

**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  
5008 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 Forurensningstilstand i indre Sandefjordsfjorden og kartlegging av forurensningskilder	Løpenr. (for bestilling) 4344-2001	Dato 2001.04.04
	Prosjektnr. Undernr. O-20207	Sider Pris 49
Forfatter(e) Bakke, Torgeir Nordal, Ola, Jordforsk Mohn, Henning Schaanning, Morten	Fagområde marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Sandefjord kommune	Oppdragsreferanse 2000/004972/K24
--	--------------------------------------

**Sammendrag**

NIVA og Jordforsk har utredet forurensningssituasjonen i indre del av Sandefjordsfjorden, og tilstedeværelse av mulige aktive kilder. Bunnsedimentene i indre Sandefjordsfjorden er markert til meget sterkt forurenset av PCB, DDT, PAH, kvikksølv, bly, kobber og tributyl-tinn (TBT). Mest forurenset er Kilen, sedimenter utenfor Framnes og til dels området utenfor Stub og Gimle. Vannmassene er påvirket av klororganiske forbindelser og bly. Kjerneområder er Kilen, småbåthavna, Gimle og Veradeponiet. Det er lavere tilførsel av miljøgifter til bunnsedimentene i indre fjord i dag enn før. En positiv eutrofiutvikling fra 1974 til 1998 gjør at miljømålet om badevannskvalitet langt på veg er oppfylt. Avløpsnett i kommunen har store overløpsutslipp ved regnvær. Beregninger viser at overløpsvannet kan inneholde betydelige konsentrasjoner av miljøgifter. Nedbørfeltet er relativt lite og smalt med to større bekkedrag som ender ut innerst i fjorden, Vannløselige stoffer kan følge grunnvann og ende i fjorden, også fra nedgravde avfallsdeponier. For deponier i sjøkanten vil både overflateavrenning, utstrømmende grunnvann og inntrengning av sjøvann kunne ta med seg forurensning til fjorden. Tiltaksorientert kildeprosporing er konsentrert om miljøgifter. Informasjonen tilsier at følgende områder først og fremst har lokale miljøgiftkilder: Kilen, Småbåthavna, Stub, Gimle og Veradeponiet. For Thorøya er informasjonen for spinkel til at man kan trekke konklusjon om lokale tilførsler.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. miljøgifter</li> <li>2. eutrofi</li> <li>3. forurensningskilde</li> <li>4. tiltaksplanlegging</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. contaminants</li> <li>2. eutrophication</li> <li>3. pollution sources</li> <li>4. abatement planning</li> </ol>
---	--

  
Torgeir Bakke  
Prosjektleder

  
Ketil Hylland  
Forskningsleder

  
Jens Skei  
Forskningssjef

# **Forurensningstilstand i indre Sandefjordsfjorden og kartlegging av forurensningskilder**

## Forord

*Dette prosjektet er gjennomført på oppdrag av og finansiert av Sandeffjord kommune i samarbeid med lokale bedrifter. Prosjektet er gjennomført som et samarbeide mellom Norsk institutt for vannforskning, NIVA og Senter for jordfaglig miljøforskning, Jordforsk, med NIVA som avtalepartner med kommunen. NIVA har hatt hovedansvar for analyse og sammenfatning av informasjonen om forurensningsforhold i de marine områdene og forhold i ledningsnettet, Jordforsk har hatt tilsvarende ansvar for informasjonen vedrørende forurenset grunn og deponier. Medarbeidere på prosjektet har vært forsker Torgeir Bakke, forsker Morten Schaanning og forsker Henning Mohn, NIVA, forsker Ola Nordal og forsker Thomas Hartnik, Jordforsk. Forskningsassistent Jarle Håvardstun, NIVA, har bidratt i utforming av figurer.*

*Prosjektleder og ansvarlig for endelig utforming av rapporten har vært Torgeir Bakke, NIVA.*

*Oslo, 4 april 2001*

*Torgeir Bakke*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
<b>2. Datagrunnlag</b>	<b>9</b>
<b>3. Forurensningssituasjonen i Sandefjordsfjorden (prosjektmål A1)</b>	<b>10</b>
3.1 Miljøgifter	10
3.1.1 Nåværende tilstand	10
3.1.2 Historisk utvikling - miljøgifter	15
3.2 Eutrofisituasjonen	17
3.3 Kildesporing ut fra fjordforholdene	20
<b>4. Beskrivelse av mulige aktive kildeområder (prosjektmål A2-1)</b>	<b>22</b>
4.1 Avløpsnett og overløp som miljøgiftkilde	22
4.1.1 Hovedavløpsnettet generelt	22
4.1.2 Målte overløpsvolumer	22
4.1.3 Sanering	23
4.1.4 Miljøgiftbetraktninger	25
1.2 Kilder i nedbørsfeltet	27
1.2.1 Kildekategorier	27
1.2.2 Generell vurdering av spredning i nedbørsfeltet	28
<b>5. Diskusjon av mulige kildeområder (prosjektmål A2-2)</b>	<b>30</b>
5.1 Kilen	30
5.1.1 Kilen Vest	30
5.1.2 Kilgaten 25 og området øst for denne	31
5.1.3 Området innover langs Hegnabekken	31
5.1.4 Brå-Kilen	32
5.2 Havneområdet/Småbåthavna	32
5.2.1 Tivolitomta	32
5.2.2 Gassverkstomta	33
5.2.3 Øvre Lunden	33
5.2.4 Mobakken	33
5.3 Fjellvik	33
5.4 Huvik	34
5.5 Framnes	34
5.6 Stub	34
5.7 Gimle	35
5.8 Jahres fabrikk/Pronova	35
5.9 Veradeponiet	36
5.10 Thorøya	36

---

<b>6. Konklusjoner</b>	<b>37</b>
6.1 Sandefjordsfjordens forurensningssituasjon	37
6.2 Tilstedeværelse av mulige aktive kilder	37
6.2.1 Kilen	38
6.2.2 Havneområdet og Småbåthavna	39
6.2.3 Fjellvik	39
6.2.4 Huvik	39
6.2.5 Framnes	39
6.2.6 Stub	39
6.2.7 Gimle	39
6.2.8 Jahres fabrikker og Pronova	40
6.2.9 Veradeponiet	40
6.2.10 Thorøya	40
<b>Vedlegg A. Informasjonsgrunnlag</b>	<b>41</b>
<b>Vedlegg B. Oversikt over historiske miljøgiftkilder til Sandefjordsfjorden (utarbeidet av Jotun AS, 1998).</b>	<b>45</b>
<b>Vedlegg C. Kart over Sandefjordsfjorden og omkringliggende områder.</b>	<b>48</b>

---

## Sammendrag

På oppdrag fra Sandefjord kommune i samarbeid med lokale bedrifter har NIVA og Jordforsk gjennomført en utredning av forurensningssituasjonen i indre del av Sandefjordsfjorden, i sør avgrenset av en linje mellom Lofterød og Asnes. Utredningen er basert på allerede tilgjengelig materiale, og har følgende mål: *Gjennomgå foreliggende materiale og konkludere over: 1) Sandefjordsfjordens forurensningssituasjon relatert til forurensningslovgiving og/eller alminnelig aksepterte normer, og 2) tilstedeværelse av mulige aktive kilder og hvor de finnes.*

### **Sandefjordsfjordens forurensningssituasjon**

Bunnsedimentene i indre Sandefjordsfjorden er markert til meget sterkt forurenset av både PCB, DDT, PAH, kvikksølv, bly, kobber og tributyl-tinn (TBT). Mest forurenset er Kilen, sedimenter utenfor Framnes og til dels området utenfor Stub og Gimle. Dioksinforurensning synes lav. Det sentrale havneområdet ved fergeteminalen har ubetydelig til moderat forurensete sedimenter. Vannmassene i fjorden er påvirket av klororganiske forbindelser, både PCB, DDT, i noen grad klorbenzener og klorsykloheksaner, samt bly. Kjerneområder er Kilen, småbåthavna, Gimle og Veradeponiet. Disse områdene påvirkes til dels av ulike kilder. Vannmassene lokalt utenfor Gimle er også påvirket av kobber og vannmassene utenfor Veradeponiet til tider av kadmium, kobber og bly. Vannmassene synes i liten grad å være belastet med PAH og kvikksølv. Bortsett fra at torsk i indre fjord har meget høyt innhold av PCB i lever, er påvist forurensningspåvirkning på fisk lav til moderat. Det er ikke påvist effekter av miljø-østrogener i torsk.

Det er lavere tilførsel av miljøgifter til bunnsedimentene i indre fjord i dag enn før, men bedringstidspunkt er vanskelig å fastslå. Mye tyder på at reduksjonen har skjedd en gang etter 1965-1970.

Data fra 1974-1998 viste klare tegn på bedring av eutrofiforholdene i overflatelaget i den innerste delen av Sandefjordsfjorden, men siktedypet viste fortsatt dårlige forhold i havneområdet. Dette kan skyldes oppvirvling av sedimenter. Den positive eutrofiutviklingen fra 1974 til 1998 gjør langt på veg at miljømålet om badevannskvalitet mhp eutrofiparametre i indre fjord er oppfylt. Ved Tranga var det tilsvarende trender mot gode og meget gode forhold for næringsalter og oksygen i dypvannet. Det har også vært en klar bedring i siktedypet i dette området.

### **Tilstedeværelse av mulige aktive kilder**

Avløpsnett i kommunen er i stor grad basert på eldre kombinert system som forårsaker store overløpsutslipp ved regnvær. Dette gir tilførsel av næringsalter, organisk stoff, partikulært materiale, bakterier og miljøgifter til Sandefjordsfjorden. Hovedparten av overløpsvannet munner ut innerst i fjorden. Estimer tyder på at avløpsvannet kan inneholde betydelige konsentrasjoner av miljøgifter.

Området har et relativt lite og smalt nedbørfelt, med kort avstand til fjorden. To større bekkedrag som ender ut innerst i fjorden, samler en betydelig del av avrenningen. Forurensning i jord vil stor grad bindes og holdes tilbake, men vannløselige stoffer kan følge grunnvann og ende i fjorden, også fra nedgravde avfallsdeponier. Det antas at mange av deponiene ligger relativt isolert omgitt av tette masser. For forurenset grunn og deponier i sjøkanten vil både overflateavrenning, utstrømmende grunnvann og inntrengning av sjøvann kunne ta med seg forurensning til fjorden.

Ut fra utviklingen i eutrofiforhold har vi konsentrert tiltaksorientert kildesporing om miljøgifter. Tilstanden i 10 hovedområder av fjorden er vurdert mot ca 20 potensielle kilde-lokaliteter i nedbørfeltet. For disse 10 hovedområdene konkluderes følgende:

#### Kilen

Nåtidig forekomst av klororganiske miljøgifter i vannmassene kan komme fra oppvirvlede sedimenter eller kloakksystemets overløp, avrenning fra forurenset grunn, eller en kombinasjon av disse. De mest sannsynlige kildene på land er Kilen Vest og Hegnabekken.

#### Havneområdet/småbåthavna

Bortsett fra noe forhøyet DDT utpreger ikke miljøgifter seg i småbåthavna framfor andre deler av havneområdet. DDT kan være ført med Ruklabekken fra kilder høyere i nedbørsfeltet. Informasjonen indikerer ikke kildeområder rundt havneområdet forøvrig, men oppvirvling på grunn av båtaktivitet kan maskere tilførsler.

#### Fjellvik

Informasjonen er ikke egnet til å belyse området som kilde.

#### Huvik

Tildekket forurenset sjøbunn må ansees som potensiell miljøgiftkilde, men nivåene i sedimentene utenfor indikerer ikke at utlekking skjer lokalt.

#### Framnes

Fjord-informasjonen avklarer ikke om det er lokale, aktive miljøgiftkilder på Framnes. Det er intet som tyder på at vannmassene får tilført klororganiske miljøgifter lokalt.

#### Stub

Bortsett fra TBT er det lite som tyder på miljøgifter i vannmassene lokalt. Bunnområdet utenfor Stub synes være et akkumuleringsområde som samler partikkelbundne stoffer i suspensjon fra større deler av havneområdet. Landavrenning og marinaen vest for Småbåthavna kan gi et bidrag.

#### Gimle

Fjordundersøkelsene indikerer at det i Gimle-området er en eller flere lokale miljøgiftkilder, både for PCB, klorbenzener, DDT, bly og kobber. Informasjon om kildeforholdene på land er meget spinkelt. Avrenning fra forurenset grunn er sannsynlig. Lokal oppvirvling av forurensede sedimenter kan ikke utelukkes, men ansees ikke å være en kilde av betydning for grunnområdene.

#### Jahres fabrikker/Pronova

Lokal informasjon er spinkel. En lokal kilde til klorbenzener i vannmassene er indikert, men ikke andre tilførsler.

#### Veradeponiet

Vannmassene kan få tilført noe DDT, men informasjonen gir ingen kobling til deponiet. Det er ikke funnet holdepunkter for utlekking av PCB. Utlekking av tungmetallene synes ikke å skje etter de gjennomførte tiltakene for å skjerme for sjøvannsinntrængning.

#### Thorøya

Informasjonen om fjordforholdene ved Thorøya og mulige miljøgiftkilder på land er for spinkel til at man kan trekke konklusjon om lokal tilførsel av miljøgifter.

# 1. Innledning

Den 4/8-2000 gikk SFT ut med varsel om pålegg om miljøtiltak i 11 havneområder i Norge. Sandefjord er blant disse. Følgende beskrivelse av forurensningssituasjonen er oppsummert av Sandefjord kommune i brev til SFT av 27/9-2000:

”Gjennom undersøkelser er det påvist at havneområdene i Sandefjordsfjorden og indre deler av Mefjorden har høye næringssaltkonsentrasjoner og tidvis lave oksygennivåer som påvirker det marine plante- og dyrelivet. Miljøgiftnivåene i bunnsedimenter og organismer er høyt – spesielt i indre deler av Sandefjordsfjorden. Kildesøk indikerer at det er aktive kildeområder i begge fjorder hvor det tilføres miljøgifter som PCB og DDT.

I 1993 gikk Næringsmiddeltilsynet ut med kostholdsråd om ikke å spise lever fra rund fisk fanget innenfor Tranga. I forskrift om omsetningsforbud for fisk fastslås det at ”fisk fra Sandefjordsfjorden innenfor Trangsholmene skal frambys sløyet og uten lever”.

I samme brev har kommunen listet opp flere prioriterte oppgaver i den videre håndtering av forurensningsproblemene. Det ble blant annet påpekt behov for å få en bedre oversikt over forurensningssituasjonen og utviklingen i Sandefjordsfjorden og å få kartlagt aktive kilder til forurensningen. På basis av innhentede tilbud inngikk kommunen 27/11-2000 avtale med en prosjektgruppe fra NIVA og Jordforsk om gjennomføring av disse utredningene. Målet for prosjektet var formulert av kommunen:

*Gjennomgå foreliggende materiale og konkludere over:*

1. *Sandefjordsfjordens forurensningssituasjon relatert til forurensningslovgiving og/eller alminnelig aksepterte normer.*
2. *Tilstedeværelse av mulige aktive kilder og hvor de finnes.*

Denn rapporten utgjør prosjektgruppens svar på oppgaven.

Der det har vært mulig er forurensningstilstanden i fjorden skalert etter SFTs seneste klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann fra 1997, og der det har vært nødvendig også vurdert opp mot forurensningssituasjonen i andre norske fjorder og havneområder. SFTs klassifisering av miljøtilstand mht næringssalter og miljøgifter opererer med følgende klasser:

Tilstandsklasser	Forurensningsgrad av miljøgifter	Miljøtilstand, eutrofi og næringssalter
Klasse I:	ubetydelig-lite forurenset	meget god
Klasse II:	moderat forurenset	god
Klasse III:	markert forurenset	mindre god
Klasse IV:	sterkt forurenset	dårlig
Klasse V:	meget sterkt forurenset	meget dårlig



## **2. Datagrunnlag**

Utredningen er basert på allerede tilgjengelig materiale framskaffet fra kommunen og næringsmiddeltilsynet, supplert med tidligere rapporter og annen dokumentasjon tilgjengelig hos NIVA og Jordforsk. Informasjonen finnes i form av rapporter, tabeller, kartmateriale, notater og brev, senest mottatt pr 10/01-2001. Det er ikke gjennomført feltarbeid, befaringer eller annen aktivitet for å fremskaffe ny informasjon.

Den informasjonen utredningen er basert på er listet opp i vedlegg A . Kart over Sandefjordsfjorden og omkringliggende områder med angivelse av stedsnavn brukt i rapporten er gitt i vedlegg C.

### 3. Forurensningssituasjonen i Sandefjordsfjorden (prosjektmål A1)

Beskrivelsen av forurensningssituasjonen legger hovedvekt på indre del av Sandefjordsfjorden, i sør avgrenset av en linje mellom Lofterød og Asnes (figur 1). Sandefjordsfjorden er totalt ca 10 km lang, og indre fjord utgjør ca 3.5 km. Topografisk avgrenses indre fjord av en terskel på ca 30 m dyp ved Trangsholmene (Tranga). Innenfor Tranga er det flere mindre bassenger og renner med varierende dyp, men uten noen utpregede terskler. Innenfor Framnes utvider fjorden seg noe til Sandefjord havneområde med et største dyp på 8-10 m. Østre del av havneområdet utgjøres av Kamfjordkilen eller Kilen, et grunnområde med størstedyp på 4-5 m.

#### 3.1 Miljøgifter

##### 3.1.1 Nåværende tilstand

En samlet oppfatning av nåsituasjonen ut fra de siste undersøkelsene i 1994 og 1997 er at bunnsedimentene i indre Sandefjordsfjorden peker seg ut som markert til meget sterkt forurenset av PCB, DDT, PAH, kvikksølv, bly, kobber og tributyl-tinn (TBT). Dioksinforurensning synes lav, men konklusjonen bygger på bare en analysert prøve. De mest forurensete områdene er Kilen, dypere sedimentavsetninger utenfor Framnes og til dels området utenfor Stub og Gimle. Det sentrale havneområdet ved fergeteminalen har ubetydelig til moderat forurensete sedimenter. I følge havnemyndighetene ble det gjennomført en relativt omfattende mudring i 1974 i den sentrale del av havnen i et område som strekker seg fra litt øst for fergekaien og vestover nesten til Ulabrand-utstikkeren utenfor småbåthavna. Det ble mudret ned til ca 8 m seilingsdyp og anslagsvis 150 000 m<sup>3</sup> masse ble deponert i ytre fjord mellom Furuholmen og Buerøya. En begrenset mudring ble også gjort i 1981 (ca 2000 m<sup>3</sup>). Siden de mest forurensete sedimentene synes å stamme fra før ca 1970 (se kap 3.1.2), er det svært sannsynlig at denne mudringen har fjernet mye av eldre, sterkt forurensete sedimenter fra havneområdet og avdekket gammel fast sandblandet leire som vi nå finner ved sedimentoverflaten. I tillegg vil den hyppige propelloppvirvlingen i området forhindre nye løsmasser fra å sedimentere.

