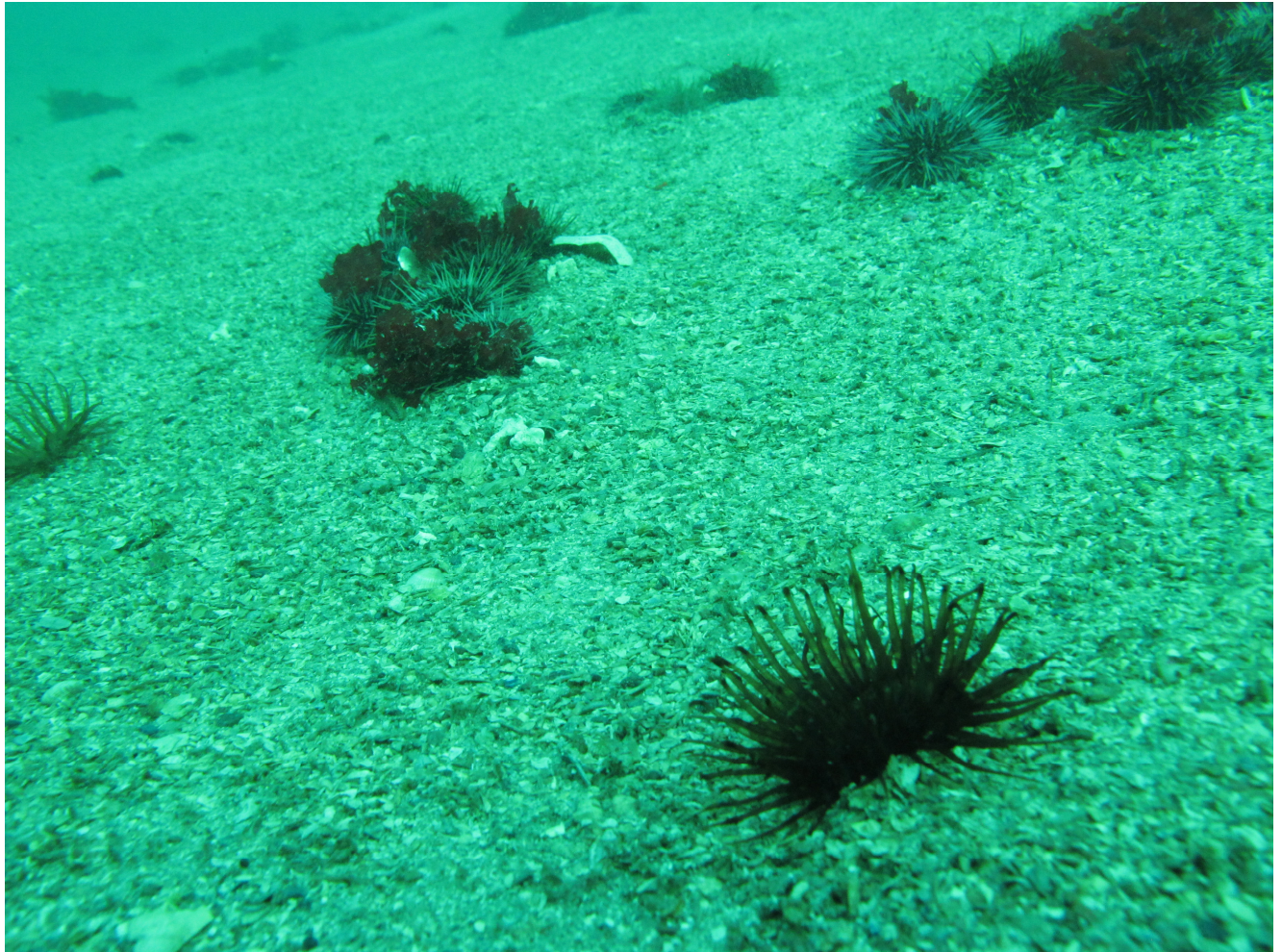


# Tiltaksplan for Lundevågen i Farsund, Farsund kommune



**Rene Listerfjorder**

Ole Kristian Larsen

# **Tiltaksplan for Lundevågen i Farsund, Farsund kommune**

**Rene Listerfjorder**

**Ecofact rapport: 410**

**[www.ecofact.no](http://www.ecofact.no)**

<b>Referanse til rapporten:</b>	Larsen, O.K., 2014, Tiltaksplan for Lundevågen i Farsund, Farsund kommune. Rene Listerfjorder. Ecofact rapport 410, 27 s.
<b>Nøkkelord:</b>	Miljøundersøkelser, risikovurdering, tildekning, miljømål og kostnadsvurderinger
<b>ISSN:</b>	1891-5450
<b>ISBN:</b>	978-82-8262-408-4
<b>Oppdragsgiver:</b>	Farsund Kommune gjennom Rene Listerfjorder ved Terje Aamot
<b>Prosjektleder hos Ecofact:</b>	Ole Kristian Larsen
<b>Samarbeidspartnere:</b>	
<b>Prosjektmedarbeidere:</b>	
<b>Kvalitetssikret av:</b>	Ulla Ledje
<b>Forside:</b>	Illustrasjonsfoto; Skjellsand Foto: Ole Kristian Larsen

[www.ecofact.no](http://www.ecofact.no)

## INNHOLD

<b>1</b>	<b>FORORD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
3.1	GEOGRAFISK AVGRENSNING OG OMRÅDEBESKRIVELSE .....	3
3.2	TILTAKSPLAN .....	4
3.3	MILJØMÅL .....	4
3.3.1	<i>Langsiktig forvaltningsmål</i> .....	4
3.3.2	<i>Lokale tiltaksmål</i> .....	5
3.4	BAKGRUNNSDOKUMENTER OG VEILEDERE .....	5
3.5	FINANSIERINGSPLAN .....	5
<b>4</b>	<b>PROBLEMBESKRIVELSE</b> .....	<b>6</b>
4.1.1	<i>Verneområdet</i> .....	8
4.1.2	<i>Kommunekaia</i> .....	8
4.1.3	<i>Smalsundet</i> .....	8
4.1.4	<i>Lundevågen (d)</i> .....	9
<b>5</b>	<b>ALTERNATIVE TILTAK</b> .....	<b>10</b>
5.1	NULLALTERNATIVET .....	10
5.2	ISOLERE PÅ STEDET .....	10
5.3	MUDRING .....	11
5.4	MILJØFORBEDRENDE TILTAK .....	12
<b>6</b>	<b>TILTAKSPLAN</b> .....	<b>13</b>
6.1	TILTAKSOMRÅDET .....	13
6.2	FORURENSNINGSKILDER OG HISTORIKK .....	13
6.3	ANBEFALINGER .....	15
6.4	KOSTNADSVURDERINGER .....	20
6.4.1	<i>Fase 1</i> .....	20
6.4.2	<i>Fase 2</i> .....	21
<b>7</b>	<b>OPPSUMMERING</b> .....	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>23</b>

## 1 FORORD

Ecofact har på oppdrag fra Farsund kommune, gjennom Rene Listerfjorder ved Terje Aamot, gjennomført tiltaksrettet miljøundersøkelse i Lundevågen, Farsund, i 2014. Dette dokumentet er en del av prosjektet og presenterer en tiltaksplan for undersøkelsesområdet. Ecofact takker alle involverte parter for et godt samarbeid.

November 2014

Ole Kristian Larsen

## 2 SAMMENDRAG

---

Det er gjennomført miljøundersøkelser i Lundevågen, Farsund, i 2014. Risikovurderingen som ble gjennomført viser at det foregår spredning fra sedimentene og at dette gir negative økologiske effekter på organismesamfunnet. Undersøkelsen viser også at det ikke foregår en merkbar forbedring i forurensningssituasjonen sammenlignet med resultater fra undersøkelser gjennomført i samme området i 2006.

Undersøkelsesområdet ligger i Farsund kommune, like sør for Farsund by og er en mindre fjordarm i forbindelse med Byfjorden i østlig retning

Det er tidligere formulert både langsiktige forvaltningsmål og lokale miljømål for området.

Langsiktige forvaltningsmål:

- Kvaliteten av bunnsedimentene skal ikke være til hinder for utøvelse av friluftsliv, yrkesfiske, havnedrift og industriaktivitet.
- Forurensede sedimenter skal ikke føre til langsiktige, negative effekter på økosystemet.

