

O-
86166

1922



Vannressurs-forvaltning

RAPPORT

O - 86166



Oslofjorden

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.: 0-86166
Undernummer:
Løpenummer: 1922
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: VURDERING AV OSLOFJORDEN	Dato: November 1986
	Prosjektnummer: 0-86166
Forfatter (e): Baalsrud, Kjell Lystad, Joakim Vråle, Lasse	Faggruppe: VA-teknikk Marinøkologi Vannressursforvalt.
	Geografisk område: Oslofjorden
	Antall sider (inkl. bilag): 94

Oppdragsgiver: Vestfjorden avløpssekskap (VEAS) og Oslo vann- og avløpsverk (OVA)	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):
---	---------------------------------

Ekstrakt:

Det er foreslått tre målknipper for bruken av Oslofjorden hvor arealbruksformene synsopplevelse, bading, fiske etter reker, mangfoldig dyre- og planteliv er stilt sammen i forskjellige kombinasjoner. Ut fra dette er det avledet vannkvalitetsmål i form av siktedyp for overflatelag og oksygeninnhold for dyplag. Etter en drøfting av oksygentilførsel og naturlig oksygenforbruk er det antydnet utslippsmål i tilknytning til målknippen for bruk. Gjennom en sterkt forenklet modell for beregning av tilførslenes oksygenforbruk i dyplagene er betydningen til tilførslene identifisert. Det er til slutt drøftet mulige VA-tekniske tiltak for å oppnå utslippsmålene.

4 emneord, norske:
1. Oslofjorden
2. Arealbruk
3. Vannkvalitet
4. VA-teknikk

4 emneord, engelske:
1. Oslofjord
2. Land-use
3. Water-quality
4. Sanitary-engineering

Prosjektleder:

Joakim Lystad
.....
Joakim Lystad

Haakon Thantow
.....

ISBN 82-577-1147-0

O-86166

VURDERING AV OSLOFJORDEN

Oslo, november 1986

Kjell Baalsrud

Joakim Lystad

Lasse Vråle

F O R O R D

Oslo vann- og avløpsverk (OVA) og Vestfjorden avløpsselskap (VEAS) har bedt NIVA vurdere VA-tekniske tiltak ut fra forskjellige mål for bruken av fjorden. Ettersom slike mål i liten grad er formulert av forvaltningsorganene, har NIVA foreslått tre målknipper og vurdert mulighetene for å nå dem.

Prosjektet inngår i en ny fase i arbeidet med Oslofjordens forurensningsproblem. Hittil har tiltakene mot forurensningen tatt sikte på å redusere de sterkt negative virkninger som forurensningen førte til. Nå skal det tas standpunkt til hvor ren fjorden på lang sikt bør bli, brukerinteresser, teknologi og omkostninger tatt i betraktning.

Under prosjektets gang har det vært en rekke møter med oppdragsgivernes representanter, verksjef Paul Sagberg (VEAS) og overingeniør Harald Gaarde (OVA). Disse har fungert som et styringsutvalg. Det ble under arbeidets gang klart at forutsetningene for å komme frem til omkostningsoverslag som kunne legge grunn for endelige løsninger, ikke var tilstede. Derimot ga arbeidet tro på at den valgte fremgangsmåte, med forbedrede modeller og datagrunnlag, kan gi det beslutningsgrunnlag myndighetene etterspør. Prosjektet fikk derfor etterhvert mer preg av et grundig forprosjekt.

Arbeidet med rapporten er utført av forskerne Kjell Baalsrud, Lasse Vrøle og Joakim Lystad med sistnevnte som prosjektleder. Verksjef Paul Sagberg og overingeniør Harald Gaarde har gjennom hele prosjektet bidratt med underlagsmateriale og nyttige, kritiske merknader til de enkelte kapitler. Forfatterne har også fått verdifull assistanse fra andre forskere ved NIVA.

Prosjektsekretær Marianne Vrangum og sekretær Lise Tveiten har maskinskrevet rapporten. Tegner Wenche Knudsen har tegnet kartene og figurene.

Det rettes en hjertelig takk til alle bidragsyterne.

Oslo, november 1986



Joakim Lystad
Prosjektleder

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

Side

FORORD	2
INNHOLDSFORTEGNELSE	3
SAMMENDRAG	5
1. INNLEDNING	14
1.1. Bakgrunn for og hensikt med prosjektet	14
1.2. Tidligere NIVA-arbeider om Oslofjorden	15
1.3. Dagens bruk av og ressurskonflikter i Oslofjorden	17
2. MÅL FOR BRUKEN AV INDRE OSLOFJORD	21
2.1. Presentasjon av eksisterende mål	21
2.1.1. Innledning	21
2.1.2. Staten	22
2.1.3. Fylkeskommunen	22
2.1.4. Kommunene	23
2.2. Drøfting av mangler og inkonsistens	26
2.3. Grunnlag for NIVAs forslag til målknipper	27
2.3.1. Bakgrunn	27
2.3.2. Representative arealbruksformer	30
2.3.3. Tidsdimensjonen i målknippene	32
2.4. Forslag til målknipper (kartfestet)	34
3. MÅL FOR VANNKVALITETEN I INDRE OSLOFJORD	38
3.1. Aktuelle vannkvalitetsparametre	38
3.2. Forholdet mellom bruk og vannkvalitet	39
3.3. Eksisterende vannkvalitetsmål	42
3.4. Avledete vannkvalitetsmål	44
4. MÅL FOR OKSYGENFORBRUK I INDRE OSLOFJORD	47
4.1. Innledning	47
4.2. Oksygentilførsel	48
4.3. Avledete utslippsmål	51
5. BELASTNINGSMODELL FOR OKSYGENFORBRUK	55
5.1. Generelt om forurensningsvirkningene ved utslipp	55
5.2. Direkte oksygenforbruk (primærbelastning)	55
5.3. Sekundært oksygenforbruk	56
5.4. Totalt oksygenforbruk til dyplagene	58
5.5. Kort vurdering av modellens usikkerhet	61
6. OVERSIKT OVER EKSISTERENDE TILFØRSLER TIL INDRE OSLOFJORD	64
6.1. Bakgrunn	64
6.2. Tilførsler til indre Oslofjord fra land	64
6.2.1. Renseanlegg med direkte utslipp til fjorden	64
6.2.2. Tilførsler til fjorden via elver og bekker	66
6.2.3. Arealavrenning (overflateavrenning fra tett- steder)	67
6.2.4. Direkte utslipp til fjorder	69
6.2.5. Lekkasjer	69
6.2.6. Samlet oversikt over forurensningstilførsler fra land	71

INNHALDSFORTEGNELSE forts.	Side:
6.3. Vannkvalitet i utskiftingsvann fra ytre Oslofjord	71
6.4. Forurensningstilførsler fra eksisterende sedimenter	71
6.5. Tilførsler til indre Oslofjord fra atmosfæren	72
6.6. Forsøpling	73
7. IDENTIFISERING AV TILFØRSLERENS BETYDNING	74
7.1. Innledning	74
7.2. Betydning for oksygensituasjonen i dyplagene	74
7.2.1. Samlet	74
7.2.2. Bassengvis	77
7.3. Betydning for algeveksten i overflaten (siktedypet)	78
7.3.1. Samlet	78
7.3.2. Bassengvis	79
8. AKTUELLE TILTAK	80
8.1. Kravene til bassengene	80
8.2. Tiltak mot de enkelte utslipp	82
8.3. Samlet vurdering	85
9. LITTERATURLISTE	86
VEDLEGG	88

SAMMENDRAG

1. Det er gjennomført betydelige rens tiltak for Oslofjorden i de siste 10-20 år. Det har vært bred enighet om at disse tiltak har vært nødvendige, og betydelige resultater er oppnådd. Det er imidlertid fremdeles brukskonflikter på grunn av vannkvaliteten i fjorden. En illustrasjon av dagens situasjon er vist i figur A.

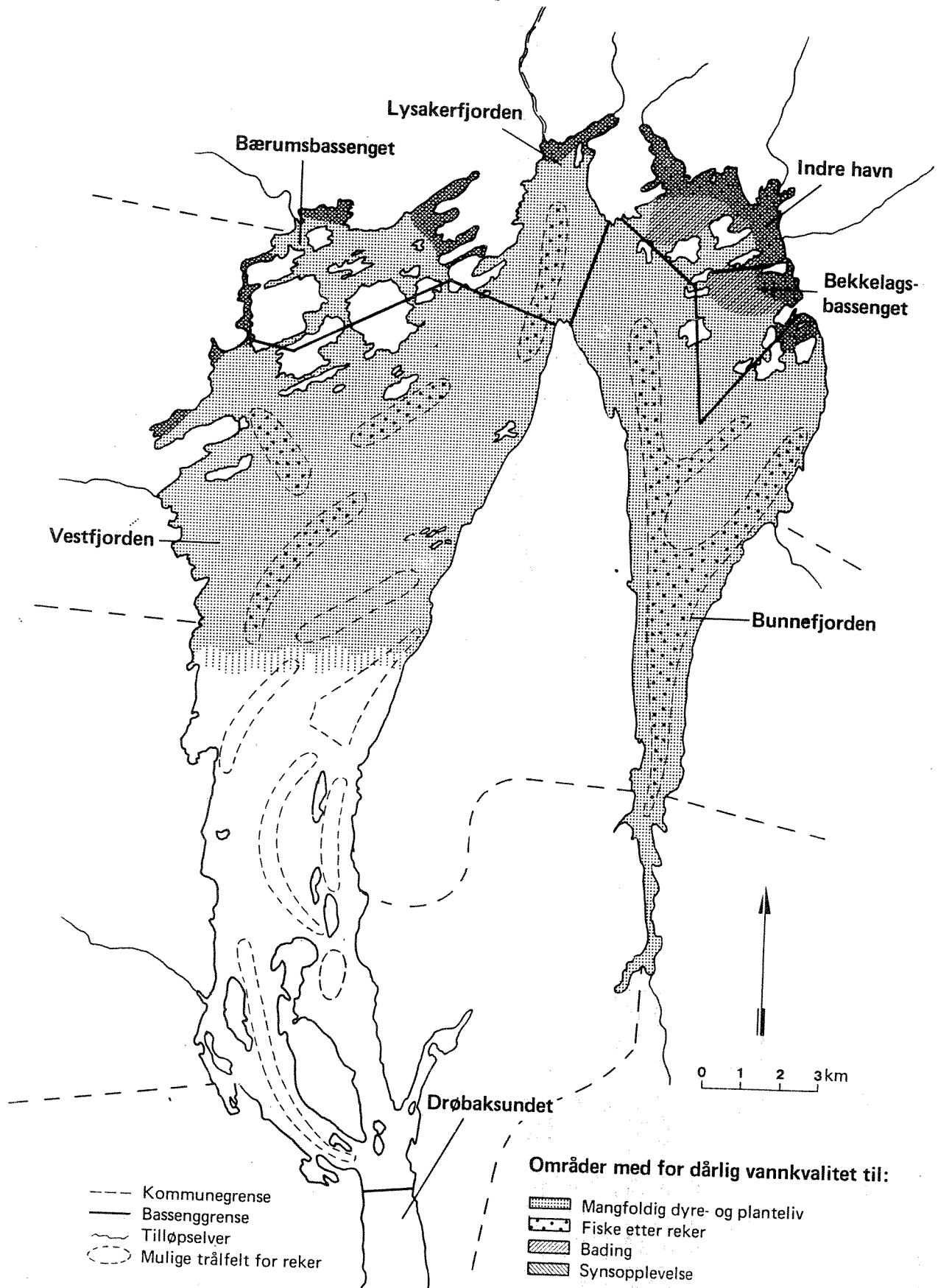
Det er nå aktuelt å sette i verk ytterligere tiltak for å bedre situasjonen i fjorden. Disse tiltakene bør være basert på en diskusjon om målene for den fremtidige bruken av fjorden. Det er grunnlaget for en langsiktig forvaltning av indre Oslofjord som nå legges.