Opptak i blåskjell, tang og passive prøvetakere (SPMD) har vist at vannmassene i fjorden inneholder klororganiske forbindelser, både PCB, DDT, i noen grad klorbenzener og klorsykloheksaner, samt bly. Kjerneområder er Kilen, småbåthavna, Gimle og Veradeponiet. Det synes som om disse områdene påvirkes av ulike kilder, men hvorvidt kildene er lokalt oppvirvlede bunnsedimenter eller tilførsel fra land kan ikke avgjøres på grunnlag av eksisterende data. Vannmassene lokalt utenfor Gimle er også belastet av kobber, og vannmassene utenfor Veradeponiet til tider av kadmium, kobber og bly. Vannmassene er liten grad belastet med PAH og kvikksølv.

Bortsett fra at torsk i indre fjord har meget høyt innhold av PCB i lever (se nedenfor), er forurensningspåvirkningen på fisk lav til moderat. Det er ikke påvist effekter av miljø-østrogener i torsk.

#### PCB

Hvis ikke annet er angitt brukes betegnelsen PCB her om summen av de 7 antatt viktigste av totalt 209 teoretiske enkeltforbindelser (kongenerer) av PCB. Disse 7 er: CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 og CB 180. Summen betegnes også i ulike sammenhenger som "sum PCB-7" eller "sum seven Dutch PCB".

Sedimentprøvene fra 1994 og 1997 viser høyest konsentrasjoner i Kilen og i området fra Framnes til Thorøya (Figur 1). Sedimentoverflaten var meget sterkt forurenset (tilstandsklasse V) på strekningen Framnes-Gimle i 1994. Samme området var markert forurenset (klasse III) i 1997. Kilen var også sterkt forurenset (klasse IV). I det dypeste området sørvest for Framnes økte forurensningen nedover i sedimentet med meget sterkt PCB-forurensning (klasse V) fra 8 cm og nedover. Prøver innsamlet i 1991 viste meget sterkt PCB-forurenset sediment på 32 m dyp i området rett innenfor Tranga. I figur 2 er det gjort en sammenlikning mellom de høyeste PCB-nivåene i øvre del av sedimentene i indre Sandefjordsfjorden i 1994 og 1997 med de høyeste nivåene målt i 19 andre havneområder i Norge. Sammenlikningen viser at høyeste nivå i Sandefjordsfjorden i 1994 var blant de høyeste som er registrert i disse problem havnene. Høyeste nivå funnet i 1997 var moderat i forhold til de samme havnene. Dette viser den store spennvidden i fordelingen av PCB i indre Sandefjordsfjorden.

PCB-sammensetningen i sedimentene utenfor Gimle er noe ulik det som finnes i områdene rundt og er mer dominert av tunge forbindelser som CB 153 og 180. Profilen fra sedimentet i Kilen avviker også, og er preget av lettere forbindelser som CB 52, 118 og 101.

Torsk (både lever og filet) fra indre fjord (området Thorøya-Vera-Framnes) var i 1997 sterkt forurenset av PCB (klasse IV), men det var ikke godt samsvar mellom blandprøver av lever og lever fra enkeltfisk fra samme området. Gjennomsnittet for enkeltfisk viste moderat forurensning (klasse II). Dette har ingen god forklaring. Kilde for torsk kan både være forurensete bunnlevende byttedyr og opptak fra vannmassene. Analysene av blåskjell og passive prøvetakere (SPMD) viser at vannmassene til tider har målbare nivåer av PCB. Naturlige blåskjell-bestander var moderat til markert PCB-forurenset (klasse II-III) i indre fjord. Høyeste nivå ble funnet ved Gimle, men det bør bemerkes at analysene av naturlige skjell ikke har dekket Kilen. Blåskjell satt ut på rigger i indre fjord i 1997 viste høyest PCB-konsentrasjon i Kilen (markert forurenset - klasse III), men også en svak topp ved Gimle (moderat forurenset - klasse II). Det var klart fallende konsentrasjonsgradient fra Kilen og utover fjorden, også klar gradient i PCB-profil i samme retning. Skjellene fra Kilen hadde en overvekt av lettere kongenerer CB 28, 52, 101 og 105. Skjellene ved Gimle var mer preget av de tyngre CB 138, 153 og 180.

Det var altså et samsvar mellom PCB-profilene i sedimentoverflaten og i blåskjell på rigger der Kilen og Gimle markerer to ulike mønstre. SPMD-profilene bekreftet denne mønsterforskjellen. Dette viser at de to områdene påvirkes av to ulike lokale PCB-kilder. Det var også en meget klar forskjell i profil mellom naturlige skjell fra Gimle og naturlige bestander fra de øvrige lokalitetene (Veradeponiet, Stub og referanseområdet Hellesøy i ytre fjord).

Resultatene har ikke påvist andre aktive kildeområder til forhøyet konsentrasjon eller særpreget PCB-profil lokalt mellom Kilen og Gimle.

### **Dioksin og dioksinliknende PCB**

Dioksiner (PCDD/F) i sediment er bare analysert i en prøve fra overflatesedimentet i dypområdet rett sørvest for Framnes (i 1997). Verdien lå under grensen for høyt bakgrunnsnivå (klasse I – ubetydelig forurenset). Det finnes ikke data for nivåene dypere nede i sedimentet, men ut fra de høye PCB-nivåene der bør man regne med at det også forekommer overkonsentrasjoner av dioksinliknende PCB nedover i sedimentet. Før analyser er gjort blir dette likevel bare en antakelse. Noe som støtter antakelsen er at torskelever fra indre Sandefjordsfjorden i 1997 hadde meget høyt nivå av dioksinliknende PCB. I Norge er det bare i nærområdet av marinebasen Haakonsværn at det er registrert høyere verdier. Dioksin-innholdet alene i torskelever var lavt (klasse I - ubetydelig forurenset) og samsvarer derfor med sedimentverdiene. Krabbeinnmat og skrubbefilet fra samme området og blåskjell fra Gimle var moderat forurenset av dioksiner og dioksin-liknende stoffer (klasse II). For skrubbefilet utgjorde dioksiner (PCDD/F) omtrent 17 %, for krabbe 45 % og for blåskjell 14 % av giftigheten, resten var dioksinliknende PCB. Torsk, skrubbe og krabbe kan ta opp dioksiner og

PCB enten via vann eller via sedimentlevende byttedyr. Forekomsten i blåskjell viser at disse stoffene finnes i vannmassene, tilført enten fra land eller fra oppvirklede sedimenter.

### **DDT**

Konsentrasjonene av DDT i overflatesedimentene var på samme nivå i 1994 og 1997 (Figur 1). Sedimentene utenfor Stub og Framnes var sterkt forurenset av DDT (klasse IV), de øvrige stasjonene markert forurenset (klasse III). Vertikalfordelingen sørvest for Framnes viste markert økende konsentrasjon nedover i sedimentet og meget sterk forurensning (klasse V) fra 8 cm og nedover. Torskelever fra indre Sandefjordsfjorden 1997 var også markert forurenset av DDT (klasse III) og sammensetningen indikerte DDT som ikke var brutt ned, dvs at det kan dreie seg om relativt fersk tilførsel til tross for mangeårig forbud mot bruk. Skrubbefilet, krabbe og naturlige bestander av blåskjell viste ubetydelig til moderat forurensning av DDT (klasse I-II). For blåskjell var det en antydning til høyere nivå ved Gimle enn ved Stub og Veradeponiet. Blåskjell satt ut på rigger i 1997 fikk en systematisk økende DDT-konsentrasjon innover indre Sandefjordsfjorden, med største konsentrasjon i Kilen og en svak topp ved Gimle. I SPMD-prøvene på de samme riggene var det høyest DDT-konsentrasjon i småbåthavna, men også en topp ved Gimle og ved Veradeponiet.

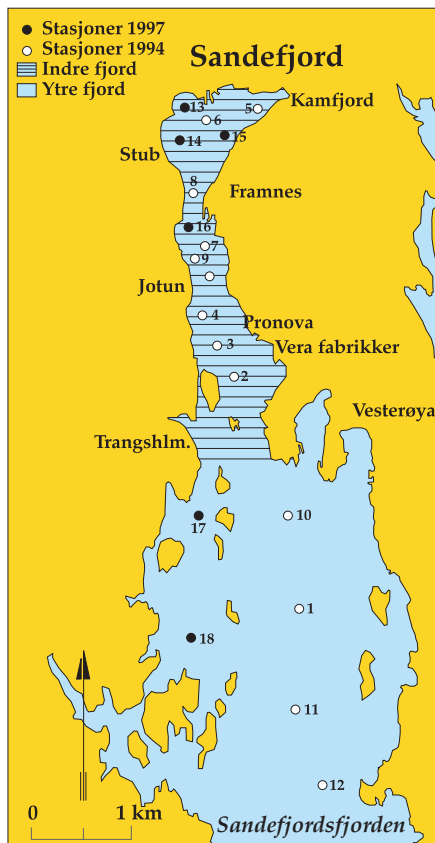
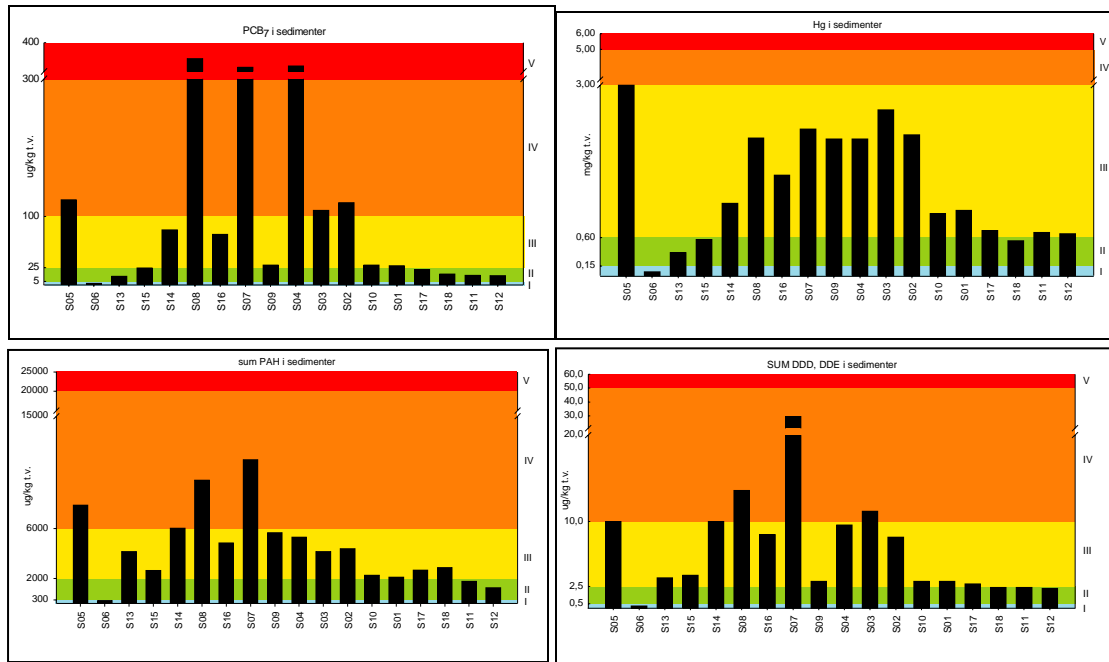
Summert peker Kilen, småbåthavna, Gimle og Vera seg ut som mulige kildeområder for DDT. Ulikt utslag på ulike analyseobjekter tyder på at DDT kan forekomme i ulike tilstandsformer (løst – partikkelbundet) i disse områdene. Selv om sedimentanalysene viser bedre forhold i dag enn tidligere, tyder både torskeanalysene (relativt fersk DDT) og skjell-SPMD analysene (DDT i vannmassene) på at det fortsatt er et DDT-problem i fjorden.

### **Øvrige klororganiske forbindelser**

Sedimentkonsentrasjonene av penta- og heksaklorbenzen, oktaklorstyren og heksaklorsyκλοheksan var med få unntak lave både i 1994 og 1997. Verken geografiske eller dybdemessige gradienter er funnet. Analyser av fisk, krabber og blåskjell viste det samme bildet, lav til moderat forurensning. SPMD-analysene viste imidlertid 5-40 ganger høyere konsentrasjon av klorbenzener i indre Sandefjordsfjorden enn på referansestasjonen i midtre Mefjorden, og med topp i småbåthavna, ved Pronova og ved Gimle. Det var også en svakt økende gradient i heksaklorsyκλοheksan innover indre fjord. Dette indikerer at vannmassene i de angitte områdene får tilført disse lettere klororganiske miljøgiftene i oppløst form.

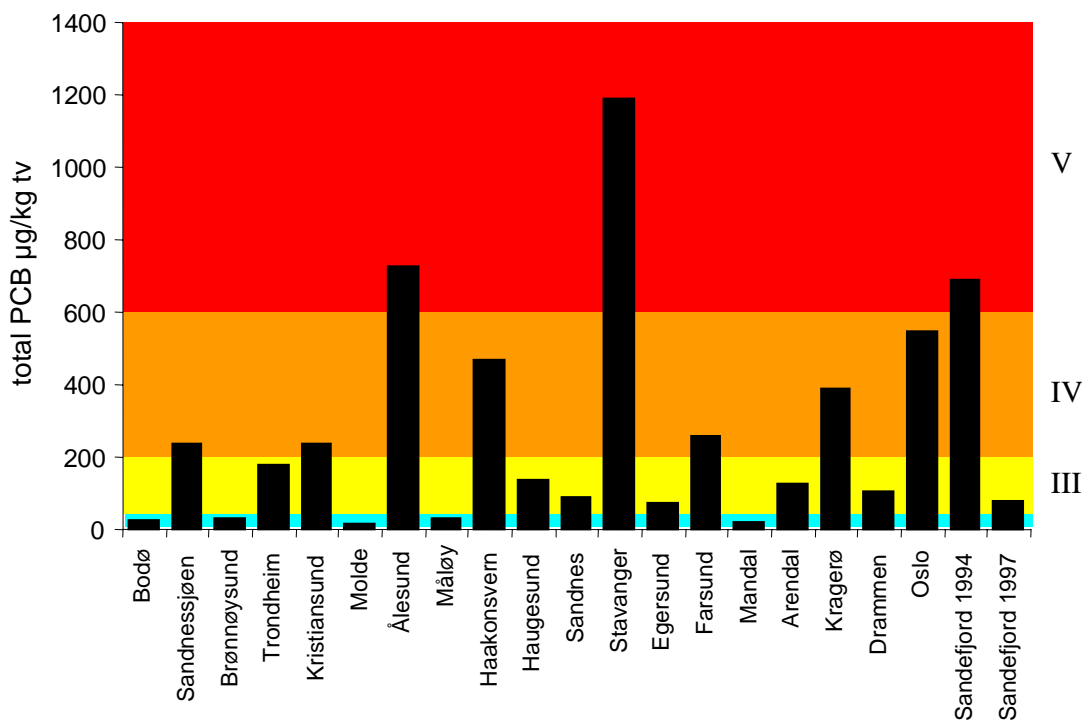
### **PAH**

Overflatesedimentene i indre Sandefjordsfjorden viste stort sett samme mønster for PAH som for PCB (Figur 1): sterkt forurenset (klasse IV) i Kilen og området Stub-Framnes, og markert forurenset (klasse III) i resten av indre fjord, med unntak av området rett ved fergeterminalen som var ubetydelig forurenset (klasse I). Sørvest for Framnes var sedimentene meget sterkt forurenset (klasse V) dypere enn 8 cm i sedimentet. PAH-sammensetningen var relativt lik på alle belastede stasjoner i indre fjord, dvs det var ingen profilsignaler som kunne identifisere beliggenhet av bestemte kilder. Naturlige bestander av blåskjell (bare analysert fra Stub og Gimle) var moderat forurenset av PAH (klasse II), noe som må forventes i områder med stor båttrafikk. Verdier fra Gimle var høyere enn fra Stub. Utslipp fra punktkilder av betydning burde imidlertid gitt større utslag enn moderat. Det må bemerkes at skjell fra Kilen ikke er analysert. Undersøkelsene av PAH-metabolitter i galle hos torsk viste ingen forskjell mellom indre og ytre Sandefjordsfjorden, og heller ikke signifikant forhøyede verdier i forhold til referansefisk fra Færder. Med forbehold om at datamengden er svært begrenset for annet enn bunnsedimentene, viser resultatene at PAH-forurensningen i indre Sandefjordsfjorden i stor grad er begrenset til sedimentene.



Tilstandsklasser	
V	Meget sterkt forurenset
IV	Sterkt forurenset
III	Markert forurenset
II	Moderat forurenset
I	Ubetydelig-lite forurenset

Figur 1. Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i bunnsedimenter i Sandefjordsfjorden i 1994 og 1997. Romertall og fargekode angir tilstandsklasser i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.



Figur 2. Maksimale konsentrasjoner av total PCB påvist i øvre del av bunnsedimentene i en rekke norske havneområder (kilde 47-50). Fargekode angir tilstandsklasser i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.

### Metaller

Med unntak av området ved fergeteminalen i Sandefjord, som hadde lave konsentrasjoner, var overflatesedimentet i hele området fra Thorøya og innover markert forurenset med kvikksølv (klasse III, Figur 1). Ved Framnes økte konsentrasjonene jevnt fra 8 cm dyp i sedimentet og viste meget sterkt forurensning (klasse V) på 30 cm sedimentdyp. Kvikksølvinnholdet i skrubbefilet og krabbeinnmat fra indre fjord i 1997 var imidlertid lavt. Nivået i skrubbe var på linje med fisk fra ubelastede områder, mens nivået i krabbe lå i øvre del av bakgrunnsintervallet fra en tidligere landsomfattende undersøkelse av kommersielle fangster. Naturlige blåskjell fra Stub, Gimle og Veradeponiet var i 1997 moderat forurenset av kvikksølv (klasse II), høyest ved Gimle. Undersøkelse av kvikksølvinnhold i naturlige blåskjell og tang utenfor Veradeponiet i 1990 viste ubetydelig forurensning (klasse I). Det samme ble funnet i skjell som var satt ut i bur langs deponikanten i 1991. Resultatene tyder på at det er en begrenset transport av kvikksølv fra bunnsedimentene.

Overflatesedimentene i indre fjord var i 1994 markert forurenset av bly (klasse III), også her med unntak av fergeteminalen som var ubetydelig forurenset (klasse I). Bly viste også en økning med sedimentdyp sørvest for Framnes. Naturlige blåskjell var markert forurenset av bly (klasse III) ved Gimle, og moderat (klasse II) ved Veradeponiet og Stub. Blæretang fra samme områder hadde lavt blyinnhold (klasse I), men også høyest verdi ved Gimle.