Lokale miljømål:

- Det skal ikke være økologiske skader med opphav i sedimentene i Verneområdet innerst i Lundevågen.
- Lundevågen skal være et industriområde.
- Det skal være en akseptabel vannkvalitet i Lundevågen og det skal ikke være spredning av miljøgifter til området utenfor.
- Det skal ikke være helsemessig risiko forbundet med å konsumere fisk fanget i det nære byområdet eller i fjordområdet utenfor

Forurensningssituasjonen i Lundevågen er ikke forenelig med miljømålene. For å oppnå disse må det iverksettes tiltak. Nesten hele undersøkelsesområde er vurdert som tiltaksområde.

Tildekning er et rimelig og effektiv tiltak. I Lundevågen er det anbefalt tildekning av 399 daa. sjøbunn. Tildekningsdybden varierer fra området til området, og er avhengig av forurensningssituasjonen, områdets topografi og vanngjennomstrømning. Totalt volum masse som inngår i anbefalingene er 98 850 m<sup>3</sup>. Tiltakene deles inn i 2 faser.

### Fase 1

Fase 1 utgjør 198 daa. Skjellsand er vurdert som egnet masse for området, men sand kan også være et alternativ. Grove kostnadsoverslag tilsier en kostnad på 15,6 millioner kroner for bruk av skjellsand og en kostnad på 13,5 millioner for bruk av sand. Disse verdiene er grovt anslått og man må regne med et 30 % avvik.

### Fase 2

Det legges opp til en miljøundersøkelse 3 år etter endt tiltak for å se om forholdne har bedret seg i tiltaksområdene avsatt til fase 2. Kostnadene for miljøovervåkingen vurderes å ligge et sted mellom 150-350 000.

Dersom tildekning i fase 1 ikke viser seg å føre til en bedring i forurensningssituasjonen, kan mudring ved terskelen ved Smalsundet være et aktuelt tiltak. Kostnadsanslag på dette arbeidet ligger på 0,5 – 1,2 million kroner (uten deponeringsløsninger).

Uten en tilstrekkelig forbedring av situasjonen etter fase 1 så skal ytterligere ett område tildekkes i fase 2. Grove kostnadsoverslag tilsier en kostnad på 11,6 millioner for bruk av skjellsand og 10,3 millioner for bruk av sand. Disse verdiene er grovt anslått og man må regne med et 30 % avvik.



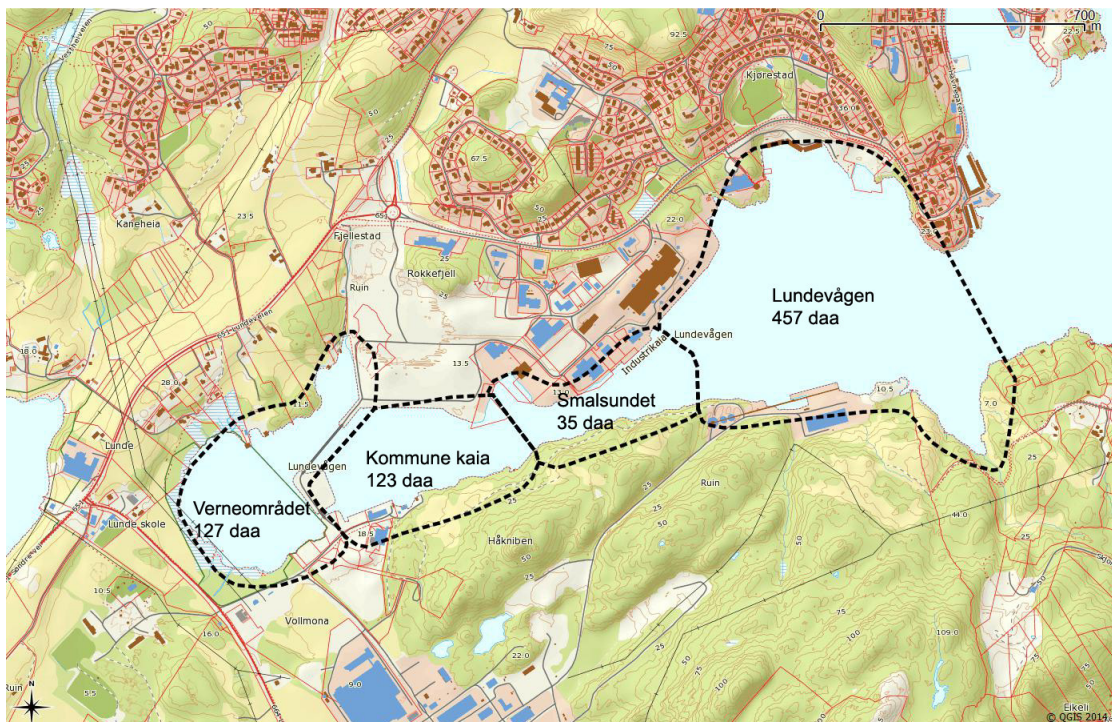
### 3 INNLEDNING

Det er gjennomført miljøundersøkelser i Lundevågen, Farsund kommune, i 2014. Risikovurderingen som ble gjennomført viser at det foregår spredning fra sedimentene og at dette gir negative økologiske effekter på organismsamfunnet. Undersøkelsen viser også at det ikke foregår en merkbar forbedring i forurensningssituasjonen sammenlignet med resultater fra undersøkelser gjennomført i samme området i 2006 (Niva 2006).

Undersøkelsen og trinn 3 risikovurderingene gjennomført i 2014 bekrefter funnene fra 2006 undersøkelsen. Det er i 2014 gjennomført prøvetaking fra et utvidet antall stasjoner og analysert på flere parametere enn i tidligere undersøkelser.

#### 3.1 Geografisk avgrensning og områdebeskrivelse

Undersøkelsesområdet ligger i Farsund kommune, like sør for Farsund by og er en mindre fjordarm i forbindelse med Byfjorden i østlig retning. Området heter Lundevågen, og er blitt undersøkt i sin helhet. Av forvaltningsmessige årsaker er området delt inn i mindre delområder hvor hvert delområde har sitt eget «bruksområde» og egenart (vannutskifting, strømningsforhold, dyp, osv.). Delområdene har fått følgende navn fra vest til øst; Verneområdet, Kommunekaia, Smalsundet og Lundevågen. Delområdet Lundevågen blir heretter omtalt som Lundevågen (d), for å hindre forveksling med hele undersøkelsesområdet Lundevågen.



Figur 1. Oversikt over tiltaksområdet og de 4 delområdene.

Lundevangen har vært et område med stor aktivitet gjennom mange år. Alcoa Lista har en havn ytterst i fjorden hvor man tar imot viktige råvarer som aluminiumoksid, koks og kulltjære-bek. Fra samme kai skipes det ut elektrolysemetall som eksporteres til øvrige deler av Europa. Innerst i Lundevangen ligger kommunekaia som ble bygd omkring 1940 – 1942. Her har Farsund kommune hatt aktiviteter opp gjennom årene.

### 3.2 Tiltaksplan

Det er viktig at en tiltaksplan lar seg praktisk gjennomføre. Dokumentet skal fungere som et styringsverktøy for eventuelle tiltak, og skal også kunne brukes veiledende for å anslå kostnader ved tiltak. Tiltaksplanen er et verktøy for å kunne nå miljømål satt lokalt og nasjonalt.

### 3.3 Miljømål

Fastsettelse av miljømål er nødvendig ved planlegging og gjennomføring av tiltak mot forurensede sedimenter. Målene kan være på forskjellige nivåer som langsiktige forvaltningsmål og lokale tiltaksmål.

Miljømålene bør forankres hos sentrale interesser. Dette vil være kommuner, regionale/sentrale miljømyndigheter, industrien og interesseorganisasjoner. Det er ikke fastsatt lokale miljømål politisk for det aktuelle området, men miljømål er diskutert og forankret i en arbeidsgruppe nedsatt 14. november 2005. Arbeidsgruppen besto av representanter fra kommunen, Bredero Price, Elkem Aluminium Lista (Alcoa Lista) og Fylkesmannen i Vest-Agders miljøvern avdeling. Det var generell enighet om formuleringene, men det ble påpekt vanskeligheten med økologiske mål i verneområdet.

#### 3.3.1 Langsiktig forvaltningsmål

Forslagene til langsiktige forvaltningsmål lyder som følgende:

- Kvaliteten av bunnsedimentene skal ikke være til hinder for utøvelse av friluftsliv, yrkesfiske, havnedrift og industriaktivitet.
- Forurensede sedimenter skal ikke føre til langsiktige, negative effekter på økosystemet.

Tiltak for å nå det langsiktige forvaltningsmålet bør på sikt bidra til at kostholdsråd kan oppheves.

I tillegg til målsetningen fra arbeidsgruppen så er vanndirektivets målsetning om at alle vannforekomster skal ha god kjemisk og økologisk et overordnet forvaltningsmål.