De politiske vedtatte mål for bruken av indre Oslofjord, er formulert så generelt og lite spesifisert at tilsvarende krav til vannkvalitet i de enkelte fjordavsnitt ikke kan konkretiseres. Av de uttalte mål fremgår det at hensynet til friluftsliv - rekreasjon og naturlig plante- og dyreliv (økosystemet) er de viktigste argumentene for en renere fjord.

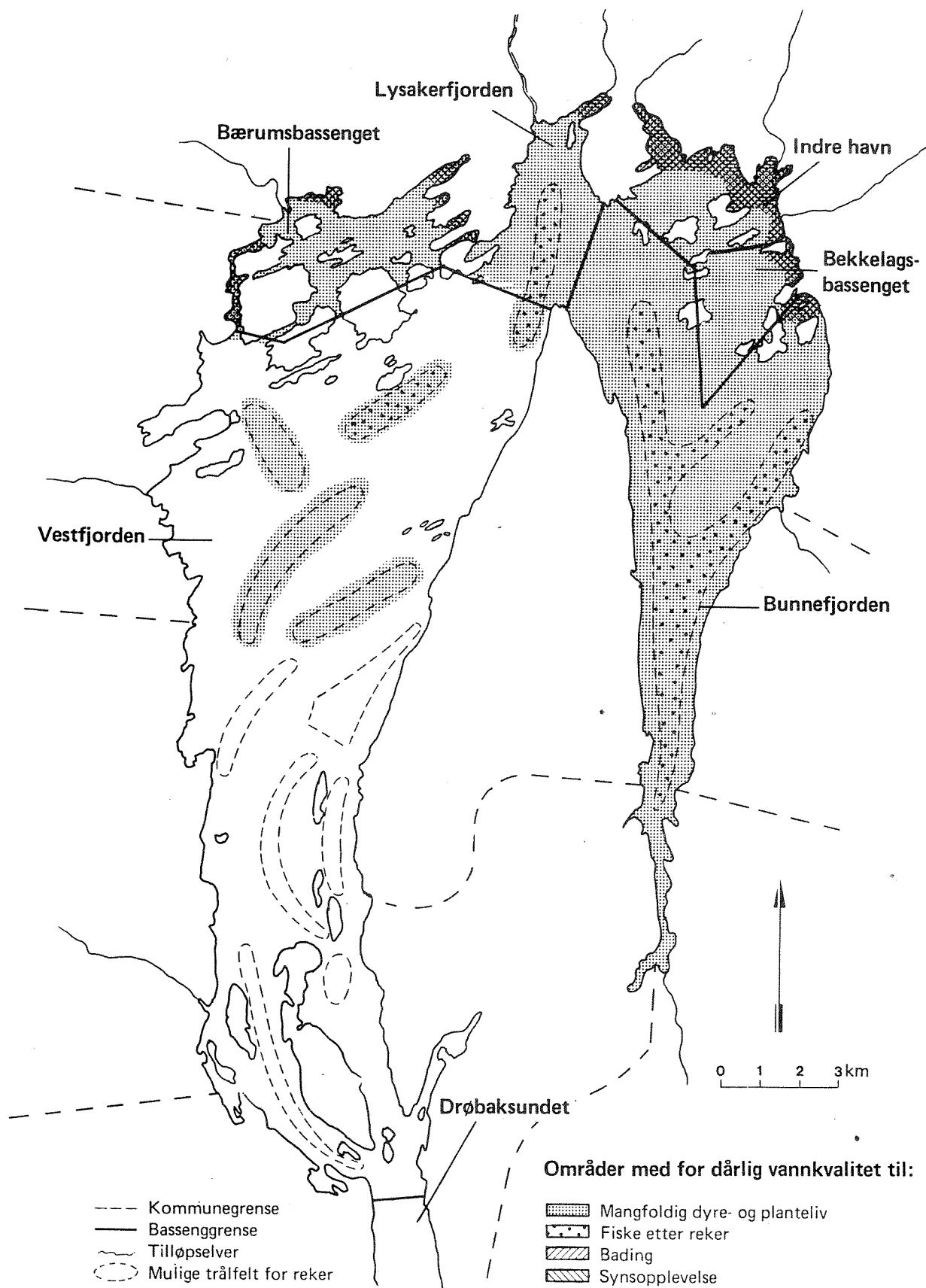
Å fastsette slike mål er et politisk ansvar. Vi har imidlertid foreslått og konkretisert tre ambisjonsnivåer eller "målknipper" som illustrasjoner på mulige stadier i en utvikling mot en renere fjord. Disse målknippene danner utgangspunkt for beregninger om hvorvidt disse målene kan oppnås, og hvilke tiltak som er nødvendige for å nå målene. Målknippene er fremstilt i kartform med avmerking av konfliktområder på samme måte som på figur A. Figur B, C og D viser forslagene til målknipper kalt for "lavt", "middels" og "høyt" ambisjonsnivå.

Alle forslagene forutsetter at helsemessig og estetisk tilfredsstillende forhold oppnås, og at bading skal kunne foregå i alle områder hvor dette ansees aktuelt. Forskjellen består særlig i graden av beskyttelse av dyplagene med tanke på rekefiske og biologisk mangfold.

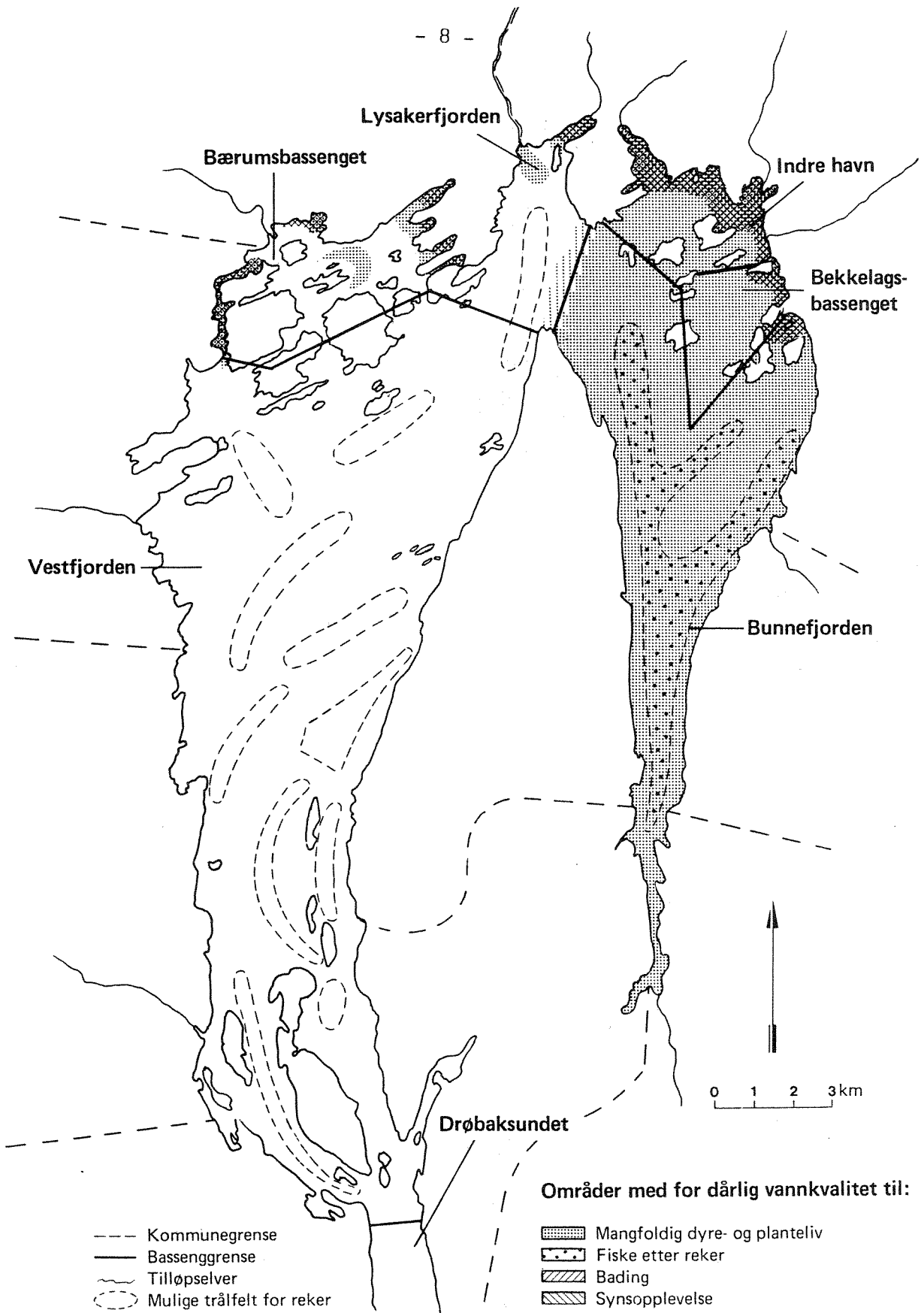
Et eventuelt politisk valg av et lavt ambisjonsnivå utelukker ikke et senere valg av et høyere ambisjonsnivå. Veien til det høyeste ambisjonsnivået går gjennom lavt og middels ambisjonsnivå.