Overflatesedimentet i Kilen var markert forurenset (klasse III) av kadmium i 1994, mens øvrige deler av indre fjord var moderat kadmium-forurenset (klasse II). Både blåskjell og blæretang var i 1997 ubetydelig forurenset av kadmium (klasse I). På midten av 70-tallet var havnebassenget sterkt forurenset (klasse IV) av bly og kadmium, så her tyder resultatene på at det har blitt en bedring. Resultatene tyder på at transporten av kadmium fra bunnsedimentene er liten.

Overflatesedimentene i Kilen og området Framnes-Gimle var markert forurenset med kobber i 1994 (klasse III). Blæretang fra Gimle var også markert kobber-forurenset. Blæretang fra Stub var moderat kobber-forurenset (klasse II). Blåskjell var ubetydelig kobberforurenset (klasse I), men har også evnen til å regulere kobberinnholdet innen visse grenser. Forhøyete konsentrasjoner av krom i sedimentene i dyprenna like innenfor Tranga og på enkelte lokaliteter i Vinndalbukta har trolig sin opprinnelse i utslipp fra gassproduksjon i dette området i perioden 1965-1975.

Øvrige metaller viste ubetydelig til moderat forurensning i sedimenter, blåskjell og tang i indre Sandefjordsfjorden. Ved Pronova foregikk det fram til 1996-97 prosessutslipp av nikkel (metallisk og som nikkel-arsenat) som ofte overskred konsensjonsgrensen. Undersøkelsene av bunnsedimenter og organismer i 1997 viste imidlertid ikke lokalt forhøyede nikkel-nivåer.

Prøver av krusflik (liten rødalge) som ble tatt på steinsettingen langs deponiet på Vera i 1990 indikerte utlekking av metallene Mn, Pb, Cd, Zn, Sn og Cu. Utlekkingen ble ikke bekreftet av blåskjell i bur i samme området verken i 1991 eller 1994. Noe seinere ble det påvist utlekking av metaller ved ekstrem springflo, og materiale samlet i sedimentfeller i 1994-95 utenfor deponiet inneholdt kadmium, kobber og bly i klasse II-III (moderat til markert forurenset), og sink i klasse II. I 1997 ble det utført målinger under en ekstrem vær-situasjon, som viste at det ikke kom sjøvann inn i deponiet under springflo. Det ble heller ikke funnet tungmetaller i blåskjell utenfor deponiet i perioden etter episoden. Resultatene tyder på at eventuell utlekking i dag er beskjedne, og ikke gir opphav til konsentrasjoner av metaller utover moderat forurensete sedimenter og organismer i nærhet til deponiet. De gjennomførte tetningstiltakene ser derfor ut til å virke etter hensikten.

Undersøkelse av metallbindende proteiner i torskelever, som kan indikere belastning fra metallene kobber, sink eller kadmium, viste at det ikke var en vesentlig belastning av disse metallene på torsk i indre fjord i 1997.

### **Tinnorganiske stoffer**

Analyse av tinnorganiske forbindelser i overflatesedimentene er kun gjort i havneområdet og ved Framnes. Fire stasjoner som ble undersøkt i 1997 (tre i havneområdet og en sørvest for Framnes, se figur 1) hadde svært høye verdier av TBT (tributyl-tinn), fra ca 100 til 490 ganger grensen for tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset) og høyest ved Stub. Naturlige blåskjell fra Veradeponiet, Gimle og Stub i 1997 var også sterkt til meget sterkt forurenset av TBT (klasse IV til V), og på nivå med det som er funnet f.eks. i indre Kristiansandsfjorden. Det er sannsynlig at hovedkilden er bunnstoff på større båter til og fra havneområdet, men avskrapet bunnstoff fra verft og verksteder vil også kunne være en betydelig kilde til partikkelbundet TBT. Andre tinnorganiske forbindelser enn TBT var av underordnet betydning i indre fjord.

### **3.1.2 Historisk utvikling - miljøgifter**

Prøver innsamlet i 1991 viste meget sterkt PCB-forurenset sediment på 32 m dyp i området rett innenfor Tranga og et markert sjikt av industriavfall på 4 - 10 cm sedimentdyp med avvikende konsentrasjoner av PCB og tungmetaller. Utslippet pågikk mellom 1965 og 1975, men meget høye konsentrasjoner både over (940 µg/kg i 2-4 cm) og under (840 µg/kg i 10-14 cm) avfallssjiktet indikerte høye utslipp både før og etter denne perioden. Noe lavere konsentrasjoner i topplaget (690 µg/kg i 0-2 cm) av denne kjernen viste avtagende tilførsler i 1980-årene, og sammenligning med topplaget fra en kerne innsamlet på 35 m dyp i samme området i 1994 (250 µg/kg) bekreftet denne tendensen.

En kjerneprøve tatt i 1997 i et antatt viktig sedimentasjonsområde rett sørvest for Framnes viste markert til meget sterk forurensning av både PCB, DDT, PAH, kvikksølv, sink og til dels kobber fra ca 8 cm og nedover i sedimentet. For PCB var økningen fra 85-227 µg/kg i de øvre 8 cm til ca 1900-

2000 µg/kg i 12-16 cm dyp. Undersøkelse i strandsonen på Huvik brygge i 1996 påviste gammel, svært forurenset sjøbunn under 1-2 m dekke av rene fyllmasser. Konsentrasjoner var for PCB 1000 µg/kg (klasse V), sum PAH 364 mg/kg (ca 15 ganger over grensen for klasse V) og kvikksølv 56 mg/kg (ca 10 ganger over grensen for klasse V). Massene var også meget sterkt forurenset (klasse V) av kadmium, kobber og bly. Nivåene var til dels betydelig høyere enn de høyeste konsentrasjonene funnet i dypere sedimentlag utenfor Framnes, noe som indikerer at høy forurensning dypere nede i sedimentet kan være vidt utbredt i indre fjord. Utfyllingen ved Huvik brygge ble gjort etter 1960.

Sedimentprofilen sørvest for Framnes viser entydig at det er lavere tilførsel av miljøgifter til sedimentene i dette området i dag enn før. Bedringstidspunkt er vanskelig å fastslå fordi sedimenteringshastigheten ikke er kjent og fordi bunndyras aktivitet (bioturbasjon) blander de øvre ca 10 cm av sedimentet. I tillegg har det foregått mudring i området utenfor Framnes på 80-tallet, og betydelig manøvrering fra fartøyer i området som sannsynligvis har forstyrret sedimenteringsmønsteret. Antar man en normalsedimentasjon på 3-4 mm i året, viser profilene at reduksjonen har skjedd en gang etter ca 1965-1970. Dette stemmer bra med forholdene under Huvik brygge, som viser at det iallfall fram til etter 1960 var stor miljøgifttilførsel til sedimentene i området.

Sedimentprøvene fra 1994 i indre fjord hadde systematisk høyere konsentrasjoner av PCB, PAH og kvikksølv enn prøvene fra 1997 (figur 1), men det er vanskelig å fastslå om dette reflekterer en bedring over tid eller bare flekkvis fordeling av miljøgiftene. En såvidt stor reduksjon som følge av bare 3 års sedimentering av renere materiale er ikke sannsynlig. Mer sannsynlig er at prøvene i 1994 er tatt i områder der noe eldre avsetninger av en eller annen grunn er blitt blottlagt.

I det ytre området ved Tranga indikerte kjerner innsamlet i 1991 og 1994 et vendepunkt omkring 1980, men tidspunktet er usikkert også her fordi PCB-profilene i sedimentene kan være påvirket av ikke kjente periodiske utslipp som kan gi både fortykning og anriking av det sedimenterende materialet (f.eks. masseforflytninger under etablering av deponiområdet på Vera, brannen ved Jotun fabrikker i 1976, deponering av betydelige muddermasser fra havneområdet i 1981).

De meget høye nivåene av dioksinliknende PCB i lever av torsk fanget i 1997 var 2-3 ganger høyere enn tilsvarende målinger fra 1993. Selv om økningen ikke kan testes statistisk, tyder resultatene iallfall på en vedvarende belastning. Dersom opptaket skjer gjennom bunnlevende byttedyr, viser resultatene at den bedringen man kan spore i bunnsedimentene ikke enda har slått ut i tilsvarende bedring hos torsk.

Naturlige blåskjell samlet i nærområdet ved Veradeponiet i 1990 var markert forurenset med PCB (klasse III). Klasse III ble også funnet i skjell samlet samtidig ved Asnes, noe som kan tyde på at dette var en generell belastning i et større område innenfor Tranga. Skjell samlet ved deponiet i 1997 hadde halvparten så mye PCB og var kun moderat forurenset (klasse II). PCB-innholdet i den naturlige bestanden av blåskjell indikerer derfor en nedgang fra 1990-92 til 1997, men ulike analysemetoder skaper usikkerhet i sammenlikningen.

Sedimentanalyser i 1994 utenfor Framnes viste nivåer av TBT på under 1/3 av det som ble funnet i havneområdet og ved Framnes i 1997. Dette viser at det er et vedvarende og muligens økende forurensningsproblem av tinnorganiske forbindelser i indre fjord. Som nevnt kan kildene både være utskillelse av TBT fra større båter i trafikk i indre fjord, og fra fjerning av gammelt bunnstoff ved slippsetting.



## 3.2 Eutrofisituasjonen

### Oksygen

Sandefjordsfjorden er ikke en terskelfjord, og normalt ville en derfor ikke forvente kritisk lave nivåer av  $O_2$  i vannmassene. Næringsmiddeltilsynet i Sandefjord har målt oksygeninnholdet på 7-8 m dyp innerst i fjorden og på ca 30 m dyp ved Tranga flere ganger årlig (mai-august) i de fleste årene etter 1974. Målingene viser at konsentrasjonene i dypvannet enkelte år (1974, -78, -87, -88, -89 og -90) avtar utover sommeren til 2,5-3,5 ml/l som tilsvarer "mindre gode" forhold (tilstandsklasse III). Den 3. september 1997 ble det målt 0 ml/l i en enkelt prøve innsamlet på 8 m dyp. Ut fra SFTs kriterier gir dette tilstandsklasse V (meget dårlig). Vertikalprofiler målt med  $O_2$ -sonde i perioden april 97 - mars 98 viste at oksygeninnholdet var lavest i september, men verken den 22. august eller 18. september ble det målt verdier lavere enn 4,5 ml/l. Konsentrasjonene varierte dessuten lite med dypet fra 4,9-5,7 ml/l i overflaten til 4,5-5,6 ml/l nærmest bunnen (7 m). Tilstandsklassifisering på grunnlag av sondemålingene ville gitt "meget gode" forhold (tilstandsklasse I) i 1997.

Selv om sondemålinger av oksygen normalt er mer upresise enn tradisjonelle kjemiske analyser, anser vi prøven uten oksygen fra september 1997 for å være en enkeltmåling som ikke er representativ for de typiske oksygenforholdene i Sandefjordsfjorden. Det kan ikke utelukkes at målingen skyldes en tilfeldig enkelthendelse, f.eks. oppvirvling av sulfidholdig sediment umiddelbart forut for prøvetaking. Ser man bort fra denne viser alle tilgjengelige data fra perioden 1974-1998 at oksygenforholdene innerst i Sandefjordsfjorden varierer fra "gode" og "meget gode" forhold, til enkelte år med "mindre gode" forhold (figur 3). Observasjoner fra 34 m dyp ved Tranga viser omtrent tilsvarende tilstand i dette område av fjorden.

### Næringsalter

Trendanalyser (lineær regresjon) på data fra Næringsmiddeltilsynet i Sandefjord er også vist i figur 3. Fire par avvikende verdier som vi mener kan skyldes feilanalyse ble fjernet fra det opprinnelige datasettet (to par fra total nitrogen (Tot.-N), stasjon 1, og et par fra hver av total fosfor (Tot.-P) og Tot.-N, stasjon 3A), uten at dette ga vesentlig endring av trendlinjene.

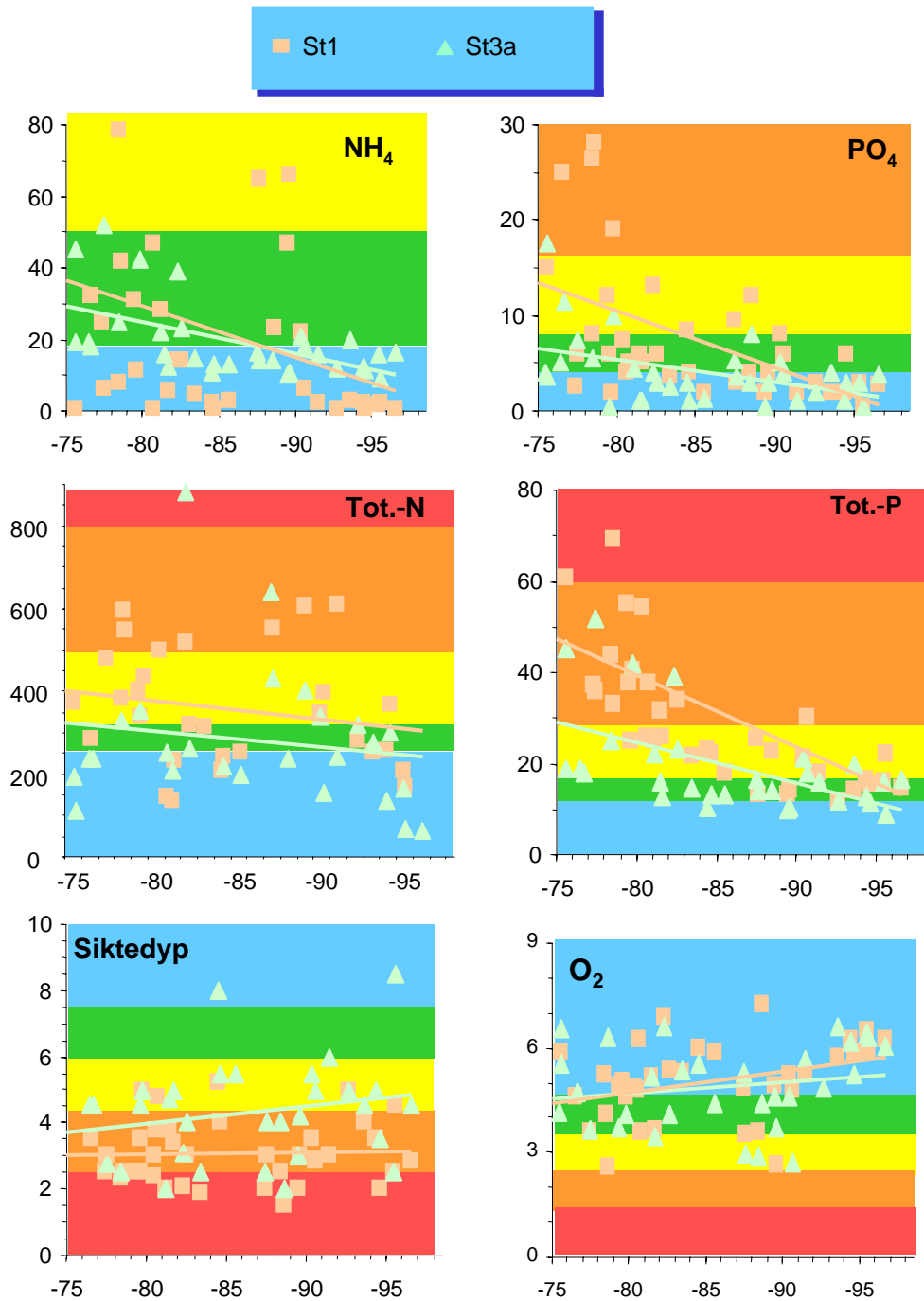
Figuren viser høyere konsentrasjoner av næringsalter og lavere siktedyp i havneområdet (stasjon 1) enn ved Tranga (stasjon 3A). Den statistiske påliteligheten for hver enkelt trend var lav, men trendene var konsistente med hensyn til avtagende konsentrasjoner av nitrogen og fosfor og økende siktedyp på begge stasjoner.

Prøver innsamlet i overflatelaget (0-2 m) mellom havneområdet og Tranga i 1997/98 viste konsentrasjoner av Tot.-P, Tot.-N og næringsaltene fosfat, nitrat og ammonium tilsvarende meget gode til gode forhold (klasse I-II), mens de tre nitrogen-formene viste god til mindre god vannkvalitet (klasse II-III) om vinteren. Dette bekreftet trendene i figur 3 som synes å indikere en utvikling av vannkvaliteten fra dårlig - mindre god (klasse III-IV) i slutten av -70 årene til god - meget god (klasse I-II) i slutten av -90 årene.

Klassifisering basert på siktedyp ga imidlertid mindre god til dårlig tilstand ((klasse III-IV, figur 3). Siktedyp er i hovedsak et mål for partikkelinnholdet i vannmassene. Målingene påvirkes også av uorganiske partikler med lite innhold av nitrogen og fosfor, f.eks. oppvirvlede leirpartikler, som ikke har noe med eutrofiering å gjøre. På grunn av den svakere koplingen til eutrofisituasjonen legger vi mindre vekt på klassifisering etter siktedyp enn klassifisering etter nitrogen og fosfor.

### Planteplankton

Undersøkelser av planteplanktonet innerst i fjorden i 1997/98 viste oppblomstringer av DSP-produserende alger (diaréfremkallende blåskjellgift) og tidvis overskridelse av Statens Næringsmiddeltilsyns (SNTs) grenseverdier for båndlegging av skjellsanking til konsum.



Figur 3. Trender (se tekst) for næringsalter, tot.-N, tot.-P, siktedyp og oksygen innerst i Sandefjordsfjorden (stasjon 1) og ved Tranga (stasjon 3A). Prøvene til næringsalter ble innsamlet om sommeren på 1 m dyp (enhet  $\mu\text{g/l}$ ).  $\text{O}_2$  ble analysert i vannprøver ved bunnen på hhv 7-8 m og 28-34 m dyp (enhet ml/l). Fargene skiller mellom fire tilstandsklasser fra meget god (blå) til meget dårlig (rød). Data fra Næringsmiddeltilsynet i Sandefjord.

### Fastsittende alger

Avtagende forekomst av trådformede grønnalger på gruntvannstasjonen ved Stub fra 1977 til 1997 viser en bedring av eutrofisituasjonen i overflatelagene innerst i Sandefjordsfjorden (tabell 1). Utenfor Tranga er det ikke dokumentert klare endringer, men dykkeundersøkelser viste økt nedslamming under 5-10 m dyp i midtre fjordområde i 1983/84 sammenlignet med 1977/78. I 1997 ble forholdene fortsatt karakterisert som eutrofe både ved Stub og Nilseholmen ut fra forekomst av grønnalger.

Tabell 1. Innslag av grønnalger (%) på hardbunnstasjoner i Sandefjordsfjorden ved Stub (indre fjordområde), Nilseholmen (midtre fjordområde, utenfor Tranga) og Haaholmen (ytre fjordområde) i perioden 1977-1997.