### 3.3.2 Lokale tiltaksmål

Tiltak mot forurensede sedimenter gjennomføres for å redusere miljømessig risiko. Risikoen knyttes til:

- Spredning av forurensning
- Negativ innvirkning på human helse
- Negative effekter på økosystemet

Beregning av de forskjellige risikotypene gjøres ut fra formelverket i risikoveilederen (Miljødirektoratet ) justert i hht. stedsspesifikke målinger. Risiko knyttet til human helse er i hovedsak knyttet til inntak av sjømat.

- Det skal ikke være økologiske skader med opphav i sedimentene i Verneområdet innerst i Lundevågen.
- Lundevågen skal være et industriområde.
- Det skal være en akseptabel vannkvalitet i Lundevågen og det skal ikke være spredning av miljøgifter til området utenfor.
- Det skal ikke være helsemessig risiko forbundet med å konsumere fisk fanget i det nære byområdet eller i fjordområdet utenfor

### 3.4 Bakgrunnsdokumenter og veiledere

Dette dokumentet er utarbeidet med bakgrunn i datagrunnlag fra Miljøundersøkelser i Lundevågen gjennomført i 2014 (Ecofact 2014). Rammene for miljøundersøkelsen er gitt av miljødirektoratets veileder TA-2802/2011 risikovurdering av forurensede sedimenter, TA-1467/1997 klassifisering av miljøkvaliteter i fjorder og kystvann, og TA-2229/2007 som er en revidering av denne.

TA-2960, håndtering av sedimenter gir en oversikt over hvilke tiltaksmetoder som kan være aktuelle og hvordan forurensede sedimenter skal håndteres og disponeres.

### 3.5 Finansieringsplan

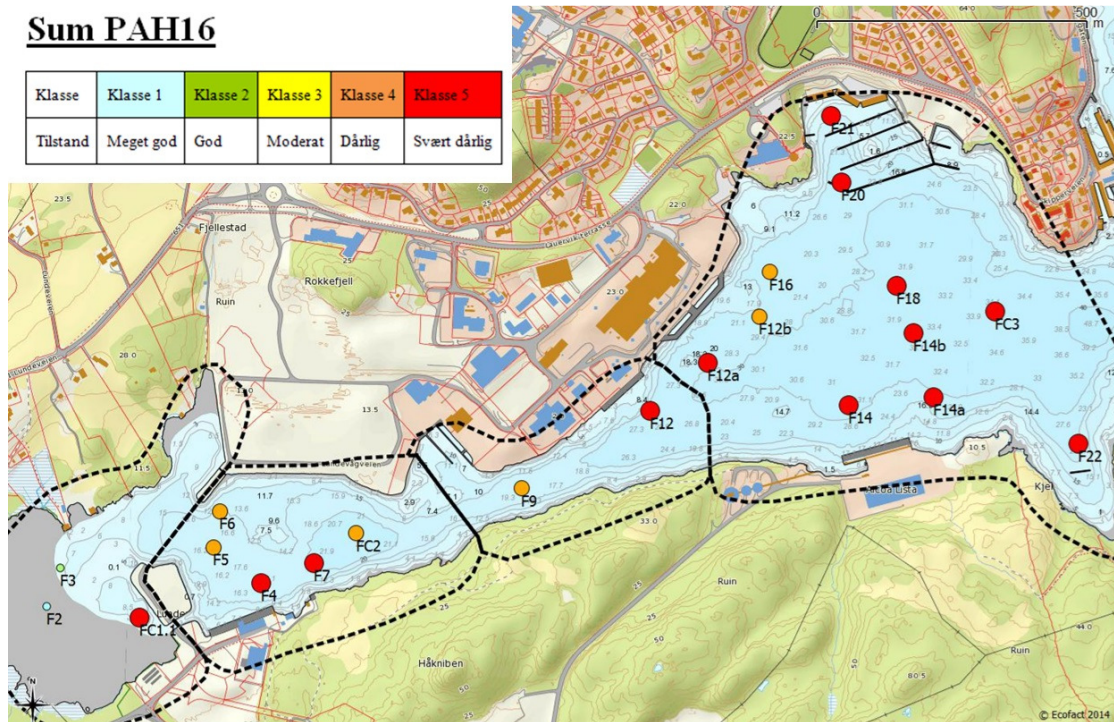
Innenfor forurensningsområdet er det et prinsipp at forurenser skal betale opprydning. Dette prinsippet gjelder også forurensede sedimenter. I de fleste tilfeller vil bedrifter som har stått for utslippet bli definert som forurenser, men virksomheter som forårsaker oppvirvling og spredning av sedimenter kan også defineres som forurenser.

Det kan i noen tilfeller være vanskelig å definere ansvarshaver. I noen tilfeller kan bedriften være lagt ned eller det kan være uenighet om hvem som har forårsaket forurensningen. I tilfeller der det viser seg umulig å avklare ansvarlig part eller parter, eller hvor det bare er avklart for deler av området, kan staten være med å delfinansiere opprydningen.

## 4 PROBLEMBESKRIVELSE

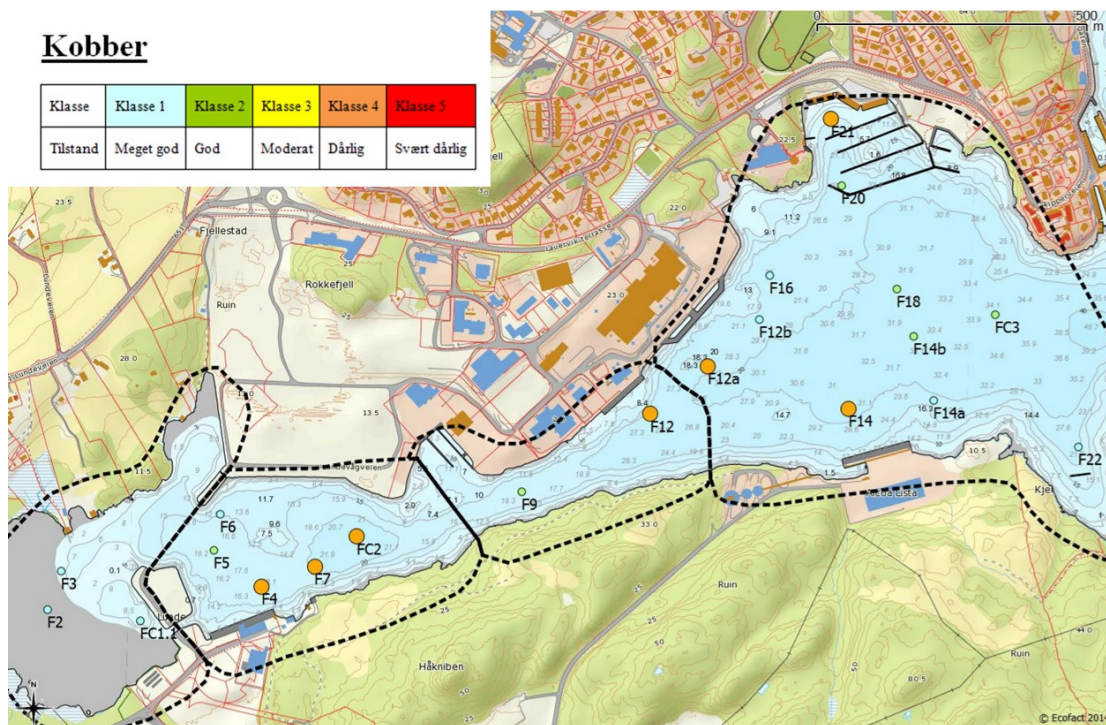
I alle delområdene innenfor det aktuelle området er det uakseptabel risiko. Delområdene er behandlet som helhetlige enheter i risikovurderingen og gir derfor et dårlig bilde på eksakt hvor forurensningen befinner seg. Det er derfor viktig å bruke stasjonsdataene for å gi konkrete vurderinger for de aktuelle problemstillingene. Det er derfor utarbeidet illustrasjoner for de 4 parameterne hvor det ble registrert høyest klassegrenser etter miljødirektoratets TA-2229. PAH, PCB, kobber og TBT er miljøgiftene som utgjør de største problemene i Lundevågen.

Selv med et relativt tett stasjonsnett kan det finnes «hotspots» av forurensning som ikke er avdekket av undersøkelsene, men gitt områdets homogene forurensningstilstand så har det ikke stor betydning i vurdering av tiltak. Det åpner likevel for supplerende undersøkelser for å identifisere objekter langs sjøbunnen som kan være kontinuerlige kilder.