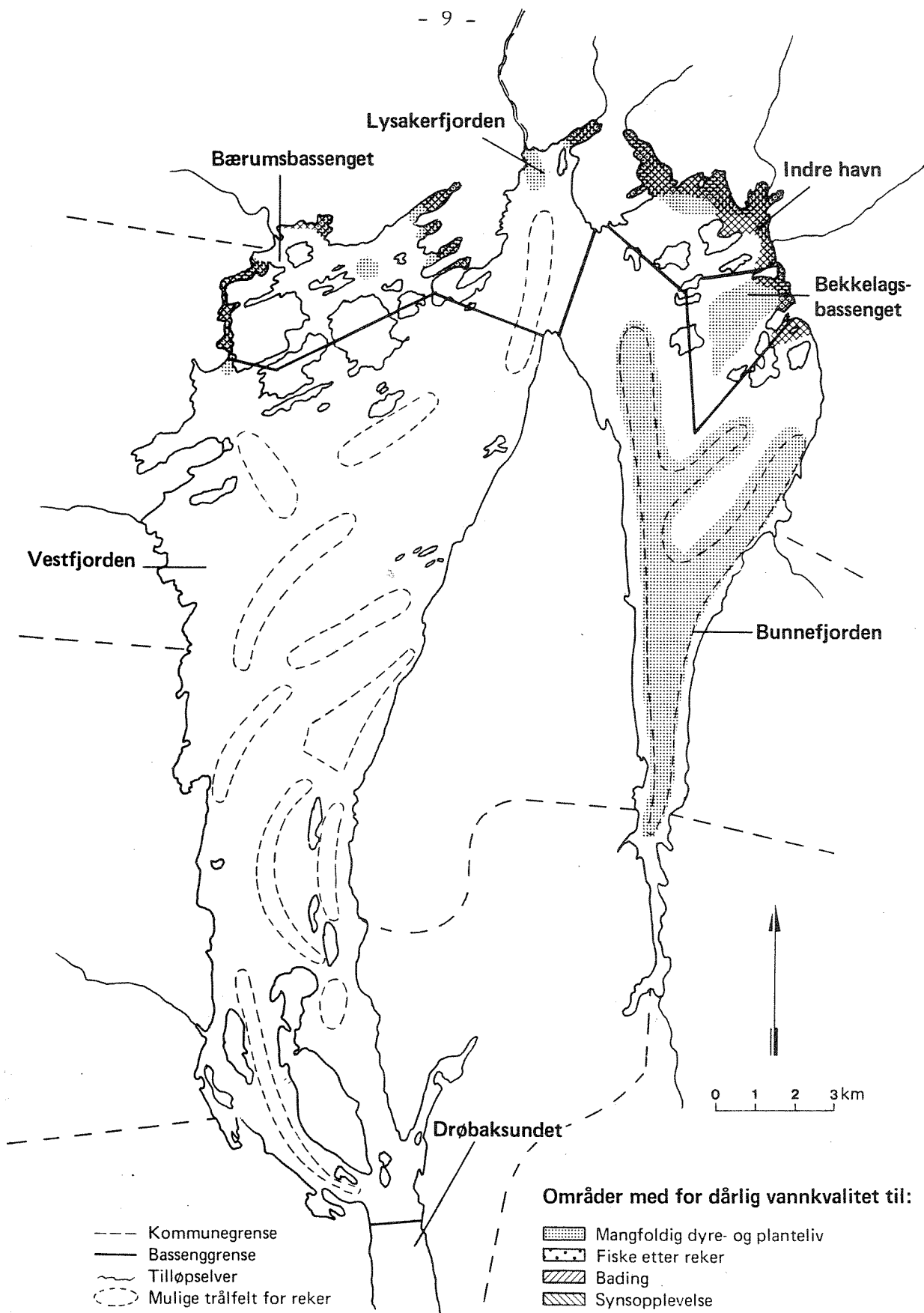
Figur A. Dagens ressurskonflikter i indre Oslofjord. Avgrensningen av områdene er grov og skjønsmessig. Utbredelsen av konfliktområdene varierer gjennom året og fra år til år. De avmerkete områdene viser steder hvor det i midten av 80-årene jevnlig har vært/er konflikter. Lokale konflikter grunnet marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l. er ikke avmerket.



Figur B. Målknippe "Lavt". I dette knippet tas det sikte på at man skal ha synsopplevelse og kunne bade stort sett i hele indre Oslofjord. Det skal også kunne fiskes etter reker på aktuelle trålfelt i midtre og søndre deler av Vestfjorden. Dyre- og plantelivet vil være påvirket i hele den østlige og nordlige delen av fjorden. Lokale konflikter grunnet marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l. er ikke avmerket.



Figur C. Målknippe "Middels". I dette knippet tas det sikte på at man skal ha synsopplevelse og kunne bade stort sett i hele indre Oslofjord. Det skal også kunne fiskes etter reker på alle aktuelle trålfelt unntatt i Bunnefjorden. Dyre- og plantelivet vil være påvirket i hele den østlige delen av fjorden og i noen havnenære områder i de vestlige delene. Lokale konflikter grunnet marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l. er ikke avmerket.



Figur D. Målknippe "Høyt". I dette knippet tas det sikte på at man skal ha synsopplevelse og kunne bade stort sett i hele indre Oslofjord. Det skal også kunne fiskes etter reker på alle aktuelle trålfelt. Dyre- og plantelivet vil være noe påvirket i Bunnefjorden og i havnenære områder. Lokale konflikter grunnet marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l. er ikke avmerket.

2. For å få oversikt over hvilke tekniske tiltak som kreves for å nå de ulike målnippene, har det vært nødvendig å gå igjennom følgende analysetrinn:
 1. Fastsettelse av ambisjonsnivåer for fremtidig bruk av fjorden.
 2. Bestemmelse av hvilke krav til vannkvalitet de forskjellige bruksformene har. Det ble fastslått at oksygeninnholdet (O_2) i dyplagene er regnet for den mest kritiske faktor slik målnippene er foreslått. Siktedyp i overflatelaget drøftes til en viss grad.
 3. Vurdering av hvor mye oksygen (O_2) som årlig tilføres dyplagene, og hvor mye O_2 som forbrukes forårsaket av bl.a. forurensninger.
 4. Bestemmelse av hvor mye det er nødvendig å reducere O_2 -forbruket i dyplaget for å oppfylle de vannkvalitetskriterier som ble fastsatt under pkt. 2.
 5. Fastsettelse av mål for utslipp for å oppnå nødvendig reduksjon i O_2 -forbruk.
 6. Diskusjon av hvilke tiltak og kombinasjoner av tiltak som kan benyttes for å oppnå de utslippsmål som ble identifisert i pkt. 5.

Arbeidet med å gå fra mål for bruk til mål for fjordens kvalitet, derfra til mål for utslipp, og derfra igjen til å liste opp alternative tekniske tiltak, er en meget utfordrende og vanskelig oppgave. Det viste seg blant annet at det innenfor dette prosjektet var nødvendig å utvikle en modell for oksygenforbruk. Dette var nødvendig for å kunne finne sammenhengen mellom utslipp av fosfor, organisk stoff og ammonium og O_2 -forbruk i dyplaget. Flere av overgangene mellom analysetrinnene er beheftet med betydelig faglig usikkerhet. De tall som fremkommer, i dette første forsøket på å lage en konsekvensanalyse av forslag til politiske mål for bruken av fjorder, må derfor tas som angivelser av størrelsesorden og ikke som bestemte grenser.

3. Oksygentilførsel til dyplaget skjer hovedsakelig gjennom innstrømming av nytt bunnvann over Drøbaksterskelen. Noe kommer også ved diffusjon fra overflaten og gjennom den daglige tidevannsutveksling. Oksygentilførselen er naturbestemt og kan variere meget fra år til år. De krav som målnippene stiller til oksygeninnholdet i dyplaget under 20 meter, er sammenholdt med de laveste oksygenverdier som er målt de siste 5 år og med den reduksjon i oksygeninnhold som kan leses ut av målinger i 1985 og 1986.

Ut av det får vi at det årlige oksygenforbruk under 20 m må reduseres med henholdsvis ca. 4.000, 8.000 og 12.000 tonn pr. år for å tilfredsstille henholdsvis lavt, middels og høyt ambisjonsnivå.

Disse tall er fremkommet ved vurderinger hvor tallfestingen er beheftet med betydelig usikkerhet.

Det neste skritt har vært å anslå hvor stor del av oksygenforbruket i dyplaget som skyldes forurensningsutslipp, og som sammen med naturbetinget oksygenforbruk utgjør det totale forbruk. Overslagene viser at forbruket på grunn av forurensninger tilsvarte ca. 20.000 t O₂ i 1985.

Tilslutt ble det beregnet hvilke reduksjoner i utslipp som måtte til, for å redusere den nåværende årlige belastning på 20.000 t oksygenforbruk med henholdsvis 4.000, 8.000 og 12.000 t oksygen.

En rekke tiltak både i forhold til punktutslipp og diffus avrenning er aktuelle. Noen tiltak er svært nærliggende og vil kunne gi rask forbedring.

Det er foretatt foreløpige vurderinger av tiltak for å redusere de forskjellige kategorier av utslipp. Først og fremst støttes tidligere forslag om at en tredjedel (dagens 230 l/sek + 310 l/sek) av tilløpet til Bekkelaget overføres til SRV inntil videre, slik at Bekkelaget r.a. ikke behøver å sende urensset kloakk via overløp til fjorden og at de tiltak som er satt igang for å bedre driftsresultatene, videreføres.

Ut over dette er det en rekke tiltak som kan tenkes gjennomført, mer og mindre i kombinasjoner. Felles for de aller fleste tiltak er at de

trenger ytterligere utredning, utprøving i full skala og kostnadsvurdering før det kan trekkes endelige konklusjoner om de ulike alternativenes kostnads-effektivitet.

Vår hovedkonklusjon er imidlertid at så langt informasjon foreligger høsten 1986, er det teknisk mulig å oppnå selv det mest ambisiøse målknippe. Videre er det klart at dette målet teoretisk kan nås på flere måter, men det naturvitenskapelige tekniske og økonomiske grunnlaget må først bringes til et sikrere nivå før anbefalinger kan gis.

4. Oppsummering

På grunnlag av denne og tidligere undersøkelser er de viktigste forutsetningene for anbefalingene følgende:

- A. Oslofjordens overflatevann er blitt betydelig bedre de senere år. I dypvannet er det ennå en oksygenmangel som begrenser utbredelsen av reker og andre dypvannsorganismer. Sammenlignet med forholdene i begynnelsen og midten av 1970-tallet har midlertid forholdene i dypvannet ikke blitt dårligere. Isteden har en svak forbedring vært observert. Dette blir tatt som tegn på at den negative trenden fra tidligere er snudd.
- B. Tiltakene på SRV og Bekkelaget r.a. for å forbedre renseresultatene og forbedringene ved Bekkelaget r.a. med sikte på sterk reduksjon av overløp, er kommet langt og må føres videre.

De viktigste konklusjoner og anbefalinger er:

1. Enkelte tiltak kan og bør settes igang raskt. For å nå de høyeste ambisjonsnivåene kan vi ta oss tid til å velge den "riktigste" løsning.

2. Forsøkene på SRV, med sikte på reduksjon av utslipp av oksygenforbrukende stoff til dyplagene, bør føres videre med fullskala forsøk.
3. Muligheten for omlegginger/ombygginger på Bekkelaget for ytterligere reduksjon i utslipp av fosfor, organisk stoff og ammonium må vurderes nærmere og klarlegges gjennom perioder med fullskala-forsøk.
4. Overføring av mer enn 1/3 fra Bekkelaget til SRV kan ikke foretas før nye rensetekniske tiltak er innført på SRV.
5. Denne rapport må betraktes som et forprosjekt. En videreføring vil, sammen med resultatene fra prøvevirksomhet på SRV og Bekkelaget r.a., kunne gi grunnlag for en relativt sikker kostnads-effektivitetsanalyse av de tiltak som må til for å gi ytterligere betydelig forbedring i fjorden. Fremgangsmåten for å finne vannkvalitetsmål og utslippsmål må raffineres slik at utsagnskraften øker. Det bør vurderes om de lineære modeller som er brukt i denne rapport bør erstattes av dynamiske modeller. Det bør siktes mot å lage en modell som simulerer effekter av tilførsler på fjordens oksygeninnhold. Det teoretiske grunnlag for en slik modell er langt på vei tilstede. En oksygenmodell vil gi myndighetene et vesentlig bedret grunnlag for fremtidig forvaltningen av fjorden som natursystem.
6. Et eget program for identifisering og kvantifisering av tilførsler via elver, bekker, lekkasjer, overløp, arealavrenning og små, separate direkteutslipp bør startes snarest.

Konklusjonspunkter 1 til 6 kan gjennomføres over en 2 til 3-års periode. Et slikt program bør om mulig koordineres med det prosjekt for "Lokaltilpasset forurensningspolitikk" som Statens forurensningstilsyn nylig har satt igang.

