

NIVA



RAPPORT LNR 4744-2003

Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Aust-Agder

Fase 1 - Miljøtilstand, kilder og
prioriteringer



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Aust-Agder. Fase 1 - Miljøtilstand, kilder og prioriteringer	Løpenr. (for bestilling) 4744-2003	Dato 28.10.03
	Prosjektnr. Undernr. O-23414	Sider Pris 55
Forfatter(e) Tone Kroglund Aud Helland Oddvar Lindholm	Fagområde Miljøgifter i sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Aust-Agder	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Rapporten omhandler første fase av tiltaksplan for forurensede sedimenter i Aust-Agder. De tre utvalgte områdene i Aust-Agder er Tvedestrand på innsiden av Sagesund, Arendal havneområde med Tromøysund og Vikkilen i Grimstad. I dette arbeidet er det gjort en gjennomgang av eksisterende data med kartpresentasjon av miljøstatus for de ulike miljøgiftene i hvert tiltaksområde. Videre er det gitt en oversikt over aktuelle og mulige kilder til forurensning i nedbørfeltet og høyriskoområder er foreslått. Data fra indre Tvedestrandsfjord har vist høye konsentrasjoner av både PAH og TBT (tilstandsklasse IV-V) slik at flere grunne områder er definert som mulige høyriskoområder. Det er imidlertid behov for å ta prøver i grunne farvann for å kunne fastslå dette. I Arendal er spesielt havneområdene og området rundt Eydehavn forurensset av miljøgifter, men også småbåthavner og andre områder er sterkt forurensset. I likhet med Tvedestrand er det også her lite data fra grunne områder som er mest utsatt for spredning. Indre del av Vikkilen er foreslått som høyriskoområde på grunn av høye PAH-verdier og ekstremt høye TBT-verdier. Det er behov for å ta prøver som verifiserer nivåene og gir opplysning om omfang.

Fire norske emneord 1. Tiltaksplan 2. Miljøgifter og kilder 3. Sjøsedimenter 4. Aust-Agder	Fire engelske emneord 1. Plan of action 2. Micropollutants and sources 3. Marine sediments 4. Aust-Agder
--	--

Tone Kroglund

Tone Kroglund

Prosjektleder

Forskningsleder

ISBN 82-577-4417-4

Forskningsdirektør

Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Aust-Agder

Fase 1 – Miljøtilstand, kilder og prioriteringer

Forord

Forurensningsmyndighetene har gjennom igangsetting av fylkesvise tiltaksplaner startet et omfattende arbeid med opprydding i forurenset sjøbunn. I første omgang er 29 fjordområder valgt ut hvor en tiltaksplan skal være ferdig utarbeidet innen 2005. Dette skal gjøres i to faser, hvor første fase omfatter:

- gjennomgang av eksisterende data
- kildeopring
- nærmere prioritering av delområder for eventuelle videre undersøkelser

Blant de 29 utvalgte områdene i Norge inngår 3 områder i Aust-Agder:

- Tvedestrandsfjorden på innsiden av Sagesund
- Arendal havneområde avgrenset av Strømsbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund
- Vikkilen øst for Grimstad

NIVA fikk i oppdrag av Fylkesmannens miljøvernavdeling i Aust-Agder å utføre første fase av tiltaksplanen. Hos Fylkesmannen har Geir Wigdel og Eva Boman vært kontaktpersoner.

Rapporten er disponert etter kapittelinnstillingen som SFT har ønsket på den endelige rapporten.

Prosjektet har vært faglig forankret i NIVAs seksjon for Miljøgifter i marint miljø, sammen med tilsvarende tiltaksplaner for andre kommuner og fylker som NIVA har hatt ansvaret for. Bemanningen har vært tvers av seksjoner ettersom prosjektet spenner over flere fagdisipliner. Arbeidet i Aust-Agder har vært utført av Forsker Tone Kroglund (prosjektleder, lokal forankring), forsker Aud Helland (kompetanse innenfor miljøgifter i sedimenter, erfaring med miljøgifter og tiltaksplaner fra havneområder), forsker Brage Rygg og Frode Uriansrud (databaser, kartfremstilling) og professor Oddvar Lindholm (tilførsler, kilder). Forskningsleder Kristoffer Næs har hatt ansvar for kvalitetssikringen.

Grimstad, 28.oktober 2003

Tone Kroglund
Prosjektleder

Innhold

Sammendrag.....	6
1. INNLEDNING.....	8
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Mål.....	8
1.3 Datagrunnlag	8
1.3.1 Miljøgifter i sjøsedimenter.....	8
1.3.2 Elvetilførsler	8
1.3.3 Atmosfærisk nedfall.....	9
1.3.4 Tilførsler fra urbane tette flater og kommunale avløp	9
1.3.5 Tilførsler fra konsesjonsbelagt industri.....	10
1.3.6 Lokalteter med forurenset grunn og deponier.....	10
1.4 Rangering av områdene	10
2. TVEDESTRAND	12
2.1 Beskrivelse av tiltaksområdet.....	12
2.1.1 Generelt om fjordområdet.....	12
2.1.2 Inndeling i delområder	13
2.2 Miljøtilstand.....	14
2.3 Kilder til forurensning	15
2.3.1 Utslipp fra kommunale avløpsreanseanlegg og avløpsnett.....	15
2.3.2 Industriutslipp med og uten konsesjon.....	15
2.3.3 Overflateavrenning	17
2.3.4 Atmosfærisk nedfall.....	18
2.4 Rangering av områdene	21
3. ARENDAL	23
3.1 Beskrivelse av tiltaksområdet.....	23
3.1.1 Generelt om fjordområdet.....	23
3.1.2 Inndeling i delområder	24
3.2 Miljøtilstand.....	25
3.3 Kilder til forurensning	29
3.3.1 Utslipp fra kommunale avløpsreanseanlegg og avløpsnett.....	29
3.3.2 Industriutslipp med og uten konsesjon.....	29
3.3.3 Overflateavrenning	32
3.3.4 Atmosfærisk nedfall.....	35
3.4 Rangering av områdene.....	38

4. GRIMSTAD.....	40
4.1 Beskrivelse av tiltaksområdet.....	40
4.1.1 Generelt om fjordområdet.....	40
4.1.2 Inndeling i delområder.....	40
4.2 Miljøtilstand.....	42
4.3 Kilder til forurensning.....	43
4.3.1 Utslipp fra kommunale avløpsreanseanlegg og avløpsnett.....	43
4.3.2 Industriutslipp med og uten konsesjon.....	43
4.3.3 Overflateavrenning.....	44
4.3.4 Atmosfærisk nedfall.....	46
4.4 Rangering av områdene.....	49
5. PLAN FOR FASE 2.....	50
5.1 Forslag til prioritering av delområder for videre undersøkelser.....	50
5.2 Kostnadsoverslag.....	52
6. REFERANSER.....	54

Sammendrag

Den foreliggende rapporten er et ledd i det landsomfattende arbeidet med å lage tiltaksplaner for forurensede sedimenter. SFT har i samråd med fylkesmennene valgt ut 29 fjordområder som det skal lages tiltaksplaner for innen 2005. I Aust-Agder inngår følgende tre områder:

- Tvedestrandsfjorden på innsiden av Sagesund
- Arendal havneområde avgrenset av Strømsbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund
- Vikkilen øst for Grimstad

Rapporten har hatt som formål å skaffe oversikt over forurensningssituasjonen i sedimenter i de tre tiltaksområdene i Aust-Agder, gi en oversikt over aktuelle kilder og hva de bidrar med av årlige tilførsler. I tillegg var det et mål å rangere delområdene etter alvorlighet i forurensning og skissere forslag til videre oppfølging.

Sammenstilling av miljøgiftdata i sjøsedimenter har vært basert på eksisterende undersøkelser av miljøgifter i sjø. Som kilder til forurensning er følgende tatt med i denne rapporten: utslipp fra kommunale avløpsanlegg og overløp, elver, avrenning fra urbane tette flater, atmosfærisk nedfall og industriutslipp.

Tvedestrand

Tidligere undersøkelser av havneområdet og Østeråbukta i indre Tvedestrandsfjord tyder på at området er sterkt/meget sterkt forurensset av PAH og TBT (klasse IV-V), markert forurensset av PCB, kvikksølv, bly og kobber (klasse III). Dypområdet innenfor Furøya og Sagesund er sterkt forurensset av PAH og TBT (klasse IV) og kun moderat forurensset av PCB (klasse II). Områdene er samtidig moderat/markert forurensset av tungmetaller (klasse II-III).

Av de kvantifiserte kildene er avrenning fra urbane tette flater og utslipp fra renseanlegg de største bidragsyterne. I tillegg kommer ikke-kvantifiserte kilder som båttrafikk og havneaktiviteter.

På grunn av høyt innhold av PAH og TBT, kombinert med grunne områder (< 20m) og aktiviteter som kan gi spredningsfare, er Indre havn/Tangen, Østeråbukta og Sagesund rangert som høyrisikoområder. Det foreligger imidlertid kun en analyse fra hvert område og det er behov for flere prøver for å kartlegge omfanget. Området Bjørnevikhalsen – Furøya har også høye PAH og TBT verdier i dyppartiene, men her ansees spredningsfaren som mindre. Det er imidlertid behov for undersøkelser på grunnere vann i området rundt Furøya hvor det er store friluftsjakter (potensielt høyrisikoområde).

Arendal

Tidligere undersøkelser har vist at sedimentene stort sett er sterkt/meget sterkt forurensset av PAH (klasse IV-V) i hele tiltaksområdet i Arendal. I tillegg er havneområdene og undersøkte stasjoner i Tromøysund sterkt/meget sterkt forurensset av TBT (klasse IV-V). Innholdet av PCB er svært variabelt også innenfor avgrensede områder (klasse I-IV). Innholdet av tungmetaller er størst i havneområdet hvor kvikksølv, bly og kobber er i tilstandsklasse III (markert forurensset). I øvrige deler av Tromøysund er sedimentene moderat/markert forurensset (klasse II-III) av tungmetaller.

Av de kvantifiserte kildene er avrenning fra urbane tette flater og utslipp fra renseanlegg de største bidragsyterne til PAH, PCB og Hg. Elveavrenning og avrenning fra tette flater er de største kildene til bly-forurensning. Utslipp fra renseanlegget går ikke direkte ut i tiltaksområdet slik at det reelle bidraget er noe mindre enn vist i tabeller. I tillegg kommer ikke-kvantifiserte kilder som båttrafikk, havne- og industriaktiviteter.

I området fra Strømsbrua til Strømsbubukt er det ikke foretatt noen undersøkelser av miljøgifter i sedimenter, men ettersom nærliggende områder (havnebassenget) har høye konsentrasjoner og hele området har under 20 meter vanddyb, kan det ansees som et potensielt høyrisikoområde.

Høyt innhold av PAH og TBT på flere stasjoner i indre havnebasseng, kombinert med havneaktiviteter/småbåttrafikk, rangerer grunne områder (< 20m) som potensielle høyrisikoområder. De viktigste gruntområdene er Strømsbubukt - Kittelsbukt/gjestehavna, Kolbjørnsvik, Jomfruholmen-Gimlebukt og Pusnes-Skilsøtangen. Det foreligger ingen analyser fra grunt vann i disse områdene og bør følges opp med tilleggsundersøkelser. Havneaktiviteter, industri og småbåthavner er trolig aktive kilder til PAH og TBT i tillegg til avrenning fra urbane tette flater.

Grunne områder som Ubekilen, Trollenes, Tybakkilen og Vindholmen i sentrale deler av Tromøysund er rangert som høyrisikoområder på grunn av høyt innhold av PAH og TBT, kombinert med båtaktiviteter og liten vanddybde. Med unntak av Trollenes foreligger det kun få og spredte analyser. Andre grunne områder som kan være potensielle høyrisikoområder omfatter blant annet Songekilen og Seikilen. Det foreligger ingen data fra disse områdene. Vindholmen og småbåthavner er trolig aktive kilder til PAH og TBT i tillegg til avrenning fra urbane tette flater.

Basert på eksisterende datamateriale og aktiviteter i området, rangeres grunne områder ved Eydehavn (eks Nitriden, Bukkeviga) som høyrisikoområder. I flere av arealene er det imidlertid gjort tiltak, eller tiltak er under planlegging. Det er derfor ikke foreslått videre oppfølging ut over det som allerede er igangsatt.

Basert på eksisterende tallmateriale rangeres Heggedalsbukta som høyrisikoområde på grunn av høyt innhold av PAH og PCB kombinert med liten vanddybde og småbåttrafikk. Tiltak ble imidlertid gjennomført i 2001. Det foreligger ingen nye analyser fra området.

Området øst i Tromøysund har også høyt innhold av PAH, men har begrenset med aktiviteter i grunne områder og er derfor ikke rangert som høyrisikoområde. Grunne områder omfatter Gartafjorden og området vest for Hvideberget. Det er ingen kjente aktive kilder utover spredning fra Eydehavn og avrenning fra urbane tette flater.

Grimstad

Tidligere undersøkelser har vist at sedimentene i indre del av Vikkilen er markert/sterkt forurenset av PAH (klasse III-IV) og meget sterkt forurenset av TBT (klasse V). I ytre del av Vikkilen tyder en analyse på at sedimentene er meget sterkt forurenset av PAH (klasse V). Det er ikke analysert for TBT i ytre del av Vikkilen, men både sør og nord for området er sedimentene i tilstandsklasse V mht TBT-innhold.

Av de kvantifiserte kildene er avrenning fra urbane tette flater og utslipp fra renseanlegg de største bidragsyterne til PAH, PCB, Hg og Pb. Utslipp fra renseanlegget går ikke ut i tiltaksområdet slik at det reelle bidraget er noe mindre enn vist i tabellene. I tillegg kommer ikke-kvantifiserte kilder som båttrafikk, havne- og industriaktiviteter.

På grunn av høyt innhold av PAH og TBT, kombinert med grunne områder (< 20m) og mye skipstrafikk er Indre Vikkilen rangert som høyrisikoområde. Det foreligger kun to prøvepunkter og det er behov for flere prøvepunkter for å fastslå forurensningsgrad og utbredelse.

På grunn av høyt innhold av PAH i dypområdet i Ytre Vikkilen kombinert med skipstrafikk er også dette området foreslått rangert som høyrisikoområde. Det foreligger ingen opplysninger om tilstanden på grunnere områder. Ingen nåværende aktive kilder ut over avrenning og renseanlegg? Det er behov for flere prøvepunkter for å fastslå forurensningsgrad og utbredelse.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Forurensningsmyndighetene har gjennom igangsetting av *fylkesvise tiltaksplaner* startet et omfattende arbeid med opprydding i forurenset sjøbunn. Arbeidet er forankret i Stortingsmelding nr. 12 (2001-2002) "Rent og rikt hav" hvor de fylkesvise tiltaksplanene er presentert som det helhetlige grepet som skal sikre lokal forankring. De fylkesvise tiltaksplanene er ment å være et verktøy i oppryddingsarbeidet i det enkelte området.

I første omgang er 29 områder valgt ut hvor en tiltaksplan skal være ferdig utarbeidet innen 2005. Dette skal gjøres i to faser, hvor første fase omfatter:

- gjennomgang av eksisterende data
- kildeproving
- nærmere prioritering av delområder for eventuelle videre undersøkelser

SFT har i samråd med fylkesmennene valgt ut 29 fjordområder som det skal lages tiltaksplaner for innen 2005. I Aust-Agder inngår følgende tre områder:

- Tvedestrandsfjorden på innsiden av Sagesund
- Arendal havneområde avgrenset av Strømsbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund
- Vikkilen øst for Grimstad

1.2 Mål

Foreliggende rapport omfatter første fase av tiltaksplanen for forurensete sedimenter i Aust-Agder og har hatt som formål å:

- Skaffe oversikt over forurensningssituasjonen i sedimenter i tiltaksområdene, aktuelle kilder og hva de bidrar med av årlige tilførsler
- Rangere delområdene etter alvorlighet i forurensning
- Skissere forslag til videre oppfølging

1.3 Datagrunnlag

1.3.1 Miljøgifter i sjøsedimenter

Sammenstilling av miljøgiftdata i sjøsedimenter har vært basert på eksisterende undersøkelser av miljøgifter i sjø. Flesteparten av dataene er hentet fra NIVAs database over miljøgifter, samt fra notater og rapporter. NIVAs base omfatter et utvalg av miljøgifter; metallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn), tributyltinn (TBT) og de organiske miljøgiftene polyklorerte bifenylter (PCB) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Miljøtilstanden i sedimenter er angitt i henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier (SFT 1997).

1.3.2 Elvetilførsler

Det foreligger svært få miljøgiftdata fra vannmassene i elver og innsjøer. Tall for årlige elvetilførsler er derfor basert på analysedata fra ikke-påvirkede innsjøer i området (Skjelkvåle m.fl. 1999) og avrenningstall for de enkelte elvene (nedbørfeltene).

1.3.3 Atmosfærisk nedfall

Atmosfærisk nedfall bidrar til en diffus tilførsel av miljøgifter til nedbørsfeltet. Det finnes relativt gode data på atmosfærisk nedfall gjennom statlige overvåkingsprogram i SFT (Aas m.fl. 2002) og gjennom et eget prosjekt om nasjonale metallutslipps relative betydning i forhold til langtransportert atmosfærisk deponisjon (Berg m.fl. 2003).

Langtransporterte forurensninger avsettes først og fremst i Sør-Norge, med gradvis mindre avsetning nordover (Berg m.fl. 2003). Tilførsel fra atmosfærisk langtransportert er betydelig større enn våre nasjonale utslipp for bly (Pb) og kadmium (Cd) og delvis for kvikksølv (Hg) (Berg m.fl. 2003).

Tabellen nedenfor viser tall for atmosfærisk nedfall. Det er kun en liten del av nedfallet som havner i elver og sjø, resten holdes tilbake i nedbørsfeltet (Skjelkvåle m.fl. 1999). Tilførsler av atmosfærisk nedfall til nedbørsfeltet er en del av elvetilførslene slik de er beregnet ovenfor.

Tilførsler av atmosfærisk nedfall direkte til fjordområdet er basert på nedfallstall fra rapporter (**Tabell 1**) og opplysninger om fjordens areal fra Fjordkatalogen.

Tabell 1. Atmosfærisk nedfall (kg/km²) av tungmetaller i Sør-Norge (fra Berg m.fl. 2003¹ og Aas m.fl. 2002²)

Metall	Aust-Agder ¹	Birkenes ²	Lista ²
Bly (Pb)	1.1-1.5	1.9	1.8
Kadmium (Cd)	0.050-0.70	0.050	0.068
Kvikksølv (Hg)	0.015-0.020	-	-
Kopper (Cu)	-	-	1.5
Nikkel (Ni)	-	-	0.449
Krom (Cr)	-	-	0.374
Sink (Zn)	-	7.4	9.0
Kobolt (Co)	-	-	0.030

1.3.4 Tilførsler fra urbane tette flater og kommunale avløp

Overvannsavrenning fra urbane tette flater er en av kildene til miljøgifter til fjorden. Det har vært lite fokus på slik avrenning som kilde til miljøgifter. Det eksisterer derfor lite data fra Norge. Som for målinger i innsjøer og vassdrag, er det sparsomt datamateriale på metaller, mens det er enda mer begrenset på organiske miljøgifter.

Parallelt med igangsetting av fylkesvise tiltaksplaner fikk SFT utarbeidet en metode for beregning av tilførsler fra urbane tette flater (Lindholm, 2003: SFT-rapport in press). I foreliggende rapport er denne metoden benyttet.

Miljøgiftkonsentrasjonene i overvann er sterkt avhengig av hvilke typer tette flater det er snakk om. I mangel av lokaltilpassede data er såkalte sjablongverdier for norske forhold benyttet for å beregne tilførsler av de enkelte miljøgifter i kg/år (**Tabell 2**).

Tabell 2. Antatte konsentrasjoner i overvann fra urbane tette flater ($\mu\text{g/l}$) (etter Lindholm, 2003)

Utslippskilde	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PAH	BaP	PCB
Sentrumsområder	0,5	5	30	0,1	10	20	140	0,6	0,1	0,01
Bolig-Villaområder	0,15	4	10	0,05	6	4	30	0,2	0,1	0,01
Bolig-Rekkehusområder	0,20	5	15	0,05	7	5	40	0,25	0,1	0,01
Bolig-Blokkbebyggelse	0,25	6	20	0,05	9	7	45	0,6	0,1	0,01
Industri- og næringsområder	0,5	5	30	0,1	10	20	140	0,6	0,1	0,01
Veger 5000 kj/d	0,25	3	30	0,1	4	10	60	0,3	0,1	0,01
Veger 30000 kj/d	0,5	5	60	0,1	10	20	140	1,5	0,1	0,01

For beregning av tilførsler av miljøgifter fra kommunale avløp er konsentrasjonene i **Tabell 3** benyttet. Også her er det sparsomt med måledata. Konsentrasjonene som er benyttet er basert på erfaringstall fra målinger fra enkelte lokaliteter og data fra NIVAs interne forskningsprogram (SIP), "Miljøgifter i kommunalt avløpsvann". Opplysninger om vannmengder i avløp og overløp er gitt av kommunene.

Tabell 3. Antatte konsentrasjoner i avløp og overløp fra interkommunale og kommunale avløpsrenseanlegg ($\mu\text{g/l}$).