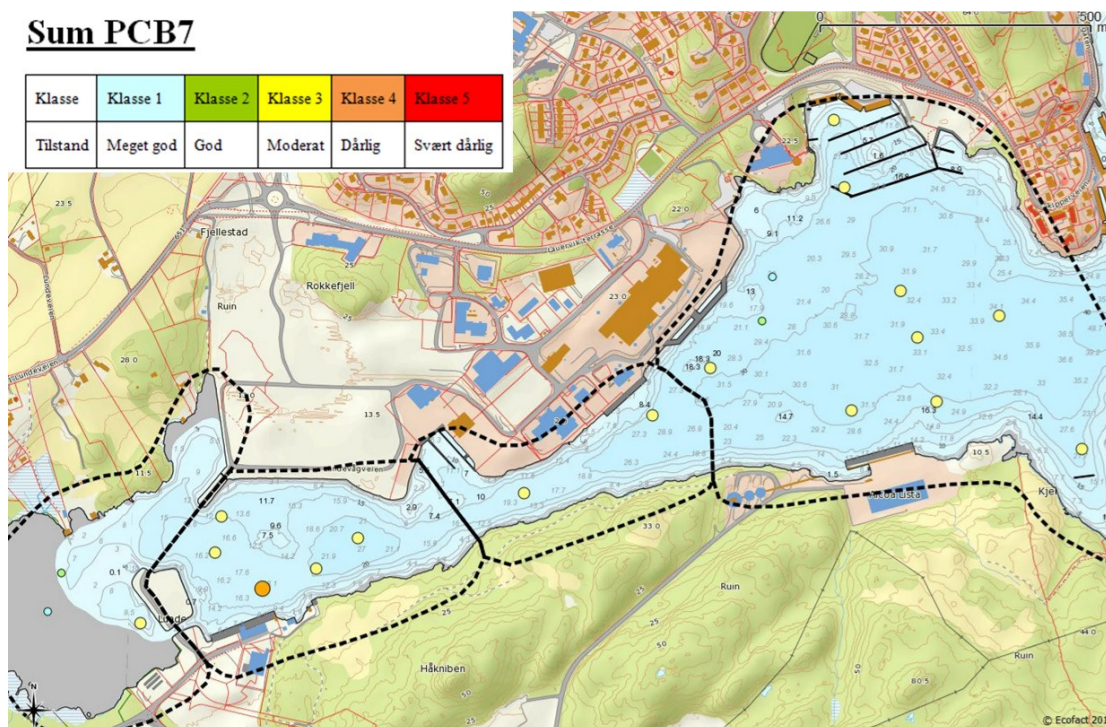


Figur 2. Sum PAH 16 verdier fra 2014 undersøkelsen



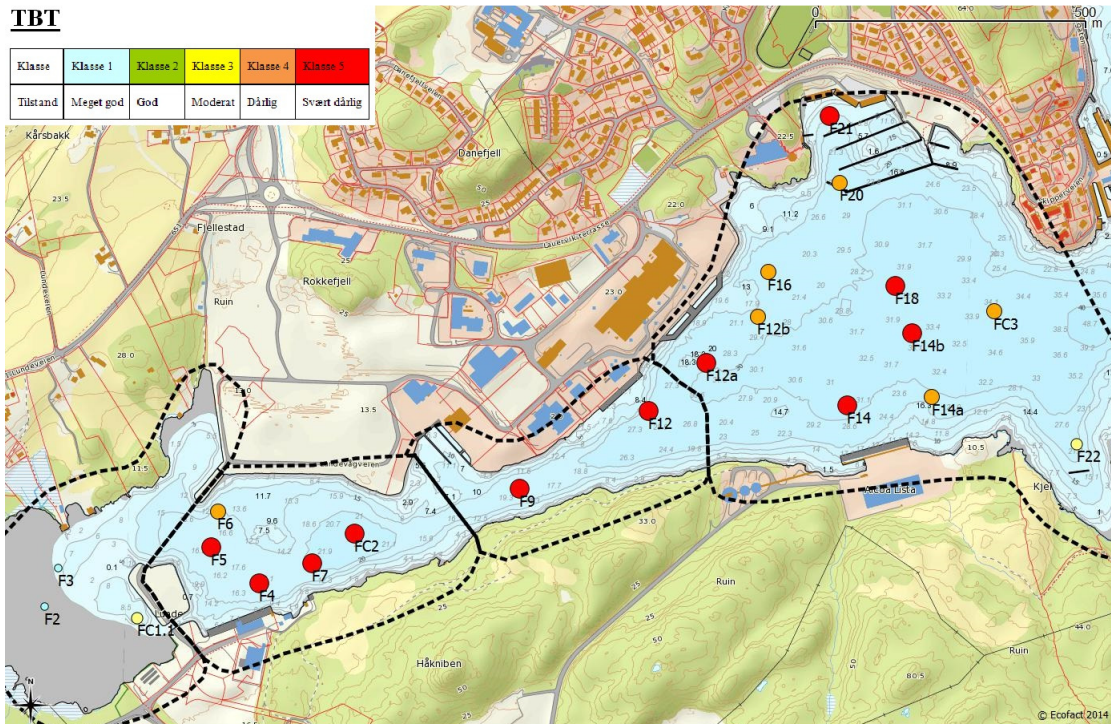


Figur 3. Kobberverdier fra undersøkelsen 2014. De høye klassegrensene finnes ved kaianleggene.



Figur 4. Sum PCB 7 verdier fra 2014 undersøkelsen. Det er moderate verdier i store deler av undersøkelses område. Ved en stasjon i delområdet kommunekaia ligger verdiene i klasse 4.





Figur 5. TBT-verdier fra undersøkelsen 2014.

#### 4.1.1 Verneområdet

Det er ingen båttrafikk i indre deler av verneområdet, men noen småbåter går i ytre deler av delområdet. Spredningsfaren som følge av båttrafikk er derfor minimal. Spredningen i området skjer via diffusjon. Det er påvist overskridelser av akseptkriteriene for både spredning, human helse og økologisk risiko i Verneområdet. Forurensningssituasjonen i Verneområdet er ikke i tråd med miljømålene.

Av kartillustrasjonen over så kan man se at problemområdet i Verneområdet ligger nede i et lokalt basseng.

#### 4.1.2 Kommunekaia

Ved kommunekaia finner man høye konsentrasjoner av PAH 16, kobber, TBT og PCB 7. Det er i dette området man finner de høyeste konsentrasjonene med PCB 7 i hele undersøkelsesområdet. Risikovurderingen av området viser overskridelser av akseptkriteriene for både spredning, human helse og økologisk risiko. Forurensningssituasjonen ved kommunekaia er ikke i tråd med miljømålene.

Hele delområdet har høye forurensningsverdier, men de alvorligste problemene ligger ved kaia og langs skipsleiet.

#### 4.1.3 Smalsundet

Smalsundet utgjør terskelen i Lundevågen. Det er derfor god gjennomstrømning av vannmasser ved de grunneste områdene av delområdet. Sedimentene ved terskelen

består av sand, i motsetning til øvrige områder (unntatt indre del av Verneområdet) i undersøkelsesområdet som består av mudder og silt. Spredningsfaren fra grovere sedimentene er mindre. Risikovurderingen viser likevel overskridelser av akseptkriteriene for spredning, samtidig som akseptkriteriene for human helse og økologisk risiko ikke blir overholdt. Forurensningssituasjonen i Smalsundet er ikke i tråd med miljømålene.

Det er i de ytterste/østligste delene av Smalsundet problemene er størst innenfor delområdet. Det er likevel enkelte parametere som har verdier i klasse 4 og 5 i den innerste delen.

#### 4.1.4 *Lundevågen (d)*

I Lundevågen (d) ble det funnet høye verdier av PAH 16, kobber, TBT, samt moderate verdier av PCB7. Området er det største av delområdene, men har god dekningsgrad med 11 stasjoner. Området er i sin helhet relativt homogent med tanke på forurensningssituasjonen. Unntaket er kobberforurensningen som finnes ved alle kaianleggene i hele undersøkelsesområdet. Stasjonene F12b og F16, ved dyptvannskaien, avviker også fra øvrige stasjoner. Ved disse stasjonene ble det registrert bedre verdier enn ved øvrige stasjoner for flere parameter. Det er påvist overskridelser av akseptkriteriene for både spredning, human helse og økologisk risiko. Forurensningssituasjonen i Lundevågen (d) er ikke i tråd med miljømålene.