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn for og hensikt med prosjektet

Det er i de siste 10-20 årene investert milliardbeløp i rensetiltak for indre Oslofjord. Forventningene til tiltakenes virkning er følgende store. Da oksygeninnholdet i deler av dypvannet i Vestfjorden ble rapportert lavt høsten 1985, ble massemediene interessert og tok opp spørsmål om vannkvalitet og renskostnader. Dette katalyserte en diskusjonsprosess om hvilke ytterligere rensetiltak som bør iverksettes rundt fjorden.

Viktige tema i denne diskusjonen er valg av renseprosess ved og fordeling av avløpsvann mellom Bekkelaget renseanlegg i Oslo og Sentralrenseanlegg Vest (SRV) som drives av Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS) for Oslo, Bærum og Asker kommuner. Et synlig akutt problem har lenge vært utslipp av store mengder urensset avløpsvann i overløp ut i fjorden fra Bekkelaget renseanlegg.

De rensetiltakene som er gjennomført de siste 10-20 årene, er planlagt uten bakgrunn i en konkret diskusjon og målsetting for bruken av fjorden. En slik diskusjon var ikke nødvendig fordi det var bred enighet om "straks-tiltakene". Med utsikt til forholdsvis store investeringer i nær fremtid er dette poenget imidlertid brakt på banen. VEAS og Oslo kommune v/Oslo vann- og avløpsverk (OVA) har derfor bedt NIVA om å utrede:

- a) Eksisterende mål for bruken av fjorden, eventuelt forslag til mål for bruken av fjorden.
- b) Hva slags vannkvalitet som er nødvendig for å oppnå eksisterende eller foreslåtte mål for bruk.
- c) Omfang og type av utslipp som tales innenfor rammen av vannkvalitetsmålene. Hvilke VA-tekniske tiltak som er aktuelle for å oppnå utslippsmålene.

Det siste punktet innebærer også at de viktigste faktorene for avvik mellom ønsket og faktisk vannkvalitet blir identifisert.

Dette er et ambisiøst prosjekt som en teknisk- naturvitenskapelig forskningsinstitusjon gjerne vil ha mange år og årsverk på å gjennomføre. Politiske avgjørelser om ytterligere rensetiltak skal imidlertid snart fattes. Hvis NIVA som vannfaglig forskningsinstitutt ønsker å gi råd om hva slags tiltak som bør velges, må vi uttale oss høsten 1986. Dette dilemmaet har ført til følgende "reservasjon" fra NIVA i prosjektbeskrivelsen:

"Det er aktuelt at prosjektresultatene nyttes i den politiske beslutningsprosess angående Oslofjorden som forventes å komme høsten 1986. Det er derfor viktig at prosjektresultatene er formulert med tanke på dette. NIVA vil understreke at sammenhengen mellom bruksmål og vannkvalitetsmål og sammenhengen mellom vannkvalitetsmål og VA-tekniske tiltak er faglig komplisert. Konkrete vurderinger med tanke på politiske beslutningsprosesser vil derfor være beheftet med stor usikkerhet. Ny kunnskap om prosesser og endringer i Oslofjorden kan i fremtiden føre til andre vurderinger enn det dette prosjektet fører frem til. Vi forstår imidlertid at oppdragsgiverne ønsker våre konkrete vurderinger ut fra nåværende kunnskapsnivå."

1.2. Tidligere NIVA-arbeider om Oslofjorden

NIVA (opprettet 1958) fikk i 1960 henvendelse fra Oslo kommune om å foreta en undersøkelse av forurensningsproblemet i indre Oslofjord. En grundig resipientundersøkelse startet i 1962 under NIVAs ledelse og i samarbeid med universitetene i Oslo og Bergen. Et bredt program med feltmålinger foregikk i årene fra 1962 og ut 1965. Rapport forelå sommeren 1967. Den konkluderte med at fjorden som følge av forurensningsutslipp fra boliger, industri m.m., var blitt betydelig forurenset i alle bassenger og i alle dyp og at hovedproblemet var algevekst som følge av overgjødning.

En videregående teknisk-økonomisk vurdering fra NIVA forelå sommeren 1970. Den anviste alternative tiltak for å få forurensningssituasjonen under kontroll. Det ble anbefalt å samle forurenset avløp i et tidsmessig avløpssystem, lede det til et lite antall renseanlegg og slippe det ut på dypt vann for innlagring under sprangsjiktet. Ved rensing skulle det legges særlig vekt på å fjerne partikler og fosfor.

Undersøkelsene og vurderingene ble utført for de ti kommuner som avløpsmessig sokner til indre Oslofjord.

De innerste kommunene startet en felles avløpsplanlegging som førte til at Oslo, Bærum og Asker i 1976 vedtok å danne Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS) og å bygge et sentralt renseanlegg nær Slemmestad (SRV). Under arbeidet med denne planen deltok NIVA bl.a. med utredninger om resipientkapasiteten i henholdsvis Bunnefjorden og Vestfjorden. Disse vurderingene viste at bygging av et stort renseanlegg ved Slemmestad med avløp fra all bebyggelse vest for Akerselva ville bety en vesentlig bedring av hele fjordens overflatevann i tillegg til en viss bedring av Bunnefjordens dypvann og ikke forverring av Vestfjordens dypvann. Det var i 1976 ikke aktuelt å vurdere nedlegging av det relativt nystartede Bekkelaget renseanlegg (1965).

NIVA har siden 1973 utført en overvåking av forholdene i Oslofjorden. Fra 1978 har dette vært et ledd i det statlige overvåkingsprogram til Statens forurensningstilsyn, SFT. Medlemskommuner i Fagrådet for kloakksamarbeid i indre Oslofjord betaler 75 % av kostnadene.

Teknisk rådmann i Oslo ba i august 1985 NIVA utrede konsekvenser for renseeffekter og for livet i fjorden av en avløpsvannføring fra Bekkelaget rensedistrikt til SRV.

Vurderingen skulle utføres ut fra følgende overføringsalternativ:

1. Ingen overføring
2. 1/3 overføring
3. 2/3 overføring
4. 3/3 overføring, altså full overføring

Til hvert av overføringsalternativene ble det gitt klare forutsetninger om hvilke renseprosesser og ombygninger som skulle legges til grunn. Ved alternativ 1 (ingen overføring) var det forutsatt at Bekkelaget renseanlegg ble fullt ombygget til kjemisk felling. Dermed ville kapasiteten bli utvidet slik at det ville gå minimalt med vann i overløpet.

I de øvrige alternativ skulle fosforfjerningen ved renseanleggene optimaliseres. I alle alternativer var fjerning av nitrogen og organisk stoff forutsatt utført som hittil. Det inngikk ikke i oppgaven å vurdere forutsetningene naturvitenskaplig, VA-teknisk eller økonomisk. Gjennom én marinøkologisk og én VA-teknisk rapport utførte NIVA prosjektet. Samlet anbefaling ble gitt i brev av 3.4.86 til teknisk direktør (tidligere teknisk rådmann) i Oslo. Der anbefalte NIVA ingen eller 1/3 overføring til SRV. Den viktigste begrunnelsen for dette var at økte utslipp av oksygenforbrukende materiale kan redusere oksygeninnholdet i Vestfjorden. Det var ikke forutsatt at bedringen i Bekkelagsbassenget skulle vurderes mot eventuell forverring i Vestfjorden.

For NIVA er det viktig å understreke at det nåværende prosjektet har en helt annen referanseramme enn "overføringsprosjektet". Selv om Bekkelaget-VEAS problematikken ligger bak også det nåværende prosjektet, skal VA-tekniske tiltak nå foreslås ut fra eksisterende eller foreslåtte mål for bruk og ut fra identifiserte faktorer for påvirkning av fjorden. Tiltakene kan vise seg å være helt andre enn de vi tidligere har anbefalt under andre forutsetninger.

1.3. Dagens bruk av og ressurskonflikter i Oslofjorden

I denne rapporten drøftes indre Oslofjord, det vil si sjøområdene innenfor Drøbaksterskelen. Fjorden blir brukt til mange formål. De viktigste er friluftsliv, farleder, havn, fiske, avfallsdeponering og verneområder. På grunn av den sterke befolkningskonsentrasjonen rundt fjorden er omfanget av hvert enkelt bruksformål stort, og det oppstår lett arealbrukskonflikter. Disse kan være av to typer, jfr. figur 1.

Den ene typen er lokalitetskonflikter. Slike konflikter oppstår når to virksomheter ønsker å etablere seg på samme lokalitet. Ønskene om å opparbeide badestrand/friområde og småbåthavn i en lun vik uten at det er plass til begge deler, kan være et eksempel på lokalitetskonflikt. Et politisk mål om at sjøarealene generelt eller området med den lune viken spesielt skal brukes til friluftsliv vil favorisere badestranden i konkurransesituasjonen. I denne rapporten drøftes ikke lokalitetskonflikter i Oslofjorden.

		AREALBRUKSFORM A	
		Ikke ressursgrunnlags- avhengig	Ressursgrunnlagsavhengig
AREALBRUKSFORM B	Ikke ressurs- grunnlagsav- hengig	1) Lokalitetskonflikt 2) Ingen konflikt	1) Lokalitetskonflikt. 2) Ressurskonflikt - hvis B påvirker ressursgrunnlaget negativt for A.
	Ressursgrunn- lagsavhengig	1) Lokalitetskonflikt 2) Ressurskonflikt - hvis A påvirker ressursgrunnlaget negativt for B.	1) Lokalitetskonflikt og ressurskonflikt 2) Ressurskonflikt - hvis A el. B påvirker ressursgrunnlaget negativt for den andre.

Situasjon 1) A og B har behov for samme lokalitet.
 Situasjon 2) A og B har ikke behov for samme lokalitet.

Figur 1. Ulike konkurransesituasjoner mellom arealbruksform A og arealbruksform B.

Den andre typen arealbrukskonflikter er ressurskonflikter. De oppstår når to virksomheter konkurrerer om bruken av vannmassene. Konflikten behøver da ikke nødvendigvis utspille seg på samme lokalitet. Den er imidlertid betinget av at minst en av aktørene er vannkvalitetsavhengig og at den andre aktøren påvirker kvaliteten på en ugunstig måte for den første. Et eksempel på ressurskonflikt kan være en situasjon hvor utslipp er til sjenanse for badelivet i nærheten. Et politisk mål om at det aktuelle sjøområdet, inntil kommunen får bedre økonomi, må brukes til resipient vil favorisere utslippet i konkurransesituasjonen.

Idag er det en ressurskonflikt i Oslofjorden. Den ene parten utgjøres av utslipp fra kommunaltekniske anlegg, industri, landbruk etc. Disse utslippene påvirker vannkvaliteten og er selv uavhengige av den. Den andre parten utgjøres av vannkvalitetsavhengige

bruksformer som bading, fiske, båtliv, naturvernønsker om mangfoldig dyre- og planteliv m.m. som selv i svært liten grad påvirker vannkvaliteten.

Som grunnlag for å vurdere eksisterende eller for å foreslå nye mål for bruken av fjorden er det nyttig å kjenne dagens ressurskonflikter. Figur 2 viser en skjønnsmessig, grov oversikt over hvilke områder i indre Oslofjord som jevnlige har for dårlig vannkvalitet for

- mangfoldig dyre- og planteliv
- fiske etter reker
- bading
- synsopplevelse.

