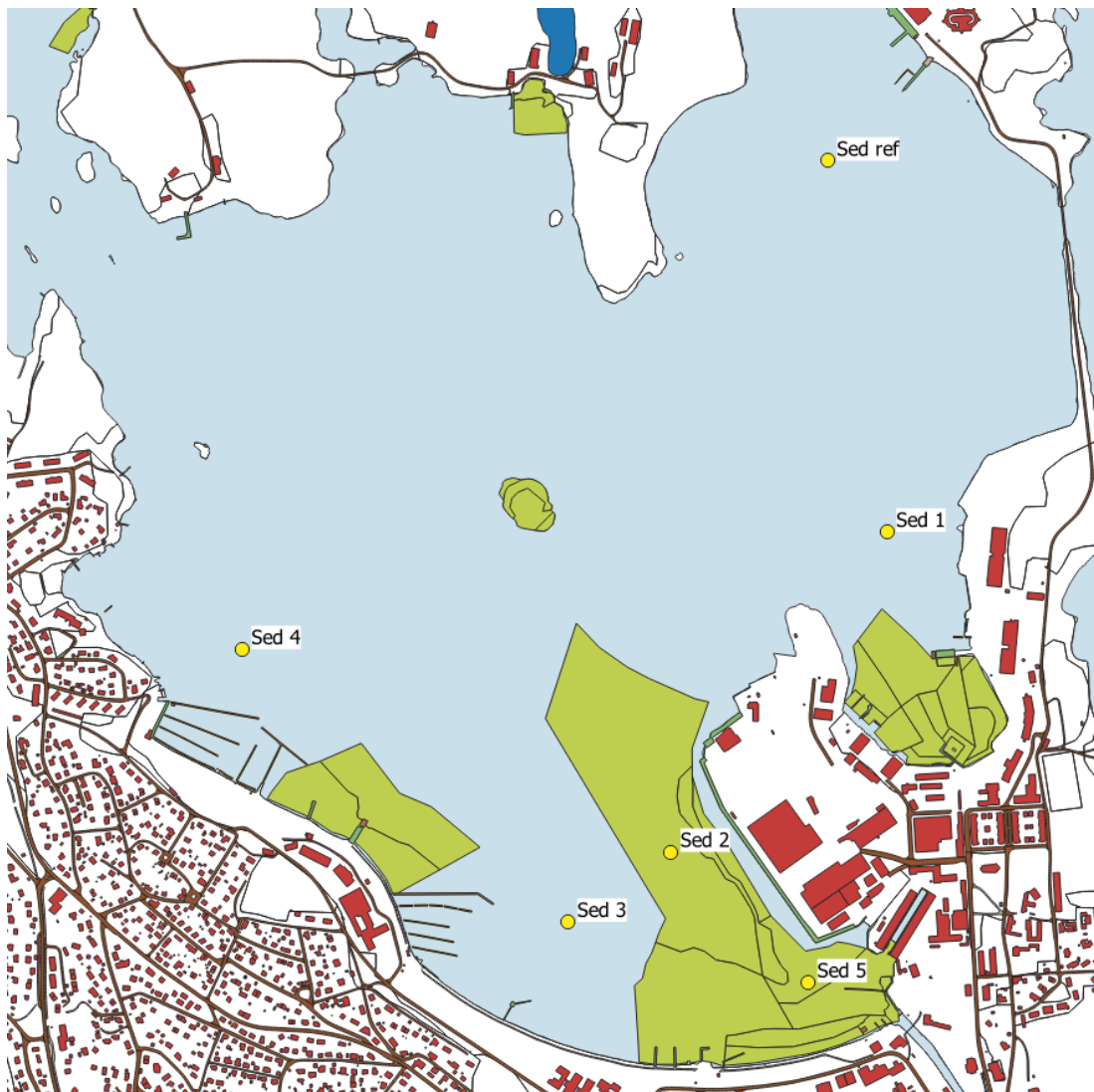


Figur 16 Omtrentlig plassering av stasjoner for prøvetaking av bunnfauna (BKj-stasjoner) og blåskjell (blåskjell-stasjoner) til kjemisk analyse. Plasseringen må vurderes i felt ved gjennomføring av undersøkelsen.