Utslippskilde	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PAH	BaP	PCB
Avløp RA	0,15	3	15	0,1	8	0,6	25	0,3	0,1	0,01
Overløp	0,35	5	75	0,2	10	10	100	0,9	0,1	0,01

1.3.5 Tilførsler fra konsesjons belagt industri

Opplysninger om tilførsler fra industri er hentet fra SFTs base INKOSYS samt internettbasen Bedriftsspesifikk informasjon. Dette er en base for bedrifter med konsesjon. Vi antar at bedrifter uten konsesjon ikke har store utslipp av miljøgifter. Lokalitetene i basen er ikke kartfestet, men er gitt en omtrentlig plassering på kart i rapporten.

1.3.6 Lokaliteter med forurenset grunn og deponier

Lokaliteter med forurenset grunn og deponier er hentet fra SFTs database. Lokalitetene i basen er rangert fra 1 til 3 etter alvorlighet / betenkelighet og behov for videre undersøkelser. Klasse 1 lokaliteter er friskmeldt, mens klasse 3 lokaliteter antas å kunne tilføre resipienten uønskede forbindelser, og oppfølgende undersøkelser er anbefalt. Det foreligger ingen tilgjengelig informasjon om avrenning i kg/år av miljøgifter fra slike lokaliteter.

1.4 Rangering av områdene

Prosjektet har hatt som mål å karakterisere fjordområdene, deriblant høyrisikoområder i hht SFTs definisjon. I SFTs veiledning til Fylkesmennene er følgende definisjon på høyrisikoområder gitt:

- Høye konsentrasjoner av miljøgifter i forhold til områdene omkring
- Spredningsfare for miljøgifter til omkringliggende områder
- Mindre områder i utstrekning

For å kunne vurdere risikobidrag fra ulike forurensningskilder i et definert område (risiko-området), må man se på de prosesser og forhold som regulerer bidragene til området. Foreliggende prosjekt hadde som mål å sammenstille inngangsdataene som er nødvendig for å beskrive eller kvantifisere forurensningsbidraget fra de antatt viktigste av disse kildene. Ved vurdering av risiko forbundet med sedimentene må bidraget fra sedimentene veies opp mot bidraget fra øvrige kilder. Målet med dette arbeidet har således ikke vært å gjøre en risikovurdering av sedimentene i begrepets rette forstand, men å sammenstille nødvendige data for en risikovurdering. SFT vil i løpet av 2004 ha utviklet en veileder for vurdering av risiko forbundet med forurensede sedimenter.

Risiko omfatter både sannsynlighet for at en skadelig tilstand oppstår (risiko for skade) og selve skadens alvor (skadepotensiale). Begge disse egenskapene kan graderes, f.eks. som i figuren nedenfor. Et høyrisikoområde vil f.eks. falle i de kategorier som er merket med X.

		Skadepotensiale		
		Høyt	Middels	Lavt
Risiko for skade	Høy	X	X	
	Middels	X		
	Lav			

Med utgangspunkt i SFTs definisjon og i påvente av veilederen som nå utarbeides, anvender vi følgende betingelser for at et område skal rangeres som et høyrisikoområde:

- områder med konsentrasjoner av miljøgifter i klasse IV eller V (skadepotensiale)
- områder grunnere enn 20 m vanddyb (risiko for skade)
- områder med aktiv trafikk, som båt og friluftsliv (risiko for skade).

Disse kriteriene er viktige i forhold til vurdering av spredningsfare for miljøgifter fra sedimentene, men tar ikke hensyn til spredning via næringskjeden. Med dette understreker vi at det ikke er en enkel årsakssammenheng mellom forurensede sedimenter og opptak /effekter i organismer. Likeledes understrekes det at klassifiseringen "høyrisikoområde" ikke direkte kan knyttes til behov for tiltak. Det må avgjøres etter at miljømål er formulert. Kun når man har et definert miljømål er det mulig å vurdere effekten av tiltak mot forurensede sedimenter.

I tillegg til høyrisikoområdene er delområdene rangert i følgende kategorier:

1. Høyrisikoområder
 - A: Avsluttede kilder
 - B: Mulige fortsatt eksisterende kilder
2. Forhøyede konsentrasjoner, men liten spredningsfare
3. Data eksisterer, men må suppleres for tilfredsstillende karakterisering
4. Data eksisterer ikke, må undersøkes nærmere
5. Områder hvor det kan være interessekonflikter, men hvor det foreløpig er teknisk vanskelig å gjennomføre tiltak
6. Friskmeldte områder

2. Tvedestrand

2.1 Beskrivelse av tiltaksområdet

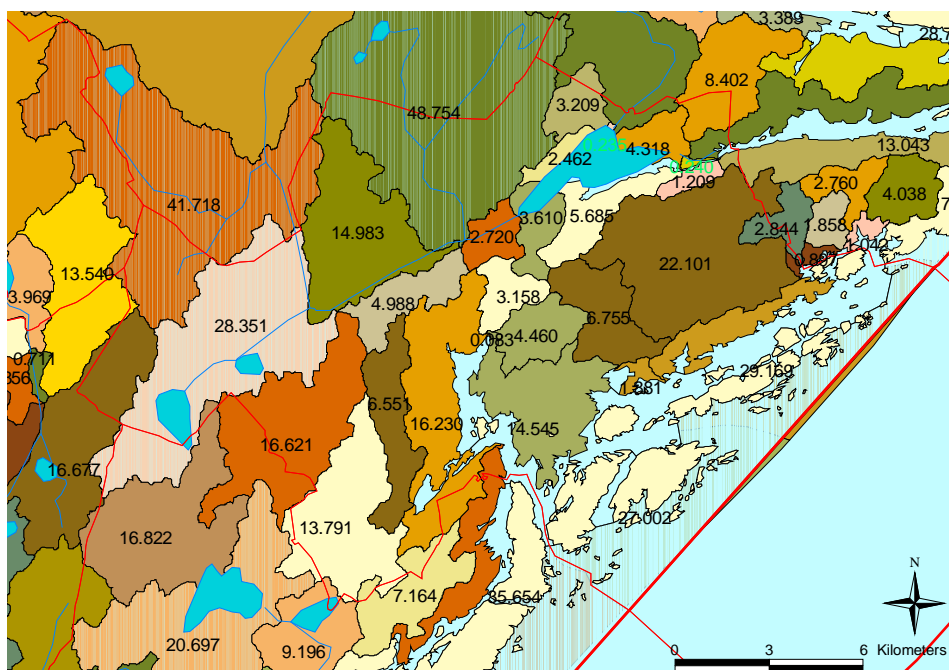
2.1.1 Generelt om fjordområdet

Tvedestrandsfjorden er en ca. 8 km lang terskelfjord med flere terskler og bassenger. Det innerste bassenget ved Tvedestrand by er det dypeste med 85 meter. Bassenget er avgrenset av en terskel på 15 meter ved Furøya i midtre del av fjorden. I ytre del av fjorden (Oksefjorden) er det et basseng på 65 meters dyp.

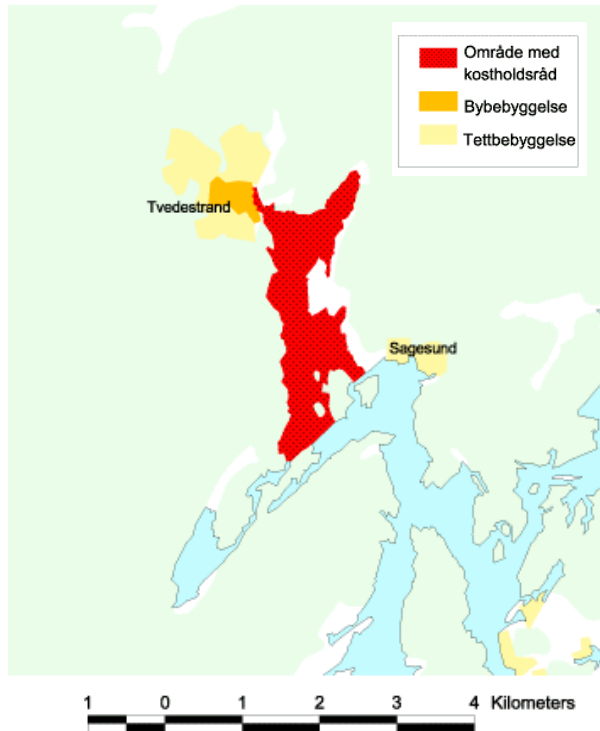
Indre del av Tvedestrandsfjorden er organisk belastet og har dårlige oksygenforhold. Lave oksygenverdier (< 1.5 ml/l) er registrert fra 30-40 meters dyp og fra ca. 60 –70 meter er det hydrogensulfidholdige vannmasser (Kroglund m.fl. 1998). Det er registrert høye miljøgiftverdier i bunnsedimentene i fjorden, spesielt av PAH og TBT.

Nedbørsfeltet til hele Tvedestrandsfjorden er beregnet til 62 km^2 og ferskvannstilførslene er anslått til $1,24 \text{ m}^3/\text{s}$. Hele fjordens areal er $5,7 \text{ km}^2$. Tiltaksområdets areal er $2,27 \text{ km}^2$ og tilhørende nedbørsfelt er ca. 38 km^2 . **Figur 1** viser nedbørsfelt i hht Regine og inndeling av fjordområdet i hht Fjordkatalogen.

Tiltaksplanen omfatter området på innsiden av Sagesund. I denne delen av fjorden er det kostholdsråd på konsum av lever fra fisk fanget fra området på grunn av høyt innhold av PCB (**Figur 2**). Kostholdsrådet for Tvedestrandsfjorden ble sist vurdert i 2000 (SNT hjemmesider).



Figur 1. Nedbørsfelt i Tvedestrand i hht Regine-inndelingen. Tallene angir størrelse i km^2 . Figuren viser også inndeling av sjøområdene i hht Fjordkatalogen.



Figur 2. Område underlagt kostholdsråd i Tvedestrand (kilde: www.snt.no)

2.1.2 Inndeling i delområder

For utarbeidelse av tiltaksplanene er fjordområdet foreslått delt inn i 4 delområder. To delområder i indre del av fjorden (havneområdet/Tangen og Østeråbukta), et i midtre del av tiltaksområdet, samt et delområde rundt Sagesund (**Tabell 4, Figur 3**).

Det foreligger miljøgiftanalyser fra fire sedimentstasjoner i denne delen av Tvedestrandsfjorden. To stasjoner ligger i indre del, en i midtre del ved Skuggevik og en ved Sagesund. Med inndelingen som er valgt, representerer hver stasjon et delområde.

I inndelingen er det også tatt hensyn til tidligere inndelinger og plassering av kilder. I "Miljøgiftundersøkelsen i havner på Agder 1997-1998" (Næs m.fl. 2000) ble området delt i fire, men Tangen ble definert som et eget delområde i indre havn og området fra Bjørnevikhalsen til og med Sagesund ble behandlet som ett område. For arbeidet med tiltaksplanen er det valgt å slå sammen det indre havneområdet med Tangen hvor det også har vært mange industriaktiviteter. Videre er det valgt å skille Sagesund fra de indre deler av fjorden ved tersklene rundt Furøya slik det er gjort i DNS fjordkatalog.

Tabell 4. Inndeling av tiltaksområdet i Tvedestrand

Fjordområde	Elver
A Indre havn med Tangen	
B Østeråbukta	Østeråbekken (årsavrenning: 3,33 mill m ³)
C Bjørnevikhalsen-Furøya	
D Sagesund	



Figur 3. Kart over tiltaksområdet i Tvedestrand med inndeling av delområder

2.2 Miljøtilstand

Fokus er satt på fjordsedimentene, deres innhold av miljøgifter og evt. kjente konsekvenser i forhold til forurensningstilstand.

Det foreligger to nyere undersøkelser som beskriver miljøgiftinnholdet i sedimenter i Tvedestrandsfjorden. I rapporten "Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder" (Næs m.fl. 2000) ble tre sedimentstasjoner og tre blåskjellstasjoner undersøkt. Det ble også målt miljøgifter i fisk og krabbe fra indre havneområde. I "Miljøgifter i småbåthavner i Aust-Agder 2000" (Næs m.fl. 2002) ble en sedimentstasjon i Østeråbukta undersøkt. Oversikt over stasjoner og miljøtilstand er gitt i **Tabell 5** og **Figur 5 - Figur 9**.

Indre havneområde

Resultatene fra havneundersøkelsen (Næs m.fl. 2000) viste at sedimentene ved Tvedestrand sentrum var meget sterkt påvirket av PAH (klasse V), sterkt påvirket av TBT (klasse IV) og markert forurenset av PCB, kvikksølv, bly og kobber (klasse III). Sedimentet bestod av sort, anoksisk mudder. Leveren av torsk samlet fra området var samtidig markert forurenset av PCB og hadde høyere innhold av bly og kadmium enn tilsvarende havneområder i Agder (Næs m.fl. 2000).

Østeråbukta

Undersøkelse av småbåthavna i Østeråbukta viste at det var noe lavere innhold av PAH (klasse IV) nær båthavna enn det som ble funnet i havneområdet i havneundersøkelsen. Samtidig var sedimentene meget sterkt forurenset av TBT (klasse V). Konsentrasjonen var 15 ganger høyere enn i havneområdet (Tabell 5).

Midtre fjord

Ved Skuggevik ble det funnet høye verdier av PAH og TBT i sedimentene (klasse IV) og noe lavere verdi for PCB (klasse II) og tungmetaller (klasse II og III). Sammenlignet med indre havneområde var verdiene av PAH og PCB noe lavere, mens TBT-verdien var like høy.

Sagesund

Ved Sagesund ble sedimentene klassifisert som sterkt forurenset av PAH og TBT (klasse IV) og moderat forurenset av PCB og tungmetaller (klasse II). Sedimentene hadde således like høye PAH-, PCB- og TBT-verdier som ved Skuggevik i midtre fjord i havneundersøkelsen (Næs m.fl. 2000), men noe lavere verdier for kvikksølv og bly. En analyse av PAH-profilene i blåskjell fra Hestøy tydet på påvirkning av oljerelaterte PAH-forbindelser (oljesøl o.l.) (Næs et al. 2000).

Tabell 5. Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Tvedestrandsfjorden. Konsentrasjoner på tørrvektbasis. Tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem (SFT 1997) er markert med romertall i parentes. Referanser: 5= Næs m.fl. 2000, 8= Næs m.fl. 2002.

Variabel Enhet	Ref *	År	TOC mg/g	PAH µg/kg	PCB ₇ µg/kg	TBT µg/kg	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	Cd mg/kg
Sentrum	5	1997	95 (V)	25298 (V)	29 (III)	32 (IV)	1,85 (III)	196 (III)	459 (III)	0,8 (II)
Østeråbukta	8	2000	131 (V)	6782 (IV)	25,7 (III)	464 (V)	0,62 (III)	94 (II)	243 (III)	0,64 (II)
Skuggevik	5	1997	109 (V)	13271 (IV)	7,7 (II)	32 (IV)	1,08 (III)	139 (III)	80 (II)	0,72 (II)
Sagesund	5	96	82 (V)	10503 (IV)	11,3 (II)	46 (IV)	0,55 (II)	89 (II)	61 (II)	0,42 (II)

2.3 Kilder til forurensning

2.3.1 Utslipp fra kommunale avløpsrenseanlegg og avløpsnett

Det foreligger ingen direkte målinger av tungmetaller og organiske miljøgifter fra avløpsanlegget i Tvedestrand. NIVA gjennomfører imidlertid et internt forskningsprogram (SIP-program) for miljøgifter i utslipp fra kommunale renseanlegg og det er brukt tall fra dette prosjektet samt fra litteratur fra både Norge (NIVA og Aquateam), Sverige og andre land for å gi et anslag over utslippene.

Tabell 6. Antatte utslipp i kg/år av miljøgifter fra renseanlegg og lokale overløp i Tvedestrand. Det foreligger ingen direkte tall fra Tvedestrand, men det er antatt at utslippene pr. person tilsvarer det i Arendal.

Utslipp	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	PAH kg/år	BaP kg/år	PCB kg/år
Avløpsrenseanlegg	0,12	2,35	11,75	0,078	6,27	0,47	19,59	0,24	0,078	0,0078
Lokale overløp	0,01	0,11	1,58	0,005	0,21	0,21	2,11	0,02	0,002	0,0002

2.3.2 Industriutslipp med og uten konsesjon

Industriutslipp med konsesjon er rapportert i SFTs database INKOSYS. For Tvedestrand var det i 2001 kun oppført 3 bedrifter i denne basen, hvorav to hadde utslipp til Tvedestrandsfjorden:

- SUNTEC AS (Overflatebehandling og bearbeiding av metaller).
- Teloks A.S (Overflatebehandling og bearbeiding av metaller).

I SFT-basen er SUNTEC AS oppført med utslipp til indre havneområdet, men bedriften er nå koplet på det kommunale renseanlegget. Utslippene omfatter tungmetaller som kobber, krom, kvikksølv, bly og nikkel fra metallurgisk industri og er stort sett små. Unntaket er nikkel som tilføres i størrelsesorden 50 kg/år (**Tabell 7**).

I tillegg til disse bedriftene er det flere tidligere og nåværende aktiviteter i området som er potensielle kilder til miljøgifter (**Tabell 8**). Mange av aktivitetene er forlengst avsluttet, men områdene kan likevel være potensielle kilder til spredning ved mudring eller andre aktiviteter i området som forstyrrer sedimentene. I indre havneområde er det særlig havneaktiviteter, båtverksted/slipper og aktiviteter knyttet til småbåthavn som representerer mulige kilder for PAH og TBT. Disse kildene er ikke kvantifisert.

Tabell 7. Gjennomsnittlige utslippstall for de siste 5 år (INKOSYS)

Bedriftsnavn	Årstall (snittverdier)	Cd kg/år	Cu kg/år	Cr kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	PAH tonn/år	Pb kg/år	Zn kg/år
SUNTEC AS	1998-2001	0,09	6,3	1,80	0,002	46,3		0,70	0,25
Teloks A.S.	1998-2001		0,02	0,08					

Begge bedrifter omfatter overflatebehandling og bearbeiding av metaller og har utslipp til Tvedestrandsfjorden via renseanlegget.

Tabell 8. Tidligere og nåværende aktiviteter i Tvedestrand som kan ha medført forurensningspåvirkning i tiltaksområdet. Etter Næs m.fl. 2000.

Kartreferanse	Aktivitet	Ca. Tidsrom	Vurdering	
Indre havneområde og Tangen	Indre havn			
		Utløp urensset hovedkloakk (48mdyp)	-1998	
		Båtverksted	1920-dd	Kilde for PAH?
		Båtverksted med drivstoffanlegg	Pågår	Kilde for PAH?
	Tangen	Overflatebeh. metaller SUNTEC AS	Pågår	Årlige utslipp av metaller (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn)
		Utskipningskai for tremasse	-1965	
		Tangen Industriområde	1950-dd	
		Mekanisk verksted (Team Tec AS, Nyvn.)	Pågår	
		Seilskuteverft, Tangen	→1900	
		Jernstøperi, Tangen	→1970	Mulig kilde for metaller, PAH og PCB
		Produksjon av båtvinger, Tangen	1970-1990	
		Vindusfabrikk, Tangen	1930-1985	PCB i fugemasse?
		Trevarefabrikk, Tangen	Pågår	
Østeråbukta				
		Sagbruk, Østerå	1600-1970	
		Østerå båthavn/båtopleg/slipp 60 plasser	1970 - Pågår	Mulig kilde for metaller og tinnorganiske forbindelser
		Utløp urensset hovedkloakk	?-1998	
Tvedestrandsfjorden-Sagesund				
		Diverse båtbyggerier		
		Sagbruk	1 50-1950	
		Forniklingsverksted	1950-1960	Mulig kilde for metaller
		Overflatebeh. metaller (Teloks AS)	? – dd	Utslipp av Cr, Cu, Sn, Al
		Marina, slipp, båthavn		

2.3.3 Overflateavrenning

Elver i nedbørsfeltet

For å få et sikkert mål på transport av miljøgifter til havnebassenget fra elvene, må man ha målinger av de aktuelle miljøgiftene fra utløpet av elvene. Det finnes ingen data om miljøgifter fra Østeråbekken som renner ut innerst i Østeråbukta eller andre bekker/elver i området. Det foreligger imidlertid generelle tall for innhold av miljøgifter i overflatevann fra en rekke innsjøer i Norge (Skjelkvåle m.fl. 1999). Rapporten viser at konsentrasjonene i Aust-Agder regionen er større enn medianverdien for hele landet sett under ett. I tabellen nedenfor er det benyttet konsentrasjonsnivåer rapportert for Aust-Agder regionen for å få et grovt anslag over mengden tilførsler fra Østeråbekken.

Tabell 9. Beregnet tilførsel av miljøgifter fra Østeråbekken. Beregningene er basert på generelt konsentrasjonsnivå i overflatelag (Skjelkvåle m.fl. 1999) og middelvannføring i elvene.

Konsentrasjonsnivåer: bly (0,65µg/l), kadmium (0,15µg/l) kopper (0,75µg/l), nikkel (1,25µg/l), krom (0,22µg/l).