År	Stub	Nilseholmen	Haaholmen	Kilde
1977	37	20	14	24
1978	31	-	9	"
1982	29	18	15	"
1983	28	17	11	"
1997	20	20	13	35

### Bløtbunn

Diverse rapporterte funn av ".....hvitt industristøv...flis...petrokaks...kull....dumpemateriale ...plastkanner...hansker..etc..." viser at sedimentene i Sandefjordsfjorden er påvirket av ulike menneskelige aktiviteter.

Lukt av hydrogensulfid ( $H_2S$ ) er sporadisk rapportert i sedimentprøver fra fjorden. Lukt av  $H_2S$  er forholdsvis vanlig i kystnære områder og blir ofte oppfattet som en indikasjon på eutrofiering.  $H_2S$  i bunnsedimentene kan imidlertid også oppstå som følge av naturlige prosesser. Observasjonene er også dårlig kvantifiserbare og det er ikke definert tilstandskriterier for denne parameteren. De foreliggende observasjonene av  $H_2S$ -lukt fra Sandefjordsfjorden er derfor ikke egnet som grunnlag for vurdering av eutrofisituasjonen i bunnområdene.

Bløtbunnsfaunaen i Sandefjordsfjorden ble systematisk undersøkt første gang i 1997. Fem stasjoner fra havneområdet innerst i fjorden til Haaholmen lengst ute ble undersøkt. Antall dyrearter økte med økende dyp og økende avstand fra havnebassenget. Det biologiske mangfoldet av faunaen, karakterisert ved diversitetsindeks, varierte fra meget godt (tilstandsklasse I) til mindre godt (tilstandsklasse III). Tilstandsklasse III ble funnet på to stasjoner i ytre fjord (ved Asnes og Kvernberget) og skyldtes meget høy tetthet av børstemarken *Myriochele oculata*. Denne arten er ikke kjent som forurensingsindikator og kan periodevis forekomme i meget tette populasjoner for så å forsvinne igjen året etter. Eksempelvis gikk *M. oculata* over fra en av flere vanlige på norsk sokkel i Nordsjøen våren 1998 til å bli totalt dominerende over hele sokkelen våren 1999. Stasjonen midt i havnebassenget og på det dypeste nord for Tranga viste henholdsvis god og meget god tilstand av biologisk mangfold (klasse II og I). Lave antall arter og individer i havnebassenget ble satt i sammenheng med forstyrrelse ved oppvirvling generert av propellstrømmer fra fergetrafikken. Faunaundersøkelsene viste at arter som normalt indikerer eutrofe forhold var til stede, men de var ikke dominerende. Samlet ga bløtbunnsfaunaen inntrykk av en moderat eutrofipåvirkning, og ingen klare gradienter utover fjorden.

### Sammenfatning av eutrofisituasjonen

Kritisk gjennomgang av tilgjengelige data fra perioden 1974-1998 viste klare tegn på bedring av eutroforholdene i overflatelaget i den innerste delen av Sandefjordsfjorden. Ulike parametere som

næringsalter, fastsittende alger og oksygen i bunnvannet viste meget konsistente endringer mot ”gode” og ”meget gode” forhold.

Siktedypet viste generelt dårligere tilstand, med små endringer over tid og fortsatt dårlige forhold i havneområdet. Dette kan skyldes andre forhold en eutrofi, mest sannsynlig oppvirvling av sedimenter eller andre tilførsler av uorganiske partikler med lavt innhold av nitrogen og fosfor.

Lenger ute i fjorden, ved Tranga, viste også næringsalter og oksygen i dypvannet utvikling mot gode og meget gode forhold. Siktedypet viste en klar bedring (økning) i dette området. Undersøkelsene av fastsittende alger ved Nilseholmen viste små endringer, og området ble karakterisert som eutrofipåvirket både i 1977/78, 1982/83 og i 1997. Denne forskjellen kan skyldes at den hydrografiske stasjonen ligger forholdsvis åpent til midt i munningen av indre fjordområde, mens hardbunnstasjonen er en beskyttet lokalitet. Forholdene lengst ute i fjorden har vært karakterisert som lite eutrofipåvirket gjennom hele perioden.

I ”Kommuneplan 96” har Sandefjord kommune formulert følgende miljømål for sine sjøområder: ”Sjøområdene skal ha en vannkvalitet som ivaretar kravene til helsemessig forsvarlig badevann og ha en estetisk tilfredsstillende standard”. SFTs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann angir også egnethet av ulike vannkvaliteter for ulike formål. Siktedyp på 2-5 m angis som egnet for friluftsbad og over 5 m som godt egnet (tabell 3). Figur 2 viser at gjennomsnittlig siktedyp innerst i fjorden i hovedsak oppfyller kravet ”egnet” for friluftsbad og at den positive utviklingen i Tranga gjør at området nå ligger på grensen mellom ”egnet” og ”godt egnet”. SFT-kriteriene anvender også Tot.-N og Tot.-P som støtteparametre for badevannskvalitet (Tabell 3). Figur 2 viser at innerste del av fjorden ut fra gjennomsnittlig Tot.-P nå er ”godt egnet” for friluftsbad og ut fra gjennomsnittlig Tot.-N på grensen mellom ”egnet” og ”godt egnet”. Trangaområdet klassifiseres som ”godt egnet” for friluftsbad ut fra de tilsvarende gjennomsnittsverdier. Dette viser at den positive eutrofiutviklingen fra 1974 til 1998 langt på veg gjør at miljømålet om badevannskvalitet mhp eutrofiparametre er oppfylt.

Tabell 3. Et utvalg av SFTs egnethetskriterier for badevannskvalitet.

Parameter	Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Ikke egnet
Siktedyp	>5	2-5	<2	-
Total fosfor ( $\mu\text{gP/l}$ )	<21	21-25	25-42	>42
Total nitrogen ( $\mu\text{gN/l}$ )	<295	295-380	380-560	>560

### 3.3 Kildesporing ut fra fjordforholdene

Ut fra den positive utviklingen i eutrofiforhold i fjorden og de eksisterende kostholdsråd og omsetningforbud for lever av fisk innenfor Tranga er det mest å vinne på å konsentrere tiltaksorientert kildesporing om miljøgifter. De aktuelle kildene til miljøgifter i vannmassene i fjorden er søl og uhellsutslipp, regulære utslipp i egne avløp eller kommunalt ledningsnett, overvann og snødumping, sigevann gjennom grunnen, atmosfærisk nedfall og oppvirvling av forurensede sedimenter. Som nevnt tidligere vil alle de undersøkte organismene kunne ta opp miljøgifter fra vannet omkring seg, enten direkte eller fra forurensede byttedyr. Krabber og bunnlevende fisk som torsk og flatfisk vil i tillegg kunne ta opp miljøgifter direkte ved kontakt med sedimentet og først og fremst fra byttedyr som lever i sedimentet.

Bunnsedimenter, indikatorrigger, fastsittende organismer og dyr som beveger seg rundt vil i ulik grad indikere kildeområder. Det kan ta tid før miljøgifter som tilføres med partikler havner på bunnen. Forurensede partikler vil også kunne virvles opp igjen, transporteres videre og etter hver konsentreres i stillere depositionsområder (områder med utpreget silt-leire bunn) slik at opprinnelig kildeposisjon

maskeres. Fisk, og til en viss grad krabber, vil kunne vandre fra kildeområder til andre områder før de fanges. Blandprøver som er analysert vil også inneholde dyr fanget over et større areal. F eks er fisk i prøvene fra indre fjord fanget i hele området Thorøya-Vera-Framnes. Bunnslimaker, krabber og fisk vil derfor primært angi tilstand i et fjordbasseng eller -område som helhet, ikke hvor kildene finnes.

De mest steds spesifikke naturlige analyseobjektene er fastsittende organismer som tang og blåskjell. Disse tar opp miljøgiftene i de vannmassene som har passert forbi innenfor et tidsrom på anslagsvis under et år, kanskje bare 1-2 måneder. Skjell i bur og passive prøvetakere montert på rigger vil være enda mer spesifikke, fordi både utgangskonsentrasjonene og den tiden miljøgiftene har kunnet virke, er kjent. Til tross for at flere undersøkelser har inkludert fastsittende organismer, er den samlede informasjon av betydning for kildesøk likevel fragmentarisk. Analyser av naturlige skjell og tang omfatter områdene Vera, Gimle og Stub, men ikke Framnes, Kilen og andre viktige deler av havneområdet. Analyser av skjell i bur og passive prøvetakere (SPMD) har en bedre geografisk dekning fra Vera til Kilen, inklusive Hestekoen, den sentrale del av havna (ved Ulabrand-utstikkeren) og Framnes, men analysene dekker kun en tidsperiode på 1 måned og bare klororganiske miljøgifter. Klororganiske miljøgifter, både PCB, dioksinliknende PCB og DDT fremstår imidlertid, sammen med TBT, som den mest alvorlige miljøgiftbelastningen i indre fjord, spesielt siden forurensningen av PAH og til dels kvikksølv primært ser ut til å være begrenset til bunnsedimentene.

De områdene som ut fra informasjon om fjorden er blitt pekt ut som mulige kildeområder for miljøgifter til fjorden er Kilen, Småbåthavna (Hestekoen), Huvik, Framnes, Stub, Gimle, Pronova og Veradeponiet/Vinndalbukta. I kapittel 5 er informasjon fra fjordundersøkelsene og kildekartlegging på land vurdert samlet for hvert av disse områdene.

## 4. Beskrivelse av mulige aktive kildeområder (prosjektmål A2-1)

### 4.1 Avløpsnett og overløp som miljøgiftkilde

#### 4.1.1 Hovedavløpsnettet generelt

Pr. 01.01.1999 var 36000 personer bosatt i Sandefjord kommune og 500 personer bosatt i Larvik kommune tilknyttet Enga rensedistrikt. Disse leder sitt avløp via Enga renseanlegg til utslipp lokalisert mellom Granøya og Granholmen. I tillegg tilføres avløpsvann fra industri, offentlig virksomhet og institusjoner avløpsvann tilsvarende 9000 personekvivalenter (pe) til Enga rensedistrikt. Utreignet og vektet utgjør tilførselen til rensedistriktet 45500 PE pr 01.01.1999, en økning fra 40000 PE fra 1994.

En hovedavløpsledning på 7,4 km går fra overløp 410 ved Haslebekken til Enga renseanlegg (RA). Hovedavløpsledningen har en forgreining på 2,5 km mot nordvest fra punkt 31 til overløp 114 (Virikbekken). Tradisjonelt har avløpssystemene vært bygget opp som kombinerte anlegg med spillvann (kloakk) og overvann i samme rør. I dag etableres separate anlegg der overvann tas hånd om i egne oppsamlingsnett og ledes til lokal resipient eller fjorden, og spillvannet ledes til renseanlegget. Det pågår en omfattende sanering av de gamle kombinerte systemene i Sandefjordområdet for å innføre separate avløpssystemer. På denne måten reduseres overløpsutslippet til resipienten mens spillvannskonsentrasjonen til Enga økes.

Den store andel overvann i kombinertsystemene i Sandefjord bidrar til hyppig bruk av overløp for å avlaste transportsystemene. Dette overvannet skaper problemer både pga. volum, et støtvis strømningsmønster, uttynning av spillvannet og pga. overvannets evne til å ta med seg gammelt og forurenset sedimentert materiale fra rørene (utspylingseffekt). Overløp fra kloaknettet har i lang tid påvirket lokale bekker og viker langs fjorden med organisk stoff, næringssalter, partikulært materiale, miljøgifter og store vannvolumer. Enga rensedistrikt er fremdeles sterkt påvirket av mye fremmedvann på kloaknettet som resulterer i store volumer av et tynt innløpsvann til Enga RA. Det er forventet at den pågående saneringen vil bedre disse forholdene betraktelig.

Maksimal kapasitet på Enga RA er ca. 1200 m<sup>3</sup>/time. Alt vannvolum utover dette ledes i omløp urensert rett i fjorden. Pga. økt mengde nedbør i Sandefjordsdistriktet har årlig volum som går i omløp forbi renseprosessen gradvis økt. Årsnedbøren er beregnet til ca 1000 mm i gjennomsnitt for de siste ca 10 årene. Tidligere lå årsnedbøren på 800 mm, i 1999 var den økt til 1200 mm. I år 2000 er det videre en økning til ca 1500 mm.

Enga RA har siden 1991 vært basert på kjemisk felling. Tidligere ble avløpsvannet bare behandlet mekanisk. Etter innføringen av kjemisk felling kan en forvente mindre bidrag fra renseanlegget av suspendert stoff, næringssalter og miljøgifter til fjorden enn tidligere. Renseanlegget fungerer tilsynelatende bra under tørrvårsperioder.

#### 4.1.2 Målte overløpsvolumer

Undersøkelser utført av Berdal Strømme 1991-95 viser betydelige overløpsvolumer i alle hovedoverløpene under regnværepisoder (tabell 4). Avløpsvann gikk til overløp fra sentrum pumpestasjon også under mellomværepisoder.

Tabell 4: Tilrenning til Enga RA under ulike nedbørsforhold.

”Tørrvær”	”Mellomvær”	”Regnvær”
14400 m <sup>3</sup> /d (21-23/5 1991)	29000 m <sup>3</sup> /d (3-5/12 1991)	67000 m <sup>3</sup> /d (4-6/11 1991)
16800 m <sup>3</sup> /d (10-11/6 1992)	20800 m <sup>3</sup> /d (27-28/9 1993)	56000 m <sup>3</sup> /d (27-29/4 1992)
	34300 m <sup>3</sup> /d (17-19/1 1994)	

Kommentar til tabell: Betydelig overløp fra Enga RA under regnværepisodene i '91 og '92 (RA er dimensjonert for 30720 m<sup>3</sup>/d).

SINTEF har beregnet belastning og utslipp fra hovedavløpssystemet. Dette arbeidet virker bra utført, tross for mindre avvik mellom modellert og målt tilrenning til Enga RA. Arbeidet baserer seg på utslipp av 280 liter spillvann pr PE pr døgn og en fosforbelastning på 1,6 g pr PE pr døgn.

Største overløpsbidrag mhp vannmengde kommer fra O-114 (Virik), O-301 (Ruklabekken), O-410 (Haslebekken) og fra O-P-301 (sentrum pumpestasjon) (tabell 5). Det største overløpsbidraget av fosfor kommer fra O-301, O-P-301, O-410 og tildels fra O-114. Det er ulik andel overvann innblandet på de ulike punkter på nettet. Tabell 6 viser årsgjennomsnitt for daglig tap av vann, COD, Tot-P og suspendert stoff direkte til fjorden via overløp.

Tabell 5: Største overløp med overløpsvannmengder.

Overløpsbetegnelse	Årlig vannføring midlet over døgnet, m <sup>3</sup> /d	Årlig fosforutslipp midlet over døgnet, g/d
O-114	2087	381
O-301	2047	1280
O-410	2778	1037
O-P-301	1806	1685

Tabell 6: Tilførsel (årgjennomsnitt) til Enga RA og samlet til overløp før sanering.

	Tilførsel til RA	Til alle overløp oppstrøms RA	% tap
COD, kg/d	5088	390	7,67
Tot-P, kg/d	71,0	3,0	4,22
SS, kg/d	4975	1219	24,5
Q, m <sup>3</sup> /d	31172	5347	17,2

#### 4.1.3 Sanering

Sanering av avløpsnett utføres for å redusere andelen overvann på hoved-avløpsledningen vha legging av spillvannsrør. Saneringen reduserer den totale vannføringen til Enga RA og hever konsentrasjonene av suspendert stoff og næringssalter i innløpsvannet til renseanlegget. Enga RA er dimensjonert for 30720 m<sup>3</sup>/d. Før saneringen startet ble renseanlegget hydraulisk overbelastet i 34% av årets timer.

Sandefjord kommune prioriterer sanering av delfeltene Hasle-, Rukla- og Virikbekken. Saneringen av Virikbekken er nærmest avsluttet. Når dette arbeidet er ferdig, startes et 5-årig arbeide med å sanere Haslebekken-området. Siste område som er planlagt sanert er Ruklabekken, med tiltaksperiode 2005-2017. Det dreier seg her om store saneringsarbeider, særlig siden Ruklabekken passerer et område midt i sentrum av Sandefjord.

Generell strategi ved separering er å la bekkene passere uhindret gjennom feltet uten tilførsler fra overløp. Overvann skal separeres fra spillvann og antall overløp reduseres. Tidligere var det ca 50

overløp i drift, nå er antallet redusert til 35. Saneringen vil redusere overløpsvannføring betydelig (i beste fall 75% reduksjon), og dermed også redusere de direkte utslippene av næringssalter og miljøgifter betraktelig.

### Dagens status på saneringen

#### *Virikbekken*

Saneringsarbeidet er pr januar 2001 nesten avsluttet. 3400 personer bor i området, det er også noe industri og en skole i området. Overløpsbelastningen reduseres fra 4000 PE til 600 PE og overløpsarealet reduseres fra 220 HA til 62 HA. Virveloverløp ved Bugården vest for bykjernen O-114 beholdes. Fra O-114 går avløpsvannet med selvføll til Enga RA, og overløpsvannet til Virikbekken og sørover. Videreført vannmengde fra O-114 til Enga RA reduseres fra 1,4 mill m<sup>3</sup>/år til 0,3 mill m<sup>3</sup>/år.

#### *Haslebekken*

Saneringsarbeidet i området Haslebekken starter etter at sanering av Virikbekken er avsluttet. 4700 personer er bosatt i dette området. Overløpsbelastningen reduseres fra 4000 PE til 1700 PE. I dag går vannet i overløp ved 120 l/sek. Deler av området er separert, øvrige deler skal separeres videre. Fra O-410 ved Haslebekken går avløpsvannet med selvføll til pumpestasjon Kilen. Videreført vannmengde fra O-410 reduseres fra 2,0 mill m<sup>3</sup>/år til 0,6 mill m<sup>3</sup>/år etter separering.

#### *Ruklabekken*

Sanering av området Ruklabekken blir en komplisert og omfattende saneringsjobb, da området ligger midt i byen og har en høy andel gammelt kombinertsystem. Ruklabekken går i kanal under byen, med hovedutløp i Hesteskoen. Et fremtidig mål er å lede bekken urørt ut i fjorden. I dag går et terskeloverløp ut i Hesteskoen. Det er også et overløp fra sentrum pumpestasjon som går ut ved fergeleiet i sentrum (O-301 A). Det er i dag flere andre mindre overløp i området. I fremtiden ønsker man å etablere 3-7 effektive overløp i området, og utvikle et system som holder rent overvann ute fra spillvannsledningene i størst mulig grad. Et annet mål for området Ruklabekken er å unngå uttynning av avløpsvann fra område Haslebekken.