### 2.4.3. SEDIMENTFELLER – KJEMISK ANALYSE

Det settes ut sedimentfeller ved fem stasjoner over og utenfor tiltaksområdet, samt 1 referansestasjon. Sedimentfellene vil samle partikler som spres i havna og sedimenterer. Ved analyse av innholdet i sedimentfellene for organiske miljøgifter og metaller kan det sies noe om det spres forurensning fra sjøbunnen eller om det er tilførsel av miljøgifter til havnebassenget fra land.

Omtrentlig stasjonsplassering for sedimentfellene er vist i Figur 17.



Figur 17 Omtrentlig plassering av sedimentfeller

## 2.5. REETABLERING AV NATURRESSURSER

Vurdering av reetablering av naturressurser gjøres med følgende metodikk:

- Sedimentprøver og økologisk analyse av bløtbunnsfauna
- Visuell vurdering av utvalgte områder

### 2.5.1. SEDIMENTPRØVER – ØKOLOGISK ANALYSE

Vurdering av reetablering av naturressurser gjøres ved å ta sedimentprøver der bløtbunnsfaunaen vaskes ut, klassifiseres til art og kvantifiseres. Det skal utføres oksygenmålinger ved alle prøvetakingsrunder.

Prøvetaking og analyse skal utføres etter metodikk beskrevet i Veileder 02:2018 (Direktoratetsgruppen vanddirektivet, 2018). Prøvetakingen skal utføres med grabb med prøvetakingsareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Grabbprøven må ha et volum på 5 L sandig sediment eller 10 L finkornet sediment for å bli godkjent for analyse av fauna. Når grabbprøven er godkjent spyles innholdet i grabben forsiktig ut over en sikt med 1 mm hull. Bløtbunnsfauna større enn 1 mm fikses og klassifiseres på lab. Når det tas prøver av sedimentet skal dette beskrives med dyp, koordinater for

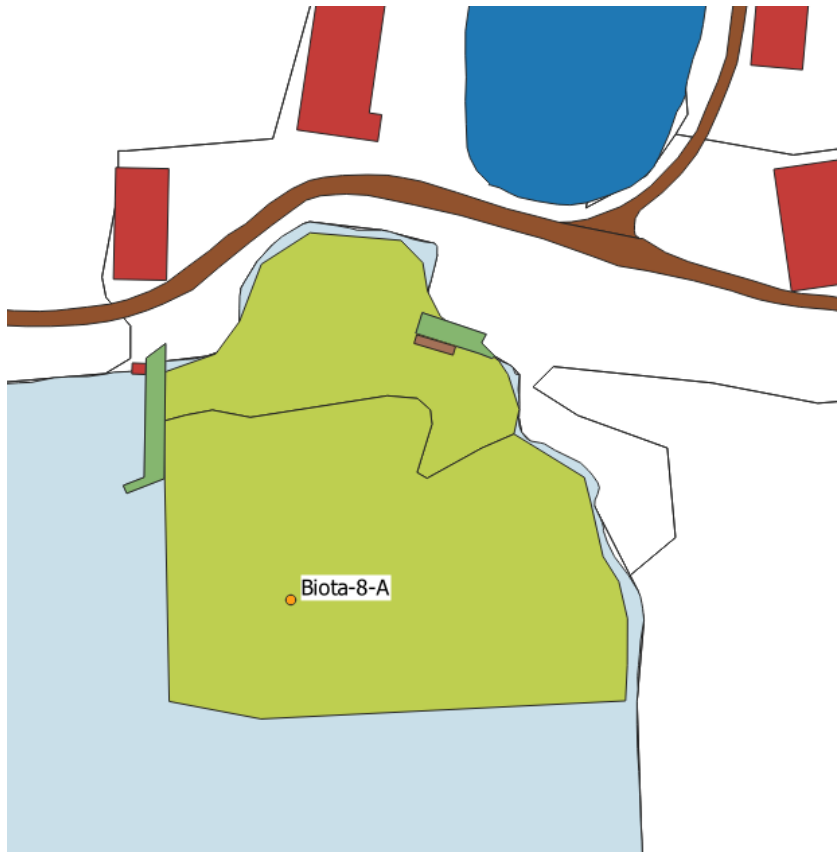
stasjon, lukt og farge. Eventuelle avvik skal dokumenteres i feltlogg. Prøvetaking til klassifisering av økologisk tilstand bør gjøres mellom 1 mai og 15 juni. Prøvedyp bør ikke være grunnere enn 10 m. I Indre havn i Horten er det et sprangsjikt som kan ligge så grunt som 8 m, vannmassene som ligger dypere enn dette sprangsjiktet er anoksiske. Som Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018) anbefaler skal det tas hydrografiske målinger som støtte til prøver som tas for å bestemme økologisk tilstand, og i langtidsovervåkingen for tiltaket i Horten gjøres dette ved hver stasjon der det hentes prøver for å klassifisere økologisk tilstand. Det skal også ta prøver av sedimentet for å bestemme totalt organisk innhold (TOC) og kornstørrelse, som beskrevet i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Resultatene må sammenlignes med vurderinger i Hess med flere (2020) og data etter gjennomføring av lignende tiltak, som Oslo, Sandefjordsfjorden og Trondheim. Det skal beregnes verdier for indekser som beskrevet i Veileder 02:2018, og tilstanden til stasjonene skal klassifiseres etter grenser gitt i Veileder 02:2018. Indre havn i Horten har mål om god økologisk tilstand i løpet av 2022-2027.