## 5 ALTERNATIVE TILTAK

Det finnes flere alternative tiltak rettet mot forurensede sedimenter. Mudring er en mye utprøvd metode for effektiv fjerning av sedimenter. Tildekking er en metode som er mindre brukt, men man begynner å høste erfaringer nasjonalt med denne metoden også. Her følger en oppstilling av alternativene for tiltak:

- Nullalternativet
- Isolere på stedet
- Mudring
- Miljøforbedrende tiltak

Alle tiltakene forutsetter at aktive kilder er identifisert og utbedret.

### 5.1 Nullalternativet

Dette alternative innebærer at situasjonen forblir som ved undersøkelsestidspunktet. Det igangsettes ingen tiltak for å forbedre situasjonen. Restriksjoner på bruk av området kan være aktuelt. Det kan likevel innebære en gradvis forbedring av situasjonen ved naturlig sedimentering og naturlig nedbrytning på sikt. Det er viktig at nullalternativet følges opp på sikt for å kontrollere at de naturlige prosessene forbedrer situasjonen. Når ikke miljømålene innen rimelig tid, må fysiske tiltak iverksettes.

### 5.2 Isolere på stedet

Dette er en godt utprøvd metode internasjonalt og vi begynner å høste erfaringer med denne typen tiltak nasjonalt også. For at en tildekning skal fungere bør det skje i relativt beskyttede områder. Dette sammenfaller godt med de fleste problemområder som vanligvis befinner seg i havner, fjorder eller andre beskyttede områder der industri eller skipsrelatert næring er etablert.

Det finnes forskjellige metoder for å isolere forurensede masser på stedet.

#### *Filterduk*

Filterduken legges på sedimentene uten bruk av dekkmasse. Filterduken beskytter sedimentene og duken dekkes etter hvert av naturlig sedimentasjon.

#### *Rene masser*

De forurensede sedimentene tildekkes med rene masser slik at miljøgifter ikke er tilgjengelige for marine organismer. Materialer som brukes i tildekkingen er normalt sand eller skjellsand, men silt eller fin grus kan også brukes. Dekklaget bør ha en tykkelse på 30-50 cm.

### *Filterduk og rene masser*

Det legges en filterduk over sedimentene først for at ikke de rene massene skal synke ned i sedimentene og deretter legges rene masser på duken for å få fortgang i etableringen av et naturlig miljø. Tildekking med filterduk er kostbart på store dyp og kan være krevende arbeid, men dette vil være aktuelt i områder med svært løse masser.

### *Betongduker*

Dersom det er stor risiko for at dekkmassen ikke blir liggende stabilt kan det brukes betongduker. Dette er duker som er fylt med betong. Disse legges direkte på sedimentene. Denne metoden kan også kombineres med å legge rene masser på duken.

Å kun bruke duker uten å legge masser på toppen anbefales kun i områder med høy sedimentasjonsrate. Det er viktig å få relativt rask reetablering av et biologisk aktivt miljø etter endt tiltak.

## **5.3 Mudring**

Ved mudring fjerner man masser under vann. Dette kan være sand, silt, leire, eller større kornstørrelser som grus, morenemasser eller utsprengt fjell. Mudring er en metode mye brukt for å lage kanaler, øke farlededybden mm.. Mudring egner seg også til opprydning i forurensede sedimenter.

Til mudring brukes mudderapparater som kan bygges på skipsskrog med egen fremdrift, propell-drevne mudderverk, eller på en spesiell pongtong, stasjonære mudderverk. De sistnevnte kan flyttes innenfor arbeidsområdet ved hjelp av ankere og spill. Over lengre avstander må de slepes. Det finnes fire hovedtyper av mudderverk

### *Paternosterverk*

Paternosterverk bygges som regel som stasjonære mudderapparater. Det er en maskinell innretning som består av et endeløst bånd (pøsekjede) hvortil det er festet klo-, skje- eller bøttelignende griper for kontinuerlig massetransport langs båndet.

Gravingen skjer med en grave- eller pøsekjede opphengt i en kraftig bom. Ved graving senkes pøsekjeden til den aktuelle dybden og settes i gang. Pøsene fylles, beveges opp og tømmes i en renne, hvorfra materialet styrtes i en mudderpram.

### *Ekskavator*

Ekskavator kalles også skjegraver. Graveprinsippet tilsvarer forgraverens (gravemaskin). Gravebommen med stikke og graveskuff (skje) er plassert i fartøyets ene ende, og slik at apparatet kan grave sin egen kanal. Under graving støttes apparatet opp av kraftige stålben.

### *Grabbapparatet*

Grabbapparatet er den mest brukte typen fordi den egner seg bra til mindre arbeider. I prinsippet er det en vanlig wirestyrt gravemaskin med bom og grabb, montert på en pongtong.

### *Sugeapparater*

Her suges gravematerialet sammen med vann inn i en røråpning via en sugeledning gjennom en stor sentrifugalpumpe. Derfra trykkes massen over i en mudderpram eller via en lengre rørledning til et område som skal fylles opp. Det finnes kraftige pumper som klarer å suge inn over land med en lengde på opp til 2 km. Sugeapparatene kommer i mange forskjellige varianter, men de egner seg alle best til finere sedimenter.

De mudderapparatene som er nevnt her dekker hovedprinsippene, men det finnes flere versjoner og til dels krysninger av disse apparatene. Det er grabbapparatet som er mest brukt i Norge. Felles for all mudring er at man trenger et egnet sted å deponere massene. Når man mudrer for å fjerne forurensede masser så må forsikre seg om at massene går til egnet deponi eller at massene blir forsvarlig isolert.

## **5.4 Miljøforbedrende tiltak**

Miljøforbedrende tiltak kan være tiltak som forbedrer miljøet gjennom indirekte tiltak. Dette kan være biologiske tiltak som tilrettelegging for østersbanker. Østers har stor renskapasitet på vannmassene. Det kan også være mulig å tilrettelegge for undervannsenger som fungerer som habitatingeniører og bryter ned enkelte miljøgifter. Disse tiltakene kan være relativt effektive, men det finnes mye usikkerhet i etablering av nye habitater og suksesskriteriene kan være vanskelige og identifisere. Et annet eksempel på miljøforbedrende tiltak kan være å forbedre vannutskiftning i stagnerte områder. Dette kan eksempelvis oppnås ved å fjerne, eller redusere størrelsen på en terskel. Slike tiltak vil være mest aktuelt hvis terskelen består av løse masser. Terskler består ofte av morenemasse og er dannet som resultat av israndavsetning. Israndavsetning er en definert naturtype og det vil derfor være potensielt konfliktfullt å gjennomføre denne type tiltak.

## 6 TILTAKSPLAN

### 6.1 Tiltaksområdet

Hele undersøkelsesområdet, unntatt indre deler av verneområdet, er vurdert som tiltaksområdet. Som nevnt så er forurensningen jevnt fordelt i området for enkelte parameter (PAH 16, TBT og til dels PCB 7) og det er ingen tydelige hotspots som skiller seg ut. Unntaket er funnet av klasse 4 av PCB 7 like utenfor Kommunekaia hvor trenden for øvrige stasjoner er klasse 3. Kobber forurensning finnes som klasse 4 utenfor alle bryggeanleggene i undersøkelsesområdet.

### 6.2 Forurensningskilder og historikk

Lundevågen har vært et område med stor aktivitet gjennom mange år. Alcoa Lista har en havn ytterst i fjorden hvor man tar imot viktige råvarer som aluminiumoksid, koks og kulltjære-bek. Fra samme kai skipes det ut elektrolysemetall som eksporteres til øvrige deler av Europa. Innerst i Lundevågen ligger kommunekaia som ble bygd omkring 1940 – 1942. Her har Farsund kommune hatt aktiviteter opp gjennom årene.

Ved oppstart av aluminiumsverket i 1970 ble det brukt fast bek som ble losset ved kai. Denne aktiviteten forgikk til 1982 da verket gikk over til flytende bek. Alcoa Lista (tidl. Elkem aluminium) var en foregangsbedrift ved overgang til flytende bek hvor risikoen for utslipp anses som minimal.

Lundevågen har også en gammel skipshistorie, hvor området har vært anløpssted for dampskip. Dette medførte relativt omfattende handels- og transport aktiviteter som kan tenkes å ha bidratt til lokal PAH-forurensning.

Bek og kull er en kilde til pyrogen PAH forurensning. Stoffgruppen PAH (polyaromatiske hydrokarboner) består av mange forskjellige forbindelser. Noen er giftige, arvestoffskadelige eller kreftfremkallende. PAH dannes ved all ufullstendig forbrenning av organisk materiale. I Norge er det vedfyring og aluminiumsindustrien som er de største kildene til utslipp av PAH forbindelser.