Tilførsler	Pb kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Ni kg/år	Cr kg/år
Østeråbekken (0,106 m ³ /s)	2,16	0,50	2,50	4,16	0,73

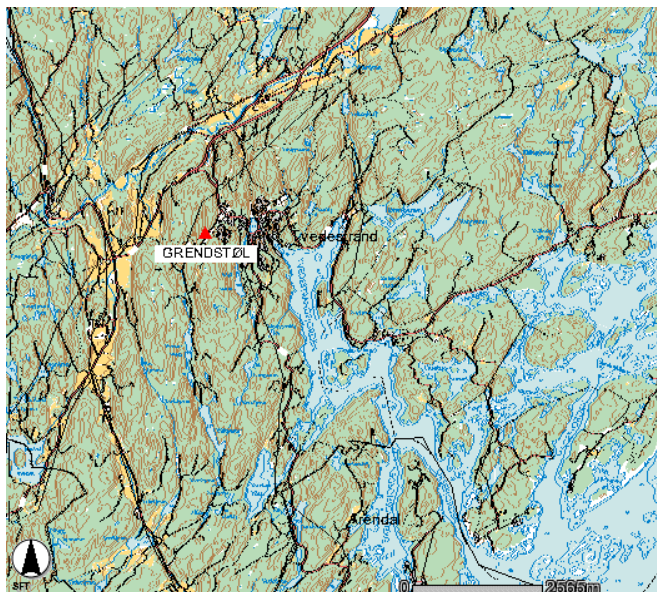
Deponier og forurenset grunn

Deponier og forurenset grunn i nedbørsfeltet har avrenning til elv eller vassdrag, andre ligger med direkte avrenning til sjø eller direkte i sjøkant. I følge SFTs database for Grunnforurensning er det registrert totalt 3 lokaliteter med forurenset grunn eller deponier i Tvedestrand. Kun ett deponi er i nedslagsfeltet for avrenning til tiltaksområdet (**Tabell 10, Figur 4**). Det finnes ikke data på eventuelle tilførsler til sjøresipienten, men de antas å være små.

Tabell 10. Lokaliteter med forurenset grunn eller deponier i tiltaksområdets nedbørsfelt

Lokalitet	Nummer	Type	Bransje	Areal, m ²	Stoffgruppe	Påvirkningsgrad
Grendstøl	0914001	Kommunalt deponi	9211-Deponering av avfall	900 m ²	Alifatiske og aromatiske hydrokarboner, klororganiske forbindelser	02

Påvirkningsgrad: 01= liten/ingen kjent påvirkning, ikke behov for restriksjoner på areal/resipientbruk
02= liten/ingen kjent påvirkning med dagens areal/resipientbruk
03= mulig/kjent påvirkning og behov for undersøkelse/tiltak



Figur 4. Lokalteter med deponier og forurenset grunn i Tvedestrand

Avrenning fra urbane overflater

Studier internasjonalt og i Norge viser at direkte avrenning fra by og tettsteder utgjør en betydelig kilde til forurensning i tillegg til den generelle avrenningen fra nedbørsfeltet via elver. Avrenningen av miljøgifter er størst fra de trafikkbelastede områdene. Parallelt med arbeidet med alle tiltaksplanene har SFT fått utarbeidet en metode for beregning av tilførsler fra urbane tette flater (Lindholm 2003, SFT in press). I foreliggende rapport er denne metoden benyttet.

Tabell 11. Beregnede tilførsler av miljøgifter fra avrenning fra urbane tette flater i Tvedestrand. Det foreligger ingen direkte opplysninger for Tvedestrand, men man har antatt at utslippene pr person tilsvarer det for Arendal

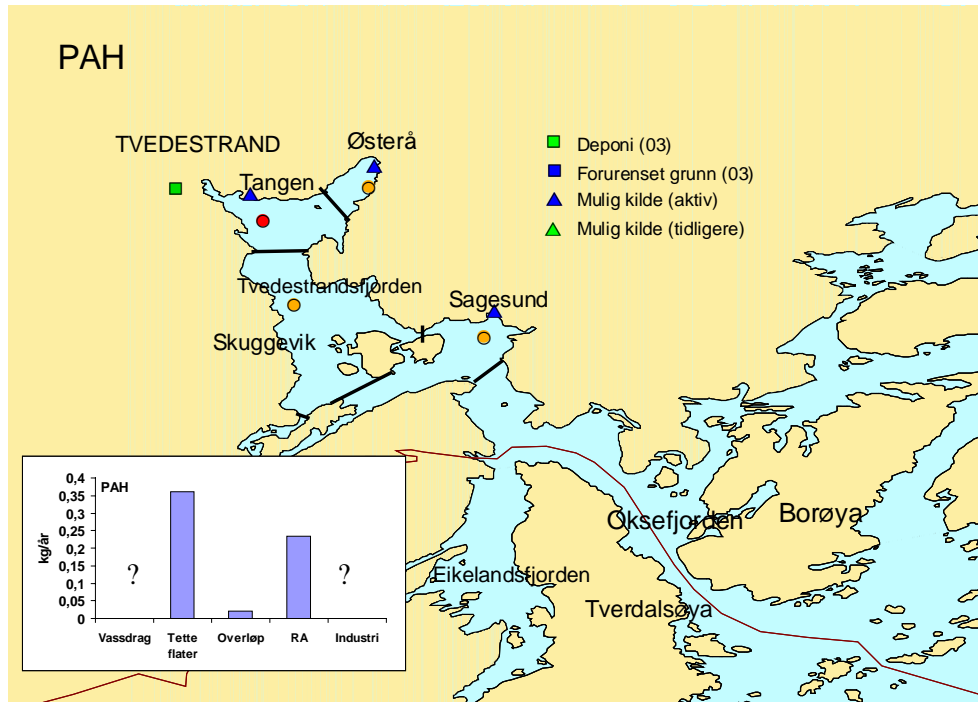
Utslipp	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	PAH kg/år	BaP kg/år	PCB kg/år
Overvann fra tette flater	0,23	3,19	19,92	0,06	5,29	8,47	58,21	0,36	0,078	0,0075

2.3.4 Atmosfærisk nedfall

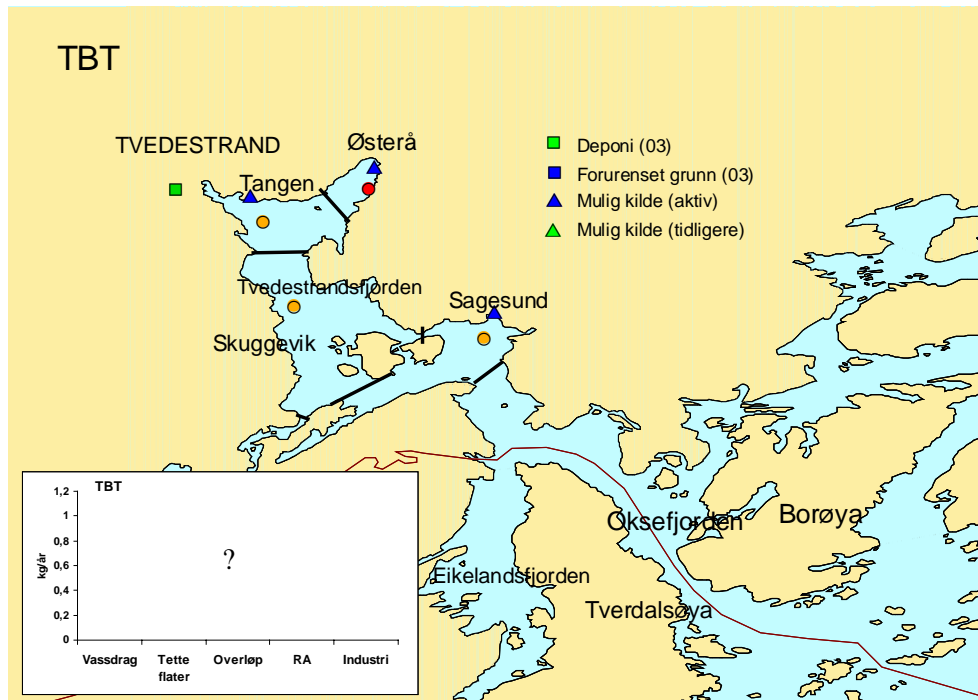
Tabellen nedenfor viser tall for atmosfærisk nedfall direkte i sjøområdet. For årlige tilførsler til nedbørsfeltet, og som tilføres via elvene, se avsnitt om elvetilførsler.

Tabell 12. Årlig atmosfærisk nedfall av tungmetaller til Tvedestrandsfjorden (2.27 km²).

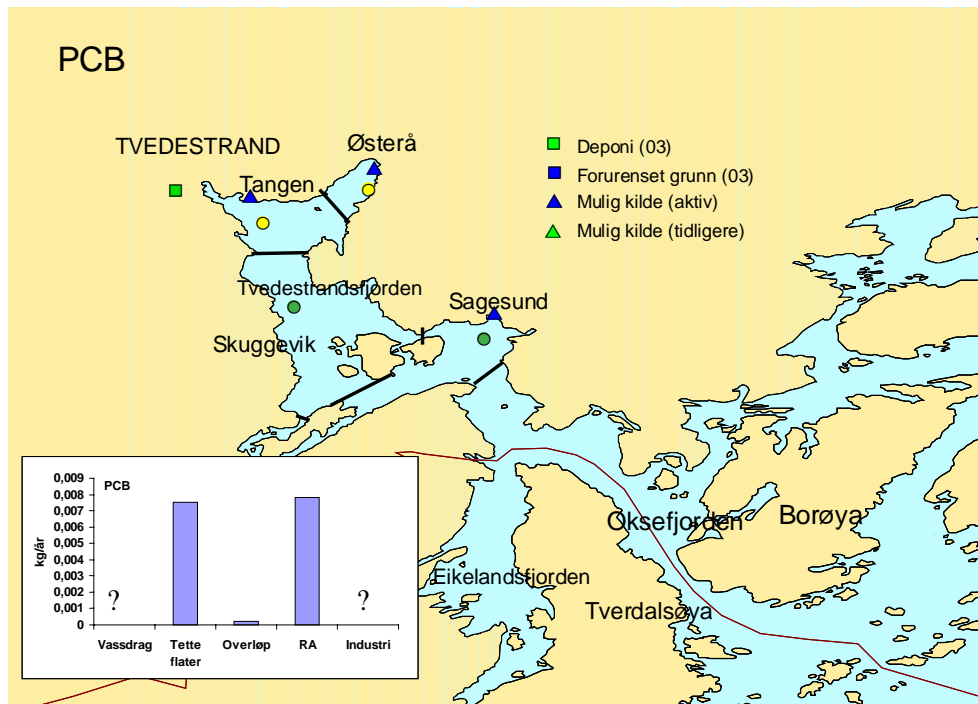
	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	Co Kg/år
Atmosfærisk nedfall	0,11	0,85	3,41	0,03	1,02	3,18	16,80	0,07



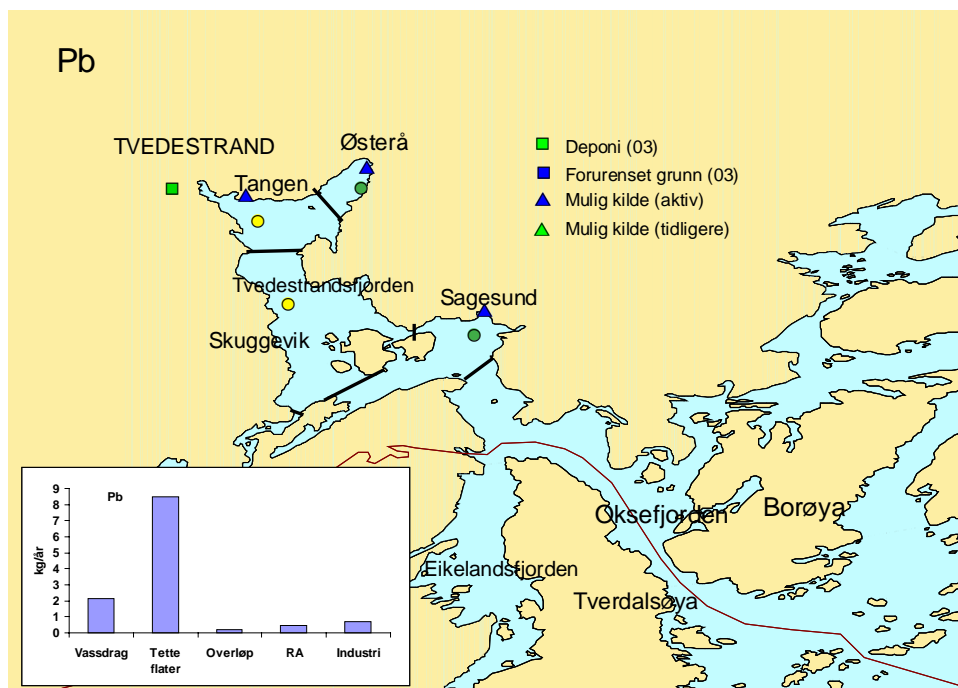
Figur 5. Miljøstatus for PAH i sedimenter i Tvedestrand. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafe med beregnede tilførselstall for PAH.



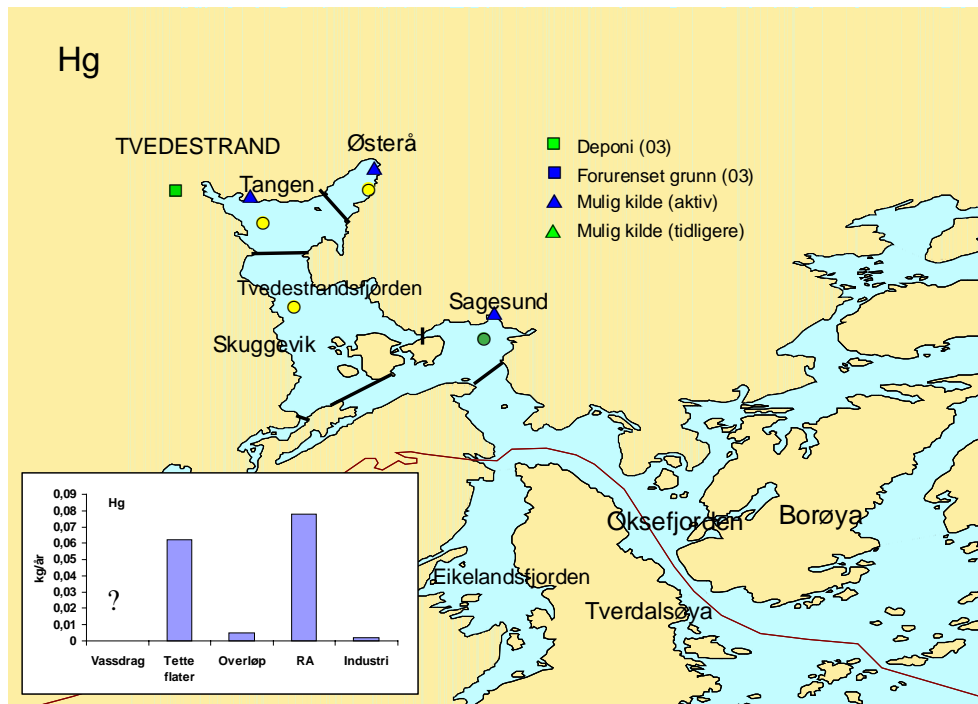
Figur 6. Miljøstatus for TBT i sedimenter i Tvedestrand. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafe med beregnede tilførselstall for TBT.



Figur 7. Miljøstatus for PCB i sedimenter i Tvedestrand. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (○), klasse V (●). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafe med beregnede tilførselstall for PCB.



Figur 8. Miljøstatus for bly (Pb) i sedimenter i Tvedestrand. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (○), klasse V (●). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafe med beregnede tilførselstall for bly.



Figur 9. Miljøstatus for kvikksølv (Hg) i sedimenter i Tvedestrand. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafene med beregnede tilførselstall for kvikksølv.

2.4 Rangering av områdene

På grunnlag av gjennomgangen av miljøtilstand og mulige kilder i tiltaksområdet, er områdene rangert etter 7 kategorier:

1. Høyrisikoområder
A: Avsluttede kilder
B: Mulige fortsatt eksisterende kilder
2. Forhøyede konsentrasjoner, men liten spredningsfare
3. Data eksisterer, men må suppleres for tilfredsstillende karakterisering
4. Data eksisterer ikke, må undersøkes nærmere
5. Områder hvor det kan være interessekonflikter, men hvor det foreløpig er teknisk vanskelig å gjennomføre tiltak
6. Friskmeldte områder

Ved rangering av områdene i tiltaksområdet er det benyttet tre kriterier for å vurdere høyrisikoområder. Disse ansees som viktige i en risikovurdering samtidig som de har vært mulig å si noe om innenfor prosjektets rammer:

- områder har konsentrasjoner av miljøgifter i klasse IV eller V (skadepotensiale)
- områder er grunnere enn 20 m vanddyb (risiko for skade)
- områder har aktiv trafikk, som båt og friluftsliv (risiko for skade).

Det er viktig å understreke at klassifiseringen ”høyrisikoområde” ikke direkte kan knyttes til behov for tiltak. Det må avgjøres etter at miljømål er formulert.

Tabell 13. Sammenstilling og vurdering av delområdene

Fjordområde	Vurdering	Kategori
Indre havn og Tangen	<p>Tilstandsklasse V: PAH Tilstandsklasse IV: TBT Tilstandsklasse III: PCB, Hg, Pb, Cu</p> <p>Høyt innhold av PAH og TBT kombinert med havneaktiviteter/ båttrafikk og grunne områder i sentrums- og Tangen området (< 20 m) tyder på at dette er et høyrisikoområde. Det foreligger kun en analyse fra området, det er behov for flere prøver for å kartlegge omfang. Havneaktiviteter, båthavn, båtverksted/slipp er trolig aktive kilder til PAH og TBT i tillegg til avrenning fra urbane tette flater og renseanlegg.</p>	1b (3)
Østeråbukta	<p>Tilstandsklasse V: TBT Tilstandsklasse IV: PAH Tilstandsklasse III: PCB, Hg, Cu</p> <p>Høyt innhold av PAH og TBT kombinert med båttrafikk fra småbåthavna gjør de grunne områdene nær land til høyrisikoområde. Kun en analyse fra området. Småbåthavn/slipp er trolig aktiv kilde til TBT.</p>	1b (3)
Bjørnevikhalsen-Furøya	<p>Tilstandsklasse IV: PAH, TBT Tilstandsklasse III: Hg, Pb</p> <p>Høyt innhold av PAH og TBT i fjordens dype deler. Ingen analyser fra grunnere vann. Stor friluftaktivitet rundt Furøya. Enkelte grunnområder som innsiden av Furøya er potensielle høyrisikoområder.</p>	3
Sagesund	<p>Tilstandsklasse IV: PAH, TBT</p> <p>Høyt innhold av PAH og TBT, stor aktivitet i forbindelse med småbåthavn/verksted/marina. Det foreligger kun en prøve fra 37 m dyp. Behov for flere prøver for å vurdere tilstanden i gruntområdene.</p>	1b (3)

3. Arendal

3.1 Beskrivelse av tiltaksområdet

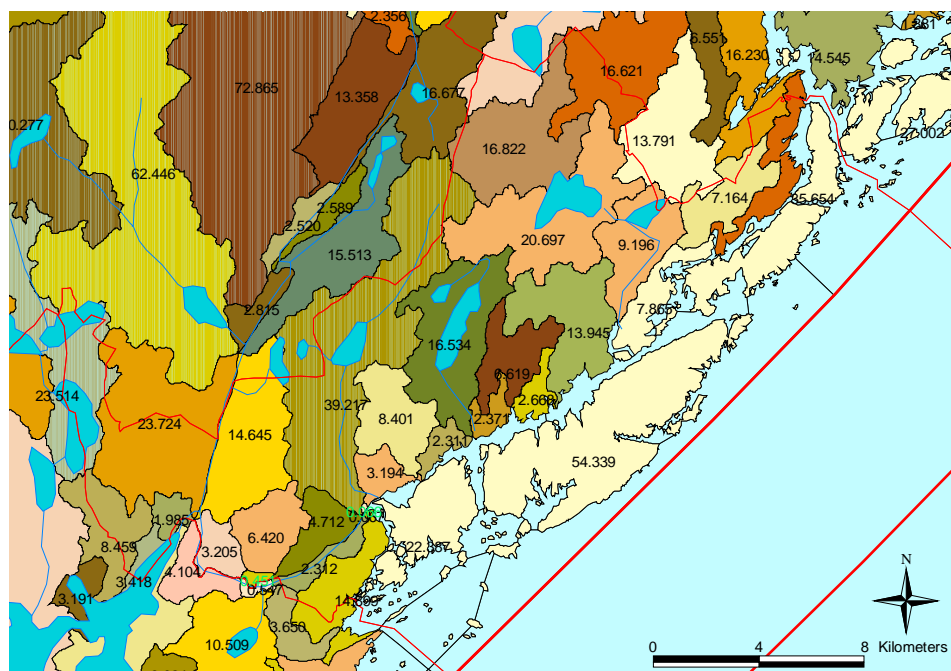
3.1.1 Generelt om fjordområdet

Tiltaksområdet omfatter Arendal havneområde avgrenset av Strømsbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund. Tiltaksområdets areal er 9.93 km² i henhold til Fjordkatalogen og tilhørende nedbørsfelt er ca. 120 km². **Figur 10** viser inndeling av nedbørsfelt i hht Regine og inndeling av sjøområdene i hht Fjordkatalogen.