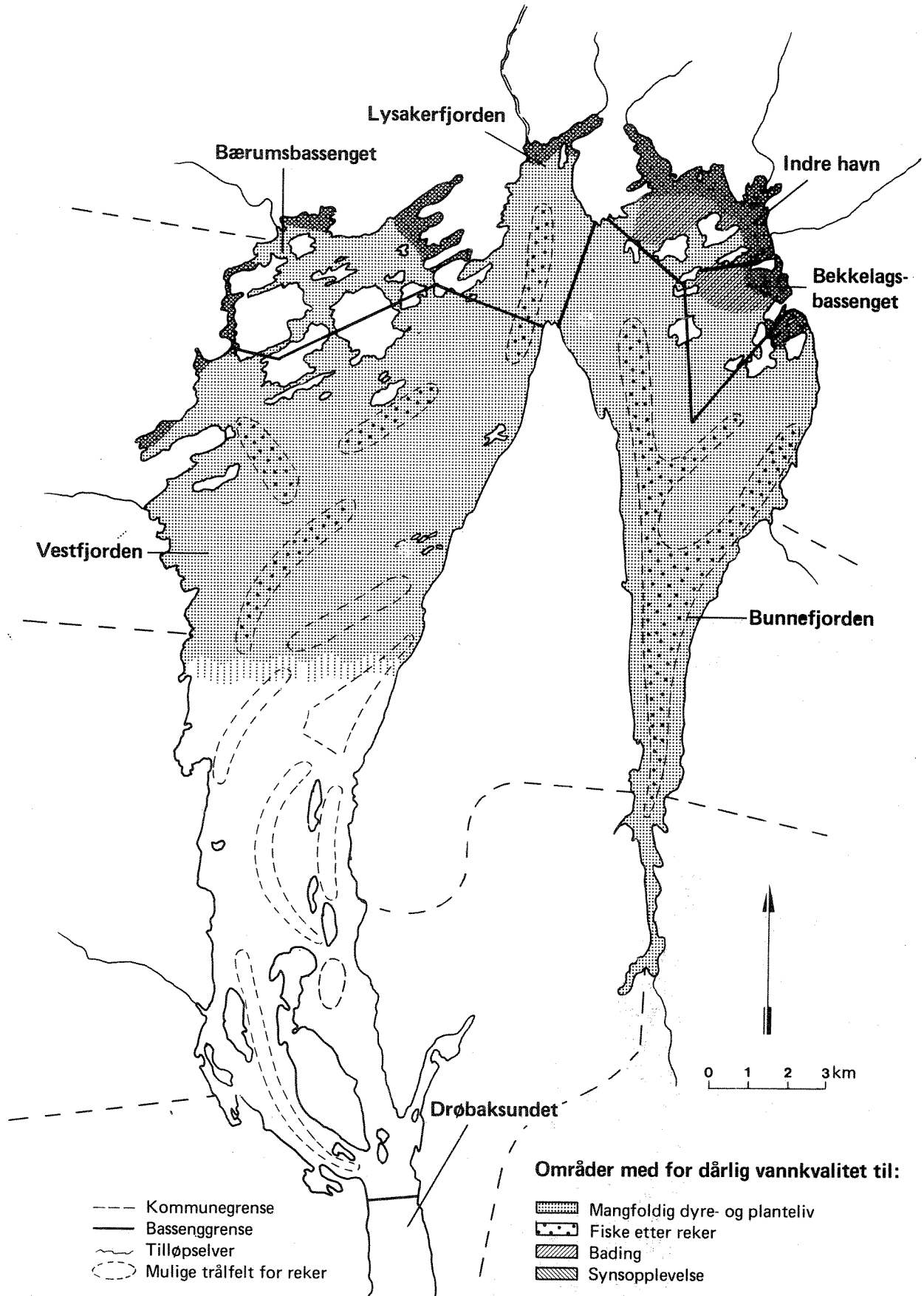
I de avmerkete områdene foregår det altså en ressurskonflikt mellom avfallsdeponering (i vid forstand) på den ene siden og de nevnte arealbruksformene på den andre siden. Bakgrunnen for at vi opererer med nettopp disse arealbrukstypene er drøftet i kapittel 2.3.2.

Dette kartet kan brukes som et slags "referansemålknippe" for de forslag NIVA presenterer senere i rapporten. Hvis de vannkvalitetspåvirkende faktorer ikke endrer seg i vesentlig grad fremover, må man akseptere noenlunde den konfliktsituasjon kartet viser.

I rapporten er fjorden inndelt i følgende bassenger/områder.

- Bunnefjorden
- Bekkelagsbassenget
- Indre havn med Frognerkilen
- Lysakerfjorden med Bestumkilen
- Bærumsbassenget
- Vestfjorden

Det er viktig å være oppmerksom på at hverken i beskrivelsen av dagens situasjon eller i beskrivelsen av de foreslåtte mål for bruk, er lokale ressurskonflikter som følge av marinaer, enkeltutslipp, kai-anlegg, forurensete bekker o.l. tatt med.



Figur 2. Dagens ressurskonflikter i indre Oslofjord. Avgrensningen av områdene er grov og skjønsmessig. Utbredelsen av konfliktområdene varierer gjennom året og fra år til år. De avmerkete områdene viser steder hvor det i midten av 80-årene jevnlig har vært/er konflikter. Lokale konflikter grunnet marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l. er ikke avmerket.

2. MÅL FOR BRUKEN AV INDRE OSLOFJORD

2.1. Presentasjon av eksisterende mål

2.1.1. Innledning

I forvaltningen av landområder har Staten, fylkeskommuner og kommuner ofte forholdsvis klare mål for hovedtrekkene i arealbruken innenfor et område. Det er særlig kommunene som gjennom plan- og bygningsloven utøver denne arealforvaltningen. Situasjonen for sjøområder har inntil 1. juli 1986 vært annerledes. Her har tradisjonelt statlige sektororganer hatt en sterk posisjon. Nå er imidlertid i prinsippet land- og sjøområder stilt likt slik at kommunene har primæransvaret for planlegging og styring av arealbruken også i sjø nær land. Vårt arealforvaltningssystem gir fylkeskommunale og statlige myndigheter adgang til å "anke" kommunale planer inn for Miljøverndepartementet eller regjeringen. Det er derfor også interessant å vite hvilke mål disse forvaltningsnivåene har for et område.

Indre Oslofjord ligger i følgende fylker og kommuner:

Oslo	Oslo
Akershus	Asker, Bærum, Nesodden, Oppegård, Frogn, Ås
Buskerud	Røyken, Hurum.

I dette prosjektet ønsker vi å utrede hvilke tekniske tiltak som er mest optimale for å oppnå en tilfredsstillende vannkvalitet for bestemte, målsatte arealbruksformer. I målavklaringen er det følgelig unødvendig å behandle arealbruksformer som er uavhengige av vannkvaliteten. Vi har derfor ikke registrert eller utarbeidet forslag til politiske mål for bruk av fjorden til f.eks. farled eller havn for store fartøy.

Av praktiske grunner er politiske mål av typen "forurensningsbekjemping", som kanskje mer er et slags mål for vannkvalitet enn et mål for bruk, behandlet sammen med de følgende registreringene av mål for bruk.

2.1.2. Staten

Staten har i begrenset grad formulert rammebetingelser for bruken av Oslofjorden. I de kongelige resolusjonene om Akershus fylkesplan (av 4.9.81) og fylkes(kommune)planen for Oslo (av 4.9.81) er det understreket at Miljøverndepartementet mener det bør tas spesielle hensyn til strandområdenes verdi for rekreasjon og friluftsliv. Det er òg uttalt et stort behov for å sanere og utbedre avløpsnettene i fylkene.

I ST.MELD. 51 (1984-85) om tiltak mot vannforurensninger m.m. er Oslofjordområdet pekt ut som ett av ni områdene som bør få første-prioritet ved tildeling av ressurser for forurensningsbekjemping i de neste 3-4 årene.

Ifølge kontaktpersoner hos Fiskerisjefen for Skagerrakkysten og i Fiskeridepartementet er det ikke formulert spesielle statlige mål for fiske i indre Oslofjord.

De to eneste uttalte statlige målene for bruken av fjorden kan følgende sies å være:

- a) Oslofjorden skal kunne brukes til friluftsliv.
- b) Forurensningene i fjorden skal bekjempes.

2.1.3. Fylkeskommunene

Akershus fylkeskommune har i sin fylkesplan for 1985-1990 ikke spesielt omtalt Oslofjorden. I fylkesplanmålene og i såkalte prioriterte tiltak er det imidlertid endel punkter som indirekte eller generelt omhandler fjorden. (AKERSHUS FYLKESPLAN 1985-1990).

Av de vanntilknyttede målene/tiltakene kan det avledes tre klare mål for bruken av Oslofjorden. Akershus' del av Oslofjorden skal:

- a) kunne brukes til utøvelse av friluftsliv.
- b) ha et mangfoldig dyre- og planteliv.
- c) gjennom forurensningsbekjemping bli renere.

Buskerud fylkeskommunene har i sine sektorplaner knyttet til fylkesplanen for 1984-87, nevnt Oslofjorden i flere sammenhenger. Buskerud omfatter også Drammensfjorden og deler av ytre Oslofjord. Målsettinger og tiltak for fjorden er lite presist formulert. Selv om sektorplanene er justert i samsvar med selve fylkesplanen kan det være visse uoverensstemmelser mellom disse. (FYLKESPLAN FOR BUSKERUD 1984-87).

Av sektorplanene kan følgende mål for bruken avledes. Buskeruds del av Oslofjorden skal:

- a) kunne brukes til utøvelse av friluftsliv
- b) kunne brukes til næringsmessig fiske
- c) kunne brukes til transport
- d) gjennom forurensningsbekjemping bli renere.

2.1.4. Kommunene

Røyken generalplanråd har i sitt forslag til kommuneplan for 1983-94 ikke omtalt Oslofjorden. De har imidlertid en generell målsetting om sikring av strandområder for allmenheten. Hensikten med dette må være å gi adgang til friluftsliv ved og på fjorden (RØYKEN KOMMUNEPLAN 1983-94).

Asker kommunestyre vedtok i 1982 generalplan for Asker 1982-92. I planen er fjorden direkte eller indirekte omtalt noen steder. Øyene og strendene anses som meget viktige for friluftslivet. Det planlegges utbygging av idrettsanlegg (padle-/rospport) og småbåthavner i sjøområdene. Opprusting av eksisterende avløpsnett prioriteres (GENERALPLAN FOR ASKER 1982-92).

I forbindelse med etablering av VEAS krevde Asker kommunestyre 22.06.76 følgende tillegg i overenskomstens § 3:

"Hvis rensing ved mekanisk/kjemisk prosess ikke skulle gi et tilfredsstillende og tidsmessig resultat vurdert ut fra de krav en må stille til et fremtidsrettet anlegg, kan Asker kommunestyre med rimelig varsel kreve tilleggsrensing igangsatt (biologisk

eller annen, nå ukjent renseprosess som gir samme renseeffekt). Kostnadene vedrørende denne utbygging belastes etter forholdstallene i overenskomstens § 5."

De to andre kommunene tok kravet til etterretning uten at overenskomsten ble endret.

Bærum bygningsråd har førstegangsgodkjent forslag til kommuneplan for 1986-2000. I omtalen av strand- og sjøarealene er det tatt utgangspunkt i en egen utredning ("strandplan") om disse områdene. Denne utredningen er også behandlet i bygningsrådet.