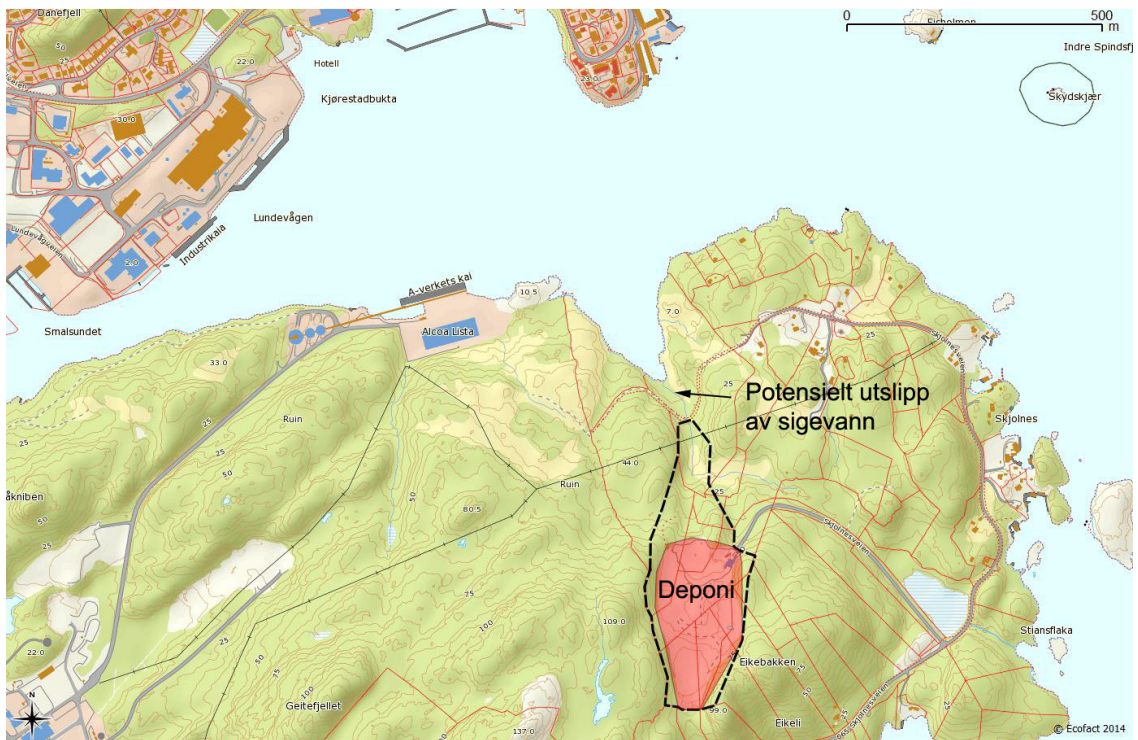
Polyklorerte bifenyler eller PCB er industrikjemikalier som ble utviklet på 1920-tallet. På grunn av sin anvendelighet ble kjemikaliene brukt i en rekke produkter, blant annet som tilsetning i mørtel til bruk i betong, og maling.

Etter funn av høye PCB verdier i 2006 undersøkelsen ble det ble i gjennomført supplerende PCB undersøkelser (Multiconsult 2007) hvor det ble funnet PCB i en prøve betong og en prøve jord nær Kommunekaia. Øvrige prøver i området viste ingen funn av PCB. PCB verdiene i sedimentene ved Kommunekaia kan ikke forklares med disse to funnene. Det er ellers ikke funnet kilder av PCB i tilknytning til undersøkelsesområdet.

Forhøyede nivåer av TBT (tributyltinn) er typisk å finne i sedimenter ved gamle marinaer, trafikkerte havner og skipsleier. TBT har vært hyppig brukt som smøremiddel på skip og båter siden 50-tallet, men bruken ble stadig begrenset utover 90-tallet, med et totalforbud i 2008. TBT er svært giftig for marine organismer generelt og purpursnegl spesielt. Hunnene utvikler maskuline karaktertrekk, såkalt imposex, som igjen kan føre til sterilitet. Ofte ser man fravær av purpursnegl i gamle havner og skipsleier. Selv om det er et totalforbud mot TBT så kan skipstrafikk fortsatt anses som en aktiv kilde, da det finnes rester av TBT på eldre skip.

Kobber er vanlig i bunnstoff. Bruken økte kraftig fra midten av 90-tallet når bruken av TBT ble begrenset. Kobber er i dag vanlig å finne ved båthavner og kaianlegg.

En potensiell forurensningskilde er sigevann fra Skjoldnes deponi. Det renner en liten bekk ut i Kjellesvika øst for Alcoa Lista kaien hvor potensielt sigevann vil bli ført ut. Deponiet er klassifisert for vanlig avfall, deponiklasse 2.



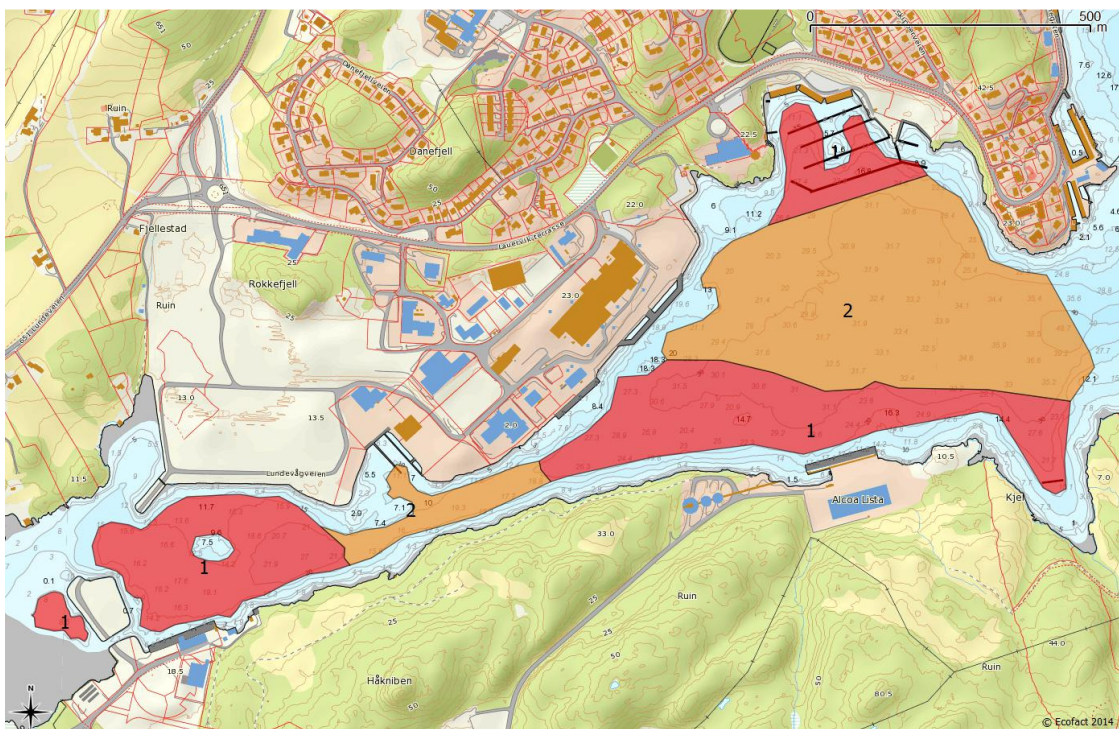
Figur 6. Regulert deponi med sort stiplet linje og faktisk deponiområde med rød skravur. Bekk fra område renner ut i Kjellesvik.