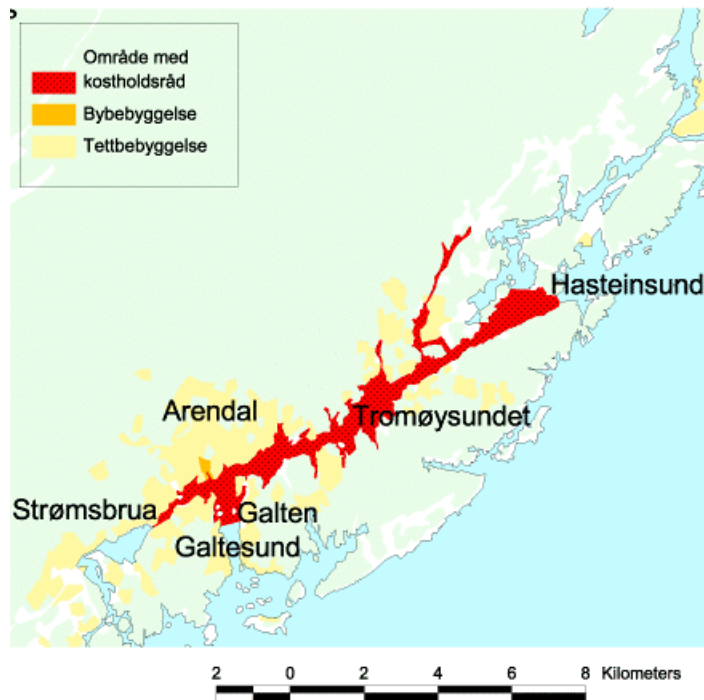
Tromøysund og Galtesund utgjør innseilingsleder til Arendal by fra henholdsvis nordøst og sør-sørøst. Tromøysund er ca. 17 km lang og strekker seg fra Arendal by til nordøstpynten av Tromøy. Langs sundet er det flere bassenger med dyp på 30-50 m og mellomliggende terskler på omkring 20 m. Galtesund ligger mellom Tromøy og Hisøy. Galtesund har en terskel på ca. 25 m omtrent midtveis i sundet. Innenfor terskelen er det et dypbasseng på 57 meter ved Jomfruholmen og utenfor terskelen er det en dyprene på 50-60 m. I vest har sjøområdet ved Arendal by forbindelse på innsiden av Hisøy over Hølen til utløpet av Nidelva.

Generelt er det god utskiftning av vannmassene i Tromøysund og Galtesund, men i dypbassengene er det stagnerende forhold og periodevis nedsatte oksygenkonsentrasjoner (Dahl og Danielssen 1986). Overflatestrømmen går i hovedsak fra øst mot vest i Tromøysund og mot sør utover Galtesund. Det er funnet svært høye miljøgiftverdier i sedimentene, spesielt i områdene rundt Arendal by og i deler av Tromøysund.

Hele tiltaksområdet omfattes av kostholdsråd (**Figur 11**). Konsum av lever fra fisk fanget i Arendal havneområde avgrenset av Strømsbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund frarådes, grunnet høyt innhold av PCB. Kostholdsrådet for Arendal ble sist vurdert i 2000 (SNTs hjemmesider).



Figur 10. Nedbørsfelt i Arendal i hht Regine-inndelingen. Tallene angir størrelse i km². Figuren viser også inndeling av sjøområdene i hht Fjordkatalogen.



Figur 11. Område underlagt kostholdsråd i Arendal (kilde: www.snt.no)

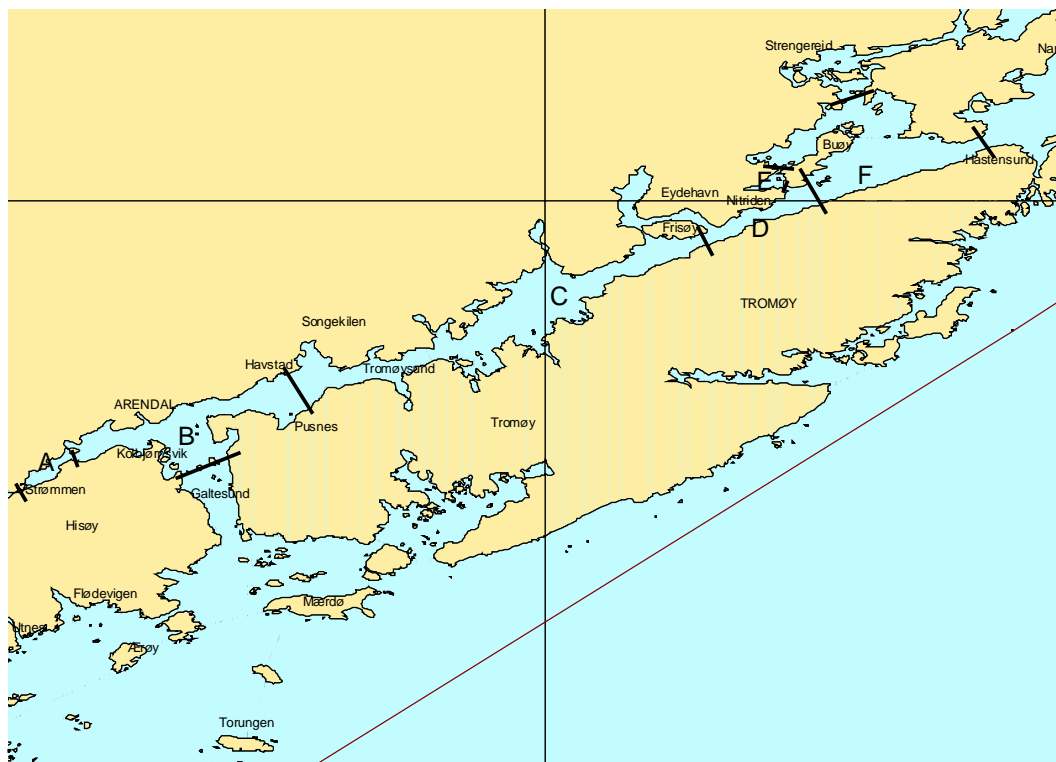
3.1.2 Inndeling i delområder

For utarbeidelse av tiltaksplanene er området delt i 6 mindre delområder. Området i vest, fra Strømsbrua til Terneholmen er et område hvor det ikke foreligger analyser av sedimentene og som er sterkt påvirket av Nidelva. Det er valgt å skille ut som eget område ettersom man kan forvente at sedimentene er mindre belastet enn i havneområdet. Området rundt indre havn (fra Strømsbubukt til Havstad) er definert som ett område. Området tilsvarer område C og D i havneundersøkelsen (Næs m.fl. 2000). Tromøysundet fra Havstad til Hasteinsund (område A i havneundersøkelsen) er i dette prosjektet delt inn i 4 underområder basert på plassering av kilder og resultater fra tidligere undersøkelser. De fire underområdene omfatter området fra Havstad til Frisøy (sentrale deler), Eydehavn, Heggedalsbukta og Tromøysund øst (fra Buøy til Hasteinsund) (Tabell 14, Figur 12).

I inndelingen er det tatt hensyn til tidligere undersøkelser av miljøgifter i sedimentene, tidligere inndelinger (havneundersøkelsen, DNs fjordkatalog) og plassering av kilder.

Tabell 14. Inndeling av tiltaksområdet i Arendal

Fjordområde	Elver
A Strømsbrua – Terneholmen	Nidelva
B Indre havn (Strømsbubukt – Havstad – Galten i Galtiesund)	Barbuelva (årsavrenning 13,0 mill m ³)
C Havstad – Frisøy	Songeelva fra Songevassdraget (årsavr. 5,36 mill m ³)
D Eydehavn – Nitriden	Langangselva (Neskilen) (årsavr. 47,9 mill m ³)
E Heggedalsbukta	
F Buøy – Hasteinsund	



Figur 12. Kart over tiltaksområdet i Arendal med inndeling av delområder

3.2 Miljøtilstand

Det er gjennomført mange miljøgiftundersøkelser i sedimenter i Arendal havneområde og i Tromøysund. Flere av undersøkelsene er konsentrert rundt industriområdet i Eydehavn eller i indre havneområder. Det foreligger også analyser av miljøgifter i blåskjell fra tre stasjoner i havneområdet og to stasjoner i Tromøysund.

Oversikt over undersøkte stasjoner og tilstandsklasser er vist i **Tabell 15** og **Figur 15 - Figur 20**.

I overflatelaget i Tromøysund er utskiftningsforholdene gode, men i de dypeste partiene utenfor Frisøy og Trollenes er det stagnerende vannmasser som periodevis gir nedsatt oksygenkonsentrasjon i 40 meters dyp. Bunnvannet fornyes minst en gang i året (Dahl og Danielssen 1986). Ved stor vannføring i Nidelva kan det gå en overflatestrøm østover i Tromøysund, men normalt er det en vestgående strøm som møter ferskvannet fra Nidelva og føres ut Galtesund (sørover).

De tverrgående tersklene har grove sedimenter med mye sand og grus som tyder på god vanntransport også i mellomliggende vannlag (Jacobsen m.fl.1996).

Strømsbrua – Strømsbubukt

Det foreligger ingen miljøgiftanalyser fra området.

Arendal havn (Strømsbubukt – Havstad - Galten)

Gjennom en sonderende havneundersøkelse langs norskekysten i 1993 (Konieczny og Juliussen 1994) foreligger det analyser av miljøgifter fra Arendal havn som viser at sedimentene var sterkt/meget sterkt forurenset av PAH (klasse IV-V), og moderat/markert forurenset av PCB og tungmetaller (**Tabell 15**). Blåskjellprøver som ble tatt i havneområdet var sterkt forurenset av TBT.

Fra havneundersøkelsen i Agder (Næs m.fl. 2000) ble det foretatt analyser fra en stasjon ved Skilsø og en stasjon mellom Kulltangen og Tyholmen. Miljøgiftanalysene bekreftet det som ble funnet i 1993, at sedimentene var meget sterkt forurenset av PAH (klasse V), sterkt/meget sterkt forurenset av TBT (klasse IV-V), markert forurenset av kvikksølv og bly (klasse III), moderat forurenset av kobber og PCB (klasse II) og ubetydelig påvirket av kadmium (klasse I). PCB-profiler fra prøvene tydet på forskjellig påvirkning innenfor havneområdet.

Det ble også analysert for PAH i blåskjell fra tre stasjoner i havneområdet i havneundersøkelsen. PAH-profilene i blåskjell viste ingen utpreget dominans av hverken lette forbindelser (fra oljesøl osv) eller tunge forbindelser (fra eksos, utslipp fra smelteverk, osv) og det tyder på en blandet påvirkning i området (Næs m.fl. 2000).

En nyere undersøkelse fra småbåthavnen i Varmekroken (Næs m.fl. 2002) har vist at TBT-konsentrasjonen i dette sedimentet langt overskrider grensene for klasse V – meget sterkt forurenset. Innholdet av TBT var langt høyere enn det som er målt ved nærliggende stasjoner i samme område. Eksempelvis var TBT-innholdet ved Varmekroken 12 ganger høyere enn ved Skilsø, som også var i tilstandsklasse V (**Tabell 15**). Den svært høye verdien er tilsvarende det vi har sett i enkelte andre småbåthavner (Ubekilen i Tromøysund, Vikkilen i Grimstad og Østerå i Tvedestrand).

Tromøysund sentralt (Havstad – Frisøy)

I perioden 1989-2001 ble det foretatt flere miljøgiftundersøkelser i Tromøysund (Næs m.fl. 1991, Naturvernforbundet 1998, Bakke m.fl. 2001a, Næs m.fl. 2002, Kroglund 1999, 2002). Resultatene har vist at sedimentene stort sett er markert /sterkt forurenset av PAH (klasse III-IV), sterkt/meget sterkt forurenset av TBT (klasse IV-V), moderat forurenset av PCB (klasse II) og moderat/markert forurenset av bly, kvikksølv, kadmium og kobber (klasse II-III).

Det har blitt målt markert lavere innhold av PAH og kvikksølv i sentrale deler av Tromøysund enn i havneområdet, mens det har vært mindre forskjeller for PCB-konsentrasjonen og de øvrige tungmetallene.

Undersøkelse fra småbåthavnen i Ubekilen (Næs m.fl. 2002) har i likhet med Varmekroken båthavn vist at TBT-konsentrasjonen i sedimentet langt overskrider grensene for klasse V – meget sterkt forurenset. Ved Vindholmen og i Tybakkilen var sedimentene sterkt forurenset (klasse IV) (**Tabell 15**).

Eydehavn – Nitriden

I 1989, 1990, 1992 og 1994 ble det foretatt omfattende miljøgiftundersøkelser i Tromøysund for å kartlegge omfanget av eventuelle forurensninger fra Det Norske Nitridaksjeselskap (Nitriden) og Arendal Smelteverk A/S, samt å følge eventuelle spredninger ved utfyllingsarbeider (Næs m.fl. 1991, Helland 1993, Helland m.fl. 1995, Bakke m.fl. 2001b og Moy m.fl. 2002). Undersøkelsene har omfattet hovedsakelig analyser av miljøgiftinnhold i sedimenter og blåskjell.

Resultatene fra undersøkelsene viser at sedimentene nær Bukkeviga og ved Nitriden stort sett har vært målt til meget sterkt forurenset av PAH (klasse V), markert forurenset av PCB (klasse III) og lite/moderat forurenset av kvikksølv, bly, kobber og kadmium (klasse I-II) (**Tabell 15**). PAH-konsentrasjonene ved enkelte stasjoner har vært svært høye, opptil 2500 ganger høyere enn antatt bakgrunnsnivå (Helland 1993). Midt i Tromøysund, rett ut for Buesund og Nitriden ble det målt noe lavere konsentrasjoner, men sedimentene var fortsatt sterkt forurenset av PAH. **Figur 16** viser detaljkart over stasjonsplasseringen i Eydehavnområdet og tilstandsklasse for PAH.

Det er målt lavt miljøgiftinnhold i skjell, fisk og krabbe, med unntak av sterk forurensning med PAH i krabbe fra Heggedalsbukta og i oskjell fra Nitriden (Helland m.fl. 1995).

Heggedalsbukta

I Heggedalsbukta er det målt svært høye PAH-verdier i sedimentet. I undersøkelsen fra 1992 var sedimentene sterkt/meget sterkt forurenset av PAH (klasse IV-V), moderat/markert forurenset av PCB, kvikksølv, bly, kobber og kadmium (klasse II-III) (Helland 1993). To av lokalitetene var meget sterkt forurenset av kadmium (**Tabell 15**). Området er et gammelt deponi for bek og tjæreavfall fra Det Norske Nitridaksjeselskap.

Tromøysund øst (Buøy – Hastensund)

Det foreligger sedimentanalyser fra tre ulike stasjoner i den østre delen av Tromøysund.

Undersøkelsene har påvist betydelig lavere PAH-verdier enn det som har vært målt i nærområdet til industriaktivitetene på Eydehavn, men nivåene har fortsatt vært markert/sterkt forurenset (klasse III-IV). Innholdet av PCB og tungmetaller har vært ubetydelig/moderat (klasse I-II) (**Tabell 15**).

Tabell 15. Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Arendalsområdet. Konsentrasjoner på tørrvektsbasis. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem (SFT 1997) ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes.

Variabel Enhhet	Ref *	År	TOC mg/g	PAH µg/kg	PCB ₇ µg/kg	TBT µg/kg	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	Cd mg/kg
Arendal havn										
Varmekroken båth.(18m)	8	2000	104 (V)	16431(IV)	37,4 (III)	1610 (V)	1,51 (III)	212 (III)	227 (III)	1,53 (III)
Vestre havn (21m)	3	1994	-	22942 (V)	63,5 (III)	-	2,37 (III)	163 (III)	163 (III)	0,49 (II)
Kullt.-Tyholmen (30m)	5	1997	75 (V)	31478 (V)	22 (II)	63 (IV)	2,19 (III)	237 (III)	133 (II)	0,24 (I)
Innløp havn S (56m)	3	1994	-	17928 (IV)	21,8 (II)	-	1,16 (III)	157 (III)	80 (II)	0,18 (I)
Østre havn (32m)	3	1994	-	-	-	22 (IV)	-	-	-	-
Skilsø (30m)	5	1997	61 (V)	20795 (V)	14,9 (II)	134 (V)	1,35 (III)	131 (III)	77 (II)	0,14 (I)
				IV-V	II-III	IV-V	III	III	II-III	I-III
Tromøysund, sentralt										
Songekilen, T1	1	1989	7,4 (I)	7825 (IV)	14,6 (II)	-	0,74 (III)	126 (III)	93 (II)	0,17 (I)
Vindholmen	4	1989	-	-	22,3 (II)	-	-	-	-	-
Vindholmen, st1	11	2001	31,6 (II)	2495 (III)	0 (I)	64 (IV)	0,05 (I)	86,9 (II)	234 (III)	0,46 (II)
Vindholmen, st3	11	2001	11,5 (I)	1484 (II)	7,5 (II)	50 (IV)	0,07 (I)	35,5 (II)	70,2 (II)	0,35 (II)
Vindholmen, st4	11	2001	9,9 (I)	2141 (III)	0 (I)	88 (IV)	0,08 (I)	25,7 (I)	36,6 (II)	0,065 (I)
Tybakkilen, st1	10	1999	6,0 (I)	282 (I)	-	<5 (I-II)	0,02 (I)	13,7 (I)	14,1 (I)	1,32 (III)
Tybakkilen, st2	10	1999	87,5 (V)	1211 (II)	-	65 (IV)	0,17 (II)	38,7 (II)	56,4 (II)	0,75 (II)
Tybakkilen, st4	10	1999	25,4 (II)	1931 (II)	-	46 (IV)	0,11 (I)	77,8 (II)	303 (III)	0,46 (II)
Ubekilen, båthavn (5m)	8	2000	154 (V)	5287 (III)	16,5 (II)	1049 (V)	0,9 (III)	120 (III)	189 (III)	3,45 (III)
Trollenes, T3	1	1989	6,9 (I)	6912 (IV)	20,4 (II)	-	0,6 (III)	101 (II)	71 (II)	0,18 (I)
Trollenes Esso n=13	6	2001	77,1 (V)	6802 (IV)	5,7 (II)	-	0,3 (II)	-	45,9 (II)	1,2 (III)
Bråten, T4	1	1989	3,7 (I)	5450 (III)	32,4 (III)	-	0,28 (II)	59,6 (II)	63 (II)	0,23 (I)
Frisøy, T5	1	1989	3,6 (I)	11317 (IV)	-	-	0,29 (II)	56,3 (II)	43 (II)	0,14 (I)
Neskilen, T6	1	1989	8,4 (I)	7569 (IV)	5,3 (II)	-	0,16 (II)	46,2 (II)	79 (II)	0,32 (II)
				III-IV	II-III		II-III	II-III	II-III	I-III
Eydehavn										
Eydehavn (Tn11) (33m)	2	1992	14 (I)	15312 (IV)	4,5 (I)	-	0,07 (I)	26,4 (I)	24,1 (I)	0,09 (I)
Bukke. (Tn01) (15m)	2	1992	44,8 (V)	188085 (V)	16,5 (II)	-	0,15 (I)	60,6 (II)	48,2 (II)	0,48 (II)
Bukke. (Tn02) (16m)	2	1992	23,6 (II)	38773 (V)	29,5 (III)	-	0,11 (I)	181 (III)	48,5 (II)	0,13 (I)
Bukke. (Tn03) (23m)	2	1992	153 (V)	53790 (V)	9 (II)	-	0,09 (I)	40,7 (II)	68,8 (II)	0,19 (I)
Bukke. (Tn04) (24m)	2	1992	27,5 (III)	63323 (V)	74,5 (III)	-	0,07 (I)	27,5 (I)	18,3 (I)	0,15 (I)
Bukkeviga (n= 10) (7-27m)	7	2001	102,5 (V)	54350 (V)	34,9 (III)	-	0,1 (I)	30,6 (II)	32,4 (II)	0,1 (I)
Nitriden (Tn05) (14m)	2	1992	9,8 (I)	61942 (V)	5 (I)	-	0,04 (I)	17,3 (I)	12,4 (I)	0,12 (I)
Nitriden (Tn06) (17m)	2	1992	38,3 (II)	159536 (V)	9,5 (II)	-	0,06 (I)	60,9 (II)	33,3 (I)	0,13 (I)
Nitriden (Trom-7)	2	1992	25,4 (IV)	770434 (V)	93,5 (III)	-	0,13 (I)	97,7 (II)	139 (II)	0,65 (II)
Nitriden (Tn08) (15m)	2	1992	7,1 (I)	94712 (V)	5 (I)	-	0,04 (I)	22,8 (I)	15,2 (I)	0,1 (I)
Buøysund –2001 (n=3)	9	2001	15,9 (I)	1803 (II)	-	-	-	-	-	-
Buøysund –2002 (n=3)	9	2002	23,0 (II)	10269 (V)	< 0,5 (I)	-	0,5 (I)	19 (I)	20,3 (I)	0,29 (II)
Buøy (Tn09) (18m)	2	1993	135 (V)	69793 (V)	12 (II)	-	0,45 (II)	98,9 (II)	162 (III)	2,7 (III)
Tromøys. (Tn10) (41m)	2	1992	18,8 (I)	11997 (IV)	4,5 (I)	-	0,13 (I)	24,1 (I)	14,3 (II)	0,1 (I)
Grønningen (35m)	1	1989	3,3 (I)	13795 (IV)	-	-	0,2 (II)	42,1 (I)	23 (I)	0,09 (I)
				II-V	I-III		I-II	I-III	I-III	I-III
Heggedalsbukta 3-15m										
Heggedalsbukta (H-1)	2	1993	131 (V)	33331 (V)	33 (III)	-	0,47 (II)	86,1 (II)	73,5 (II)	0,92 (II)
Heggedalsbukta (H-2)	2	1993	125 (V)	230770 (V)	20 (II)	-	0,38 (II)	94,9 (II)	96,5 (II)	1,3 (III)
Heggedalsbukta (H-3)	2	1993	165 (V)	136531 (V)	115 (IV)	-	0,55 (II)	123 (III)	130 (II)	1,2 (III)
Heggedalsbukta (H-4)	2	1993	84,7 (V)	10061 (IV)	16 (II)	-	0,2 (II)	58,7 (II)	60,9 (II)	1,1 (III)
Heggedalsbukta (H-5)	2	1993	157 (V)	32661 (V)	54 (III)	-	0,32 (II)	101 (II)	97,4 (II)	2,8 (III)
Heggedalsbukta (H-6)	2	1993	171 (V)	6457 (IV)	72 (III)	-	0,72 (III)	152 (III)	175 (III)	4 (III)
Heggedalsbukta (H-7)	2	1993	76,7 (V)	68606 (V)	12 (II)	-	0,23 (II)	59,7 (II)	54,7 (II)	1,3 (III)
Hegged-Buøy (H-8)	2	1993	91 (V)	42466 (V)	24 (II)	-	0,4 (II)	92,9 (II)	73,7 (II)	19,8 (V)
Hegged-Gartafj (H-9)	2	1993	87,9 (V)	5977 (III)	5 (I)	-	0,29 (II)	93,1 (II)	46,8 (II)	29,9 (V)
				III-V	I-IV		II-III	II-III	II-III	II-V
Tromøysund øst										
Markevik, T15	1	1989	-	-	-	-	-	-	-	-
Buøy, T1 (42m)	1	1989	-	2409 (III)	-	-	-	-	-	-
Buøy, T2 (42m)	1	1989	-	12871 (IV)	-	-	-	-	-	-
Buøy, T3 (30m)	1	1989	-	-	-	-	-	-	-	-
Gitmertangen, T20	1	1989	4,5 (I)	2349 (III)	2,9 (I)	-	0,26 (II)	69,7 (II)	43 (II)	0,25 (I)
				III-IV	I		II	II	II	I

*Referanser: 1= Næs m.fl. 1991, 2= Helland 1993, 3= Konieczny og Juliussen 1994, 4= Naturvernforbundet 1998, 5= Næs m.fl. 2000, 6= Bakke m.fl. 2001a, 7= Bakke m.fl. 2001b, 8= Næs m.fl. 2002, 9= Moy m.fl. 2003, 10= Kroglund 1999, 11= Kroglund 2002.