Friluftsliv og naturvern er prioritert høyt i planene. Det foreslås avsatt spesielle areal til de viktigste vannidrettene. Småbåthavnkapasiteten bør økes for å redusere omfanget av bøyebruk. Låsettingsområder for yrkesfiskere må bevares, og nyttehavnene i Sandvika og Lysaker skal bestå uforandret. (BÆRUM KOMMUNEPLAN 1986. BÆRUM STRANDPLAN 1985).

Oslo kommune utarbeidet en kommuneplan for perioden 1980-90 som ble godkjent ved kgl.res. av 4.9.81. Administrasjonen la i 1984 frem forslag til en "ny utgave" kalt Oslo kommuneplan 1984, som ble vedtatt av bystyret 17.10.84 og 22.5.85. Oslofjorden er ikke nevnt i særlig grad.

Det går imidlertid fram at fjorden ønskes bevart som rekreasjonsområde. Generelt uttales det som mål å sikre livsgrunnlaget for flest mulig dyre- og plantearter. Dette kan òg gjøres gjeldende for fjorden. Gjennom fornyelse og rehabilitering av avløpsnettets ønskes det å redusere vannforurensningene. Det ønskes videre å realisere planer om en småbåthavn.

Oslo kommune har startet arbeidet med en fjordbruksplan. Det er uttalt fra Byrådet at hensikten med en fjordbrukplan er å sikre et helhetlig syn på bruken av fjorden, strandområdene og øyene til rekreasjon og fritidsbruk. Planen vil særlig behandle arealspørsmål, og den skal i hovedtrekk være begrenset til Oslo kommunes farvann.

I Oppegård kommune har generalplanutvalget våren 1986 lagt frem forslag til kommuneplan for perioden 1986-98. Som i de andre kommunene er det sparsomt med mål for bruken av fjorden. Indirekte er imidlertid friluftsliv prioritert. (OPPEGÅRD KOMMUNE 1986).

Ås kommunestyre vedtok i 1983 generalplan for perioden 1984-95 hvor allmenn tilgang til Bunnefjorden av hensyn til friluftslivet anses som viktig. (ÅS KOMMUNE 1984).

Frogn kommune vedtok sin generalplan i oktober 1981. Den var ment å gjelde fram til 1985. Indirekte er friluftsliv/rekreasjon og forurensningsbekjemping uttalte mål for fjorden. (FROGN KOMMUNE 1981).

Frogn kommunestyre har dessuten vedtatt at den ikke har noen merknader til rapporten fra det såkalte "Indre-Oslofjord utvalget" som ble levert Miljøverndepartementet i oktober 1981. Rapportens mål om vannkvalitet/forurensning, naturvern, kulturminnevern, friluftsliv og båtbruk er dermed også mål for Frogn kommune.

Hurum kommune vedtok i 1983 sin generalplan for perioden 1983-94. Gjennom uttalelser om at hele kommunens kystlinje er verdifull som friluftsområde og at sysselsettingen i primærnæringene, herunder fiske og fangst, bør opprettholdes, kan friluftsliv og fiske sies å være viktig bruk av fjorden. (HURUM KOMMUNE 1983).

Nesodden kommune vedtok sin generalplan i 1974. Etter suppleringer frem til 1978 ble den godkjent av Miljøverndepartementet i 1981. Planen er gammel og gir neppe fullstendig bilde av politiske mål i Nesodden kommune idag. På den annen side er det ikke formulert nyere mål for Nesoddens del av fjorden enn de bitene vi finner i generalplanen.

Strandarealene anses som viktige friområder for friluftslivet. Naturvern anses som en viktig forutsetning for utøving av friluftsliv. Konklusjonene omkring forurensningsbekjemping av fjorden fra ca. 1970 gis tilslutning. (NESODDEN KOMMUNE 1971).

2.2. Drøfting av mangler og inkonsistens

Tabell 1 viser skjematisk hvilke arealbruksformer og tiltak offentlige myndigheter ønsker å prioritere i fjorden. En ser at de vannkvalitetsavhengige bruksformene burde stå sterkt i konkurransen. Prioriteringseffekten av politiske mål for bruk er imidlertid ikke så stor når de politiske myndigheter selv forvalter den ikke-prioriterte part, nemlig utslippene.

Tabell 1. Skjematisk oversikt over hvilke arealbruksformer og tiltak som er formulert som mål for indre Oslofjord.* Uprioritert rekkefølge.

Staten:	Friluftsliv, forurensningsbekjemping
Akershus:	Friluftsliv, mangfoldig dyre- og planteliv, forurensningsbekjemping,
Buskerud:	Friluftsliv, næringsmessig fiske, transport, forurensningsbekjemping
Røyken:	Friluftsliv
Asker:	Friluftsliv, idrett, småbåthavner, forurensningsbekjemping
Bærum:	Friluftsliv, naturvern, fiske, idrett, småbåthavner, havn,
Oslo:	Friluftsliv, mangfoldig dyre- og planteliv, småbåthavn, forurensningsbekjemping
Oppegård:	Friluftsliv
Ås:	Friluftsliv
Frogn:	Friluftsliv, naturvern, forurensningsbekjemping
Hurum:	Friluftsliv, fiske
Nesodden:	Friluftsliv, naturvern, forurensningsbekjemping.

* Målene er ikke alltid uttrykt så klart som anført her. Vi har f.eks. tolket målet: "I låssettingsområder for yrkesfiskere må det ikke anlegges faste innretninger som vanskeliggjør denne bruken" som et uttrykk for at vedkommende kommune ønsker at det skal foregå fiske i kommunens sjøområder.

De uttrykte målene for bruk må sies å være konsistente. Sålenge bare de vannkvalitetsavhengige bruksformene er prioritert, er det i prinsippet ingen motsetningsforhold innbakt i målene.

Det kan imidlertid hevdes at målene er svært mangelfulle. For at målene skal ha praktisk betydning i ressurskonflikten bør de etter vår mening oppfylle følgende kriterium:

Mål for arealbruk skal være uttrykt i dimensjonene tid, rom og arealbruk på en slik måte at mål for vannkvalitet i ulike områder kan avledes.

De registrerte målene oppfyller ikke dette kriteriet. F.eks. kan Oslo kommunes mål om at "...fjorden og ... må bevares som rekreasjonsområder" tolkes på flere måter:

- De ytterste områdene av kommunens del av Oslofjorden må fortsatt kunne brukes til seiling og båtliv.
- Hele Oslo kommunes del av fjorden skal innen generalplanperiodens utløp (1990) kunne brukes til bading, fritidsfiske, båtliv m.m. Bruksformene skal kunne utøves hele sommerhalvåret uten sjenanse av overflatesøppel, lukt, grumset vann e.l.

Fordi vi mener de eksisterende målene er for mangelfulle til å bestemme innsatsnivået for VA-tekniske tiltak vil NIVA foreslå noen "målknipper". Disse vil være basert på eksisterende mål.

2.3. Grunnlag for NIVAs forslag til bruksmålknipper

2.3.1. Bakgrunn

Selv om de formulerte politiske målene for Oslofjorden er lite presise, må deres intensjoner bakes inn i forslag til mer operasjonelle mål for bruk. Tabell 1 viste at alle aktuelle politiske beslutningsfora ønsker at fjorden skal kunne brukes til friluftsliv. Med dette antar vi det menes:

- bading, sportsdykking, m.m.
- småbåtliv
- solbading, lek, strandopphold etc.
- naturopplevelse.

Friluftslivet i Oslofjorden har et betydelig omfang. Det er et stort antall fritidsbåter, sommerhus og badestrender som er sikret og tilrettelagt for storbesøk. På gode sommerdager er fjordområdene bokstavelig talt fulle av båter og mennesker. Det er utmerkete forhold for seiling, roing, brettseiling, bading og annen vannkontakt.

Friluftslivet setter særlige store krav til såvel helsemessige som estetiske forhold. I perioder hvor fjordvannet har vært mindre bra, har reaksjonene fra publikum vært meget sterke. Oslofjorden kan sies å være et av Norges og Nordens sterkest utnyttede friluftsområder.

Et annet hyppig uttalt mål er naturvern eller mangfoldig dyre- og planteliv. Sterke verneinteresser gjør seg gjeldende i Oslofjorden. Det gjelder planter og dyr. En rekke mindre holmer og deler av øyer er reservert for fugl i hekketiden fra 15. april til 15. juli. Verneinteresser gjør seg også gjeldende for eldre bebyggelse, båter, kaier, fossiler, mineraler og landskapsformer. Det vannkvalitetsavhengige målet om mangfoldig dyre- og planteliv er imidlertid viktigst her.

Dette er et vanskelig mål å konkretisere. Oslofjorden har alltid vært et lukket fjordsystem med en annen vannkvalitet enn åpne kyststrekninger. Selv uten nevneverdig menneskepåvirkning vil følgelig plante- og dyreliv bestå av andre populasjoner med andre arts- og individtall enn i åpne saltvannsfarvann. Likevel har man en viss formening om hvilke arter og mengder som burde finnes i fjorden hvis den hadde vært lite menneskepåvirket. Enkelte arter kan i denne sammenheng betraktes som indikatorarter på biologisk mangfold. Mål om mangfoldig dyre- og planteliv kan, etter vår mening, presiseres til:

- forekomst av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og grisetang (*Asco-phyllum nodosum*) i strandsonen samt reke (*Pandalus borealis*) og manglebørstemarkene (*Polychaetae*) *Brada villosa* og *Tricobran- chus glacialis* på bløtbunnsområder.

Det må følgelig være friskt vann fra bunn til overflate for at vårt mål om mangfold skal være tilfredsstillt.

Noen (fylkes)kommuner har uttrykt mål om at fjorden skal brukes til fiske. Også i mål om bruk til friluftsliv ligger et indirekte mål om bruk til fritidsfiske. Med dette antar vi det menes:

- fiske med fast redskap
- fiske uten fast redskap
- låssetting.

Det kan være nyttig i vår sammenheng å skille mellom fiske etter "overflatefisk" som f.eks. sild, brisling, makrell og ørret på den ene siden og fiske etter reker og bunnfisk på den andre siden.

For fritidsfiske er det spesielt interessant at det foregår prøveutsetting av ørret i fjorden. Forsøk har vist at utsetting av to-årige individer av ferskvannsrørret gir stor gjenfangstmulighet. Det snakkes om at Oslofjorden kan gjøres til landets største "ørretvann".

Ifølge Noregs sildesalsslags avdelingskontor i Fredrikstad ble det i perioden 1983-85 i indre Oslofjord fanget gjennomsnittlig 973.000 kg brisling og småsild pr. år. Førstehåndsverdien utgjorde gjennomsnittlig ca. 2,5 mill. kr. pr. år. Dette fisket er antakelig det viktigste i fjorden.

Asker og Bærum har uttalt at fjorden bør kunne brukes til idrett.

Det er her tenkt på

- vannskikjøring
- roing
- padling
- seiling
- brettseiling osv.

I tillegg til disse allerede politisk formulerte målene for bruk av fjorden forekommer følgende vannkvalitetsavhengige arealbruksformer innenfor Drøbaksterskelen:

- matfiskoppdrett
- skjelloppdrett
- forskning og undervisning i marinøkologi

- "bryggeturisme", dvs. turistene og andres vandring og opphold langs bryggene. Dette forekommer særlig i Oslo og i tettstedene langs fjorden. Bruksformen er vannkvalitetsavhengig i den forstand at rent, klart vann langs bryggene drastisk øker opplevelsesverdien av bryggevandring/opphold.