Forholdene i Indre havn i Horten er spesielle og det er konkludert med at lav artsdiversitet som observeres skyldes naturlige oksygenfattige forhold (Hess m. fl., 2020, og Cowi, 2013B). Det forventes derfor en lav grad av rekolonisering av tildekkingsområdene siden det er lite livskraftig bløtbunnsfauna i tilgrensende områder som rekoloniseringen kan skje fra. Resultatene fra overvåkingen må derfor tolkes med utgangspunkt i at området er naturlig oksygenfattig. I tillegg er det konflikt mellom anbefalingen i Veileder 02:2018 som anbefaler at stasjoner legges på vandndyp over 10 m, mens de naturlige anoksiske vannmassene i Indre havn i Horten kan stå så grunt som til 8 m vandndyp. Cowi (2013) fant knapt bunndyr under 4 meters dyp. Med bakgrunn i det som er beskrevet ovenfor legges det opp til én stasjon per delområde for delområde 6, 8, 3MN, 11 og deponiet, mens det skal være to stasjoner totalt i delområdene 3S,1S og 1M/2S. Plassering av stasjoner er vist i Figur 19 til Figur 22.

Hyppighet: 3 år, 6 år og 9 år etter gjennomført tiltak



Figur 18 Forslått plassering for stasjon for vurdering av økologisk tilstand i delområde 6



Figur 19 Forslått plassering for stasjon for vurdering av økologisk tilstand i delområde 8



Figur 20 Forslått plassering for stasjon for vurdering av økologisk tilstand i delområde 3MN





Figur 21 Forslått plassering for stasjon for vurdering av økologisk tilstand i delområde 11