3.3 Kilder til forurensning

3.3.1 Utslipp fra kommunale avløpsrensning og avløpsnett.

Anslag over utslippene av tungmetaller og organiske miljøgifter fra avløpsrensningene og overløp er beregnet på basis av de mest troverdige opplysningene over midlere konsentrasjoner i utløp og innløp til ulike renning. Det er tatt utgangspunkt i litteratur fra både Norge (NIVA og Aquateam), Sverige og andre land. NIVAs SIP-program for miljøgifter i utslippene fra kommunale renning har gitt spesielt verdifulle data.

Utslipp fra renning i Arendal går til Ærøydypet utenfor Hisøy og har trolig mindre innvirkning på tiltaksområdet.

Tabell 16. Beregnede utslipp i kg/år av miljøgifter fra renning og lokale overløp i Arendal. Opplysninger om utslippenes størrelser er gitt av Arendal kommune.

Utslipp	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	PAH kg/år	BaP kg/år	PCB kg/år
Avløpsrenning										
RA-Saulekilen (5,2 mill m ³ /år)*	0,78	15,6	78	0,52	41,6	3,1	130	1,56	0,52	0,052
Lokale overløp (140.000 m ³ /år)	0,05	0,7	10,5	0,028	1,4	1,4	14	0,14	0,014	0,001

* Utslipp utenfor tiltaksområdet

3.3.2 Industriutslipp med og uten konsesjon

Industriutslipp med konsesjon er rapportert i SFTs database INKOSYS. For Arendal var det i 2001 kun oppført 6 bedrifter som har utslipp til resipienter i tiltaksområdet (**Tabell 17** og **Tabell 18**), hvorav en er nedlagt. Utslippene omfatter tungmetaller som PAH, kadmium, kobber, krom, nikkel, bly og sink fra blant annet karbidproduksjon. Utslipp til luft fra Saint Gobain Ceramic Materials (tidl. Arendal Smelteverk A/S) er tatt med i tabellen ettersom også disse utslippene bidrar til tilførsler til sjø.

I tillegg til disse bedriftene er det flere tidligere og nåværende aktiviteter i området som er potensielle kilder til miljøgifter (**Tabell 19**). Tidligere undersøkelser (Næs m.fl. 2000, Konieczny og Juliussen 1994, Natur og Miljø 1998, NGU 1990) har påpekt følgende hovedkilder: Tankanlegg, skipsverft, båtproduksjon, tidligere kullager, mekaniske verksted, Det Norske Nitridaksjeselskap (nedlagt), fyllinger, Norton, Eydehavn (Arendal Smelteverk A/S) og skipstrafikk inklusive skipsopplag. Mange av aktivitetene er forlenget avsluttet, men områdene kan likevel være potensielle kilder til spredning ved mudring eller andre aktiviteter i området som forstyrrer sedimentene. Disse kildene er ikke kvantifisert.

Tabell 17. Bedrifter i Arendal med utslipp havneområder og Tromøysund pr. 2001 (SFT base INKOSYS).

Bnr	Bedriftsnavn	Bransje	Lokalresipient	Hovedres/havomr.
A33071	SAINT GOBAIN CERAMIC MATERIALS AS, Arendal	Produksjon av karbider	Tromøysundet	Tromøysundet
A61242	A. Holthe Fabrikker A.S, Barbudalen	Overflatebeh. og bearb. av metaller	Barbuelva	Barbuvassdraget
A11003	Rygene-Smith & Thommesen A.S	Produksjon av papirmasse	Nidelva	Nidelva, Agder
A15006	RINGNES AS, Arendal	Produksjon av øl	Ærøydypet	Tromøysundet
A61827	TELEMARK KILDEVANN AS, Fyresdal	Produksjon av mineralvann mm.	Fyresvatn	Nidelva, Agder
A61640	Flåt nikkelgruve, Evje	Bryting av ikke-jernholdig malm	Nidelva	Nidelva

Tabell 18. Gjennomsnittlige utslippstall for de siste 5 år (SFT Bedriftsspesifikk informasjon) SFT-basen.

Bedriftsnavn	Årstall (snitt)	Cd kg/år	Cu kg/år	Cr kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	PAH tonn/år	Pb kg/år	Zn kg/år
SAINT GOBAIN CERAMIC MATERIALS AS, Arendal	2001 (til vann)	0,4	53	180				3	
SAINT GOBAIN CERAMIC MATERIALS AS, Arendal	2000-2001 (til luft)		66				1,2	149	150
A. Holthe Fabrikker A.S, Barbudalen (nedlagt)	1993-97		0,016			0,0005			
Rygene-Smith & Thommesen A.S	1998-01								
RINGNES AS, Arendal									
TELEMARK KILDEVANN AS									
Flåt nikkelgruve, Evje	1997-01		100			1500			

Tabell 19. Tidligere og nåværende aktiviteter i Arendal havneområde som kan ha medført forurensningspåvirkning. Etter Næs m.fl. 2000.

Kartreferanse	Aktivitet	Ca. tidsrom	Vurdering
Arendal havn			
	Kloakk med avløp fra vaskemask.fabr. Blødekjær	1950 – 1960	
	Kloakk med avløp fra sentralsykehus	1920 – 1980?	
	Arendals gassverk (torvet)	1867 – 1956	PAH-forurenset grunn. Oppryddet
	Arendals bryggeri	1839 – 1972	
	Kull-lager, Kittelsbukt	1900 – 1960?	Mulig kilde for PCB, PAH og metaller
	Colbjørnsvigens jernstøberi, Kolbjørnsvik	1840 – 1886	
	Arendals mek. Verksted, Kulltangen (Hisøy). Slipp. Også opplagsplass for kull og koks.	1880 – 1960	Mulig kilde for PCB, PAH og metaller
	Trebåtbyggeri, Tengelsen på Jomfruholmen	Fra før 1900–1998	
	Hisøen Båtbyggeri, Norodden.	1917-1960	
	Båtmotorverksted	1940 – 1970	Mulig kilde for PCB, PAH og metaller
	Strømsbu møbelfabrikk	1930?–1950?	
	Vindusfabrikk	1970? – 1985	PCB i fugemasse?
	Strømsbo dampsag og høvleri	1880 – 1960	
	Terneholmen dampsag. Senere lagringsplass for kull og trelast	? - 1910	
	Hisøen trevarefabrikk	1920? – 1980	
	Arnesen Båt & rep. Båtopplag, verksted	? - dd	
Barbu: Tollbodkai til Havstad	Gruvedrift og jernstøperi i Barbu	Før 1900?	
	Skipsverft	Før 1900	
	Komfyrfabrikk	1930 – 1965	Mulig kilde for PCB?
	Siloer for jernmalm	1955 – 1975	
	Smie	1950?–1970?	
	Bilverksted, batterielektro	1980? – dd	
	Arendal fryseri, kjølelager, fiskemottak, Barbu	1955 – dd	
	Kull-lager for NSB	1910 – 1960?	Mulig kilde for PAH
	Jernbaneverksted	1908 – dd	Mulig kilde for PAH, metaller og PCB
	Lyspærefabrikk, Barbu	1930 – 1945	
	Holte Smykkefabrikk, Barbu	1960? – 2000	Mulig kilde for Cu, Ni
	Kjemisk renseri, Barbu	1920 – dd	
	Pusnes Productions AS (mekanisk verksted). Tidl. Skipsbygging i tre (1700-tallet), deretter jernstøperi, skipsverft & slipp. Siste sjøsetting ca 1960. Idag dekkmaskiner, vinsjer mm. .	1700 – dd	Mulig kilde for PCB, PAH og metaller
	Arendals skibsopphugnings kompani, Roligheden	1920? – 1970	Mulig kilde for PCB, PAH og metaller
	Mindre verkstedsvirksomhet	1922 – 1980	
	Opplag av skip	1950 og 1980-årene	
	Arendal Møbelfabrikk, Barbu	Fra før 1900 – 1960	

Tromøysund sentralt	Havmannen A.S (Bearbeiding og konservering av reker)	1994-1999	
	Tankanlegg (Essotomta, Trollenes)	1950-1990?	
	Tankanlegg (Statoiltomta, Trollenes)	1920 – 1980	
	Skipsverft, offshore industri, mekanisk verksted (Vindholmen Services AS, Tig Scandia, Tig Welding Contracting)	1965 – dd	Mulig kilde for metaller og tinnorganiske forbindelser
	Tømmeropplag, tremasselager	1985 – 2002?	
	Songe mek. Verksted (lite).	1930? – dd	
	Gjerdefabrikk, lite mek. Verksted	1930 – dd	
	Havstad jernstøperi	1850 – 1930	Mulig kilde for PAH, PCB og metaller
	Betongblanderi	1960 – dd	
	Kull-lager	1900? – 1960	Mulig kilde for PAH
	Sigevann kommunal fyllplass	1986-1990	Trolig ikke vesentlig siden tilførsler over så kort tid
	Skipsverft, båtbyggeri	Fra før 1900 – 1920	
	Dyvig brug, dampsag, senere sagbruk	Fra før 1900 – 1970	
	Skofabrikk	1960 – årene	
	Eydehavn –Nitriden	Ubekilen småbåthavn	Ca. 1980- dd
Norsafe, Tybakken (Tromøy) Småbåtbyggeri (først tre, siden plast).		1920? – dd	Skal ikke forekomme utslipp til vann fra produksjonsprosessen
Saint Gobain Ceramic Materials AS (Tidl. Arendal Smelteverk / Norton A/S		1912-dd	Produksjon av silisiumkarbid (SiC). Årlige utslipp til vann av Cd, Cr, Cu, Pb, Hg. Utslipp til luft av PAH, Cu, Zn, Pb.
Det Norske Nitridaksjeselskap (Nitriden)		1920 – 1980	Påvist forurensning i grunn og sjø i ved Nitridenområdet. Gamle deponier for bek og tjærevfall. Tiltak under planlegging/gjennomføring.
	Tømmeropplag (Pinnen)	2002 - pågår	

3.3.3 Overflateavrenning

Elver i nedbørsfeltet

For å få et sikkert mål på transport av miljøgifter til havnebassenget fra elvene, må man ha målinger av de aktuelle miljøgiftene fra utløpet av elvene. Det finnes ingen data om miljøgifter fra de elver og bekker som renner ut i Arendalsområdet. Det foreligger imidlertid generelle tall for innhold av miljøgifter i overflatevann fra en rekke innsjøer i Norge (Skjelkvåle m.fl. 1999). Rapporten viser at konsentrasjonene i Aust-Agder regionen er større enn medianverdien for hele landet sett under ett (se også kap om atmosfærisk deponisjon). I tabellen nedenfor er det benyttet konsentrasjonsnivåer rapportert for Aust-Agder regionen for å beregne et grovt anslag over mengden tilførsler fra elvene i Arendal.

Tabell 20. Beregnet tilførsel av miljøgifter fra elver i Arendalsområdet. Beregningene er basert på generelt konsentrasjonsnivå i overflatelag (Skjelkvåle m.fl. 1999) og middelvannføring i elvene. Konsentrasjonsnivåer: bly (0,65µg/l), kadmium (0,15µg/l) kopper (0,75 µg/l), nikkel (1,25 µg/l), krom (0,22 µg/l).

Tilførsler	Pb kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Ni kg/år	Cr kg/år
Barbuelva (0,42 m ³ /s)	8,5	1,95	9,7	16,3	2,9
Songeelva (0,17 m ³ /s)	3,5	0,80	4,0	6,7	1,2
Langangselva (1,52 m ³ /s)	31,1	7,20	35,9	59,9	10,5

Deponier og forurenset grunn

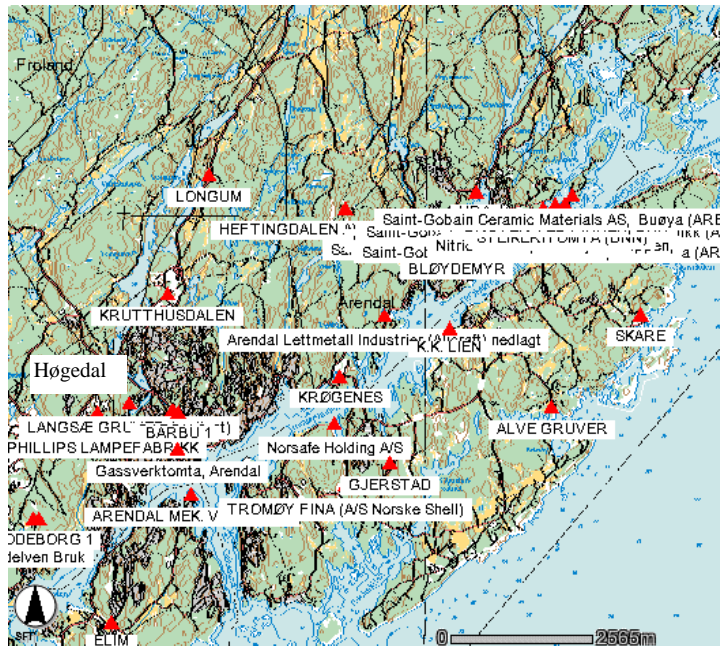
Deponier og forurenset grunn i nedbørsfeltet har avrenning til elv eller vassdrag, andre ligger med direkte avrenning til sjø eller direkte i sjøkant. I følge SFTs database for Grunnforurensning er det registrert totalt 42 lokaliteter med forurenset grunn eller deponier i Arendal (**Error! Reference source not found.**). De fleste lokalitetene har avrenning til Arendal og Tromøysund. Foruten de lokalitetene som ligger i direkte kontakt med sjøen (strandkantdeponier) vil avrenningen alt vesentlig gå via elvene. **Tabell 21** viser opplysninger om de lokalitetene som er klassifisert i påvirkningsgrad 03.

Det er tidligere gjennomført en vurdering av sigevannsmengde fra nedlagte fyllinger (Mohn m.fl. 2000). Fra Høgedal avfallsplass ble det funnet at det transporteres noe organiske miljøgifter fra deponiet, men at nivået var vesentlig lavere enn hva som er rapportert fra andre fyllplasser i Norge. Slam fra sigevannet hadde ikke høyere konsentrasjoner av miljøgifter enn hva men kan finne i vanlige innsjøsedimenter i distriktet.

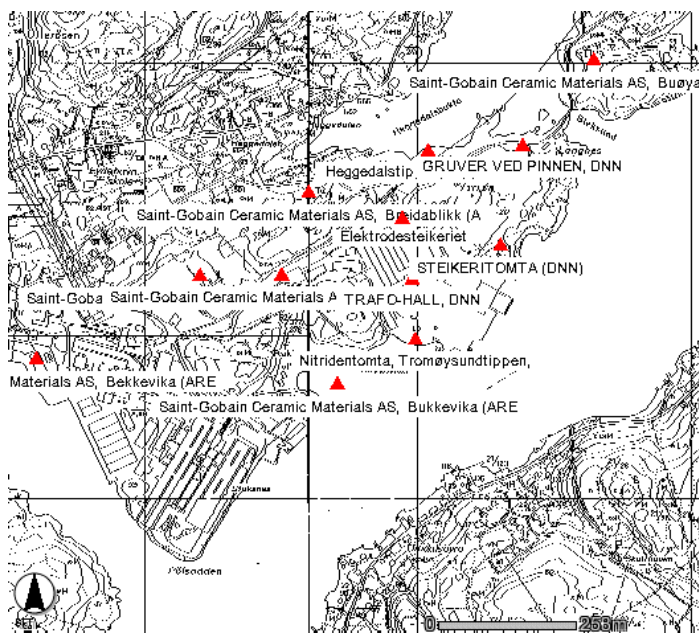
Tabell 21. Lokaliteter med forurenset grunn eller deponier i nedbørsfeltet til tiltaksområdet. Oversikten viser kun deponier/områder med mulig/kjent påvirkning og hvor det er behov for undersøkelse/tiltak (Påvirkningsgrad 03 i hht SFTs base over grunnforurensning).

Lokalitet	Nummer	Type	Bransje	Areal, m ²	Stoff-gruppe	Påvirkningsgrad
Arendal Lettmetall Ind. (Aircraft) Nedlagt	0918004	Forurenset grunn	Bygging av båter	2000	THC, PAH, PCB (mistanke)	03
Barbu 1	0903007	Forurenset grunn	Overflatebeh. (galvano)	100	Metallforbindelser (mistanke)	03
Barbu 2	0903008	Deponi	Overflatebeh. (galvano)	15	THC, PAH (mistanke)	03
Gjerstad	0921001	Komm. Deponi	Deponering av avfall	7000	THC, PAH, PCB (mistanke)	03
Høgedal	0903001	Komm. Deponi	Deponering av avfall	10000	THC, PAH, PCB (mistanke)	03
Langsæ gruver (nedlagt)	0903002	Deponi	Deponering av avfall	2000	THC, PAH, PCB (mistanke)	03
Nitridentomta, Tromøysundtippen	0918011	Deponi	Industriprod.	500	Pb, Cu, Hg, Cd, Cyanid, PAH, PCB (bekreftet)	03
Phillips lampefabrikk	0903004	Deponi	Ukjent	200	Metallforbindelser (mistanke)	03
Trafo-hall DNN	0918015	Forurenset grunn	Produksjon av metallvarer	100	Pb, Cu, Hg, Cd, Zn, THC, PAH, PCB (bekreftet)	03
Steikeritomta	0918012	Forurenset grunn	Produksjon av primær aluminium	2000	Pb, Cu, Hg, Cd, Zn, PAH, PCB (bekreftet)	03
Saint-Gobain Ceramic Materials AS, Buøya	0918007	Deponi	Produksjon av karbider	1000	Pb, Cu, Hg, Cd, Zn, THC, PAH, PCB (bekreftet)	03
Saint-Gobain Ceramic Materials AS, Elektrodefabrikk	0906004	Forurenset grunn	Produksjon av primær aluminium	2000	THC, PAH (bekreftet)	03

Påvirkningsgrad: 01= liten/ingen kjent påvirkning, ikke behov for restriksjoner på areal/resipientbruk
 02= liten/ingen kjent påvirkning med dagens areal/resipientbruk
 03= mulig/kjent påvirkning og behov for undersøkelse/tiltak



Figur 13. Lokalteter for deponier og forurenset grunn i Arendal (www.sft.no)



Figur 14. Detaljkart som viser lokaliteter med deponier og forurenset grunn i Eydehavn (www.sft.no).