Den videreførte vannmengde og den avlastede vannmengden i terskeloversøpet er er noe usikker pga tilslamming av overløpet, men det antas at 400-600 l/s avløpsvann videreføres til sentrum pumpestasjon. Derfra pumpes det til selvføllledning, og renner videre til Enga RA.

### Reduksjon av utslipp fra hovedoverløp

Etter sanering vil det nok fortsatt være fire hovedoverløp fra avløpssystemet. I tillegg kommer utslipp av rensert vann fra RA, og omløpsvann fra RA. Kildene for overløpsvann er karakterisert i tabell 7. Oversikten over viser at utslippet av næringssalter til bekkene og fjorden, og dermed også andre stoffer i avløpsvannet inkludert miljøgifter, vil bli kraftig redusert når saneringen er ferdig. Samtidig vil økningen av tilført vann til resipientene øke, men økningen består av relativt rent overvann.

Tabell 7: Karakterisering av overløpssituasjonene før og etter sanering. Fra Siv.ing Tom R. Hansen AS, datert 17.06.1999.

Lokalitet	Overløp-vol. før sanering mill. m <sup>3</sup> /år	Overløp-vol. etter sanering, mill. m <sup>3</sup> /år	Tot-P, før sanering t/år	Tot-P, etter sanering t/år
Virikbekken	0,43	1,65	0,55	0,10
Overløp i Hesteskoen + overløp pumpestasjon sentrum	1,3	2,6	3,1	0,7
Overløp pumpestasjon Kilen	?	0	?	0



#### 4.1.4 Miljøgiftbetragtninger

Vi har ikke klart å fremskaffe mye data som beskriver dagens eller historisk transport av miljøgifter til fjorden fra avløpssystemet. Våre betraktninger i det følgende bygger på en undersøkelse av tungmetaller ved bruk av passive prøvetakere, "Ecoscope", utført av Aquateam as i 1997, og en generell undersøkelse av organiske miljøgifter i kommunalt avløpsvann utført av SFT og Det Norske Veritas i 1997-98. Det er rimelig å anta at avløpssystemet har vært en betydelig kilde for miljøgifter til fjorden pga. de store overløpsmengdene som er blitt ført urensset til fjorden. Det er avdekket at avløpsvannet inneholder både organiske og uorganiske miljøgifter. "Normale" konsentrasjoner i Norge av organiske miljøgifter som PAH, PCB, ftalater og nonylfenoler er rapportert av SFT, og undersøkelse av avløpsvann fra småindustri i Sandefjord inngår i rapporteringen. Utdrag av disse resultatene er gjengitt i tabell 8. Undersøkelsen av småindustri omfatter ikke PCB, og det er forøvrig knyttet store usikkerheter til estimater av PCB i avløpsvann. For RA-2 er PCB ikke påvist, mens det i et relativt nytt boligfelt (det samme som i tabell 8) ble påvist 0.15 µg/l som gjennomsnitt i ukeblandprøver. SFT anser det som sannsynlig at landsgjennomsnittet ligger noe høyere.

Tabell 8: Organiske miljøgifter i avløpsvann (ref SFT 98:22 og SFT 98: 23)

	Sum 16 PAH	Sum ftalater (DBP, BBP, DEHP)	Sum nonylfenoler (NP, NP1EO, NP2EO)
Intervall, 9 prøver fra ulike småindustri i Sandefjord	0,1 - 67 µg/l	3,5 - 785 µg/l	3,5 – 9800 µg/l
Gjennomsnittkons. i avløpsvann fra et moderne boligfelt	5,7 µg/l	45 µg/l	16 µg/l
Innløpskonsentrasjoner til RA-2, Strømmen	5,8 µg/l	37 µg/l	18 µg/l

Resultatene viser at deler av den undersøkte småindustrien i Sandefjord kommune slipper ut betydelige konsentrasjoner av organiske miljøgifter til avløpsnett. Det er særlig tekniske verksted og bilvaskehaller som gir markerte bidrag. Undersøkelsene viser også at vanlige husholdninger bidrar med organiske miljøgifter til avløpsnett. Noen av disse stoffene er lite vannløselige og binder seg til partiklene i avløpsvannet (f.eks. PCB, ftalater, nonylfenol, noen PAH), mens andre stoffer i hovedsak følger vannstrømmen. Når avløpsvann går i overløp, følger miljøgiftene med ut i resipienten. Det er dermed sannsynlig at de store overløpsvolumene til indre del av Sandefjordsfjorden har tatt med seg betydelige mengder miljøgifter gjennom årenes løp, selv om tilførselen ikke lar seg kvantifisere pålitelig ut fra de data som finnes. I etterkant av SFT-undersøkelsen har Sandefjord kommune iverksatt tiltak ved kildene for å prøve å begrense tilførselen av organiske miljøgifter til avløpsnett.

Det årlige overløpsutslippet i hele rensedistriktet midlet over døgnet tilsvarer 5347 m<sup>3</sup>/d (tilsv. 1,95 mill. m<sup>3</sup>/år). Forurensningstransporten via overløpene ved overløpsepisoder er avhengig av fortynningsgraden av spillvannet, overløpets evne til å holde tilbake partikler, hvor mye gammelt sedimentert materiale i rørene som løsriveres, og overvannets opprinnelige forurensning. Målingene fra 1992 viser at overvannet forårsaker en 3-4 gangers fortykning av spillvannet under kraftige regnværepisoder, men samtidig må en regne med at akkumulerte forurensede sedimenter fra rørene ble løsrevet og ført ut i overløp under slike episoder, altså totalt sett en episodisk økning i mengde miljøgifter tilført. Om økningen har ført til øket belastning på indre fjord eller om det også er en tilsvarende øket transport ut av fjorden, kan ikke bestemmes uten reelle målinger.

Konservative estimater av miljøgiftkonsentrasjoner i overløpet kan ta utgangspunkt i miljøgift-konsentrasjonene i spillvansandelen. I mangel av tilgjengelige data for innløpsvannet til Enga RA har vi utført grove konservative estimater på bakgrunn av konsentrasjonene av organiske miljøgifter i innløpsvannet (spillvann med noe overvann) til renseanlegg RA-2 på Strømmen i Akershus (tabell 9). Det kan antas at industribelastningen på avløpsnettets til RA-2 og til Enga RA ikke er helt ulik. Hvis vi antar at fortykningen av avløpsvannet under overløpssituasjoner delvis oppveies av at det under disse hendelsene løsrives sedimentert materiale fra rørene med høyt innhold av miljøgifter, vil data fra RA-2 under normal drift gi et brukbart, men konservativt estimat på belastningen.

Tabell 9: Grovt estimert transport av organiske miljøgifter totalt til resipienter fra overløp

	<b>Konsentrasjoner hos RA-2</b>	<b>Totalt årlig overløpsvolum</b>	<b>Estimerte årlige utslipp via overløp</b>
Sum 16 PAH	5,8 mg/ m <sup>3</sup>	1,95 mill. m <sup>3</sup> /år	11 kg/år
Sum ftalater	37 mg/ m <sup>3</sup>	1,95 mill. m <sup>3</sup> /år	72 kg/år
Sum nonylfenoler	18 mg/ m <sup>3</sup>	1,95 mill. m <sup>3</sup> /år	35 kg/år

Estimatene viser at bidragene av miljøgifter fra avløpsanleggene kan være betydelige. Hovedparten av overløpsvannet munner ut i overløpene i Hesteskoen og Sentrum pumpestasjon innerst i fjorden, samt i overløp ved Virik. De målte sedimentkonsentrasjoner av sum PAH (figur 1), en sedimenttilvekst på 3 mm pr år og et bunnareal innenfor Gimle på ca 1 mill m<sup>2</sup> antyder at disse bunnområdene får tilført i størrelsesorden 10 kg PAH pr år, dvs tilsvarende det estimerte utslippet via overløp (11 kg/år, tabell 9). Selv om beregningene er grove viser de at tilførselen av PAH fra overløp synes å være stor nok til å kunne forklare all PAH-tilførsel til sedimentene. Det bør nevnes at organiske miljøgifter også føres fram til Enga RA, der de nok i stor grad fjernes fra vannet og overføres til slamfasen.

Det foreligger et notat fra Aquateam as (datert 15.12.1997) som viser tungmetallkonsentrasjoner i avløpsvannet målt vha passiv prøvetaking (Ecoscope) og vanlig prøvetaking. Konsentrasjonene av tungmetaller i avløpsvann fra ulike lokaliteter på avløpsnettets varierte betydelig fra sted til sted. Stedvis ble det påvist mye bly, sink, nikkel, kvikksølv, kobber og kadmium. I september 97 er det også foretatt tradisjonelle analyser av avløpsvannprøver fra ulike småindustri. Også her fant man stedvis høye konsentrasjoner.

Vi har ikke hatt tilgang til data for faktiske tungmetallkonsentrasjoner for det samlede avløpet som kan være representativt for hva som går i overløp. Slike verdier kan benyttes for å estimere årlig transport av tungmetaller til fjorden, på lik linje med hva som ble foretatt for organiske miljøgifter i tabell 9. Som eksempel kan benyttes kobber. Et normalt gjennomsnittlig kobbernivå i blandet avløpsvann er 400 mg/m<sup>3</sup>. Hvis de 1,95 mill. m<sup>3</sup>/år inneholder denne kobberkonsentrasjonen, vil dette i verste fall tilsvare en total årstransport på 780 kg kobber til fjorden. Tilsvarende beregning som for PAH ga at årlig kobber-tilførsel til sedimentene innenfor Gimle er ca 400 kg. Så også her synes tilførselen fra avløpsnettets alene å være større enn det sedimentene totalt får tilført.

Kommunen opplyste 18.01.01 at videreført avløpsvannmengde fra sentrum pumpestasjon er redusert i forhold til tidligere pga. endrede driftsrutiner som en konsekvens av økt total tilrenning forårsaket av mer nedbør. En sannsynlig konsekvens av denne praksisen er at mer vann enn før går i overløp ved sentrum pumpestasjon, og dermed kan mer miljøgifter enn normalt ha gått ut i havnebassenget i den senere tid.

En annen konsekvens av de store volumene og støtbelastningene som avløpsanlegget har hatt i den senere tid, er utspyling av gammelt sedimentert materiale fra avløpsrørene via overløpene og ut i fjorden. Man må forvente at dette materialet inneholder partikkelbundne miljøgifter, og den økte utspylingen vil derfor tilføre havneområdet et ekstra bidrag av miljøgifter. Det er imidlertid ikke

grunnlag for å anslå hvor stort dette bidraget er. I det store og det hele er situasjonen rundt utspyling av miljøgifter til fjorden via avløpssystemet uoversiktlig.

Resultatene fra utplasserte overvåkningsrigger høsten 1997 viste tilstedeværelse av både løste og partikkelbundne klororganiske miljøgifter i vannmassene i Sandefjordsfjorden. Det høyeste opptaket ble funnet innerst i fjorden. Resultatene viste også at opphavet til PCB ved Kamfjordkilen er en annen kilde enn for de øvrige lokaliteter i fjorden. Innenfor lokaliseringen av hver av overvåkningsriggene (unntatt utenfor Pronova) synes det å være enten et nødoverløp, vanlig overløp eller direkte kloakkutslipp. I den måneden riggene sto ute var samlet nedbørsmengde (målt ved Færder) 91 mm. Dette er noe høyere enn et månedsgjennomsnitt på 65 mm grovregnet ut fra årsnedbør på 800 mm før 1999. Det er dermed sannsynlig at overløpene har vært i drift i riggperioden og at disse riggene er blitt påvirket av miljøgifter som har vært ført med kloakken ut i fjorden. Forurensningsnivåene i vannet er influert av ulik grad av vannutskiftning ulike steder i fjorden, men det faktum at de største overløpsvolumene føres ut innerst i fjorden der de høyeste miljøgiftkonsentrasjonene også er blitt målt, taler for at avløpssystemet kan være en av de viktige kildene for organiske miljøgifter i fjorden.

## 4.2 Kilder i nedbørsfeltet

### 4.2.1 Kildekategorier

Det finnes en rekke mulige forurensningskilder i et nedbørsfelt som rundt Indre Sandefjordsfjorden. Vi har prøvd å kategorisere etter hvilke muligheter det er for spredning av forurensning til fjorden fra de ulike kildene.

#### Grunnforurensning

Det var tidligere anerkjent og innarbeidet å grave ned avfall i bakken, eller også deponere i sjøkanten. I dag vet vi at dette kan medføre forurensning, ved at stoffer vaskes ut av avfallet og spres i grunnen. Det var tidligere også mer vanlig å akseptere søl og avrenning av ulike kjemikalier rett på bakken, f.eks knyttet til båtvirksomhet, gassverk, treimpregnering, gartnerier og lignende. Dette gjør at vi i dag har en rekke steder med forurensning i bakken. I uheldige tilfeller kan det fortsatt lekke forurensning fra slike steder, og forurensningen kan spres videre med grunnvann eller i rør og bekker til fjorden.

Vi deler grunnforurensning inn i ulike kategorier:

- *Forurenset grunn.* Dette er områder der det har vært søl og lekkasjer som har forurenset bakken. Det kan være fra f.eks båtopplag eller fra nedgravde oljetanker.
- *Industrideponier.* Dette er nedgravd avfall fra industri. Avfallet kan i mange tilfelle være inert, dvs at det ikke lekker ut problemstoffer (for eksempel plast, metallskrot, betong osv.). I andre tilfelle kan det inneholde svært problematiske miljøgifter (f.eks klorerte organiske forbindelser).
- *Deponier for kommunalt avfall.* Dette er deponier dominert av husholdningsavfall, men også ofte med betydelige innslag av industriavfall.

I Indre Sandefjordfjordens nedbørsfelt er det en rekke slike grunnforurensninger. Spesielt i Kilen-området og ellers noe spredt rundt er det kjente steder med forurenset grunn, industrideponier og deponier for kommunalt avfall. Det er imidlertid svært begrenset med dokumentasjon på hvilke stoffer som finnes der. Det er enda mindre kjent hvorvidt det faktisk lekker ut problemstoffer fra disse områdene. De utgjør dermed først og fremst en potensiell kilde til forurensning av fjorden.

#### Overflateavrenning

Fra gater, veier og plasser skylles det ut støv og partikler ved nedbør. Det har vist seg at både veistøv og snø fra slike områder kan inneholde noe forurensning. I Oslo-området er funnet moderate nivåer av

både metaller, PCB og andre organiske miljøgifter i snø og veiavrenning. Dette kan derfor være en diffus, moderat kilde til forurensning av fjorden.

### Atmosfærisk nedfall

Det tilføres stadig miljøgifter til land- og fjordarealer via atmosfærisk nedfall. Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) har beregnet kommunevise data for slik tilførsel av tungmetaller. Langs Skagerakkysten har det vært en relativt høy tilførsel, og dette vil derfor være en kilde til forurensning også av Sandefjordsfjorden med tilhørende nedbørsfelt. I tabell 10 er det vist gjennomsnittlig beregnet tilførsel til Sandefjord (angitt som mg/daa/år).

Tabell 10. Beregnet tilførsel av metaller til arealer i Sandefjord (mg/daa/år)

	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr
1990	116	5069	442	11611	707	154
1995	158	3350	1783	15832	707	154

Dette er tilførsel som har pågått gjennom mange år, og det har medført en viss økning av metallinnholdet i overflatejord. For jordbruksområder er det gjort en del arbeid for å estimere utlekking til bekker og vassdrag. Det er funnet bidrag av tungmetaller både vannløst form (spesielt Zn, Cu og til dels Cd) og også knyttet til utvasking av jordpartikler. Teoretiske beregninger av antatt utlekking fra arealer i nedbørsfeltet til Sandefjordsfjorden krever at man går inn på arealfordeling og avrenningsforhold i større grad enn dette prosjektet tillater.

## 4.2.2 Generell vurdering av spredning i nedbørfeltet

### Grunnforhold

Hovedstrukturen i nedbørfeltet består av nord-sør gående fjellrygger hvor toppen av Vesterøya og tilsvarende rygg på vestsiden av fjorden danner hovedavgrensingen av nedbørfeltet. I nord rekker nedbørfeltet opp til raet. Det er dermed et relativt lite og smalt nedbørfelt, med kort avstand til fjorden fra de fleste deler av feltet.

Geologien i området består av vekslende bare fjellknauser og grunne løsmasser. Fjellgrunnen er kollete og fjellet stikker opp som øyer mellom forsenkninger der det ligger løsmasser. Løsmassene er i hovedsak strandavsetninger. Strandavsetninger under marin grense som her består vanligvis av 0.5 til 1 meter med dårlig sortert sand og grus med noe silt (mineraler finere enn sand, men grovere enn leire). Disse massene finner man særlig inn mot fast fjell. Under dette finner man typisk marin silt/leire. Det vil si at det er mye sand og grus nær overflaten, med mer silt og leire dypere ned i bakken.

Store deler av nedbørfeltet, spesielt langs fjorden, er utbygd og det er en relativt stor andel av arealet som har tett overflate med avrenning til overvannsdrenering. Det betyr også at det er lagt avløpsledninger i grunnen i store deler av nedbørfeltet.

### Betydning av grunnforhold og topografi for avrenning

Nedbør som faller som regn vil i stor grad infiltrere i grunnen der det er sand/grusholdige masser. Herfra vil det renne av mot fjorden som grunnvann. Der det er mer leire i grunnen vil imidlertid dette avsigtet først og fremst foregå i masser nær terrengoverflaten. Der det er gravd rørtraseer kan disse fungere som dreneringsgrøfter for grunnvannet, da naturlige masser stort sett vil være tettere enn fyllmassene i grøftetraseene.

I byområdene vil nedbør i stor grad samles på tette flater og gå til overvannsdreneringen.

I nordre del av nedbørfeltet er det ett større bekkedrag Ruklabekken (delvis lukket) som ender ut i småbåthavna innerst i fjorden. Denne samler en betydelig del av avrenningen fra områdene nord for fjorden. Østre del av nedbørfeltet dreneres til Hegnabekken (også delvis lukket) som munner ut i Kilen, og til Haslebekken som ender i Mefjorden.

### **Spredning av forurensning**

Forurensning i jord vil stor grad bindes, holdes tilbake eller til og med brytes ned i jorda. Vannløselige stoffer kan imidlertid følge grunnvann ut til grøfter og bekker og ende i fjorden. Ikke vannløselige stoffer kan bindes til småpartikler og følge partiklene med vannstrømmer mot fjorden.

Forurensning på overflaten av terrenget kan dermed lett spres. Overflateavrenning knyttet til regn og snøsmelting vil kunne vaske med seg både vannløselige stoffer og partikkelbundet forurensning.