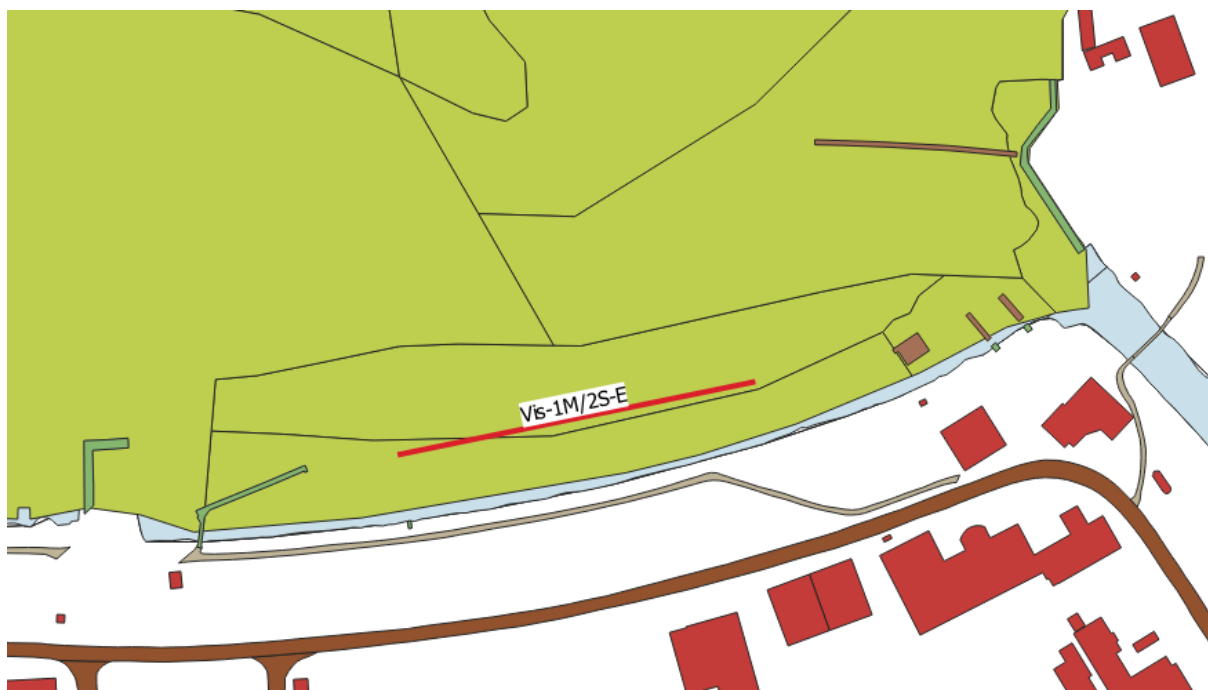
Figur 22 Forslått plassering for stasjoner for vurdering av økologisk tilstand i delområde Indre havn (3S+1S+1M/2S)

## 2.5.2. VISUELL VURDERING AV UTVALGTE OMRÅDER

For å vurdere hvorvidt området rekoloniseres av andre naturressurser enn bløtbunnsfauna skal utvalgte områder vurderes visuelt med ROV eller dykker. I delområde 3S er et område med ålegress dekket til med tildekkingsmasser. I dette området ble det gjort tilpasninger for å bedre sannsynligheten for reetablering av ålegress (NGI, 2019). I dette området skal reetablering av ålegress overvåkes, og tilstanden til eventuelle nye planter burde vurderes etter metodikk i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). I Figur 23 er område for visuell vurdering av rekolonisering av ålegress i delområde 1S og 3S vist.

I tillegg var det et bløtbunnsområde øst i delområde 11. Dette er en naturtype som ansees som verdifull og det skal også i dette området gjøres en visuell vurdering av rekolonisering. De observasjonene som gjøres i dette området skal kun beskrives kvalitativt. Det er angitt posisjoner for transektene i Figur 24.

Hyppighet: 1 år, 2 år, 3 år, 4 år, 5 år, 6 år, (7 år, 8 år), 9 år og (10 år) etter tiltak.



Figur 23 Plassering av transekt for vurdering av reetablering av ålegress i delområde 1S og 3S.



Figur 24 Plassering av transekter for vurdering av reetablering av naturressurser i delområde 11.

## 2.6. OVERVÅKNING AV AT DEPONERTE MASSER LIGGER STABILT OG AT TILDEKKINGEN OVER MASSENE ER INTAKT

For å dokumentere at de deponerte massene ligger stabilt og at tildekkningen over massene er intakt slik at det ikke lekker miljøgifter ut av deponiet skal det å bruke følgende metodikk:

- Passive prøvetakere på sjøbunn (SPMD) og i vannkolonna (POM og DGT)
- Visuell kontroll av at tildekkingslaget er intakt

### 2.6.1. PASSIVE PRØVETAKERE (SPMD, POM OG DGT)

Overvåkingen av at massene i deponiet er stabile og at tildekkningen over massene er intakt er gjøres med passive prøvetakere. For å kontrollere utlekking av miljøgifter over sedimentoverflaten i deponiet brukes SPMD-passive prøvetakere (*SemiPermeabel Membrane Device*). Det er vist foto av SPMD-passive prøvetakere montert i et flukskammer i Figur 25. Flukskamre er tett mot sedimentoverflaten med ringen som sees i Figur 25. SPMD-passive prøvetakere absorberer organiske miljøgifter og når en slik passive prøvetaker settes ut i et flukskammer vil den absorbere alle organiske miljøgifter som lekker ut over sedimentoverflaten over perioden den står ute. Siden arealet og tidsperioden er kjent kan utlekkingen beregnes som g miljøgifter/kvadratmeter/dag.