Avrenning fra urbane overflater

Studier internasjonalt og i Norge viser at direkte avrenning fra by og tettsteder utgjør en betydelig kilde til forurensning i tillegg til den generelle avrenningen fra nedbørsfeltet via elver. Avrenningen av

miljøgifter er størst fra de trafikkbelastede områdene. Parallelt med arbeidet med alle tiltaksplanene har SFT fått utarbeidet en metode for beregning av tilførsler fra urbane tette flater (Lindholm 2003, SFT in press). I foreliggende rapport er denne metoden benyttet.

Tabell 22. Beregnede tilførsler av miljøgifter fra avrenning fra urbane tette flater i Arendal.

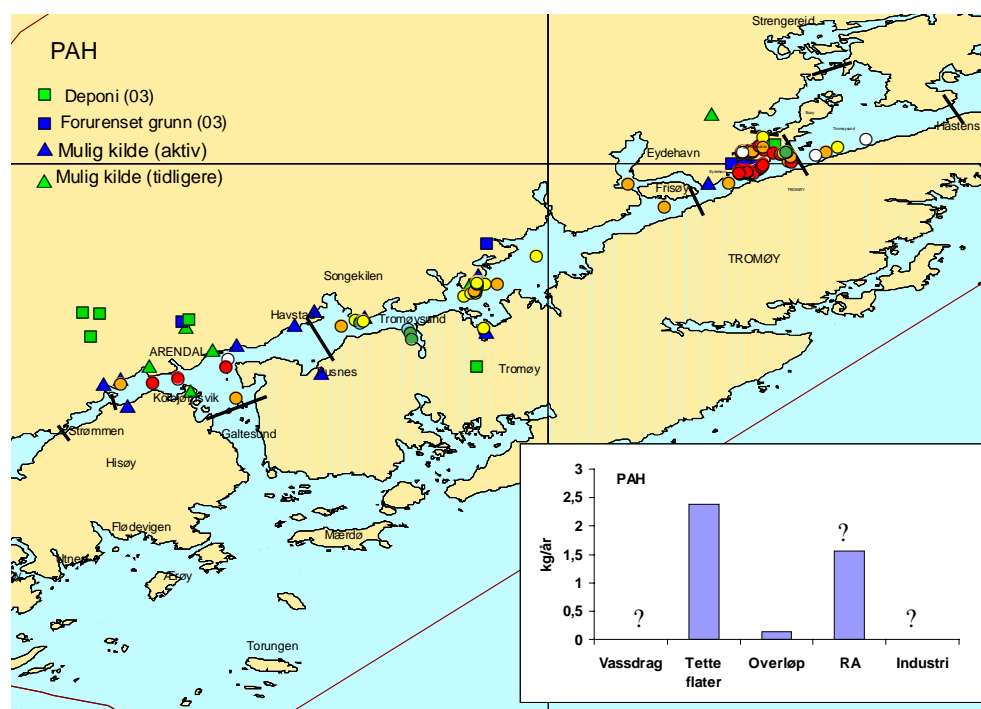
Utslipp	Cd Kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	PAH kg/år	BaP kg/år	PCB kg/år
Overvann fra tette flater	1,51	21,2	132	0,41	35,1	56,2	386	2,39	0,52	0,05

3.3.4 Atmosfærisk nedfall

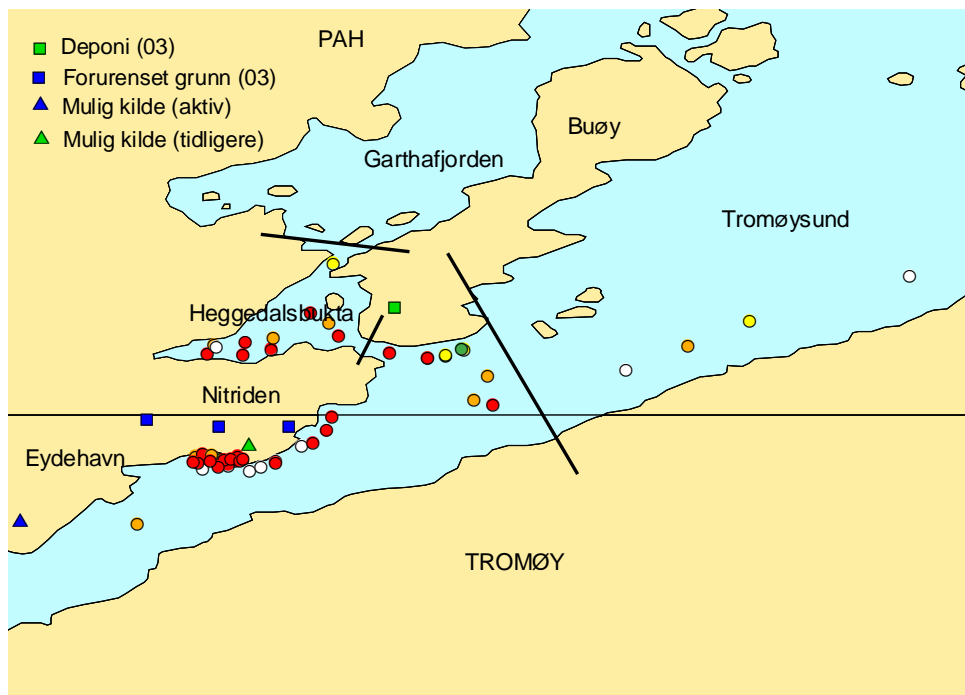
Tabellen nedenfor viser tall for atmosfærisk nedfall direkte i sjøområdet. For årlige tilførsler til nedbørfeltet, og som tilføres via elvene, se avsnitt om elvetilførsler.

Tabell 23. Årlig atmosfærisk nedfall av tungmetaller til sjøområdene i Arendal.

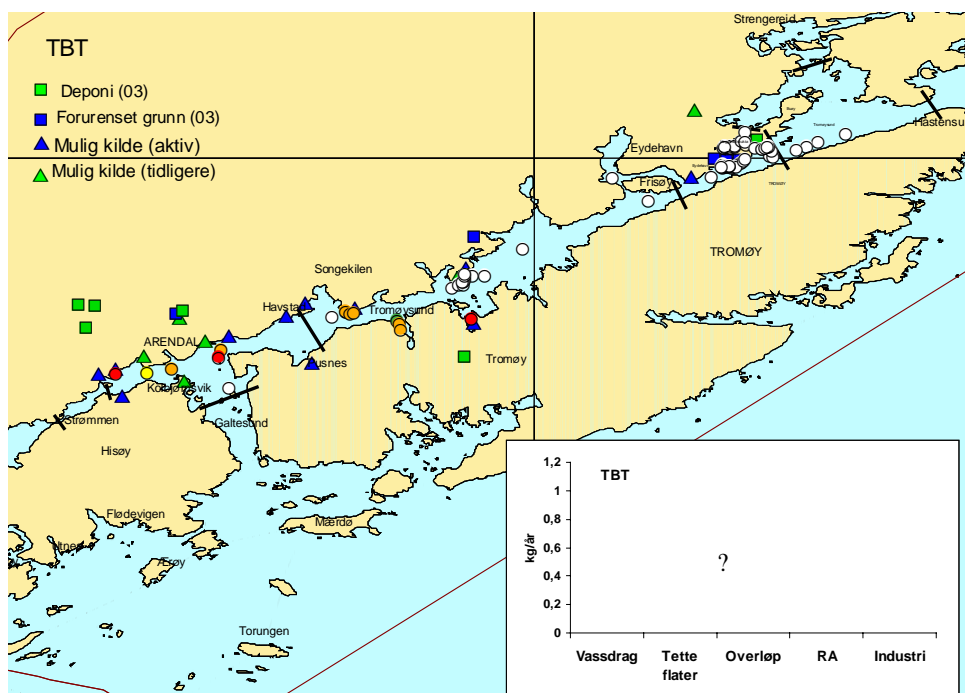
	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	Co Kg/år
Atmosfærisk nedfall	0,50	3,71	14,90	0,15	4,46	13,90	73,48	0,30



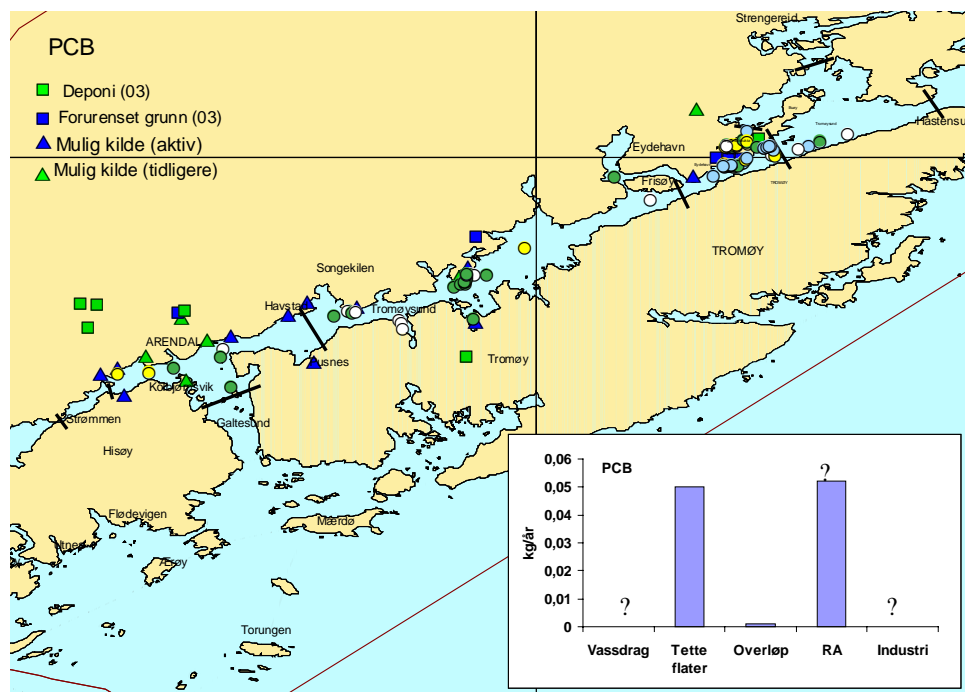
Figur 15. Miljøstatus for PAH i sedimenter i Arendal. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafen med beregnede tilførselstall for PAH.



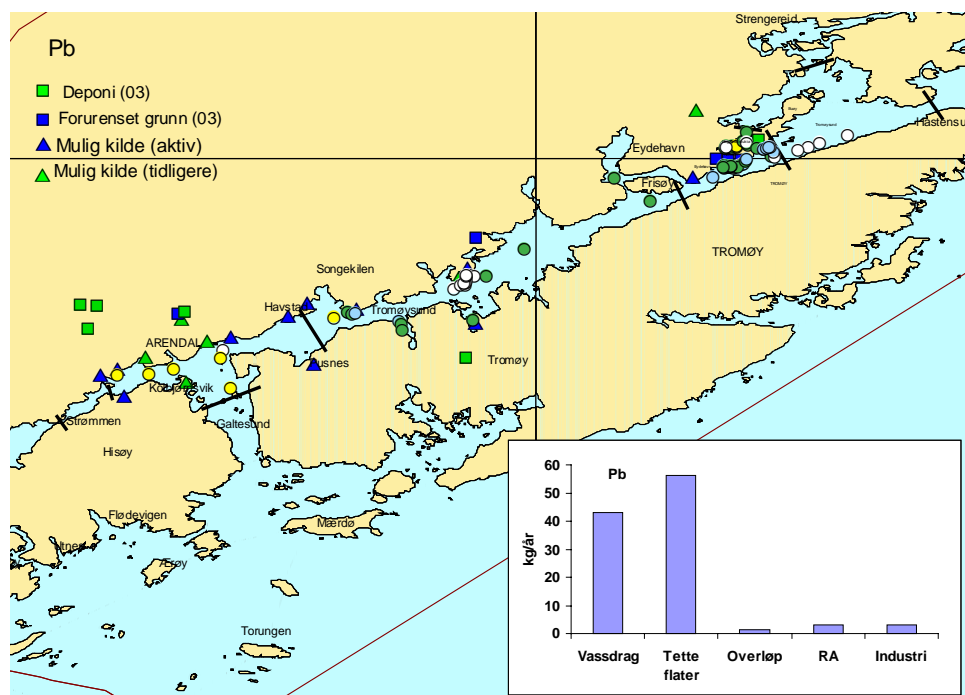
Figur 16. Detaljkart over Eydehavn. Fargekodene viser tilstandsklasse for PAH i sedimenter. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og mulige kilder.



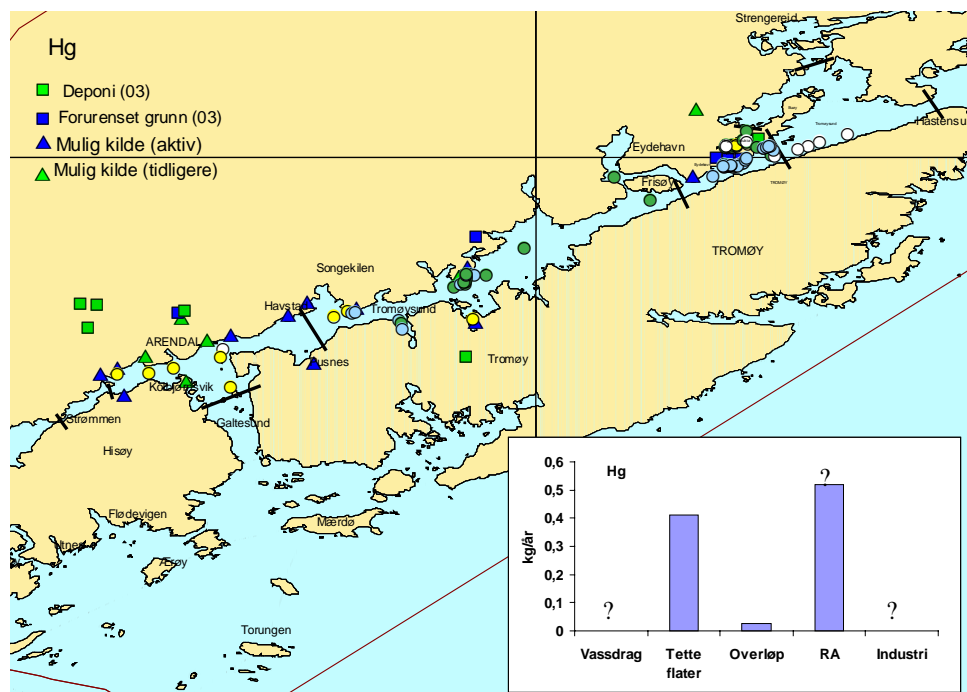
Figur 17. Miljøstatus for TBT i sedimenter i Arendal. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafen med beregnede tilførselstall for TBT.



Figur 18. Miljøstatus for PCB i sedimenter i Arendal. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafen med beregnede tilførselstall for PCB.



Figur 19. Miljøstatus for bly (Pb) i sedimenter i Arendal. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafen med beregnede tilførselstall for Pb.



Figur 20. Miljøstatus for kvikksølv (Hg) i sedimenter i Arendal. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafe med beregnede tilførselstall for Hg.

3.4 Rangering av områdene

På grunnlag av gjennomgangen av miljøtilstand og mulige kilder i tiltaksområdet, er områdene rangert etter 7 kategorier:

1. Høyrisikoområder
 - A: Avsluttede kilder
 - B: Mulige fortsatt eksisterende kilder
2. Forhøyede konsentrasjoner, men liten spredningsfare
3. Data eksisterer, men må suppleres for tilfredsstillende karakterisering
4. Data eksisterer ikke, må undersøkes nærmere
5. Områder hvor det kan være interessekonflikter, men hvor det foreløpig er teknisk vanskelig å gjennomføre tiltak
6. Friskmeldte områder

Ved rangering av områdene i tiltaksområdet er det benyttet tre kriterier for å vurdere høyrisikoområder. Disse ansees som viktige i en risikovurdering samtidig som de har vært mulig å si noe om innenfor prosjektets rammer:

- områder har konsentrasjoner av miljøgifter i klasse IV eller V (skadepotensiale)
- områder er grunnere enn 20 m vanddyp (risiko for skade)
- områder har aktiv trafikk, som båt og friluftsliv (risiko for skade).

Det er viktig å understreke at klassifiseringen ”høyrisikoområde” ikke direkte kan knyttes til behov for tiltak. Det må avgjøres etter at miljømål er formulert.

Tabell 24. Sammenstilling og vurdering av delområdene

Fjordområde	Vurdering	Kategori
Strømbrua – Strømsbubukt	Det foreligger ingen data fra dette delområdet, men analyser fra det nærliggende havneområdet indikerer at det også kan være høye miljøgiftverdier her. Båthavner, båtverksted/slipp etc kan være aktive kilder til PAH og TBT i tillegg til avrenning fra urbane tette flater. Hele området har < 20 meter vanddyp og kan være et potensielt høyrisikoområde.	4
Arendal havn	Tilstandsklasse V: PAH, TBT Tilstandsklasse III: PCB, Hg, Pb, Cd, Cu Høyt innhold av PAH og TBT kombinert med havneaktiviteter/småbåttrafikk gjør grunne områder (< 20m) til høyrisikoområder. De viktigste gruntområdene er Kittelsbukt, Kolbjørnsvik, Jomfruholmen-Gimlebukt og Pusnes (Styrtvikbukta). Havneaktiviteter og småbåthavner er trolig aktiv kilde til PAH og TBT.	1a/1b
Tromøysund sentralt	Tilstandsklasse V: TBT (Ubekilen) Tilstandsklasse IV: PAH, TBT Tilstandsklasse III: PCB (en prøve), Hg, Pb, Cd, Cu Høyt innhold av PAH og TBT, kombinert med diverse aktiviteter gjør grunne områder (< 20m) til høyrisikoområder (eks. Ubekilen, Tybakkilen, Trollenes, Vindholmen) Usikker utbredelse på de forurensede sedimentene i Ubekilen. Andre grunne områder som er potensielle høyrisikoområder omfatter Songekilen og Seikilen. Ingen data fra disse områdene. Vindholmen og småbåthavner er trolig aktive kilder til PAH og TBT i tillegg til avrenning fra urbane tette flater.	Grunne omr. og bukter nær land: 1ab/3 Øvrige omr. 2/4
Eydehavn	Tilstandsklasse V: PAH Tilstandsklasse III: PCB, Pb, Cu, Cd Høyt innhold av PAH kombinert med skipstrafikk og annen aktivitet sammen med grunne områder (< 20m) gjør deler av området til høyrisikoområde (eks Nitriden, Bukkeviga). Flere avgrensede arealer er under opprydning. Skipstrafikk og mye aktivitet i området gir fare for spredning.	1a
Heggedalsbukta	Tilstandsklasse V: PAH, Cd Tilstandsklasse IV: PCB Tilstandsklasse III: Hg, Pb, Cu Høyt innhold av PAH og kadmium kombinert med småbåtaktiviteter og grunne områder (< 20m) gjør området til høyrisikoområde. Tiltak ble gjennomført i 2001.	1a? / 6?
Tromøysund øst	Tilstandsklasse IV: PAH Høyt innhold av PAH, men begrenset aktivitet i grunne områder. Grunne områder omfatter Gartafjorden og området vest for Hvideberget. Ingen kjente aktive kilder utover spredning fra Eydehavn og avrenning fra urbane tette flater.	2

4. Grimstad

4.1 Beskrivelse av tiltaksområdet

4.1.1 Generelt om fjordområdet

Groosefjorden og Vikkilen er en ca. 7 km lang terskelfjord som er avgrenset av skjærgårdsbredden mot sør og sør-øst. Terskelen mot Skagerrak er 22 m (vest for Håøya). En dyprenne på 60-70 meter fra Indre Maløya og sørover til midten av Håøya utgjør fjordens dypområde. Vikkilen er en forlengelse av Groosefjorden mot nord og har en største dybde på 40 meter ved Grimstad havn. Kilen blir gradvis grunnere mot nord og er ca. 13 meter dyp i indre del.

Området for tiltaksplanen omfatter kun Vikkilen. Tiltaksområdets areal er 1.24 km² og tilhørende nedbørsfelt er ca. 17 km². **Figur 21** viser inndeling av nedbørsfelt i hht Regine og inndeling av sjøområdene i hht Fjordkatalogen.

Det foreligger ikke kostholdsrad for Grimstad.

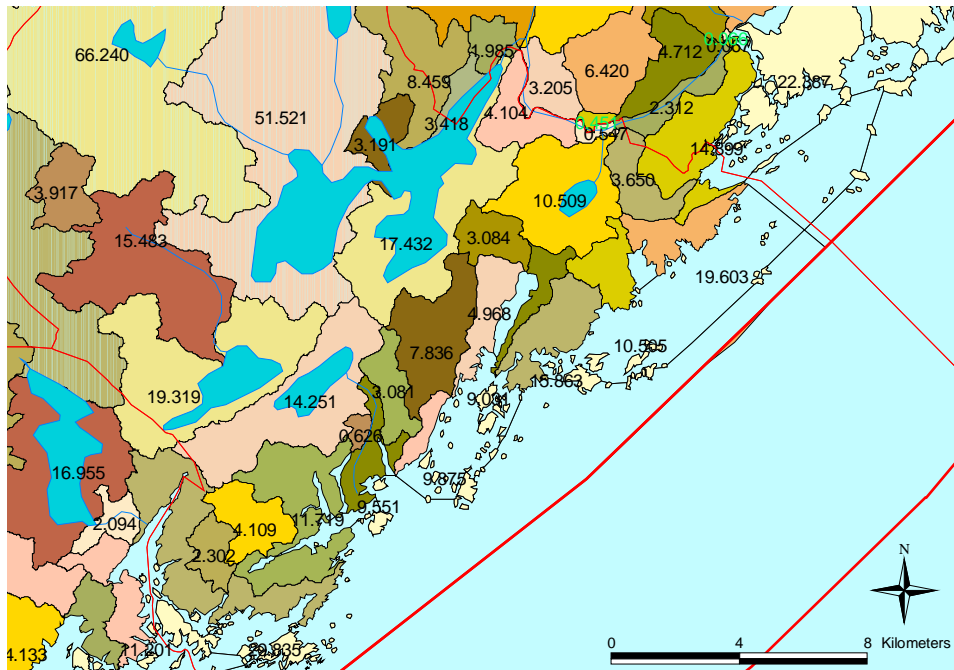
4.1.2 Inndeling i delområder

For utarbeidelse av tiltaksplanene er Vikkilen delt i to delområder, indre og ytre del (**Tabell 25, Figur 22**). Inndelingen av området er gjort ut fra tidligere undersøkelser av miljøgifter i sedimentene. Det foreligger miljøgiftanalyser fra kun tre stasjoner i Vikkilen (to stasjoner i indre del og en stasjon i ytre del, og det er derfor valgt å kun dele fjorden i to.