### 6.3 Anbefalinger

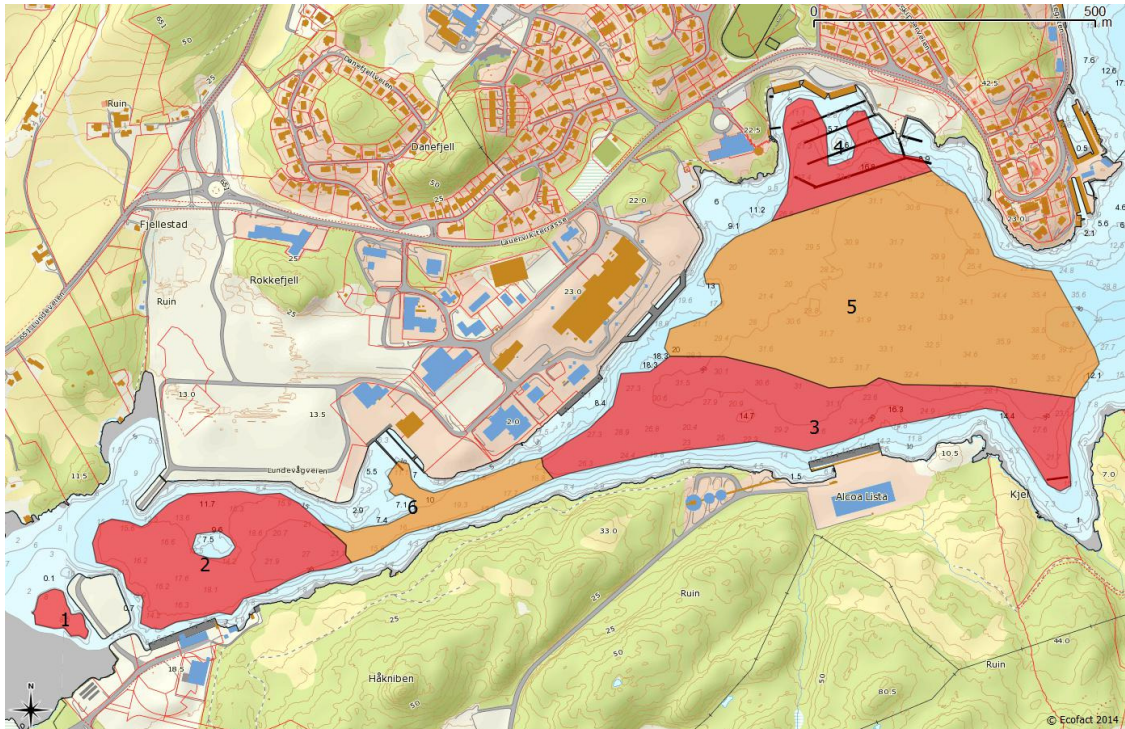
Det er på bakgrunn av forurensningssituasjonen, områdets topografi og vanngjennomstrømning vurdert forskjellige tiltak for forskjellige områder. Tiltaksområdene blir delt inn i første prioritet og annen prioritet (fig. 6). Det bør gjennomføres tiltak ved alle de påpekte områdene, men prioriteringene er satt med hensyn til en eventuell finansieringsplan. Prioriteringene er vurdert etter forurensningssituasjonen og etter områdets topografiske forhold. Basert på prioriteringene blir tiltaksplanen inndelt i 2 faser. I fase 1 skal det gjennomføres tiltak basert miljøundersøkelsene gjennomført i 2014. I fase 2 skal det gjennomføres nye miljøundersøkelser, og evt. gjennomføres tiltak basert på de nye resultatene. Det foreslås likevel tiltak for fase 2 i denne rapporten basert på 2014 undersøkelsene.

Figur 6 og 7 viser tiltaksområdene etter løpenummer og etter prioritering. Ingen av tiltaksområdene er anbefalt helt inn mot land. Dette fordi Lundevågen har enten hardbunn med bratt svaberg, steinsatt utfylling eller morenemasser inn mot land (utenom verneområdet). Det er også et «hull» i tiltaksområdet ved kommunekaia. Dette området er hardbunn hvor det i dag står en grunnestake. Det vil være lite hensiktsmessig å fylle løsmasser over hardbunn. Dette vil være dårlig bruk av ressurser som bør unngås. Det kan være hensiktsmessig å gjennomføre en mer detaljert kartlegging av eventuelle hardbunnsområder før tiltak gjennomføres.



Figur 7. Fase 1 og fase 2 er markert med henholdsvis rød og oransje.

Tiltaksområdene er nummerert for videre omtale (figur 7):



Figur 8. Tiltaksområdene er nummerert for videre omtale.

### Tiltaksområde 1:

Området måler 5 daa. Det ligger nede i et lokalt basseng i Verneområdet. Øvrige stasjoner fra dette delområdet hadde fine verdier. Det lokale bassengets forurensningssituasjon ligner på stasjonene ved kommunekaien. Området hadde svært fine siltholdige og ustabile sedimenter og man må trolig overfylle med rene sedimenter for å få korrekt metning.

#### Anbefaling:

Tildekning med 30 cm skjellsand/sand.  
 1 500 m<sup>3</sup> masse  
 (Eventuelt duk og tildekning 15 cm masse)  
 (750 m<sup>3</sup> masse)

### Tiltaksområde 2:

Området måler 47 daa. Ligger nesten i sin helhet ved delområde kommunekaien, men dekker også deler av verneområdet. Sedimentene er fine, men mer stabile enn i tiltaksområde 1.

#### Anbefaling:

Tildekning med 30 cm skjellsand/sand.  
 14 100 m<sup>3</sup> masse

**Tiltaksområde 3:**

Området måler 100 daa. Dette området består både av arealer der vannet presses opp over terskelen ved Smalsundet og de grunneste områdene utenfor Alcoa Lista kaien med veldig høye PAH verdier.

Anbefaling:

Tildekking med 30 cm skjellsand/sand.

30 000 m<sup>3</sup> masse

**Tiltaksområde 4:**

Området måler 27 daa. Området ligger under småbåthavnen i Lundevågen og er hyppig brukt til rekreasjon. Området tildekningsareal er noe usikker da det finnes en del hardbunn innenfor dette arealet.

Anbefaling:

Tildekking med 30 cm skjellsand/sand.

< 8100 m<sup>3</sup> masse

**Tiltaksområde 5:**

Området måler 190 daa. Området er av ulike grunner vurdert til annenprioritet. Forurensningssituasjonen er mindre prekær ved de grunneste områdene, samt at faren for påvirkning (som f.eks. oppvirvling) antas å være mindre i de dypere områdene. Det påpekes likevel at risikovurderingen og stasjonsdata tilsier tiltak. Mer stabile forhold, samt bedre verdier ved dypvannskaien kan forsvare et noe tynnere dekke. Det foreslås å avvente tiltak i dette området til fase 2. I forkant av fase 2 må det gjennomføres en kontrollprøvetaking for å vurdere om området blir naturlig forbedret. Blir det ikke forbedring over tid eller om forbedringen ikke anses tilstrekkelig må det igangsettes tiltak.

Anbefaling:

Overvåking 3 år etter endt tiltak Fase 1.

(Tildekking med 20 cm skjellsand/sand)

(38 000 m<sup>3</sup> masse)

**Tiltaksområde 6:**

Området måler 20 daa. dette området ligger over terskelen som skiller ytre og indre områder av Lundevågen. Terskelen gjør at arealer dypere enn 16 meter innenfor dette området får dårlig vannsirkulasjon. Terskelen har de sterkeste strømforholdene i Lundevågen og er dermed mindre egnet for tildekning. Dette området hadde relativt gode verdier som trolig skyldes en god gjennomstrømning av vannmasser. Dette vises igjen på kornstørrelsen som er grovere enn omkringliggende områder. Området har potensial for naturlig forbedring så snart omliggende områder blir rene. Det anbefales



derfor å vurdere situasjonen ved overvåking. Bedres ikke situasjonen anbefales mudring.

#### Anbefaling:

Overvåking. Ta prøver av terskelområdet 3 år etter øvrige områder er ferdig tildekket som inkluderer kjerneprøver (Eventuelt mudring til 30-50 cm mudringsdyp (avhengig av kjerneprøver)).

#### Øvrige anbefalinger:

Det er ikke vurdert biologiske tiltak da resultatene av disse er svært usikre, disse tiltakene hadde vært mer aktuelle hvis området tidligere hadde hatt habitatrensende biotoper som nå var utgått.

Det anbefales også å kontrollere bekken som renner fra deponiområde. Finnes det uønskede elementer i bekken, må det renskes opp i kilden eller det må opprettes et rensbasseng/park med et areal tilsvarende 2 % av nedbørsfeltet.

#### Oppsummering tiltaksområder:

Tabell 1. Anbefalingene sammenstilt med areal, tykkelse og volum av tildekning.

Tiltaksområde	Areal (daa)	Tildekning (cm)	Volum (m <sup>3</sup> )
Tiltaksomr. 1	5	30	1 500
Tiltaksomr. 2	66	30	19 800
Tiltaksomr. 3	100	30	30 000
Tiltaksomr. 4	27	30	8 000
Tiltaksomr. 5	190	20	38 000
Tiltaksomr. 6	20	-	-
Sum	408		<b>97 300</b>

For å oppnå rett korrekt metningsgrad langs sjøbunn må man regne en del svinn per kubikk. Svinnet vil være lite i de innerste og grunnere områdene og større i de ytterste, dypere områdene. Det er vurdert et gjennomsnittlig massesvinn på 20 %.