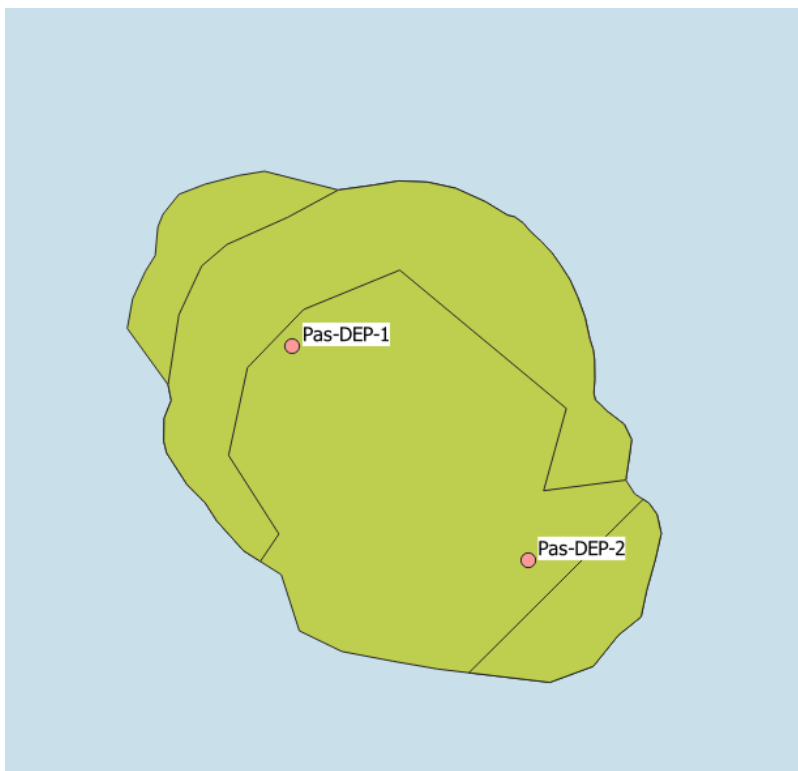


Figur 25 Foto til venstre viser en tripod som er på vei til å settes ut, de tre flukskamrene er i senter av ramma. Foto til høyre viser et flukskammer som står slik det står på sjøbunnen (bak), og et flukskammer som viser hvordan SPMD-membranen er montert.

Begge foto er tatt av Ingvild Størdal/NGI.

Analytter i SPMD-passive prøvetakere: PAH-16 (som enkeltforbindelser) og PCB-7

SPMD-passive prøvetakere settes i to stasjoner ved deponiet, se Figur 26.



Figur 26 Plassering for to stasjoner for overvåkning av at deponerte masser ligger stabilt og at tildekkingslaget fungerer som det skal.

Ved hver av stasjonene foreslås det også satt ut en rigg med POM-passive prøvetakere og DGT-passive prøvetakere for Hg og metaller ved flere dyp i vannkolonna:

- Ved sjøbunn, på riggen med flukskamre og SPMD-membraner
- 3 m over sjøbunn,
- 15 m over sjøbunn.

Analytter i POM: PAH-16 (som enkeltforbindelser) og PCB-7

Analytter i DGT: Pb, Hg, As, Cd, Cu, Cr, Ni og Zn.

Deponiet er anoksisk og dette kan påvirke en eventuell frigjøring av Hg fra forurensede masser. Derfor er derfor inkludert POM- og DGT-passive prøvetakere i rigg i vannkolonna over deponiet. Det legges opp til at overvåkingen med passiv prøvetakere gjøres ved 1 år, 3 år, 6 år og 9 år etter at tiltaket er ferdigstilt.