2.3.2 Representative arealbruksformer

Det er visse sammenhenger mellom vannkvaliteten og bruksformene. Noen bruksformer har et krav til vannkvalitet som "automatisk" gir bra nok kvalitet for andre bruksformål. I NIVAs forslag til målknipper for bruken av fjorden kan det derfor være nyttig å velge ut noen arealbruksformer som også dekker vannkvalitetsbehovet for andre virksomheter.

Vi har valgt å benytte følgende arealbruksformer i målforslagene:

- a) Synsopplevelse. Denne arealbruksformen krever at man både fra land og i båt skal oppleve overflatelagene fri for lukt, grums, søppel, overgroing, oljehinne osv. Bruksformen representerer
- "bryggeturisme"
 - småbåtliv (uten bading)
 - idrett (uten bading)
 - naturopplevelse (uten bading)
 - solbading, lek, strandopphold etc. (uten bading)

Med unntak av påvirkning fra miljøgifter vil en vannkvalitet som tilfredsstillende ønsket om synsopplevelse, stort sett også gi levevilkår for "overflatefisk" og dermed også mulighet for

- fiske etter "overflatefisk"
- låssetting.

b) Bading. I tillegg til de estetiske kvalitetene som er nevnt i pkt. a), krever bading at bakterietallet i overflatelagene er moderat. Bruksformen representerer i tillegg til hva som er nevnt i pkt. a)

- bading, sportsdykking m.m.
- småbåtliv (med bading)
- idrett (med bading)
- naturopplevelse (med bading)
- matfiskoppdrett
- skjelloppdrett.

c) Fiske etter reker. Reker krever en viss oksygenkonsentrasjon i dyplagene av fjorden. Etter en situasjon med omfattende oksygenmangel og rekedød vil det ta 2-4 år før bestandene er bygget opp igjen. Et mål om å kunne fiske reker innebærer følgelig at oksygeninnholdet må opprettholdes selv i år med spesielt vanskelige forhold i fjorden. Hvis oksygenkonsentrasjonen i praktisk mulige rekestrålingsområder er god nok for reker, er den også tilstrekkelig for bunnfisk som oppholder seg i tilsvarende eller grunnere områder. Selv om fisk krever mer oksygen enn reker, er de raske til å forflytte seg og til å utnytte forholdene. Et mål om fiske etter reker representerer derfor også

- fiske etter bunnfisk.

Brukbar oksygensituasjon i dyplagene er betinget av lav primærproduksjon i overflatelagene. Primærproduksjonen er den viktigste faktor for siktedypet. Et mål om fiske etter reker og bunnfisk innebærer dermed også tilstrekkelig siktedyp for synsopplevelse og bading.

d) Mangfoldig dyre- og planteliv. Dette målet er interessant fordi det ikke representerer en direkte økonomisk eller velferdsmessig nytte. Økologikunnskap og naturvernholdning i samfunnet har imidlertid gjort dette målet aktuelt. Som tidligere nevnt, krever et mangfoldig dyre- og planteliv en god vannkvalitet i alle dyp. Målet representerer dermed også

- forskning og undervisning i marinøkologi.

Det må understrekes at det også idag foregår en god del forskning om økosystemene i indre Oslofjord, særlig om biologiske virkninger av forurensningsbelastninger. I prinsippet mener vi imidlertid at forsknings- og undervisningsbehovet primært er knyttet til et mangfoldig dyre- og planteliv i fjorden.

Disse fire bruksformene vil i ulike kombinasjoner i de enkelte fjord-avsnitt utgjøre våre forslag til målknipper.

2.3.3. Tidsdimensjonen i målknippene

Som tidligere nevnt er tidsdimensjonen viktig for at målene skal være operasjonelle. For det første må målene inneholde en "tidsfrist", en angivelse av når målene skal være oppfylt.

Dette er særlig aktuelt når mål om bruk innebærer en endring i forhold til dagens bruk. Vi har funnet det naturlig å la alle våre tre forslag til målknipper være mer ambisiøse enn dagens situasjon. Følgelig trenger vi også en tidsfrist. Den bør være realistisk, dvs. økonomisk og teknisk gjennomførbar. Uten dyptgående begrunnelser mener vi alle våre tre forslag til målknipper i det alt vesentlige er teknisk gjennomførbare innen 1995. Hvorvidt de også er økonomisk gjennomførbare i løpet av den samme perioden skal andre enn forfatterne svare på. Vi mener imidlertid at alle målknippene ligger innenfor en mulig økonomisk innsats.

Et annet aspekt ved tidsdimensjonen er variasjonen i vannkvalitet i løpet av året og variasjonen mellom ulike år. Oksygeninnholdet i dypvannet er her den viktigste naturgitte faktor. Dypvannet fornyes med oksygenrikt vann særlig om vinteren, mens forbruket er størst vår, sommer og høst. Det er derfor lavest oksygenkonsentrasjoner i dypvannet om høsten. Avhengig av de årlige variasjonene i vannutskiftingene vil også oksygeninnholdet i et gitt tidspunkt variere fra år til år.

I våre forslag til målknipper er forholdet mellom bruksmål og vannkvalitetsmål utformet slik at den målsatte bruken skal kunne utøves til enhver tid, når den er aktuell. Det betyr at vannkvaliteten i visse

deler av året eller i visse år med gode utskiftingsforhold, i teorien vil være langt bedre enn nødvendig for den målsatte bruken. Det tas imidlertid noen forbehold:

- Målsatte oksygenkonsentrasjoner for dyplagene vil antakelig underskrides hvis man får dårlig utskifting (under 30 - 40 %) av vannmassene under 20 meters dyp i to år på råd. Det har ikke vært slike forhold i fjorden etter 1973. På grunn av fysiske forhold i fjorden vil normalt et år med liten utskifting etterfølges av et år med stor utskifting. Dette gjenspeiles i tabell 2. Den viser beregnet årlig dypvannsfornyelse i vinterhalvåret, i volum og omregnet til prosentvis fornyelse av volumet under 20 meter, for indre Oslofjord i årene 1973 - 84.

Våre forslag til tiltak er basert på at vannkvaliteten skal være tilstrekkelig til å utøve de målsatte bruksformene selv i år med bare 15-20 % utskifting av lagene under 20 meters dyp. I denne tidsdiskusjonen er det også en forutsetning at oksygeninnholdet i det innstrømmende vann ikke reduseres i forhold til idag. Jfr. kapittel 4.2.

Tabell 2. Beregnet dypvannsfornyelse 1973-84 samt prosentvis fornyelse av volumet under 20 meters dyp i indre Oslofjord. (Etter MAGNUSSON 1985). * NIVA-data for 1985.

År	Utskiftet vannvolum (mill. kubikkmeter)	% av fjordens volum under 20 meters dyp
1973	1200	20
1974	8300	140
1975	1200	20
1976	3300	55
1977	5900	100
1978	2800	45
1979	3700	60
1980	3200	54
1981	3200	54
1982	4600	77
1983	2100	35
1984	6300	106
1985*	4400	74
Middel	3860	65

- Målsatte siktedyp vil antakelig underskrides i nærheten av marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l.
- Målsatte siktedyp vil underskrides ved utvasking av løsmasser via elver og bekker i flomperioder.
- Målsatte siktedyp vil kunne underskrides ved naturlig oppblomstring av visse algearter.

2.4 Forslag til målnipper (kartfestet)

NIVA har valgt å presentere tre målnipper for bruken av indre Oslofjord. Det understrekes at målnippene er forslag som politiske myndigheter må ta stilling til.

Nivåene i forslagene er basert på idéer om politisk ønsket bruk kombinert med hva som er teknisk og økonomisk mulig.

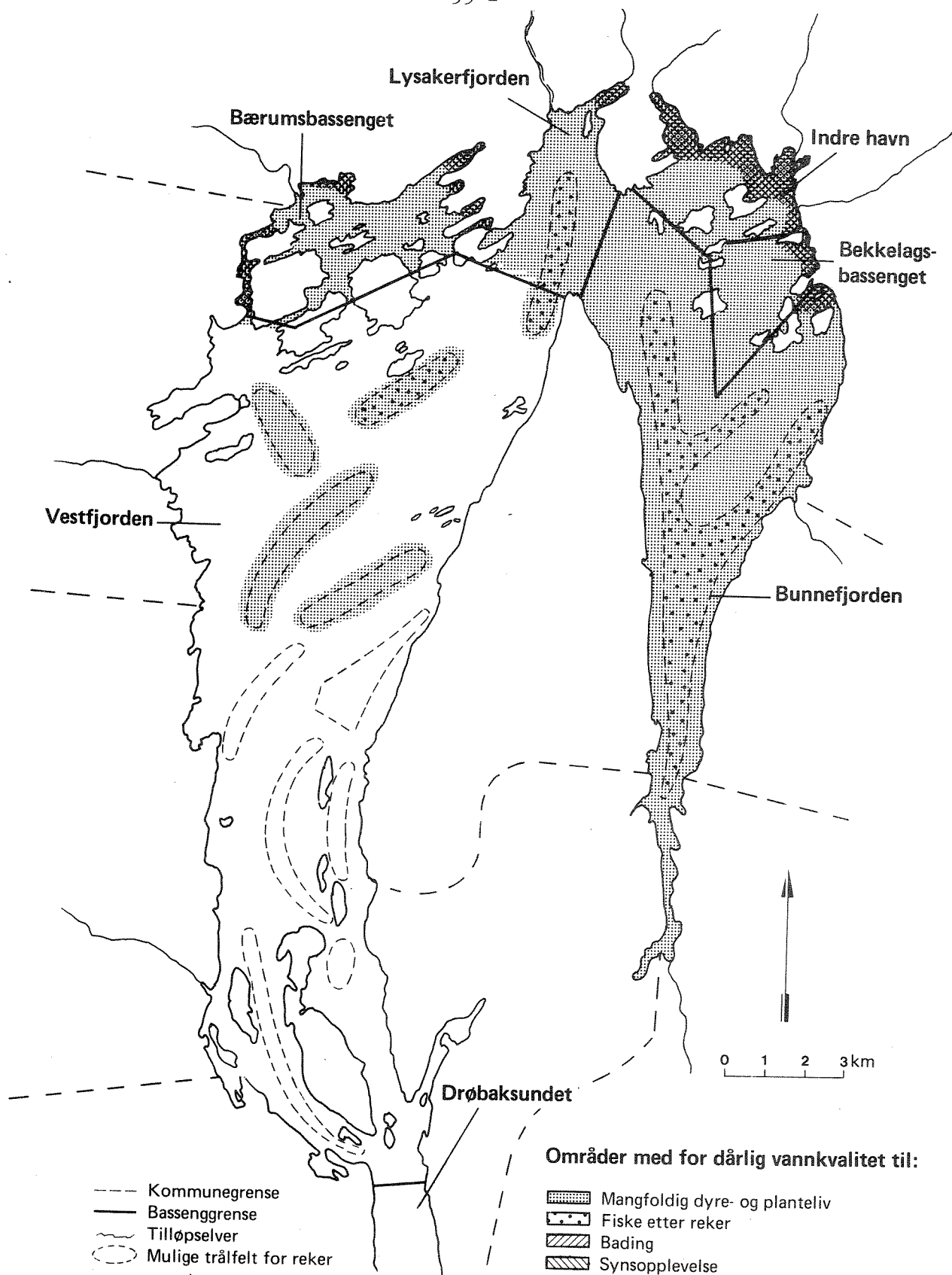
Alle målnippene innebærer større mulighet for bruk av fjorden til synsopplevelse, bading, rekefiske og biologisk mangfold enn i dag. Vi har følt det naturlig å ha som mål at man skal ha synsopplevelse og kunne bade stort sett i hele fjorden uansett målalternativ.