Fra nedgravde avfallsdeponier kan det også løses ut og spres forurensning med sigevann. Dette gjelder særlig i de tilfelle der deponiene ligger i områder med sand/grus/steinmasser som ikke tetter for grunnvannet, eller der deponiene ligger i tilknytning til rørtraseer eller i direkte tilknytning til bekker/sjøkant. Vi antar at mange av deponiene i nedbørfeltet ligger relativt isolert omgitt av tette masser, men forurensning/deponier i sjøkanten er i en særstilling. Der vil både overflateavrenning, utstrømmende grunnvann fra landområdet på innsiden og inntrengning av sjøvann kunne løse ut og ta med seg forurensning ut i fjorden.

## 5. Diskusjon av mulige kildeområder (prosjektmål A2-2)

I NIVAs rapport om identifikasjon av kildeområder ved bruk av indikatorrigger i 1997, ble det gitt en historisk oversikt over potensielle miljøgiftkilder til Sandefjordsfjorden. Oversikten ble utarbeidet av Jotun AS, og dekker totalt 29 kilder, hvorav 26 i indre fjord. Oversikten er gitt i Vedlegg B.

Nedenfor har vi tilsvarende kommentert og vurdert 20 ulike lokaliteter i nedbørfeltet som alle kan tenkes å gi et fortsatt bidrag til forurensning av fjorden. For disse områdene har vi forsøkt å sammenlikne informasjon om grunnforurensning, oveløpstilførsel og miljøtilstand i fjordområdet utenfor. Fra deler av Kilen og fra Verafyllingene er det gjennomført omfattende undersøkelser av grunnforurensningen. Fra de andre lokalitetene er det på landsiden stort sett bare mer eller mindre konkrete opplysninger om hva som skal være deponert, eller om hvilken virksomhet som er drevet. Når det gjelder direkte påvisning av spredning av forurensning er det enda mer sparsomt med data å bygge kildediskusjonen på. For hvert av de områdene som diskuteres har det derfor vært nødvendig å basere konklusjonene på en samlet vurdering av den til dels stykkvise informasjon som finnes, heller enn på klare koblinger mellom årsak og virkning.

### 5.1 Kilen

#### *Forhold i sjøen*

Området har de høyeste konsentrasjoner av løste og partikkelbundne klororganiske miljøgifter i vannmassene ut fra blåskjell og SPMDer på rigger. Bunn sedimentene i Kilen (kun gjort i 1994 og på en stasjon) har gjennomgående høyere miljøgiftbelastning enn i havneområdet forøvrig, spesielt av PCB, PAH og kvikksølv. Mulige kilder er både avløpssystemet, grunnforurensning rundt Kilen, og (for vannmassene) oppvirkede bunnsedimenter. Vannmassene synes å ha en særegen PCB-profil som preger PCB-mønsteret i vannmassene videre utover indre fjord. Dette kan skyldes at PCB innerst i fjorden stammer fra en type PCB som er blitt benyttet i industri på land og ført til fjorden via kloakksystemet, mens PCB'en utover i fjorden i større grad er et resultat av direkte transport til fjorden via avsmittning og søl fra skipsindustri og malingindustri (ikke via avløpssystemene). Dette kan undersøkes videre ved å analysere PCB i slamavleiringer i kloakkrørene. Dersom kilden er grunnforurensning kan forskjellen i PCB-profil skyldes deponering av andre typer avfall rundt Kilen enn lenger ute i fjorden. Den antatt lave vannutskiftningen i Kilen gjør at konsentrasjonene kan bli høye uten at kildetilførselen nødvendigvis er større enn andre steder. Kilen er grunn og oppvirkning av bunnsedimenter i tillegg til landbaserte kilder kan derfor ikke utelukkes.

Landområdene rundt Kilen bør deles opp i flere delområder, da det er deponert i mange ulike faser her.

#### 5.1.1 Kilen Vest

##### *Kilder til forurensning*

Hele området langs Kilen Vest inneholder eldre deponier og forurenset grunn. Det er gjort en rekke undersøkelser i området i forbindelse med utbyggingsplaner. De gamle deponiene i området er i hovedsak fylt opp med "rene" masser, husholdningsavfall og bygningsavfall. I liten utstrekning skal det være deponert avfall fra industri i Sandefjord. Det skal også være tilført søl, blåsesand, mm på flere delområder fra næringsaktiviteten på områdene. Det er påvist tungmetaller, PAH og PCB i avfallsmasser i området. Det er særlig funnet innhold av bly, sink og PCB over "normalnivåer". Det

finnes ikke informasjon om PCB-profiler som kan sammenlignes med profilene i fjorden. Noen direkte sammenheng med PCB-funn i sjøen er dermed ikke mulig å fastslå.

#### *Spredning av forurensning*

Det er nødvendigvis en utgående vanntransport fra land gjennom forurensede masser til sjøen. Denne vannbevegelsen kan i utgangspunktet vaske ut forurensning. Det er en langsgående steinsjeté gjennom hele området. Denne kan fungere som en drenering og spredningsvei for vann og forurensninger. Det er også påvist relativt mye sandholdige masser nedover i grunnen. Gjennom disse massene kan det være relativt mye vannbevegelse, og dermed spredning av forurensning. Det er også en del rør- og gravetraséer gjennom området som kan fungere som spredningsveier. Både metaller, PCB og PAH bindes godt til partikler, og spres derfor relativt lite med grunnvann. Dette tilsier liten spredning av slik forurensning fra området.

### **5.1.2 Kilgaten 25 og området øst for denne**

#### *Kilder til forurensning:*

- a. Det er deponert husholdningsavfall og forretningsavfall innenfor et begrenset område på eiendommen Kilgaten 25. Avfallet antas å være fullstendig ”utbrent” i løpet av 40 år etter endt deponering.
- b. Lager, båtopleg øst for Kilgaten 25, og transportaktivitet i perioden etter deponering kan ha tilført grunnen ytterligere forurensning.

Det er funnet noe hydrokarboner, PCB og PAH i masser i området, men det er relativt lave konsentrasjoner. Det er også funnet noe sink, men ellers stort sett lave konsentrasjoner av tungmetaller.

#### *Spredning av forurensning*

Utfylling i området har foregått dels på gammel sjøbunn og dels i oppgravde groper i området. Det er antatt tidevannsutvasking på ca 2/3 av avfallet. Også i dette området er det en langsgående steinsjete som kan fungere som drenering/spredningsvei for grunnvann og forurensning. Det er også ledningstraseer lagt i pukk gjennom området der man kan anta at evt. forurensningsspredning foregår. Det er påvist trykkendringer inne i deponiet som viser at grunnvannet står i kontakt med sjøvann.

Ved springflo oversvømmes hele området. Ettersom evt. forurensede masser ikke er overdekket med tette masser er det i slike situasjoner en klar fare for ekstraordinær spredning av forurensning.

Grunnundersøkelsen viser at det er spredningsveger til sjøområdet utenfor, men de lave konsentrasjonene av miljøgifter funnet i grunnen sannsynliggjør at området neppe er en stor kilde.

### **5.1.3 Området innover langs Hegnabekken**

#### *Kilder til forurensning*

Kommunale deponier på både Sandar og Sandefjordsida inneholder trolig ulike typer avfall. Det er få rapporterte, konkrete opplysninger, men iflg NGU skal det være deponert olje, papir, pigmentrester og løsemidler. I tillegg kan det være tilført forurensning fra galvaniseringsverksted og skraphandler i området. Deponering foregikk både i mindre groper og i større deponi i de tidligere sumpområdene.

#### *Spredning av forurensning*

Hegnabekken (delvis lukket) og evt. andre rørtraseer må antas å være de mest sannsynlige spredningsveier for forurensning ut av området. Deler av deponiene er trolig godt isolert dersom de er omgitt av naturlige, finkornige løsmasser på alle kanter. De deler som ligger inntil rørtraseer eller rett inn mot bekken vil derimot være utsatt for gjennomvasking og utvasking av forurensning. Bekkens må anees som en sannsynlig miljøgiftkilde, men det er ikke grunnlag for å fastslå i hvor stor grad.

#### 5.1.4 Brå-Kilen

##### *Kilde til forurensning*

Forurenset industrigrunn fra 12 års skraphandlervirksomhet. Det er ikke funnet noen konkrete data for evt. miljøgifter, men tungmetaller og oljeforbindelser er typisk forurensning fra slik virksomhet. I enkelte tilfelle vil man også kunne finne PCB og løsemidler.

##### *Spredning av forurensning*

Dersom topplaget av jorda i området er forurenset kan det foregå spredning som følge av overflateavrenning, snøsmelting osv fra området. Forøvrig vil det på samme måte som for resten av området være begrenset med grunnvannsbevegelse i naturlige løsmasser, mens rørtraseer kan fungere som spredningsvei.

Grunnforurensning i området må ansees som en sannsynlig miljøgiftkilde, men det er ikke grunnlag for å fastslå i hvor stor grad.

### 5.2 Havneområdet/Småbåthavna

#### *Forhold i sjøen*

Det sentrale havneområdet har relativt lave konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentene, både som følge av en omfattende mudring i 1974, og propellerrosjon fra båttrafikken. Rigger med blåskjell og SPMDer, plassert litt vest for fergetraseen i 1997 ved Ulabrand-moloen, viste ikke noe signal i nivå eller sammensetning av klororganiske miljøgifter som indikerte denne del av havneområdet som egen kilde. Småbåthavna peker seg derimot noe ut ved at SPMDen plassert der fikk forhøyede konsentrasjoner av klorbenzener, a-HCH og DDT i forhold til øvrige rigger i indre fjord. Tilsvarende ble imidlertid ikke registrert i blåskjell på de samme riggene. Grunnlaget for å inkludere småbåthavna som kilde for lettere klororganiske forbindelser og DDT er derfor svakt, men kan ikke utelukkes. Analyser av bunnsedimentene i småbåthavna i 1991 ga konsentrasjoner av sum PAH på 2-84 mg/kg (markert til meget sterkt forurenset – klasse III til V). Analyse knyttet til mudringsforsøk i 1998 ga sum PAH på 2.5 mg/kg (klasse III – markert forurenset) og total PCB på 36 µg/kg (klasse II – moderat forurenset). I tillegg var kvikksølv og kadmium i klasse III, sink, kobber og bly i klasse II. Nivåene var de samme eller noe lavere enn i sedimentene forøvrig i indre fjord og indikerer derfor ikke havna som eget kildeområde.

#### *Kilde til forurensning*

Ruklabekken som går i kanal under hele byen har sitt hovedutløp innerst i Småbåthavna. Bekken samler en betydelig del av avrenningen fra nedbørsfeltet nord for byen og kan derfor mistenkes å være kilden til DDT. I dette feltet er det også flere mulige kildeområder med grunnforurensning angitt av NGU: Tivolitomta, Gassverkstomta, Øvre Lunden og Mobakken. I tillegg vil dagens aktiviteter langs bekken/kanalen kunne bidra med stofftransport. Landbruksaktivitetene langs bekken bidrar først og fremst med næringssalter og partikler gjennom overflateavrenning.

#### 5.2.1 Tivolitomta

##### *Kilde til forurensning*

I følge NGU er det mistanke om nedgraving av tjæretønner og olje på 1950- og 60-tallet. Det er ikke funnet ytterligere opplysninger om dette.

##### *Spredning av forurensning*

Overflateavrenning og grunnvannssig gjennom området kan ta med forurensning ut mot sjøen. Området ligger imidlertid så langt unna sjøen at det er mindre sannsynlig at spredning av olje og tjærestoffer når sjøen.



Nedgravde tjæretønner og olje kan være en eventuell kilde til de forhøyede PAH-nivåene i småbåthavna, men siden nivåene ikke er forskjellig fra andre deler av indre fjord, anser vi kilden som av mindre betydning.

### **5.2.2 Gassverkstomta**

#### *Kilde til forurensning*

Som for andre bygassverk er det mulig at det er omfattende forurensning fra gassverksdriften. Det kan være både PAH, lettere tjæreforbindelser og cyanider i grunnen etter slik virksomhet. Det er imidlertid ikke gjennomført undersøkelser på tomta så vidt vi kjenner til.

#### *Spredning av forurensning*

Overflateavrenning og grunnvannssig gjennom området kan ta med forurensning ut mot sjøen. Området ligger imidlertid så langt unna sjøen at det er mindre sannsynlig at eventuell spredning når sjøen, dersom det da ikke er svært omfattende forurensning, eller at det går ledningstraseer med pukk direkte gjennom området og ut til sjøen.

Konklusjon som for Tivolitomta.

### **5.2.3 Øvre Lunden**

#### *Kilde til forurensning*

Kommunal fylling fra 1950 tallet i boligområde. Avfall etter brannen på Jotun. Ingen konkrete opplysninger om spesialavfall i deponiet, som er rangert i rang 4 av NGU.

#### *Spredning av forurensning*

Overflateavrenning og grunnvannssig gjennom området kan ta med forurensning ut mot sjøen. Området ligger imidlertid så langt unna sjøen at det er mindre sannsynlig at eventuell spredning når dit, dersom det da ikke er svært omfattende forurensning, eller at det går ledningstraséer med pukk direkte gjennom området og ut til sjøen.

Området ansees ikke å være en miljøgiftkilde av betydning.

### **5.2.4 Mobakken**

#### *Kilde til forurensning*

Kommunal fylling fra 1950 tallet i boligområde. Ingen konkrete opplysninger om spesialavfall i deponiet, som er rangert i rang 4 av NGU.

#### *Spredning av forurensning*

Overflateavrenning og grunnvannssig gjennom området kan ta med forurensning ut mot sjøen. Området ligger imidlertid så langt unna sjøen at det er mindre sannsynlig at eventuell spredning når dit, dersom det da ikke er svært omfattende forurensning, eller at det går ledningstraséer med pukk direkte gjennom området og ut til sjøen.

Området ansees ikke å være en miljøgiftkilde av betydning.

## **5.3 Fjellvik**

#### *Forhold i sjøen*

Fjordundersøkelsene i gir ingen informasjon som skiller området utenfor Fjellvik fra resten av Kilen.

*Kilde til forurensning*

Kommunal fylling fra 1945 til 1950. Beliggenheten nær Framnes har medført mistanke om industriavfall i deponiet. Det er imidlertid rangert som rang 4 av NGU, dvs at det ikke er særskilte opplysninger som tilsier spesialavfall i deponiet.

*Spredning av forurensning*

Beliggenheten nær sjøen gjør at man må anta at det er mulig med utvasking av forurensning fra deponiet til fjorden, men vi har ikke informasjon som kan belyse om dette skjer.

## 5.4 Huvik

*Forhold i sjøen*

Bunnsedimentene utenfor Huvik viser jevnt over lavere miljøgiftnivåer i 0-2 cm sjiktet enn andre perifere deler av havneområdet (f.eks. utenfor Stub). Sedimentene karakteriseres som finkornet og bør derfor kunne akkumulere miljøgifter.

*Kilde til forurensning*

Undersøkelse i strandsonen på Huvik brygge i 1996 påviste gammel, svært forurenset sjøbunn under 1-2 m dekke av relativt rene fyllmasser lagt ut etter 1960. Tilstanden synes ensartet for hele det undersøkte området.

*Spredning av forurensning*

Det er lite sannsynlig at det lekker miljøgifter fra den gamle sjøbunnen til området utenfor så lenge de overdekte massene ikke forstyrres.

## 5.5 Framnes

*Forhold i sjøen*

Ingen av undersøkelsene i fjorden indikerer direkte Framnesområdet som aktiv miljøgiftkilde. Rigger med blåskjell og SPMD satt ut rett ved strandkanten viste ikke noe lokalt signal i nivå eller sammensetning av klororganiske miljøgifter, som kunne indikere tilførsel fra Framnes. Høyt forurensningsnivå nær sedimentoverflata rett utenfor slippen i 1994 kan muligens skyldes virksomhet på Framnes, eventuelt avdekket eldre lokal avsetning, men tilførsel fra det noe grunnere havneområdet innenfor kan også være årsaken. Både tidligere mudring utenfor Framnes (på 80-tallet) og høy propellaktivitet ved f.eks anløp av rigger og fartøy i opplag og ved fjerning av flytedokka tilsier at bunnsedimentene lokalt har blitt hyppig forstyrret.

*Kilde til forurensning*

NGU oppgir mistanke om nedgravd spillolje og malingsavfall på området. Vi har ikke hatt adgang til direkte undersøkelser som kan bekrefte/avkrefte dette.

*Spredning av forurensning*

Overflateavrenning og grunnvannssig gjennom området kan ta med forurensning ut mot sjøen, men dette har i så fall ikke vært omfattende nok til å gi målbar lokal belastning.

## 5.6 Stub

*Forhold i sjøen*

Overflatesedimentene utenfor Stub hadde høyeste konsentrasjon av DDT og av TBT i hele Sandefjordsfjorden i 1997, mens lokale blåskjell bare hadde høy TBT. Om DDT skyldes lokal tilførsel via overløp eller akkumulering fra andre steder er usikkert, men det er mindre sannsynlig at TBT tilføres lokalt, dersom ikke småbåthavna rett nordvest for stasjonen er en kilde. Selv om bruken av TBT på småbåter har vært forbudt siden 1990, har det vist seg å være overraskende høye TBT-verdier

i bunnsedimenter under småbåthavner. Svak lukt av H<sub>2</sub>S øverst i sedimentprøven på bare 5 m vanddyb kan imidlertid tyde på at området er en bakevje, og at stasjonen derfor får tilført sedimenterende materiale fra andre steder. De lokalt høye TBT-verdiene kan antyde det samme. Bortsett fra TBT var lokale blåskjell bare moderat miljøgiftforurenset. Følgelig synes ikke tilførsel av andre miljøgifter til de øvre vannmassene å være et lokalt problem.

#### *Kilde til forurensning fra land*

Flere mindre overløp munner ut i marinaområdet nord for Stub. Marinaen selv kan heller ikke utelukkes som miljøgiftkilde, selv om det ikke finnes noe konkret informasjon herfra. Nyere undersøkelser har som nevnt vist at bunnsedimentene i en del småbåthavner kan være sterkt miljøgiftforurenset, også av TBT.

TBT-forurensningen kan være lokalt generert, men like sannsynlig forårsaket av den store båttrafikken i fjorden generelt. Det er mest sannsynlig at sedimentforurensningen i området skyldes akkumulering av materiale generert andre steder i fjorden.

## **5.7 Gimle**

#### *Forhold i sjøen*

PCB-sammensetningen i sedimentene rett sør for Gimle er noe ulik det som finnes i områdene rundt og er mer dominert av tunge forbindelser som CB 153 og 180. PCB-nivået i naturlige blåskjell tatt rett sør for Jotun fabrikker i 1997 var høyere enn i skjell fra Veradeponiet og Stub og hadde en annen PCB-profil. Skjell og SPMD på rigg satt ut i sørenden av Jotun-kaia viste også svakt forhøyet nivå av PCB og avvikende profil fra riggene lenger innover i fjorden. Selv om profilforskjellene i naturlige og transplanterte skjell ikke samsvarte helt, indikerer begge datasettene, sammen med resultatene forøvrig at Gimle er et eget kildeområde for PCB. Videre viste naturlige og transplanterte skjell, blæretang og SPMDer på rigg i ulik grad at det ved Gimle kan være lokale kilder for klorbenzener, DDT, bly og kobber. Et bidrag fra oppvirling av bunnsedimenter lokalt og kanskje spesielt i grunnområdet rett sør for Jotun kan ikke utelukkes, men siden bunnen skråner raskt utover mot større dyp er slik tilførsel langt mindre sannsynlig enn f.eks. i havneområdet.