Hele Vikkilen samsvarer med ett av underområdene i DNs fjordkatalog og området ble heller ikke delt inn i mindre områder i Miljøgiftundersøkelsen i havner på Agder (Næs m.fl. 2000).

Tabell 25. Inndeling av tiltaksområdet i Grimstad

Fjordområde	Elver
A Indre Vikkilen	Sævelibekken (årsavrenning 2,27 mill m ³)
B Ytre Vikkilen	



Figur 21. Nedbørsfelt i Grimstad i hht Regine-inndelingen. Tallene angir størrelse i km². Figuren viser også inndeling av sjøområdene i hht Fjordkatalogen.



Figur 22. Kart over tiltaksområdet i Grimstad med inndeling av delområder.

4.2 Miljøtilstand

Fra Vikkilen foreligger det analyser av miljøgifter fra tre sedimentstasjoner. To stasjoner ble undersøkt i 1993 (Koniczny og Juliussen 1994) og en i 1997 (Næs m.fl. 2000). I havneundersøkelsen i 1997 ble det også målt miljøgifter i blåskjell, fisk og krabbe fra indre Vikkilen. Oversikt over sedimentstasjoner og resultater fra undersøkelsene er gitt i **Tabell 26** og **Figur 25 - Figur 29**.

Indre Vikkilen

Undersøkelsen i 1997 fant at TBT-innholdet i sedimenter fra indre Vikkilen langt overskred grensene for den høyeste tilstandsklasse meget sterkt forurenset (tilstandsklasse V) (**Tabell 26**). Nivået er det høyeste som er funnet i Aust-Agder og betydelig høyere enn det som er funnet i f.eks andre småbåthavner og i Grimstads havneområder. Prøven hadde over 2500 ganger høyere TBT-konsentrasjon enn antatt bakgrunnsnivå og 10 ganger høyere konsentrasjon enn en sedimentprøve fra Grimstad havn i samme tilstandsklasse (klasse V). Sedimentene var dessuten markert/sterkt forurenset av PAH (tilstandsklasse III-IV) og lite/moderat forurenset av PCB og tungmetaller (tilstandsklasse I-II). Nivåene av PAH og PCB var tildels noe lavere enn i ytre del av kilen og Grimstad havn. Innholdet av metaller (bly, kvikksølv, kadmium og kobber) var i tilstandsklasse I-II.

Blåskjellprøver fra indre Vikkilen er klassifisert som moderat forurenset av PAH (klasse II), mens torskelever ble klassifisert som moderat forurenset av PCB og lite forurenset av kvikksølv (Næs m.fl. 2000). Analyse av PAH-profilene i blåskjell tydet på påvirkning av oljerelaterte PAH-forbindelser (oljesøl o.l.) (Næs m.fl. 2000).

Ytre Vikkilen

Det er funnet høyre innhold av PAH i ytre del av Vikkilen enn i indre del. I 1993 og 1997 var sedimentene sterkt forurenset av PAH (tilstandsklasse IV), markert forurenset av PCB (tilstandsklasse III) og lite/moderat forurenset av tungmetaller (tilstandsklasse I-II). PAH-profilene tydet på forbrenningsprodukter eller gamle forvitrede tilførsler. Det foreligger ingen TBT analyser fra ytre del av Vikkilen.

Grimstad havn (utenfor tiltaksområdet)

I Grimstad havn har tilstandsklassen for TBT variert fra moderat/meget sterkt forurenset av TBT. Undersøkelsen fra 1997 viste at sedimentene ved Torskeholmen var meget sterkt forurenset av PAH og markert forurenset av PCB. Prøven fra området ligger nær den gamle, nedlagte skipsopphuggningen. Det er også fiskerihavn og småbåthavn nær stasjonen. En studentoppgave ved Høyskolen i Agder, avd. Grimstad, har påvist høye PCB- og kvikksølvverdier i grunnen ved den tidligere skipsopphuggningen.

Tabell 26. Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Vikkilen i Grimstad. Konsentrasjoner på tørrvektsbasis. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem (SFT 1997) ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes.

Variabel Enhet	Ref. *	Finstoff %<63µm	TOC mg/g	PAH µg/kg	PCB ₇ µg/kg	TBT µg/kg	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	Cd mg/kg
Indre Vikkilen:										
I. Vikkilen (18m)	5	92	41 (IV)	6894 (IV)	9,3 (II)	2562 (V)	0,22 (II)	85 (II)	150 (II)	0,21 (I)
I. Vikkilen (21m)	3			2048 (III)	6,3 (II)		0,53 (II)	47 (II)	57 (II)	0,17 (I)
Ytre Vikkilen										
Y. Vikkilen (40m)	3			22798 (V)	18,6 (II)		0,47 (II)	108 (II)	89,5 (II)	0,31 (II)
Grimstad havn										
Gullmannsbukta (30m)	5	45	28 (III)	4682 (III)	4,5 (I)	95 (IV)	0,18 (II)	39 (II)	27 (I)	0,16 (I)
Torskehlm (28m)	5	85	64 (V)	58675 (V)	28,6 (III)	210 (V)	1,20 (III)	185 (III)	112 (II)	0,55 (II)
Ytre havn (40m)	3					12 (III)				

*Referanser: 3= Konieczny og Juliussen 1994, 5= Næs m.fl. 2000

4.3 Kilder til forurensning

4.3.1 Utslipp fra kommunale avløpsrensning og avløpsnett

Det foreligger ingen direkte målinger av tungmetaller og organiske miljøgifter fra avløpsanlegget i Grimstad. NIVA gjennomfører imidlertid et internt forskningsprogram (SIP-program) for miljøgifter i utslipp fra kommunale renseanlegg og det er brukt tall fra dette prosjektet samt fra litteratur fra både Norge (NIVA og Aquateam), Sverige og andre land for å gi et anslag over utslippene.

Utslipet fra renseanlegget går til Groosefjorden og er trolig av mindre betydning for Vikkilen. Utslippstallene er likevel tatt med i tabellen og vist i figurene.

Figur 23. Antatte utslipp i kg/år av miljøgifter fra renseanlegg og lokale overløp i Grimstad. Det foreligger ingen direkte tall fra Grimstad, men det er antatt at utslippene pr person tilsvarer det i Arendal.

Utslipp	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	PAH kg/år	BaP kg/år	PCB kg/år
Avløpsrensning	0,36	7,209	36,04	0,240	19,22	1,442	60,08	0,721	0,240	0,024
Lokale overløp	0,02	0,3230	4,852	0,014	0,647	0,647	6,46	0,065	0,005	0,0005

4.3.2 Industriutslipp med og uten konsesjon

Industriutslipp med konsesjon er rapportert i SFTs database INKOSYS. For Grimstad var det i 2001 ingen bedrifter oppført som har utslipp til resipienter i tiltaksområdet.

Grimstad og Vikkilen er likevel omgitt av flere potensielle forurensningskilder, særlig knyttet til båtproduksjon og skipsvirksomhet (**Tabell 27**). Kildene er ikke kvantifisert. Tidligere rapporter (Konieczny og Juliussen 1994, Natur og Miljø 1998, NGU 1990, Næs m.fl. 2000) har oppgitt følgende hovedkilder i Grimstad: Mekaniske verksted (skipsverft) i Vikkilen, Norsk Skipsopphugging på Odden (nedlagt), plastbåtproduksjon, fyllinger og bunkrings-/tankanlegg.

Tabell 27. Tidligere og nåværende aktiviteter i Vikkilen som kan ha medført forurensningspåvirkning i tiltaksområdet. Etter Næs m.fl. 2000.

Kartreferanse	Aktivitet	Ca. tidsrom	Vurdering
Indre Vikkilen			
	Lyst- og livbåtproduksjon	1905-1990	
	Ugland AS Nymo. Dokk og mekanisk verksted. Flytedokk og slipp.	1965-pågåår	Viktig kilde til TBT. PCB? PAH?
Ytre Vikkilen Biodden til Naxbie			
	Skipsbyggerier, Hasseldalen	1880-1905	
	Kommunal og privat kloakk	→2000	All kloakk sanert i løpet av 2000.

4.3.3 Overflateavrenning

Elver i nedbørsfeltet

For å få et sikkert mål på transport av miljøgifter til sjøområder fra elvene, må man ha målinger av de aktuelle miljøgiftene fra utløpet av elvene. Det finnes ingen data om miljøgifter fra Sævelibekken som renner ut innerst i Vikkilen. Det foreligger imidlertid generelle tall for innhold av miljøgifter i overflatevann fra en rekke innsjøer i Norge (Skjelkvåle m.fl. 1999). Rapporten viser at konsentrasjonene i Aust-Agder regionen er større enn medianverdien for hele landet sett under ett (se også kap om atmosfærisk deponisjon). I tabellen nedenfor er det benyttet konsentrasjonsnivåer rapportert for Aust-Agder regionen for å få et grovt anslag over mengde tilførsler fra Sævelibekken.

Tabell 28. Beregnet tilførsel av miljøgifter fra Sævelibekken. Beregningene er basert på generelt konsentrasjonsnivå i overflatelag (Skjelkvåle m.fl. 1999) og middelvannføring i bekken. Konsentrasjonsnivåer: bly (0,65 µg/l), kadmium (0,15 µg/l) kopper (0,75 µg/l), nikkel (1,25 µg/l), krom (0,22 µg/l).

Tilførsler	Pb Kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Ni kg/år	Cr kg/år
Sævelibekken (0,072 m ³ /s)	1,5	0,34	1,70	2,84	0,50

Deponier og forurenset grunn

Deponier og forurenset grunn i nedbørsfeltet har avrenning til elv eller vassdrag, andre ligger med direkte avrenning til sjø eller direkte i sjøkant. I følge SFTs database for Grunnforurensning er det registrert totalt 9 lokaliteter med forurenset grunn eller deponier i Grimstad (**Figur 24**). Kun to av lokalitetene er aktuelle i forhold til mulig påvirkning av Vikkilen (**Tabell 29**).

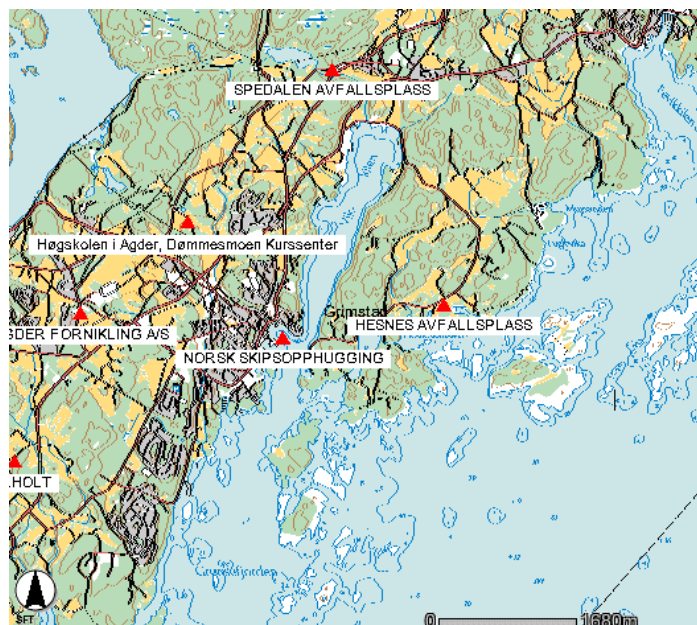
Spedalen avfallsplass (deponi) har avrenning til Sævelibekken som renner ut innerst i Vikkilen. Det foreligger ingen analyser av avrenningsvann, men deponiet er klassifisert i påvirkningsgrad 03 (Mulig/kjent påvirkning og behov for undersøkelse/tiltak).

Der hvor Norsk Skipsopphugging lå på Odden er det funnet høye miljøgiftverdier i grunnen. Dette representerer en mulig påvirkning til Vikkilen via spredning.

Tabell 29. Lokalteter med forurenset grunn eller deponier i nedbørsfeltet til området hvor tiltak skal vurderes.

Lokalitet	Nummer	Type	Bransje	Areal, m ²	Stoffgruppe	Påvirkningsgrad
Spedalen avfallsplass	0904007	Deponi	9211- Deponering av avfall	100 m ²		03
Norsk Skipsopphugging	0904008	Forurenset grunn	9221- Gjenvinning av metaller	?		03

Påvirkningsgrad: 01= liten/ingen kjent påvirkning, ikke behov for restriksjoner på areal/resipientbruk
 02= liten/ingen kjent påvirkning med dagens areal/resipientbruk
 03= mulig/kjent påvirkning og behov for undersøkelse/tiltak

**Figur 24.** Lokalteter for deponier og forurenset grunn i Grimstad.

Avrenning fra urbane overflater

Studier internasjonalt og i Norge viser at direkte avrenning fra by og tettsteder utgjør en betydelig kilde til forurensning i tillegg til den generelle avrenningen fra nedbørsfeltet via elver. Avrenningen av miljøgifter er størst fra de trafikkbelastede områdene. Parallelt med arbeidet med alle tiltaksplanene har SFT fått utarbeidet en metode for beregning av tilførsler fra urbane tette flater (Lindholm 2003, SFT in press). I foreliggende rapport er denne metoden benyttet.

Tabell 30. Beregnede tilførsler av miljøgifter fra avrenning fra urbane tette flater i Grimstad og Vikkolen. Det foreligger ingen direkte opplysninger om arealtype/størrelser for Vikkilen, men man har antatt at utslippene pr person tilsvarer det for Arendal.

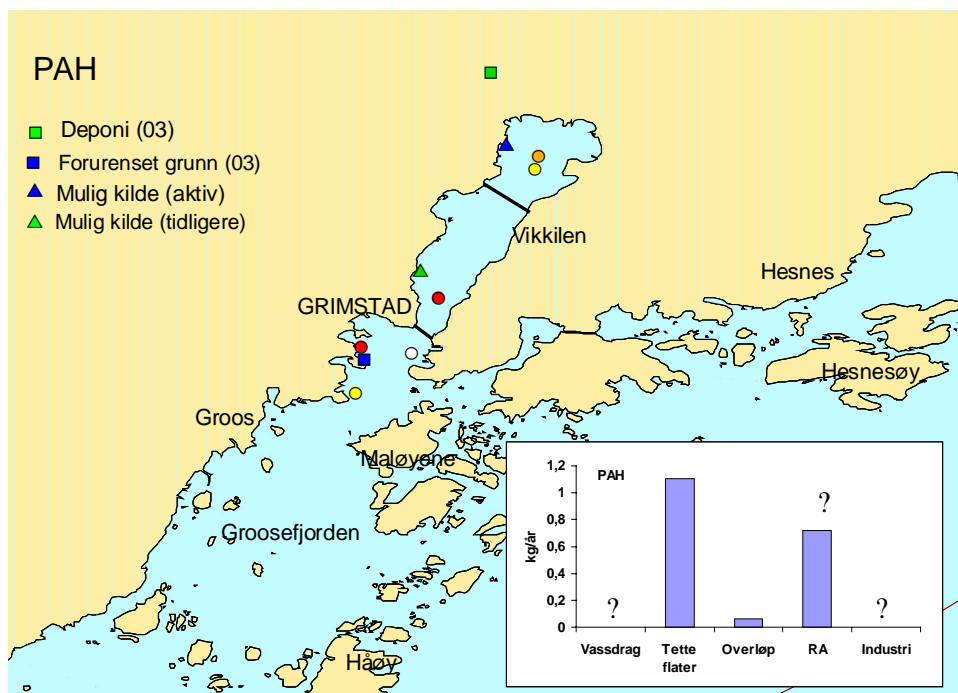
Utslipp	Cd Kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Hg kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	PAH kg/år	BaP kg/år	PCB kg/år
Overvann fra tette flater	0,6	9,792	61,09	0,189	16,24	25,97	178,5	1,104	0,240	0,023

4.3.4 Atmosfærisk nedfall

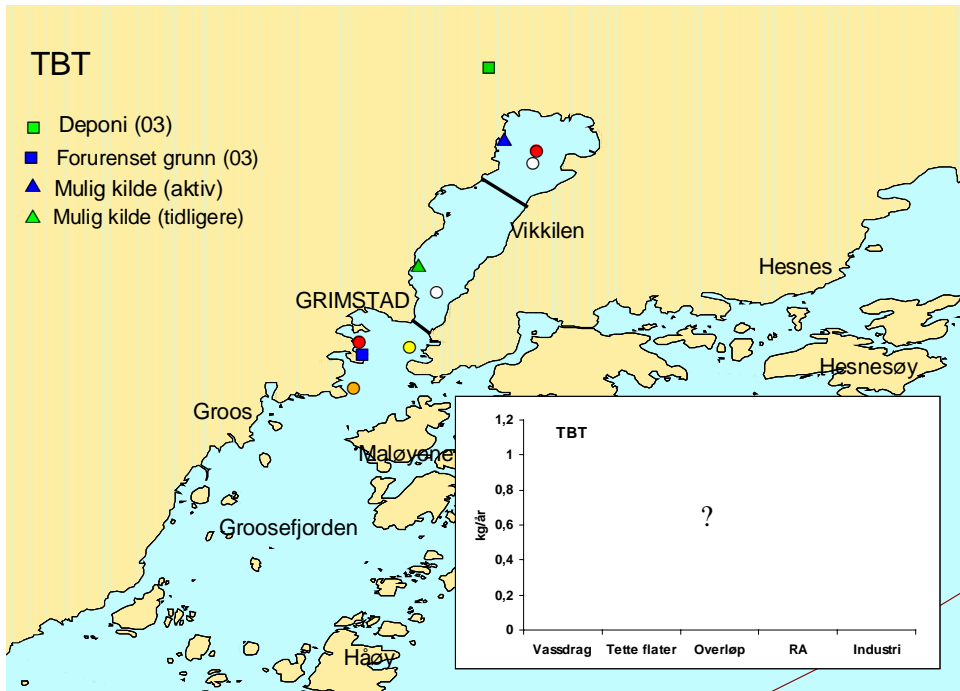
Tabellen nedenfor viser tall for atmosfærisk nedfall direkte i sjøområdet. For årlige tilførsler til nedbørsfeltet, og som tilføres via elvene, se avsnitt om elvetilførsler.

Tabell 31. Årlig atmosfærisk nedfall av tungmetaller til Vikkilen.