Hyppighet: 1 år, 3 år, 6 år og 9 år etter tiltak

## 2.6.2. VISUELL KONTROLL AV TILDEKKINGEN I DEPONIET

I tillegg til overvåking av kjemisk utlekking skal tildekkingslagets integritet dokumenteres med visuell inspeksjon. Dette gjøres hvert år, frem til 5 år etter tiltak. Etter dette gjøres en vurdering og eventuelt en revisjon av overvåkningsprogrammet. Hvis det etter 5 år med overvåking viser seg at deponiet er stabilt og fungerer etter hensikten og at det ikke observeres skader eller andre forstyrrelser i tildekkingen over deponiet kan den visuelle vurderingen utelates for år 7 og 8 etter tiltak.

Det er foreslått at den visuelle vurderingen av tildekkingen gjøres enten med dykker eller med ROV. Posisjon for to transekter for visuell vurdering er vist i Figur 27 under.

Hyppeghet: 1 år, 2 år, 3 år, 4 år, 5 år, 6 år og 9 år etter tiltak.



Figur 27 Posisjon for transekter til visuell overvåkning av tildekkingslaget over deponiet.

### 3. REFERANSER

Cowi, 2013A. Undersøkelse av biota i Horten Indre havn. Rapp.nr.: 2013/407

Cowi, 2013B. Undersøkelse av miljøgifter i fisk fra Horten indre havn. Rapp.nr.: 2013/488

Cowi, 2020. Peab. Ren Indre havn Horten. Kontroll- og miljøovervåkningsplan. Dok.nr.: Rap 03/rev.nr. 9, datert 2020-04-16.

EU, 2000. Vannrammedirektivet, 2000/60/EF. EC. European Commission. 2000. Council Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.

Golder Associates, 2015. Kartlegging av kilder til miljøgiftbelastning i Horten Indre havn. Rapportnr. 10509130048, datert 18.12.2015.

Horten Kommune, 2018. Teknisk notat. Tiltaksområde 3MN midtnord Bromsjordet. Prosjekteringsforutsetninger Ren Indre Havn. Dato 2018-09-10.

NIVA, 2011A. Prøvetaking og kartlegging av miljøgifter i sjøsedimenter i Horten Indre Havn i 2011. Datarapport. Løpenr. 6208-2011.

NIVA, 2011B. Miljøundersøkelser og risikovurdering av bunnsedimenter i Horten Indre Havn i 2011. Løpenr. 6213-2011.

NIVA, 2011C. Supplerende undersøkelser av miljøgifter i sedimentene ved Østøya og Mellomøya i Horten i 2011. Løpenr. 6262-2011.

NGI, 2019A. Horten Ren Indre havn. Prosjekteringsrapport tildekking. Dok.nr. 20180298-06-R/rev.nr.2, datert 2019-10-29.

NGI, 2019B. Horten Ren Indre havn. Prosjekteringsrapport mudring. Dok.nr. 20180298-05-R/rev.nr.2, datert 2019-10-28.

NGI, 2019C. Horten Ren Indre havn. Prosjekteringsrapport deponiløsninger. Dok.nr. 20180298-02-R/rev.nr.3, datert 2019-05-23.

NGI, 2019D. Horten Ren Indre havn. Geoteknisk prosjekteringsrapport. Dok.nr. 20180298-03-R/rev.nr.1, datert 2019-10-25.

NGI, 2019E. Horten Ren Indre havn. Strategi for miljøovervåkning under utførelse av mudring, tildekking og deponering av masser i Horten Indre havn. Dok.nr. 20180298-06-TN/rev.nr.1, datert 2019-04-12.

NGI, 2016. Horten Indre havn - helhetlig tiltaksplan. Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Horten Indre havn. Dok. nr. 20150201-01-R/Rev. 1.

NGI, 2014. Horten Indre havn. Supplerende undersøkelser. Datarapport – vår 2014. Dok.nr. 20140257-01-R/rev.nr.:0.

Miljødirektoratet, 2015. Veileder M-350. Veileder for håndtering av sedimenter – revidert 25. mai 2018.

Miljødirektoratet, 2007. Veileder TA-2229/2007 Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter.

Hess S. og Alve, E., 2014. Undersøkelser av den historiske oksygenutviklingen og naturtilstanden i Horten Indre Havn. ISBN 978-82-91885-44-5