#### *Kilde til forurensning fra land*

Det er fylt ut masser etter brannen i sjøkanten ved Jotun Fabrikker. Vi kjenner ikke til at det er gjennomført direkte undersøkelser av hva som kan være i massene. Sør for Jotun fabrikker, i området der prøvene av de naturlige bestander av blåskjell og tang ble samlet, munner det ut to kloakkutslipp, men siden hovedmengden av avløpsvannet ved Gimle ledes til Enga, regner vi med at disse bare tar imot normal husholdningskloakk fra et lite antall husstander. Det er dermed vanskelig å koble funnene i fjorden utenfor sammen med mulige kilder på land.

#### *Spredning av forurensning*

Muligheten for spredning av evt. forurensning fra fyllmassene regnes som stor, både ved utstrømming av grunnvann og overvann fra land, og ved utvasking med sjøvann/tidevannsendringer.

Det er med stor sannsynlighet en eller flere lokale landbaserte kilder til miljøgifter i fjorden utenfor Gimle, men informasjonen om forholdene på land er for liten til at noen kan identifiseres.

## **5.8 Jahres fabrikker/Pronova**

#### *Forhold i sjøen*

Lokale undersøkelser vi kjenner til, omfatter kun utsetting av rigg med blåskjell og SPMD i nordenden av kaiområdet i 1997. Eneste signal som ble påvist var at SPMD-prøven fra området hadde høyeste nivå av klorbenzener i hele fjorden. Dette kan indikere en lokal kilde, men betydningen er usikker siden blåskjell på samme rigg ikke viste anriking av klorbenzener. Hydrografiske forhold kan ha

påvirket miljøgiftnivåene i gunstig retning ved at strandsonen i dette området er brattere og mer eksponert enn strandsonen lenger sør (Veradeponiet/Vinndalsbukta).

#### *Kilde til forurensning*

NGU oppgir at det har vært lagret spesialavfall på fat og at det skal være ulike deponeringer rundt på området. Det er ikke funnet ytterligere opplysninger om dette.

#### *Spredning av forurensning*

Overflateavrenning og grunnvannssig gjennom området kan ta med forurensning ut mot sjøen.

Bortsett fra en mulig lokal kilde til klorbenzener, er det ikke intet som indikerer at området er en miljøgiftkilde.

## **5.9 Veradeponiet**

#### *Forhold i sjøen*

Omfattende undersøkelser av deponiet er gjennomført på 90-tallet og viser at det episodisk (f.eks. ved ekstrem springflo) inntil 1995 lekket ut tungmetaller som kadmium, kobber og bly fra deponiområdet. Utlekkingen ga moderat forurensning i nærområdet for deponiet. Skjell satt ut i bur i kanten av selve deponiområdet over et tidsrom på flere måneder i 1991 endret ikke vevsnivå av PCB og ga følgelig ikke indikasjon på utlekking fra deponiet. Undersøkelser etter at tiltak ble gjennomført tyder på at det ikke lenger foregår metallutlekking. SPMD-resultatene fra 1997 viste forøvrig en DDT-topp ved Veradeponiet/Vindalsbukta, mens tilsvarende ikke ble funnet i blåskjell fra samme rigg.

#### *Kilde til forurensning*

Det er deponert malingavfall i to deponier på området. Det er påvist høye konsentrasjoner av tungmetaller og det er også løsemidler i avfallet. Ellers i området er det deponert GUP-avfall og blekejord. I (deler av) blekejorda er det funnet høyt innhold av bly.

#### *Spredning av forurensning*

Det er gjennomført studier av mulig spredning av forurensning fra malingavfalldeponiene. På basis av disse er det gjennomført avskjermende tiltak som skal hindre omfattende spredning av forurensning. For øvrig er det åpne sprengsteinsmasser i nordlige del av området som gir gjennomstrømning av grunnvann gjennom området. Store deler av arealene har fast dekke, noe som reduserer mulighet for utvasking over grunnvannsnivå. De overkonsentrasjoner av DDT og til dels PCB som er funnet i fjorden kan ikke knyttes til den kunnskapen man har om deponien på land her.

## **5.10 Thorøya**

#### *Forhold i sjøen*

Av stedsspesifikke undersøkelser er det bare en sedimentstasjon undersøkt i 1994 som ligger i umiddelbar nærhet av Thorøya. Denne viste høye miljøgiftnivåer på linje med stasjonene i indre fjord forøvrig og klart høyere enn neste stasjon utover som ligger ca 500 m sør for Asnes. Et bidrag fra Thorøya i dette mønsteret kan derfor ikke utelukkes, men det finnes ikke data som kan belyse et eventuelt bidrag bedre.

#### *Kilde til forurensning*

Det foreligger ingen opplysninger som kan bidra til å vurdere eventuelle miljøgiftkilder på land, selv om området har en betydelig industriell utbygging.

## 6. Konklusjoner

### 6.1 Sandefjordsfjordens forurensningssituasjon

Undersøkelsene i 1994 og 1997 viser at bunnsedimentene i indre Sandefjordsfjorden er markert til meget sterkt forurenset av både PCB, DDT, PAH, kvikksølv, bly, kobber og tributyl-tinn (TBT). Mest forurenset er Kilen, dypere sedimentavsetninger utenfor Framnes og til dels området utenfor Stub og Gimle. Dioksinforurensningen er lav, men konklusjonen bygger på et spinkelt datagrunnlag. Det sentrale havneområdet ved fergeteminalen har ubetydelig til moderat forurensete sedimenter grunnet tidligere mudring og hyppig propelloppvirvlingen som flekkvis har fjernet løsmasser.

Ut fra opptak i blåskjell, tang og passive prøvetakere (SPMD) er vannmassene i fjorden påvirket av klororganiske forbindelser, både PCB, DDT, i noen grad klorbenzener og klorsykloheksaner, samt bly. Kjerneområder er Kilen, småbåthavna, Gimle og Vera. Dataene tyder på at disse områdene påvirkes av ulike kilder, men hvorvidt kildene er lokalt oppvirkede bunnsedimenter eller tilførsel fra land kan ikke bestemmes. Vannmassene lokalt utenfor Gimle er også påvirket av kobber, og vannmassene utenfor Veradeponiet til tider av kadmium, kobber og bly. Vannmassene er liten grad belastet med PAH og kvikksølv.

Bortsett fra at torsk i indre fjord har meget høyt innhold av PCB i lever, er forurensningsgraden i fisk lav til moderat. Det er ikke påvist effekter av miljø-østrogener i torsk.

Sedimentprofiler utenfor Framnes i 1997 viser entydig at det er lavere tilførsel av miljøgifter til sedimentene i dette området i dag enn før. Bedringstidspunkt er vanskelig å fastslå fordi sedimenteringshastigheten ikke er kjent og fordi bunndyras aktivitet (bioturbasjon) blander de øvre ca 10 cm av sedimentet. Antas en normalsedimentasjon på 3-4 mm i året indikerer profilene at reduksjonen har skjedd en gang etter ca 1965-1970. Dette stemmer bra med forholdene under Huvik brygge, som indikerer at det iallfall fram til ca 1960 var stor miljøgifttilførsel til sedimentene i området. I det ytre området ved Tranga indikerte kjerner innsamlet i 1991 og 1994 et vendepunkt omkring 1980, men tidspunktet er usikkert også her.

Kritisk gjennomgang av tilgjengelige data fra perioden 1974-1998 viste klare tegn på bedring av eutrofi forholdene i overflatelaget i den innerste delen av Sandefjordsfjorden over tid. Ulike parametere som næringsalter, fastsittende alger og oksygen i bunnvannet viste meget konsistente endringer mot "god" og "meget god" tilstand. Siktedypet viste dårligere tilstand med små endringer over tid og fortsatt dårlige forhold i havneområdet. Dette skyldes sannsynligvis oppvirvling av sedimenter eller annen tilførsel av leirpartikler med lavt innhold av nitrogen og fosfor, og indikerer i så fall ikke eutrofi. Den positive eutrofiutviklingen fra 1974 til 1998 gjør langt på veg at miljømålet om badevannskvalitet mhp eutrofi parametre i indre fjord er oppfylt.

Ved Tranga viste næringsalter og oksygen i dypvannet tilsvarende trender mot gode og meget gode forhold. Også siktedypet viste en klar økning i dette området, men undersøkelsene av fastsittende alger ved Nilseholmen viste små endringer, og området ble karakterisert som eutrofi påvirket både i 1977/78, 1982/83 og i 1997. Denne forskjellen kan skyldes at den hydrografiske stasjonen ligger forholdsvis åpent til midt i munningen av indre fjordområde, mens hardbunnstasjonen er en beskyttet lokalitet.

### 6.2 Tilstedeværelse av mulige aktive kilder

Avløpsvannet fra 45500 P (personenheter) i Sandefjord kommune ledes til Enga renseanlegg i tørrvær. Avløpsnett i kommunen er i stor grad basert på eldre kombinerte systemer som forårsaker store overløpsutslipp ved regnvær. Dette gir tilførsel av næringsalter, organisk stoff, partikulært materiale, bakterier og miljøgifter til Sandefjordsfjorden. 1,95 mill. m<sup>3</sup> avløpsvann gikk årlig tildels urensset ut i

fjorden via overløp før sanering startet for 5 år siden. En gradvis økende årsnedbør de senere år har gitt økt utslipp av overvann. Hovedparten av overløpsvannet munner ut i overløpene i Hesteskoen og Sentrum pumpestasjon innerst i fjorden, samt i overløp ved Virikbekken.

Vi har ikke kunnet fremskaffe eksakte data for utslipp av miljøgifter fra avløpssystemet, men estimerer for enkelte stoffgrupper er presentert, og disse tyder på at avløpsvannet kan inneholde betydelige konsentrasjoner av miljøgifter, noe som sannsynligvis har gitt et markert forurensningsbidrag til indre deler av Sandefjordsfjorden.

For å bøte på problemene er Sandefjord kommune igang med et saneringsprogram for å lede overvann unna kloakksystemene. Dette er et omfattende arbeide som gjelder Rukla- og Haslebekken og som vil pågå fram til 2017. Kommunen arbeider også for å redusere påslipp av miljøgifter til avløpsnett gjennom påslippavtaler med industrien og via utfasing av kjemikalier.

Det er sannsynlig at diffus overflateavrenning fra arealer i nedbørfeltet også gir en viss tilførsel av miljøgifter til fjorden. Vi har ikke hatt mulighet for å kvantifisere hvor stort bidraget kan være. Direkte undersøkelser i bekkene i nedbørfeltet vil kunne bedre grunnlaget for å vurdere overflateavrenning som kilde til forurensning av fjorden. Hovedstrukturen i nedbørfeltet består av nord-sør gående fjellrygger. I nord rekker nedbørfeltet opp til raet. Det er et relativt lite og smalt nedbørfelt, med kort avstand til fjorden, noe som tilsier en relativt liten belastning på fjorden. På den annen side er det et intenst arealbruk i nedbørfeltet, som bidrar i motsatt retning. Det er lagt avløpsledninger i grunnen i store deler av nedbørfeltet. To større bekkedrag: Rukla- og Hegnabekken (delvis lukkede) i henholdsvis nordre og østre del samler en betydelig del av avrenningen. Disse ender innerst i fjorden. Forurensning i jord vil i stor grad bindes, holdes tilbake eller til og med brytes ned i jorda. Vannløselige stoffer kan imidlertid følge grunnvann ut til grøfter og bekker og ende i fjorden. Fra nedgravde avfallsdeponier kan det også løses ut og spres forurensning med sigevann, særlig der deponiene ligger i områder med sand/grus/steinmasser eller i tilknytning til rørtraseer, bekker og sjøkant. Vi antar at mange av deponiene i nedbørfeltet ligger relativt isolert omgitt av tette masser, men forurenset grunn og deponier i sjøkanten er i en særstilling. Der vil både overflateavrenning, utstrømmende grunnvann og inntrengning av sjøvann kunne ta med seg forurensning til fjorden.

Ut fra den positive utviklingen i eutrofiforhold i fjorden og de eksisterende kostholdsråd og omsetningsforbud for lever av fisk innenfor Tranga er det formålstjenlig å konsentrere tiltaksorientert kildesporing om miljøgifter. De aktuelle kildene til miljøgifter i vannmassene i fjorden er søl og uhellsutslipp, regulære utslipp i egne avløp eller kommunalt ledningsnett, overvann og snødumping, sigevann gjennom grunnen, atmosfærisk nedfall og oppvirvling av forurensete sedimenter. Det er tidligere identifisert 20 steder på land der det er påvist eller klar mistanke om grunnforurensning i nedbørfeltet. Desverre er det få direkte undersøkelser som kan benyttes til å vurdere hvorvidt disse stedene faktisk forurenser fjorden i dag. Det er derfor fortsatt en rekke mulige kilder til forurensning av fjorden. Ut fra vurdering av tilstanden i 10 hovedområder av fjorden mot de 20 kildelokalitetene konkluderes følgende.

### 6.2.1 Kilen

Fjordundersøkelsene viser at Kilen er miljøgiftbelastet, både i sedimenter og vannmasser, og at miljøgiftene er biotilgjengelige. Kildene til sedimentbelastningen kan være både tilførsel fra forurenset grunn på land, fra kloakksystemets overløp og akkumulering av sedimenter oppvirvlet fra andre steder i havna. Det finnes ikke informasjon som gjør at noen av disse kan utelukkes. Heller ikke for vannmassene er det mulig ut fra eksisterende data å konkludere om den nåtidige forekomsten av klororganiske miljøgifter kommer fra oppvirvlede sedimenter eller avrenning fra land, eller en kombinasjon av disse. På land er det gjort undersøkelser i de områdene der det foreligger utbyggingsplaner, mens andre deponiområder er lite undersøkt. Dette gjør at vi ikke kan angi hvilke kilder som evt. bidrar mest. De mest sannsynlige kildene på land er Kilen Vest og Hegnabekken.

Forskjellene i komponentsammensetningen for PCB i vannmassene i Kilen og ved Gimle er i samsvar med at det skal være lite industriavfall deponert i Kilen Vest. Grunnforurensingen i området ligger så tett på fjorden og bekken at det også er stor sannsynlighet for spredning av evt. mobile stoffer i grunnen til fjorden.

### **6.2.2 Havneområdet og Småbåthavna**

Ingen av de mulige områdene med forurenset grunn listet opp er sannsynlige som kilde til DDT-forurensing i småbåthavna, så dersom Ruklabekken fører disse stoffene med seg, må kilden ligge høyere i nedbørsfeltet. DDT-signalet er imidlertid usikkert siden blåskjell og SPMD viste ulik trend. Andre miljøgifter utpreger seg ikke i småbåthavna framfor andre deler av havneområdet. Det er heller ikke noe i fjord-informasjonen som indikerer lokale kilder rundt havneområdet forøvrig. Lokale tilførsler, f eks via kloakksystemets overløp eller overvann, kan likevel forekomme siden den vedvarende fysiske forstyrrelsen forårsaket av båttrafikken kan gjøre at miljøgiftene holdes i vannmassene og føres ut av området. Vi har likevel ingen data som tilsier at dette skjer.

### **6.2.3 Fjellvik**

Det finnes ikke informasjon som beskriver miljøtilstanden i fjorden lokalt utenfor Fjellvik, eller som kan belyse om Fjellvikområdet får tilført miljøgifter lokalt.

### **6.2.4 Huvik**

Gammel forurenset sjøbunn under utfyllingen til Huvik brygge må ansees som potensiell miljøgiftkilde. Sedimentene utenfor har karakter av å være akkumulasjonsbunn, men analyser av disse indikerer ikke at utlekking skjer lokalt.

### **6.2.5 Framnes**

Fjord-informasjonen avklarer ikke om det er lokale, aktive miljøgiftkilder på Framnes, men det er intet som tyder på at vannmassene får tilført klororganiske miljøgifter lokalt.

### **6.2.6 Stub**

Bortsett fra TBT synes ikke miljøgifttransport i vannmassene å være noe lokalt problem. Sedimentundersøkelsene indikerer området utenfor Stub som et akkumulasjonsområde, som derfor samler partikkelbundne stoffer anrikt med miljøgifter i suspensjon fra større deler av havneområdet. Landavrenning, evt gjennom mindre overløp nord for Stub kan være et supplement. Ut fra nyere undersøkelser som viser at bunnsedimentene i småbåthavner kan være sterkt miljøgiftforurenset, kan man heller ikke utelukke en viss tilførsel fra marinaen vest for Hesteskoen.

### **6.2.7 Gimle**

Fjordundersøkelsene indikerer at det i Gimle-området er en eller flere lokale miljøgiftkilder, både for PCB, klorbenzener, DDT, bly og kobber. Alle disse forbindelsene er eller har vært viktige komponenter i malingproduksjon. Jotun eier og har produsert/produserer maling på en stor del av dette området, men informasjon om forholdene på land forøvrig er spinkel. Avrenning fra forurenset grunn er sannsynlig. Det er også to mindre kloakkutløp rett sør for Jotun, men disse drenerer antakelig bare noen få husstander. Et bidrag fra oppvirvling av bunnsedimenter lokalt og kanskje spesielt i grunnområdet rett sør for Jotun kan ikke utelukkes, men topografien utenfor Gimle er slik at vi ikke anser oppvirvling av bunnsedimenter for å være en kilde av betydning.

### **6.2.8 Jahres fabrikker og Pronova**

Informasjonen om lokale miljøgiftforhold på land og i sjøen er fragmentarisk. Et signal om aktiv tilførsel av klorbenzener til vannmassene er påvist, men usikkert. Man kan i så fall ha en lokal kilde til klorbenzener. Informasjonen indikerer ikke andre tilførsler.

### **6.2.9 Veradeponiet**

Fjordundersøkelsene indikerer at vannmassene får tilført noe DDT. DDT signalet er usikkert, og det er intet i kartleggingen på land som tilsier at deponimassene er en kilde til denne miljøgiften. Muligheten for tilførsel med vannmassene sørfra er til stede. Det er ikke funnet noen holdepunkter for utlekking av PCB. Tungmetaller ble tidligere vasket ut av deponiet når sjøvannet trengte inn i deponimassene ved ekstrem springflo, men tiltak etter 1995 ser ut til å ha stoppet dette.

### **6.2.10 Thorøya**

Informasjonen om fjordforholdene ved Thorøya og mulige miljøgiftkilder på land er for spinkel til at man kan trekke konklusjon om lokal kildetilførsel av miljøgifter.