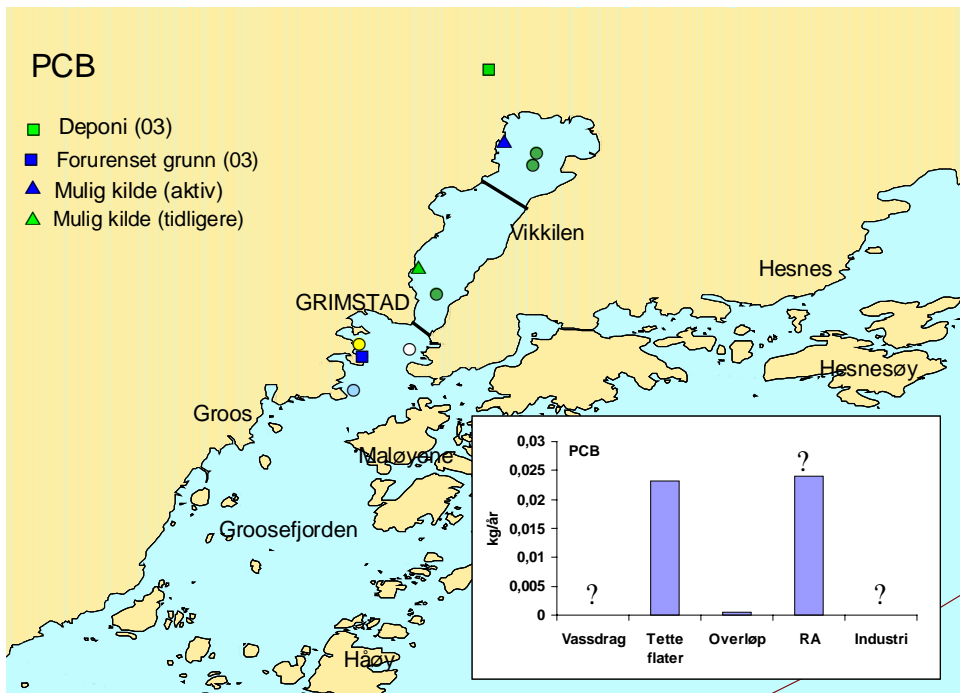
	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Co
	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	Kg/år
Atmosfærisk nedfall	0,06	0,46	1,86	0,02	0,56	1,74	9,18	0,04



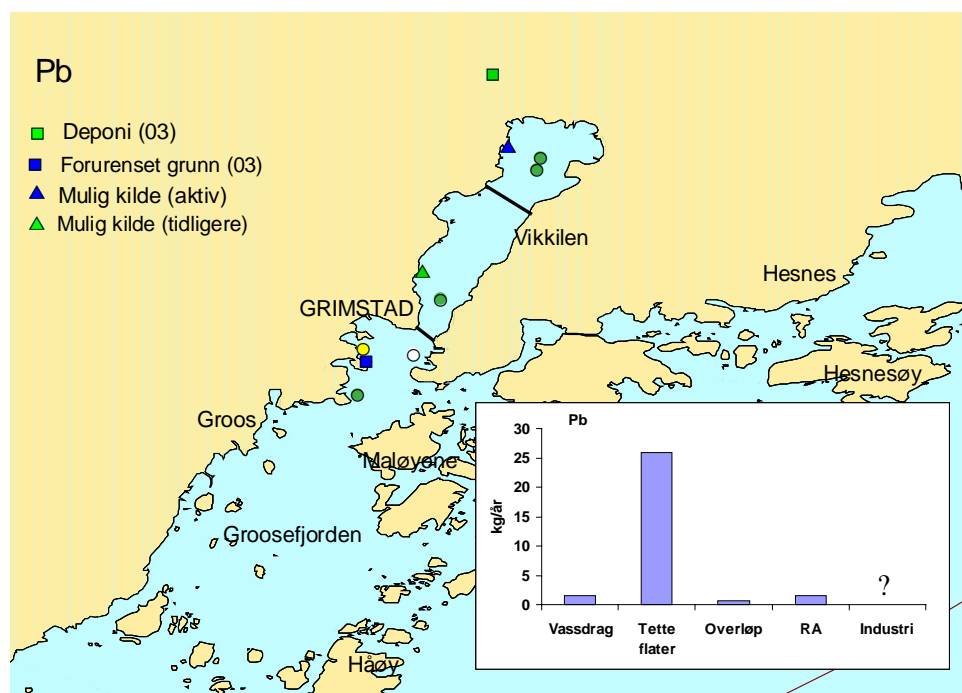
Figur 25. Miljøstatus for PAH i sedimenter i Vikkilen. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafe med beregnede tilførselstall for PAH.



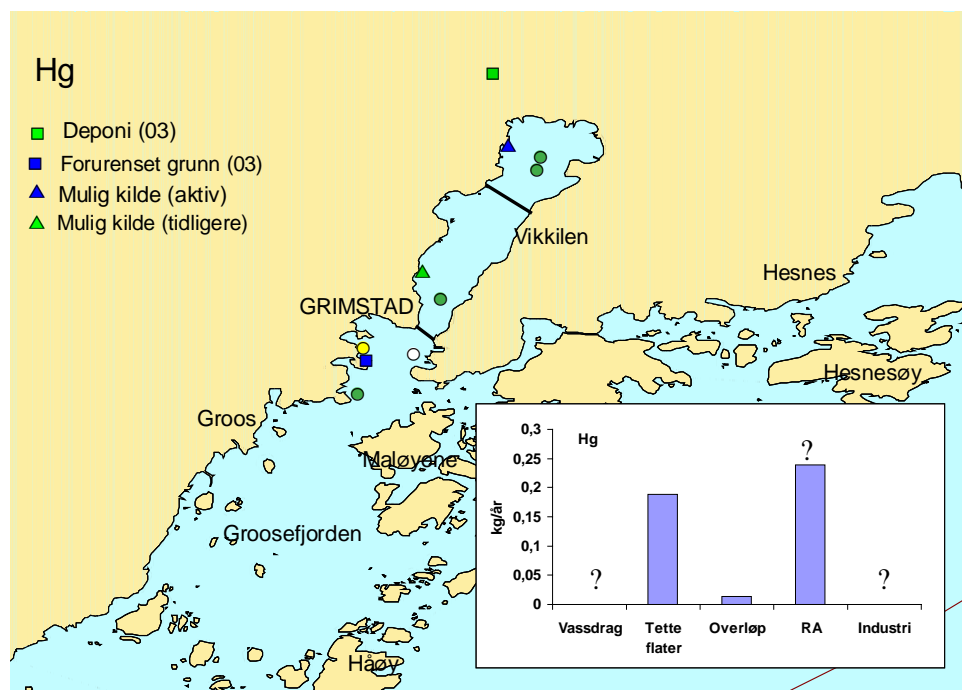
Figur 26. Miljøstatus for TBT i sedimenter i Vikkilen. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafen med beregnede tilførselstall for TBT.



Figur 27. Miljøstatus for PCB i sedimenter i Vikkilen. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafen med beregnede tilførselstall for PCB.



Figur 28. Miljøstatus for bly (Pb) i sedimenter i Vikkilen. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafe med beregnede tilførselstall for Pb.



Figur 29. Miljøstatus for kvikksølv (Hg) i sedimenter i Vikkilen. Fargekodene på sedimentstasjoner viser tilstandsklasse i hht SFTs miljøkvalitetskriterier. Klasse I (○), klasse II (●), klasse III (●), klasse IV (●), klasse V (●), ikke analysert (○). Figuren viser også lokaliteter med forurenset grunn/deponier og grafe med beregnede tilførselstall for Hg.

4.4 Rangering av områdene

På grunnlag av gjennomgangen av miljøtilstand og mulige kilder i tiltaksområdet, er områdene rangert etter 7 kategorier:

1. Høyrisikoområder
A: Avsluttede kilder
B: Mulige fortsatt eksisterende kilder
2. Forhøyede konsentrasjoner, men liten spredningsfare
3. Data eksisterer, men må suppleres for tilfredsstillende karakterisering
4. Data eksisterer ikke, må undersøkes nærmere
5. Områder hvor det kan være interessekonflikter, men hvor det foreløpig er teknisk vanskelig å gjennomføre tiltak
6. Friskmeldte områder

Ved rangering av områdene i tiltaksområdet er det benyttet tre kriterier for å vurdere høyrisikoområder. Disse ansees å være viktige i en risikovurdering samtidig som de har vært mulig å si noe om innenfor prosjektets rammer:

- områder har konsentrasjoner av miljøgifter i klasse IV eller V (skadepotensiale)
- områder er grunnere enn 20 m vanddyp (risiko for skade)
- områder har aktiv trafikk, som båt og friluftsliv (risiko for skade).

Det er viktig å understreke at klassifiseringen ”høyrisikoområde” ikke direkte kan knyttes til behov for tiltak. Det må avgjøres etter at miljømål er formulert.

Tabell 32. Sammenstilling og vurdering av delområdene

Fjordområde	Vurdering	Kategori
Indre Vikkilen	<p>Tilstandsklasse V: TBT Tilstandsklasse IV: PAH</p> <p>Høyt innhold av PAH og TBT kombinert med grunne områder (< 20m) og mye skipstrafikk tilsier at området er et høyrisikoområde. Det er behov for flere prøvepunkter for å fastslå forurensningsgrad og utbredelsen av de mest forurensede massene.</p>	1b/3
Ytre Vikkilen	<p>Tilstandsklasse V: PAH</p> <p>Høyt innhold av PAH i dypområdet kombinert med skipstrafikk. Det foreligger ingen opplysninger om tilstanden på grunnere områder og aktive kilder ut over avrenning og renseanlegg. Det er behov for flere prøvepunkter for å fastslå forurensningsgrad og utbredelse.</p>	1a/3

5. Plan for fase 2

5.1 Forslag til prioritering av delområder for videre undersøkelser

Tvedestrand

Områdene ved indre havn/Tangen og Østeråbukta har høye konsentrasjoner av miljøgifter og ligger i områder med aktiviteter som gir spredningsfare. Det foreligger kun to prøvepunkter og det anbefales analyser fra flere prøvepunkter for en mer nyansert kategorisering av sedimentene. Nye prøver bør tas fra grunt vann hvor det er størst spredningsfare.

Gruntområdene rundt Furøya har store friluftsinnteresser og bør undersøkes nærmere for å kunne gi en karakterisering av tilstand og eventuelt definere området som høyrisikoområde. På grunn av friluftsinnteressene og liten informasjon om tilstanden i de aktuelle områdene er det satt høy prioritering på dette området.

Fra Sagesund foreligger det også kun en analyse fra 37 meters dyp. Gruntområdet rundt båthavna representerer trolig høysikoområde og bør følges opp med oppfølgende undersøkelser for å bekrefte/avkrefte dette.

Tabell 33. Forslag til videre undersøkelser for tilfredsstillende karakterisering av miljøtilstand. Områdene er gitt prioritet basert på friluftsinnteresser i området, spredningsfare og nivå av forurensning.

Fjordområde/kategori	Vurdering/Forslag	Prioritet
TVEDESTRAND		
Indre havn og Tangen 1b - Høyrisikoområde 3 - Må suppleres med nye undersøkelser	Kun en analyse fra området, som viser høye verdier av PAH og TBT. Havneaktiviteter. Bør suppleres med flere prøver for å kartlegge tilstanden på grunt vann (< 20 m) og eventuelt omfang. Forslag: 3 prøver som dekker gruntområdene (< 20 m) i havna og Tangen	Middels
Østeråbukta 1b - Høyrisikoområde 3 - Må suppleres med nye undersøkelser	Kun en analyse fra området, som viser høye verdier av PAH og TBT. Bør suppleres med flere prøver for å kartlegge omfang. Forslag: 3 prøver som dekker gruntområdene (< 20 m) i ulik avstand fra båthavna.	Middels
Bjørnevikhalsen-Furøya 2 - Forhøyde konsentrasjoner, men liten spredningsfare	Høyt innhold av PAH og TBT i fjordens dype deler. Ingen analyser fra grunnere vann. Stor friluftaktivitet rundt Furøya. Enkelte gruntområder som rundt småøyene ved Furøya er potensielle høyrisikoområder og bør analyseres. Forslag: 2 prøver som dekker gruntområde vest for Furøya og området mellom Furøy og Hestøy (< 20 m)	Høy
Sagesund 1b - Høyrisikoområde 3 - Må suppleres med nye undersøkelser	Kun en analyse fra området, som viser høye verdier av PAH og TBT. Bør suppleres med flere prøver for å kartlegge omfang. Forslag: 3 prøver som dekker gruntområdene (< 20 m) i ulik avstand fra båthavna.	Middels

Arendal

Områdene rundt Eydehavn er definert som høyrisikoområder pga. høye konsentrasjoner og stedvis grunne områder kombinert med skipstrafikk. Området er godt undersøkt og det er ikke behov for ytterligere undersøkelser for å karakterisere tilstanden. De mest forurensede arealene (Heggedalsbukta, Nitriden, Bukkeviga) er i tillegg under tiltak, eller tiltak er allerede gjennomført for å redusere spredningsfaren. Det mangler analyser som friskmelder områdene.

Småbåthavner har vist seg å inneholde høye miljøgiftkonsentrasjoner. I Arendal foreligger det analyser fra Varmekroken og Ubekilen. Utbredelsen av miljøgifter rundt båthavnene er ikke kjent ettersom kun en prøve er tatt fra hvert enkelt område. Det bør prioriteres en utvidet undersøkelse av en eller flere av de største båthavnene som Ubekilen, Varmekrogen, Kuviga, Songekilen. Vi foreslår her en oppfølgende undersøkelse av Ubekilen for å vurdere omfanget av TBT-forurensningen.

Indre havneområde er definert som høyrisiko-område, og i likhet med øvrige områder er det i de grunne områdene hvor det er behov for videre undersøkelser. De fleste prøvene er tatt fra dypt vann. Vi foreslår nye undersøkelser fra områder hvor det er økende bruk av bading, fiske etc.

Tabell 34. Forslag til videre undersøkelser for tilfredsstillende karakterisering av miljøtilstand. Områdene er gitt prioritet basert på friluftsinnteresser i området, spredningsfare og nivå av forurensning.

ARENDALE	Vurdering	Prioritet
Strømbrua–Strømsbubukt 4 - Data eksisterer ikke, må undersøkes nærmere	Ingen undersøkelser fra dette delområdet, men analyser fra det nærliggende havneområdet indikerer at det også kan være høye miljøgiftverdier her. Hele området har < 20 meter vandndyp og kan være et potensielt høyrisikoområde. Forslag: 3 prøver som dekker gruntområdene (< 20 m)	Lav
Arendal havn 1 – Høyrisikoområde	Høyt innhold av PAH og TBT kombinert med havneaktiviteter/småbåtrafikk. Manglene data fra viktige gruntområder som Kittelsbukt/gjestehavn, Kolbjørnsvik, Jomfruholmen-Gimlebukt og Pusnes (Styrtvikbukta). Økende bruk av områdene for bading og fritidsfiske. De høye TBT-verdiene i Varmekroken bør kartlegges. Forslag: 3 prøver fra Strømsbubukt - Kittelsbukt/gjestehavn 3 prøver fra Pollen/Kolbjørnsvik/Jomfruholmen-Geita 3 prøver fra området Pusnes – Skilsøypytten.	Middels/ høy
Tromøysund sentralt 1 – Høyrisikoområde 4 - Data eksisterer ikke, må undersøkes nærmere	Høyt innhold av PAH og TBT. Usikker utbredelse på de forurensede sedimenter i Ubekilen. Andre grunne områder som er potensielle høyrisikoområder omfatter Songekilen og Seikilen. Ingen data fra disse områdene. Trollenes godt undersøkt. Forslag: 3 prøver fra Ubekilen 2 prøver fra småbåthavnen i Songekilen 2 prøver fra Seikilen	Ubekilen: Høy Songe: middels Seikilen: middels
Eydehavn 1a – Høyrisikoområde	Mange undersøkelser i området som karakteriserer tilstanden. Mangler eventuelt analyser for å friskmelde områder.	Lav
Heggedalsbukta 1a – Høyrisikoområde 6 - Friskmeldt??	Mange undersøkelser i området som karakteriserer tilstanden. Mangler eventuelt analyser for å friskmelde områder. Tiltak ble gjennomført i 2001.	Lav
Tromøysund øst 2 – Forhøyde konsentrasjoner, men liten spredningsfare	Høyt innhold av PAH, men begrenset aktivitet i grunne områder. Ingen analyser fra grunne områder. Forslag: 2 prøver Gartafjorden og området vest for Hvideberget.	Middels

Grimstad

Det er registrert en svært høy TBT-konsentrasjon i indre del av Vikkilen som bør følges opp og verifiseres. Området er grunt og det er mye aktivitet fra skipstrafikk i forbindelse med bl.a. flytedokk, slik at spredningsfaren er stor. Det foreligger kun to prøvepunkter i indre del, og omfang av forurensningen er derfor ikke kjent. Stasjonsnettet bør inkludere ytre Vikkilen for å verifisere den høye PAH –verdien som er registrert der.

Tabell 35. Forslag til videre undersøkelser for tilfredsstillende karakterisering av miljøtilstand. Områdene er gitt prioritet basert på friluftsinnteresser i området, spredningsfare og nivå av forurensning.

GRIMSTAD	Vurdering	Prioritet
Indre Vikkilen 1 - Høyrisikoområde 3 - Må suppleres med nye undersøkelser	Høyt innhold av PAH og svært høyt innhold av TBT kombinert med grunne områder (< 20m) og mye skipstrafikk/aktivitet i området. Stort behov for flere prøvepunkter for å fastslå forurensningsgrad og utbredelse Forslag: 5 prøver i indre del av Vikkilen	Høy
Ytre Vikkilen 1 - Høyrisikoområde 3 - Må suppleres med nye undersøkelser	Høyt innhold av PAH i dypområdet kombinert med skipstrafikk. Ingen opplysninger om tilstanden på grunnere områder. Behov for flere prøvepunkter for å fastslå forurensningsgrad og utbredelse. Forslag: 2 prøver i ytre del av Vikkilen	Høy

5.2 Kostnadsoverslag

På bakgrunn av generelle analysepriser, timepriser etc. er det gjort et grovt kostnadsoverslag for områder merket med høy og middels prioritet i **Tabell 33 – Tabell 35**. Detaljert og endelig budsjett må utarbeides når prøveprogrammet er klart. Prisene nedenfor er oppgitt uten merverdiavgift.

Tvedestrand

Aktivitet	Antall	Enhetspris	Sum
Analyser (PAH+PCB+TBT+Hg+Pb+Cu+Cd+TOC)	11	4250	47000
Båtleie (2 dager)		20000	40000
Timeutgifter, feltarbeid (2 dager)			40000
Administrasjon			10000
Rapportering/Vurderinger			70000
Sum			207000

Arendal

Aktivitet	Antall	Enhetspris	Sum
Analyser (PAH+PCB+TBT+ Hg+Pb+Cu+Cd+TOC)	18	4250	82000
Båtleie (2 dager)		20000	40000
Timeutgifter, feltarbeid (2 dager)			45000
Administrasjon			10000
Rapportering/Vurderinger			70000
Sum			247000

Grimstad

Aktivitet	Antall	Enhetspris	Sum
Analyser (PAH+PCB+TBT+ Hg+Pb+Cu+Cd+TOC)	7	4250	30000
Båtleie (1 dager)		20000	20000
Timeutgifter, feltarbeid (2 dager)			36000
Administrasjon			10000
Rapportering/Vurderinger			40000
Sum			136000

6. Referanser

- Aas, W., K. Tørseth, S. Solberg, T. Berg, S. Manø, K.E. Yttri 2002. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2001. NILU-rapport OR 21/2002, SFT overvåkingsrapport 847/02.
- Bakke, T., J. Haavardstun, L. Tveiten 2001a. Sedimentundersøkelse ved Trollenes, Arendal kommune. NIVA-rapport nr. 4423-2001. 19s.
- Bakke, T., L. Tveiten, J. Haavardstun 2001b. Sedimentundersøkelse i bukkevika, Eydehavn, 2001. NIVA-rapport nr. 4412-2001. 19s.
- Berg, T., E. Fjeld, B.-L. Skjelkvåle, E. Steinnes 2003. Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransportert og naturlige kilder. NILU-rapport OR-12/2003. SFT rapport TA-1950/2003
- Dahl, F.E. og D.S. Danielsen 1986. Resipientundersøkelser i Arendalsområdet i perioden 1975-79. Flødevigen Meldinger nr. 5-1986, 68s.
- Helland, A. 1993. Nitriden-industriområde i Arendal. Prosjektområde 6: Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta. NIVA-rapport 2846. 73s.
- Helland, A., T. Bakke, T. Jacobsen, J. Magnusson 1995. Nitriden. Utvidete undersøkelser av den marine resipient. Heggedalsbukta, Buesund og Tromøysund. NIVA-rapport 3315. 44 pp + vedl.
- Jacobsen, T.; Oug, E.; Magnusson, J. 1996. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal 1992-1994. NIVA-rapport 3378. 100 pp.
- Konieczny, R., A. Juliussen 1994. Sonderende undersøkelse i norske havner og utvalgte kystområder. Fase I. Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø. NIVA-rapport LNR 3275. SFT overvåkingsrapport nr. 587/94, TA nr. 1159/1994. 185 s.
- Kroglund, T. 1999. Sedimentundersøkelse før utfylling av steinmasse ved Norsafe AS i Tybakkilen. NIVA-notat 12. mars 1999.
- Kroglund, T. 2002. Miljøgiftundersøkelse ved Vindholmen, Arendal. NIVA-notat 17. Januar 2002.
- Kroglund, T., E. Dahl og E. Oug 1998. Miljøtilstanden i Tvedestrands kystområder før igangsetting av nytt biologisk renseanlegg. Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna. NIVA rapport 3907-98. 57 s.
- Moy, F., J. Haavardstun, T. Kroglund 2003. Overvåking av sjøområdene under utbygging av kaiområde ved Langnes-Pinnen, Arendal kommune. NIVA-rapport nr. 4647-2003. 23s.
- Natur og miljø nr. 1, 1998. PCB i Norge.
- NGU 1990. Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Aust-Agder fylke. NGU rapport 90.123, 156s.

Næs, K., E. Oug, J. Knutzen, F. Moy 1991. Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunnsedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer. NIVA rapport O - 89170, L.nr. 2645.

Næs, K., J. Knutzen, J. Håvardstun, T. Kroglund, M.C. Lie, J.A. Knutsen, M.L. Wiborg 2000. Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking 799/00. NIVA rapport 4232-2000.

Næs, K., E. Oug, J. Haavardstun 2002. Miljøgifter i småbåthavner i Aust-Agder 2000. Metaller, klororganiske forbindelser, PAH, TBT og olje i bunnsedimenter. NIVA-rapport nr. 4473-2002. 37s.

Skjelkvåle, B.L., J. Mannio, A. Wilander, K. Johansson, J.P. Jensen, T. Moiseenko, E. Fjeld, T. Andersen, J. Viorenmaa, O. Røyseth 1999. Heavy metal surveys in nordic lakes; harmonized data for regional assessment of critical limits. NIVA-rapport 4039-99.

SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning 1997:03. TA nr. 1467/1997. 36 s.

SNT 2000. (www.snt.no) Kostholdsråd.