**Overvåking:**

Overvåkingen 3 år etter endt tiltak i fase 2 områdene bør gjennomføres med samme stasjoner som ligger i område 5 etter dagens prøvetakingsprogram. I område 6 bør dagens stasjoner suppleres med 2 nye for å få et god nok dekning av området. Det er allerede gjennomført en grundig risikovurdering og risikoen er således fastslått i 2014 undersøkelsen. Det legges derfor opp til et enkelt overvåkningsprogram som kun følger utviklingen i sedimentene. Det er derfor kun nødvendig å analysere på minstepakken etter miljødirektoratets TA-2802:

- Tungmetaller: Hg, Cd, Pb, Cu, Cr, Zn, Ni og As
- Ikke klorerte organiske forbindelser: Enkeltforbindelsene i PAH<sub>16</sub>
- Klorerte organiske forbindelser: Enkeltkongenene i PCB<sub>7</sub>
- TOC
- TBT

Det bør i tillegg tas kontrollprøver fra fase 1 områdene for å kontrollere mot rekontaminering fra fase 2 områdene.



## 6.4 Kostnadsvurderinger

Valg av tiltaksmetode har stor betydning for kostnadene. I tilfellet Lundevågen er det valgt å gjennomføre tiltak hovedsakelig ved tildekking. Dette er en rimelig og effektiv metode. I følgende kostnadsvurdering er det tatt høyde for bruk av skjellsand. Dette er et naturlig marint produkt som egner seg godt til dette formålet. Alle kostnader gjengitt i denne rapporten er eksklusive merverdiavgift.

### 6.4.1 Fase 1

Tabell 2. Pris på masser skjellsand til fraktet til Lundevågen for fase 1. Det er regnet 20 % svinn av masser mot ønsket tildekningsdyp

Tiltaksområde	Kostnad per kubikk (NOK)	Volum (m <sup>3</sup> )	Kostnad (NOK)
Tiltaksomr. 1	150	1 500	225 000
Tiltaksomr. 2	150	19 800	2 970 000
Tiltaksomr. 3	150	30 000	4 500 000
Tiltaksomr. 4	150	8 000	1 200 000
		59 300+20%	<b>8 895 000 +20%</b>
Sum		71 160	<b>10 674 000</b>

Samme volum sand er beregnet til en kostnad på 8,5 mil. kroner.

Utlekking av masser er ikke tatt med i tabellen over og kostnader for dette er usikre og varierer etter metode.. Hvis man beregner 25 kr/m<sup>2</sup> så vil tildekking av 198 daa., for fase 1, ha en kostnad på ca. 5 millioner.

Bruk av skjellsand vil dermed ha en kostnad på 15.6 millioner, mens bruk av sand vil ha en kostnad på 13,5 millioner. Disse verdiene er grovt anslått og man må regne med et 30 % avvik.

Det er snakk om store volum og kostnader for mellomlagring av masse er ikke medberegnet.

Det bør gjennomføres test geoteknisk stabilitet før tildekkingen bør med slik at prosentandel overfylling kan anslås korrekt. Det er lagt til grunn 20 % overfylling i kostnadsberegningene, men denne kan variere i tiltaksområdet.

### 6.4.2 Fase 2

Det legges opp til en miljøundersøkelse 3 år etter endt tiltak for å se om forholdne har bedret seg i tiltaksområde 5 og 6. Kostnadene for miljøovervåkingen vurderes å ligge et sted mellom 150-350 000.

Hvis det etter gjennomført miljøundersøkelse fortsatt anbefales tiltak så ligger tabell 3 til grunn for kostnadsvurderingene for tildekning i fase 2.

Tabell 3. Pris på masser skjellsand til fraktet til Lundevågen for fase 1. Det er regnet 20 % svinn av masser mot ønsket tildekningsdyp

Tiltaksområde	Kostnad per kubikk (NOK)	Volum (m <sup>3</sup> )	Kostnad (NOK)
Tiltaksomr. 5	150	38 000	5 700 000
Tiltaksomr. 6	150	-	-
		38 000+20%	<b>5 700 000+20%</b>
		45 600	<b>6 840 000</b>

Samme volum sand er beregnet til en kostnad på 5,5 mil. kroner.

Utlekking av masser er ikke tatt med i tabellen over og kostnader for dette er usikre og varierer etter metode.. Hvis man beregner 25 kr/m<sup>2</sup> så vil tildekking av 190 daa., for fase 2, ha en kostnad på ca. 4,8 millioner.

Bruk av skjellsand vil dermed ha en kostnad på 11,6 millioner, mens bruk av sand vil ha en kostnad på 10,3 millioner. Disse verdiene er grovt anslått og man må regne med et 30 % avvik.

Det er også i fase 2 snakk om store volum og kostnader for mellomlagring av masse er ikke medberegnet.

Bli det aktuelt å mudre dette området vil man kunne medregne kostnader fra 500 000,- til 1 200 000,- avhengig av metode (også noe usikkert volum). Da er ikke deponeringskostnader medregnet.

Det bør gjennomføres test geoteknisk stabilitet før tildekkingen bør med slik at prosentandel overfylling kan anslås korrekt. Det er lagt til grunn 20 % overfylling i kostnadsberegningene, men denne kan variere i tiltaksområdet.

Kostnadsberegningene er et grovt anslag som må brukes veiledende. Alle kostnader må detaljeres nærmere i forbindelse med en anbudskonkurranse.

## 7 OPPSUMMERING

Forurensningssituasjonen i Lundevågen er ikke forenelig med miljømålene. For å oppnå disse må det iverksettes tiltak. Nesten hele undersøkelsesområde er vurdert som tiltaksområde.

Tildekning er et rimelig og effektiv tiltak. I Lundevågen er det anbefalt tildekning av 408 daa. sjøbunn. Tildekningsdybden varierer fra området til området, og er avhengig av forurensningssituasjonen, områdets topografi og vanngjennomstrømning. Totalt volum masse som inngår i anbefalingene er 97 300 m<sup>3</sup>. Tiltakene deles inn i 2 faser.

### Fase 1

Fase 1 utgjør 198 daa. Skjellsand er vurdert som egnet masse for området, men sand kan også være et alternativ. Grove kostnadsoverslag tilsier en kostnad på 15,6 millioner kroner for bruk av skjellsand og en kostnad på 13,5 millioner for bruk av sand. Disse verdiene er grovt anslått og man må regne med et 30 % avvik.

### Fase 2

Det legges opp til en miljøundersøkelse 3 år etter endt tiltak for å se om forholdene har bedret seg i tiltaksområdene avsatt til fase 2. Kostnadene for miljøovervåkingen vurderes å ligge et sted mellom 150-350 000.

Dersom tildekning i fase 1 ikke viser seg å føre til en bedring i forurensningssituasjonen, kan mudring ved terskelen ved Smalsundet være et aktuelt tiltak. Kostnadsanslag på dette arbeidet ligger på 0,5 – 1,2 million kroner (uten deponeringsløsninger).

Uten en tilstrekkelig forbedring av situasjonen etter fase 1 så skal ytterligere ett område tildekkes i fase 2. Grove kostnadsoverslag tilsier en kostnad på 11,6 millioner for bruk av skjellsand og 10,3 millioner for bruk av sand. Disse verdiene er grovt anslått og man må regne med et 30 % avvik.

Det vil ikke bli konflikter med skipstrafikk og seilingsdybde ved noen av tildekningsområdene i fase 1. Blir det aktuelt med tiltak i fase 2 så skal det mudres ved terskelen (Smalsundet), som er der eneste potensielle konfliktpunktet for skipstrafikk med tanke på tildekning.

Faren for rekontaminering anses som liten i delområde Lundevågen da fase 2 områdene ligger dypere enn fase 1 områdene. Ved terskelen er vanngjennomstrømningen så god at fortyningseffekten ved spredning vil være stor. Det er relativt lave forurensningsverdier ved terskelen, noe som er med på å bidra til at rekontamineringsfaren er lav fra dette området.

## 8 REFERANSER

KLIF 2011. TA2802/2011. *Risikovurdering av forurenset sediment*. Veileder. Klima- og Forurensningsdirektoratet.

Larsen, O.K. 2014. *Tiltaksrettede undersøkelser i Lundevågen, Farsund, trinn 3 risikovurdering*. Ecofact rapport 409. 65 s.

Miljødirektoratet 1997. *Veileder for klassifisering av fjorder og kystvann*. TA-1467/1997.

Miljødirektoratet, 2008. *Veileder for klassifisering av fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sediment*. TA-2229/2007

Miljødirektoratet, 2012. Veileder. *Håndtering av sedimenter*. TA-2960/2012.

Nilsson, H.C. & Næs, K. 2006. *Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensete sedimenter i Farsund: fase 2, trinn 2*. NIVA rapport O-25397. 49 s.