## Vedlegg A. Informasjonsgrunnlag

Følgende bakgrunnsmateriale er mottatt fra Sandefjord kommune pr 27. november 2000:

- 1 Rapport, Marline ASRA 1998: Mudring og remedieringsprosjekt for Sandefjord havnebasseng
- 2 Rapport NET 2000: Supplerende prøvetaking av løsmasser under grunnvannsnivå og beregning av massevolumer ved Kilen Brygge
- 3 Rapport NET 2000: Supplerende prøvetaking av løsmasser ved Kilen brygge
- 4 Rapport NET 2000: Sammenstilling av miljøundersøkelser ved Kilen Brygge
- 5 Rapport NET 2000: Solding av jord på Kilen Brygge
- 6 Rapport Energisystemer AS 1996: Utfyllingsområdet Kilen Vest i Sandefjord kommune. Miljøteknisk vurdering av grunn
- 7 Rapport Energisystemer AS 1996: Eiendommen Kilgaten 25 i Sandefjord kommune. Miljøteknisk grunnundersøkelse hovedrapport + del 2 Vedlegg
- 8 Kart 1991: temakart kloakksaneringsplan
- 9 Kart NET 1998: Miljøkart. Sandefjord havn fra Kilen til Tranga
- 10 Tabeller 2000. Oversikt over overløp og personekvivalenter i Sandefjord
- 11 Kart 1999: Tiltaksplan Hasle-Ruklabekken-Virikbekken
- 12 Tabellsamling 2000?: Avløpsundersøkelser – utslippsteder
- 13 Tabeller og kart 1997: Ecoskopmålinger av metaller i ledningsnett.
- 14 Rapport Promitek 2000: Vurdering av grunnforurensning i rørtrase for vannledning Hegnaveien/Vesterøyveien (innerst i Kilen).
- 15 Rapport SINTEF 1999: Beregning av belastning og utslipp fra hovedavløpssystem i Sandefjord.
- 16 Miljøteknisk rapport Berdal Strømme 1996: Forurensningstilstanden i strandsonen på Huvik. Vedlegg til søknad om byggearbeider.
- 17 Brev Statens Forurensningstilsyn 04.08.2000 til Sandefjord kommune: varsel om pålegg om miljøtiltak i enkelte havneområder i Norge
- 18 Svarbrev Sandefjord kommune, 27.09.2000: merknader til varsel om pålegg fra SFT.
- 19 Notat Sandefjord kommune 1997: utdrag av Kommuneplan 96 vedr fjord- og vassdragsovervåking i Sandefjord – miljømål for kyst og vannmiljø

Følgende materiale er mottatt fra næringsmiddeltilsynet pr 27. november 2000:

- 20 Brev Næringsmiddeltilsynet 2000: Oversiktsliste over undersøkelser utført i forbindelse med Sandefjordsfjorden
- 21 Rapport VIAK 1970: Hydrografisk undersøkelse av Sandefjordsfjorden
- 22 Tabeller 1974-1998: hydrografiske og hydrokjemiske analyser av sjøvannsprøver Sandefjordsfjorden
- 23 Rapport Viak 1975: analyseresultater sedimentprøver fra Sandefjord havn
- 24 Fremdriftsrapport MILJØPLAN 1984: Forurensningssituasjonen i Sf.fjorden og Mefjorden – fastsittende alger
- 25 Rapport Grunn Teknikk AS 1991: Analyse av bunnsedimenter i forbindelse med oppmudring i småbåthavna
- 26 Rapport Jordforsk 1992: Kartlegging av utlekking fra deponi ved Vera (Jenssen et al.)
- 27 Tabell Næringsmiddeltilsynet Tønsberg 1993: Analyseresultater nikkell i blåskjell, krabber og fisk fra 1993
- 28 Brev Folkehelsa 1993: Analyse av PCB i fisk og skalldyr fra Sandefjordsfjorden
- 29 Brev SFT 1995: Sonderende undersøkelser av norske havner. Miljøgifter i sedimenter fra Sandefjordsfjorden.

Følgende materiale fra NIVA og Jordforsk er benyttet i utredningen

- 30 Rapport NIVA 1994: Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Miljøgifter i sedimenter fra Sandefjordsfjorden.
- 31 Rapport NIVA 1998: Miljøovervåking i Sandefjordsfjorden og indre Mefjorden 1997-98. Delrapport 1. Hydrografi hydrokjemi og planteplankton
- 32 Rapport NIVA 1998: Miljøovervåking i Sandefjordsfjorden og indre Mefjorden 1997-98. Delrapport 2. Miljøgifter i sedimenter
- 33 Rapport NIVA 1998: Miljøovervåking i Sandefjordsfjorden og indre Mefjorden 1997-98. Delrapport 3. Miljøgifter og effekter i fisk og skalldyr.
- 34 Rapport NIVA 1998: Miljøovervåking i Sandefjordsfjorden og indre Mefjorden 1997-98. Delrapport 4. Kartlegging av kilder til miljøgifter
- 35 Rapport Det Norske Veritas 1998: Miljøovervåking i Sandefjordsfjorden og indre Mefjorden 1997-98. Delrapport 5. Bløtbunnsfauna og grunntvannssamfunn
- 36 Rapport Jordforsk 1990: Kartlegging og utlekking fra deponi ved Vera fabrikker i Sandefjord kommune. Hovedrapport og vedleggsrapport.
- 37 Rapport Jordforsk 1994: Overvåking ved tiltak på Vera-deponiene.
- 38 Rapport Triton Marinbiologer 1995: Overvåking av tiltak på Vera-deponiene.
- 39 Rapport Triton Marinbiologer 1996: Overvåking av deponi 1 på Vera as, sept. 1994 – okt. 1995.
- 40 Rapport Triton Marinbiologer 1997: Utlekking av tungmetaller fra deponiet ved Vera fabrikker AS. Innhold av Cd, Pb og Zn i blåskjell i mars og april 1997.
- 41 Veiledning SFT 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.
- 42 Rapport SFT 1998: Kilder til organiske miljøgifter i kommunalt avløpsvann. Bidrag fra småindustri.
- 43 Rapport SFT 1998: Kilder til organiske miljøgifter i kommunalt avløpsvann. Bidrag fra husholdninger.
- 44 Rapport SFT 1998: Forurensede marine sedimenter. Oversikt over tilstand og prioriteringer.
- 45 Rapport SFT 2000: Miljøgifter i norske fjorder. Ambisjonsnivåer og strategi for arbeidet med forurenset sjøbunn.
- 46 Rapport NGU 1989: Avfallsfyllinger og industritomter med deponert spesialavfall, Vestfold fylke.
- 47 Rapport NIVA 1992 (2696) Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i bunnsedimenter fra Oslo havneområde.
- 48 Rapport NIVA 1995 (3275) Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø.

- 49 Rapport NIVA 1993 (2942) Organiske miljøgifter i bunnsedimenter og organismer utenfor Haakonsvern.
- 50 Rapport NIVA, NOTEBY 1994 (3034) Kartlegging av miljøgifter i sedimenter. Indre Drammensfjord.

## Vedlegg B. Oversikt over historiske miljøgiftkilder til Sandefjordsfjorden (utarbeidet av Jotun AS, 1998).

Informasjon om plassering av historiske kilder er gitt i hht vedlagte kart.

Vi tar reservasjon om at dette er satt opp etter de kunnskaper som vi innehar og må anses som et utgangspunkt, mer enn at det er noen fullstendig oversikt over alt som har foregått av aktiviteter i fjorden. Sandefjord kommune kan f.eks sikkert bekrefte tidspunktene enda mer nøyaktig, enn det som er gjort her.

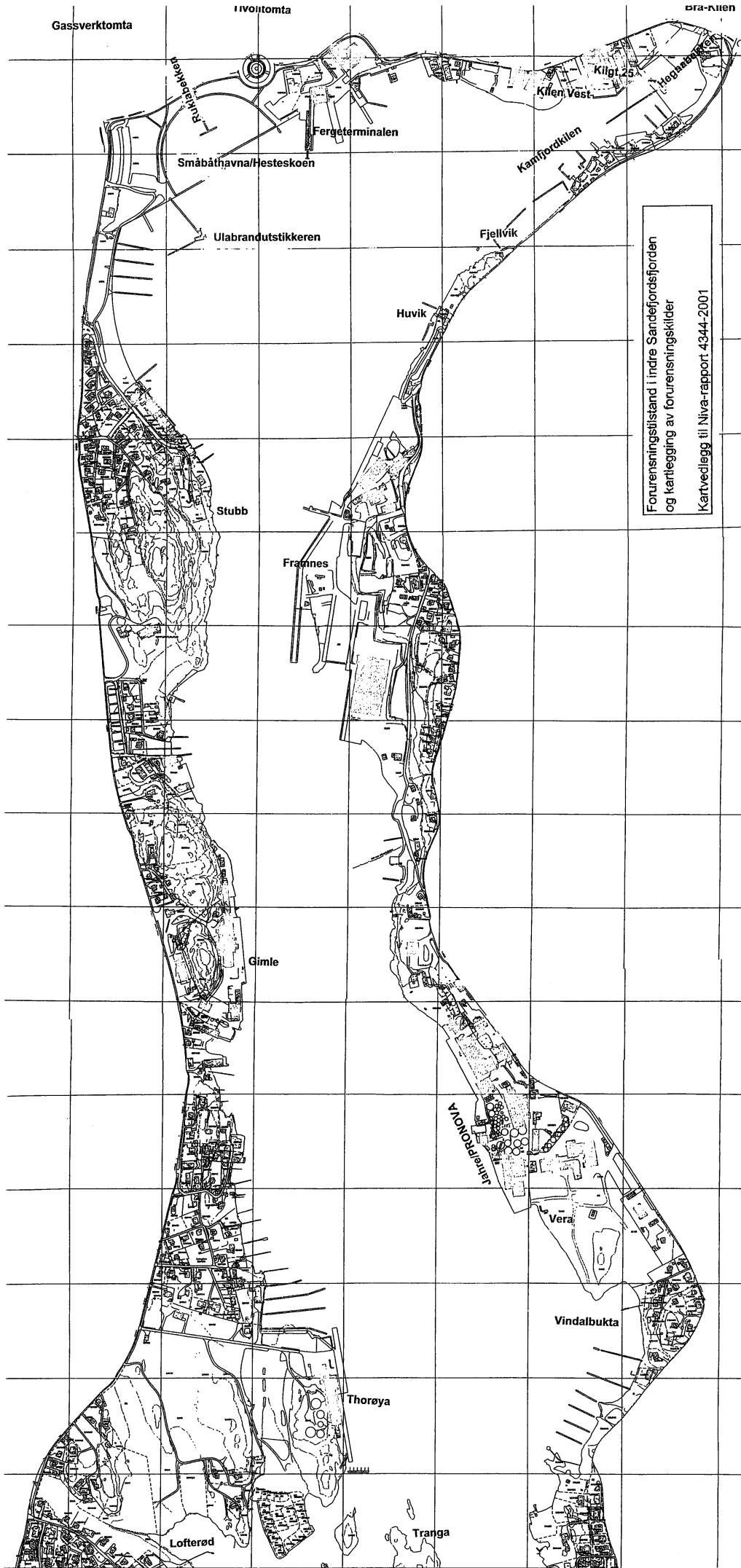
<b>STED</b>	<b>AKTIVITET</b>	<b>MULIGE MILJØGIFTER</b>
<b>1. ENGA RENSEANLEGG</b>	Renseanlegg for Sandefjord kommune.	Dokumentasjon: Sandefjord kommune
<b>2. HYSTAD</b>	AS Thor Dahl: Thorøya. Virksomhet fra ca.1950-1970. 3 hvalfangstekspedisjoner ble overhelt, oppmalt, rustpikking mm. Tilsammen besto flåten av ca. 40-50 enheter. I tillegg lå det tankbåter i opplag både nord og sydøst for Thorøya (Trangsholmen).  Stor plastproduksjon (plater, ølkasser, fiskekasser ol i polyetylen)	PCB, Hg, DDT  ?
<b>3. LYSTAD</b>	Lystad maskinverksted AS. Virksomhet fra før krigen til ca. 1960. Slipp. Drev med overhaling av mindre båtmotorer. Et lite firma. Senere marina.	-
<b>4. LYSTAD/GIMLE</b>	Lagerplass for Rosshavet AS. Fra krigen til 1970.	-
<b>5. GIMLE</b>	Lystadslippen AS. Virksomhet fra før krigen til ca. 1980. Stor slipp. Oppussing av større lystfartøyer. Base for oppussing av redningsskøytene på Øst-/sørlandet. Også maskinverksted. Mottok bl.a transformatorer, for å ta ut metall. Jotun leier tomten fra 1983. Jotun ryddet opp, fjernet lekter og gjennværende oljerester i 1988.	PCB, Hg, DDT, TBT, Cu
<b>6. GIMLE</b>	Jotun har produsert løsemiddelholdig maling med innhold av PCB, Hg, Cu, TBT. Det har ikke vært utslipp til sjøen fra denne produksjonen. Det var trafoer i fjellet og i kokeriet som gikk med i Jotun-brannen. TBT har blitt benyttet som fungicid i ulike typer malinger i tidligere tider. Fabrikken er bygget på et område	PCB, TBT

	<p>som er bygget ut med sprengstein etter brannen. Det er ikke jord/masser under, kun stein.</p> <p>DDT har kun vært prøvd ut i lab.skala hos Jotun. Det var Internasjonal maling som solgte selvpolerende bunnstoff med DDT.</p>	
<b>7. RANVIK</b>	<p>Ranvikslippen AS. I drift fra ca. 45-ca.70. Lagerplass for Jahre.</p> <p>Mek.verksted og overhaling av fangstbåter/utstyr for ca. 15 enheter.</p>	PCB, DDT, Hg, Cu
<b>8. STUBLANDET</b>	<p>Stub syd. Opplagsplass for Thor Dahl AS.</p>	-
<b>9. STUBLANDET</b>	<p>Stor Trafo-stasjon, som lå helt nede ved vannet Forsyning til Framæs Mek.verksted og hele Framnesområdet. Revet ca. 1970.</p>	PCB
<b>10. STUB NORDRE</b>	<p>Opplagsplass for fangstbåter fra Jahre etter krigen til ca. 70.</p>	-
<b>11. HJERTNES</b>	<p>Kommunal fyllplass fra ca. 45-55? Deponert alt mulig, men mest husholdningsavfall.</p>	Diverse
<b>12. RUKLA-BEKKEN</b>	<p>Som bl.a gikk/går gjennom deponi ved Tempokrysset, Ekeberg, flere verksteder og Fix-fabriker. Går fortsatt ut til fjorden.</p>	Diverse
<b>13. HJERTNES SYD.</b>	<p>Opplagsplass for Hvalbåter fra AS Rosshavet (ca-45-70). Overhaling, maling osv. av ca. 15 enheter.</p>	PCB, DDT, Hg
<b>14. PIRENE 1-3.</b>	<p>Fra 1945 havnetrafikk til byen. Opplagsplass for hvalbåter og inntaksplass for utstyr frem til ca.1970. Fergetrafikk til Strømstad fra 1985?</p>	Oppvirvling
<b>15. KILGATA</b>	<p>Brå skraphandel (senere Sandefjord Mek.Industri (SMI)) Fra ca. 1945-95. Bl.a tømning av transformatorer.</p>	Sandefjord kommunes egne undersøkelser i 1998 har dokumentert funn av PCB og Hg i grunnen.
<b>16. KAMFJORD-KILEN VEST</b>	<p>Småbåthavn.</p>	TBT, Cu
<b>17. KAMFJORD-KILEN</b>	<p>Deponi fra ca. 45-62. Det er, i følge NGU-rapport 89.069 om avfallsfyllinger i Vestfold kommune, deponert papir, pigmentrester og løsemidler fra Jotun og ifølge denne skal det også være sagt at det har vært dumpet spillolje fra Framnes Mek Verksted.</p>	Diverse bl.a PCB
<b>18. KAMFJORDVÆR VEN</b>	<p>Vedlikeholdsverv for Thor Dahl AS. Betydelig vedlikehold for fangstbåter bl.a maskinvedlikehold, maling osv. (ca. 50 enheter).</p>	PCB, Hg, DDT

<b>19. KAMFJORD-VÆRVEN SYD /HUVIK</b>	Opplagsplass, men med lett vedlikehold fra lenge før krigen.	PCB, Hg, DDT
<b>20. HUVIK</b>	Verksted som drev bl.a med dynamoer.	-
<b>21. HUVIKSLIPPEN</b>	Verksted (Johannsen). Ikke betydelig. Drev med småbåter.	-
<b>22. FRAMNES</b>	Framnæs Mek.verksted. Fra før krigen og frem til 1990?. Betydlig virksomhet (1200-1300 ansatte, på det meste 2200) Betydlig virksomhet i alle perioder bl.a skipsbygging, vedlikehold, oljeplattformer osv. Betydlig virksomhet av den tyske krigsmarine under krigen. Meget kraftkrevende industri, hvor det var mange trafoer. Noe småindustri i Framnesområdet, bl.a Gjelstad fabrikk.	Benyttet store mengder maling i alle perioder PCB, Hg, DDT, TBT, Cu
<b>23. VINDAL</b>	Sandar fabrikker /Jahres/Pronova. Fra 1945 - Fettherding.	Nikkel
<b>24. GONVIKA</b>	Opplagsplass for kokerier fra Jahre. Vedlikehold, oppussing mm.	-
<b>25. VERA</b>	Vera fabrikker fra ca. 45. Foredling av hvaløje/kokosolje. Produksjon av en del blyholdige produkter fra ca. 60-tallet. Produksjon av glassfiberarmerte tanker fra 1967.	Bly
<b>26. VERA</b>	Deponi som mottok blekejord, polyester, malingsrester og rivningsavfall etter Jotun-brannen. Ved Jotuns undersøkelser av Vera-deponiet ble det funnet PCB i et fåtall av et stort antall prøver. PCB ble ikke funnet i malingrestene som ble analysert. Det ble heller ikke funnet utlekking av PCB fra deponiet.	Deponiet er tildekket.
<b>27. ROABUKTA</b>	Småbåthavn.	TBT, Cu
<b>28. HOLTSKJÆR</b>	Jotun deponerte maling på Holtskjær mellom 1945-1955. Deponiet har vært undersøkt tidligere, men NIVA har på oppdrag av Jotun gjennomført en ny kartlegging i 1997/1998.	Metaller og/eller klororganiske forbindelser. TBT. Det ble ikke funnet forhøyde konsentrasjoner i 2 sediment-prøver tatt umiddelbart utenfor det berørte området.

## **Vedlegg C. Kart over Sandefjordsfjorden og omkringliggende områder.**





Forurensningsforhold i indre Sandefjordfjorden  
og kartlegging av forurensningskilder  
Kartvedlegg til Niva-rapport 4344-2001