Forskjellene mellom målnippene utgjøres derfor av i hvilken grad man aksepterer begrensninger i rekefiske og biologisk mangfold.

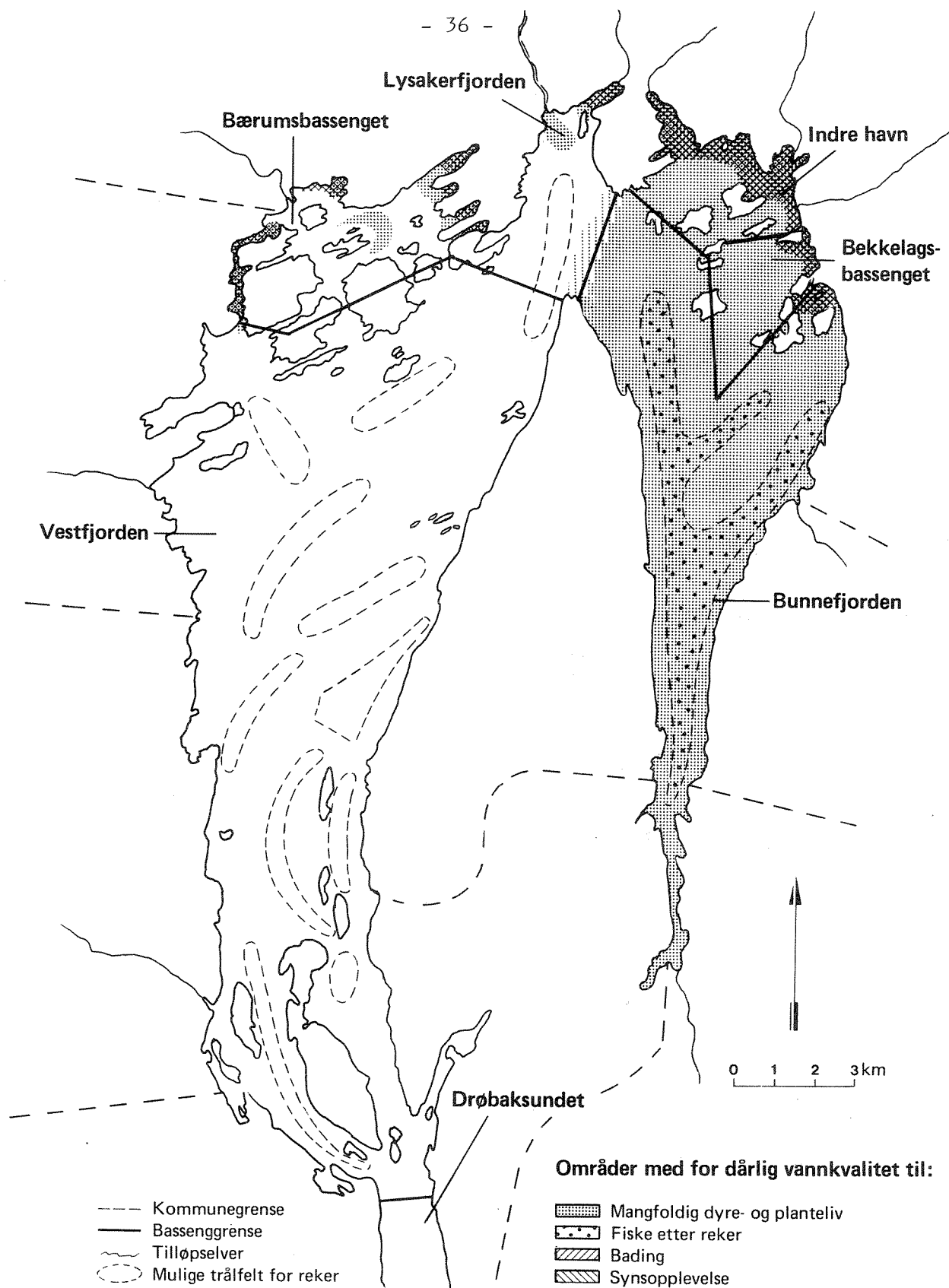
I vårt minst ambisiøse målnippe (figur 3) er det siktet mot at det skal kunne fiskes etter reker i de midtre og søndre delene av Vestfjorden. Plante- og dyrelivet vil være påvirket i de østlige og nordlige delene av fjorden.

I vårt middels ambisiøse målnippe (figur 4) skal det kunne fiskes etter reker på alle aktuelle trålfelt i Vestfjorden. Plante- og dyrelivet vil være påvirket i hele den østlige delen av fjorden og i havnenære områder.

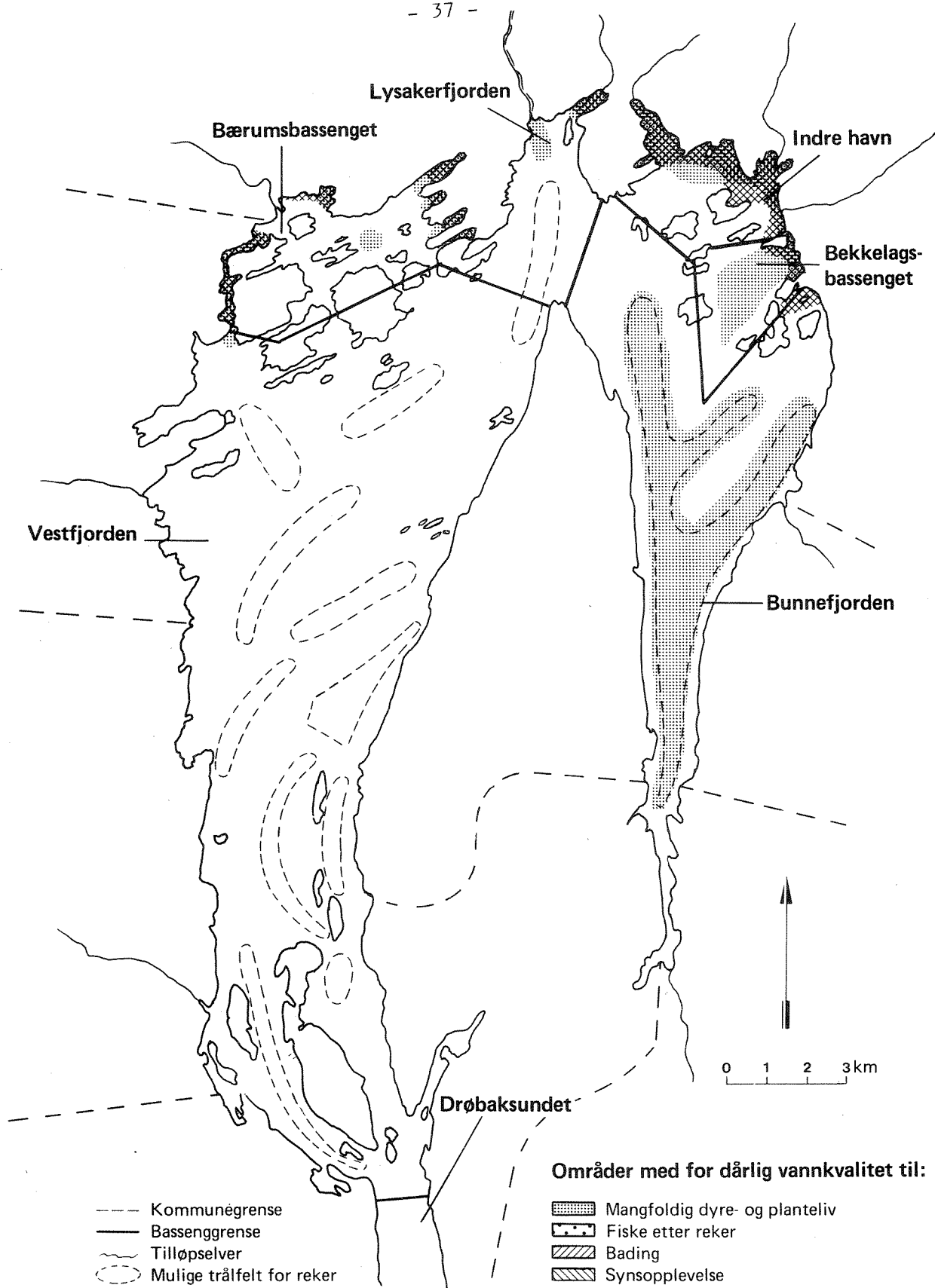
I vårt mest ambisiøse målnippe (figur 5) skal det kunne fiskes etter reker på alle aktuelle trålfelt i hele fjorden. Plante- og dyrelivet vil fortsatt være noe påvirket i Bunnefjorden og i havnenære områder.



Figur 3. Målknippe "Lavt". I dette knippet tas det sikte på at man skal ha synsopplevelse og kunne bade stort sett i hele indre Oslofjord. Det skal også kunne fiskes etter reker på aktuelle trålfelt i midtre og søndre deler av Vestfjorden. Dyre- og plantelivet vil være påvirket i hele den østlige og nordlige delen av fjorden. Lokale konflikter grunnet marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l. er ikke avmerket.



Figur 4. Målknippe "Middels". I dette knippet tas det sikte på at man skal ha synsopplevelse og kunne bade stort sett i hele indre Oslofjord. Det skal også kunne fiskes etter reker på alle aktuelle trålfelt unntatt i Bunnefjorden. Dyre- og plantelivet vil være påvirket i hele den østlige delen av fjorden og i noen havnenære områder i de vestlige delene. Lokale konflikter grunnet marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l. er ikke avmerket.



Figur 5. Målknippe "Høyt". I dette knippet tas det sikte på at man skal ha synsopplevelse og kunne bade stort sett i hele indre Oslofjord. Det skal også kunne fiskes etter reker på alle aktuelle trålfelt. Dyre- og plantelivet vil være noe påvirket i Bunnefjorden og i havnenære områder. Lokale konflikter grunnet marinaer, enkeltutslipp, kaianlegg, forurensete bekker o.l. er ikke avmerket.

3. MÅL FOR VANNKVALITETEN I INDRE OSLOFJORD

3.1. Aktuelle vannkvalitetsparametre

Kvaliteten av sjøvann kan karakteriseres ved hjelp av en rekke forskjellige parametre. Det dreier seg om fysiske, kjemiske, bakteriologiske og biologiske målinger som stort sett kan utføres med god nøyaktighet. Dertil kommer mer subjektive måter å angi vannkvaliteten på, f.eks. karakterisering av de estetiske forhold.

Parametertype:

- Fysiske (temperatur, siktedyp, strøm, lagdeling)
- Kjemiske (oksygen, saltholdighet, næringsalter, miljøgifter)
- Biologiske (planteplankton, dyreplankton, fisk, strandorganismer, bunnorganismer)
- Bakteriologiske (totalbakterier, termostabile bakterier, patogene bakterier).

Steder hvor vannkvaliteten kan beskrives:

- Tilførselselver
- Strandområder
- Overflatevannet
- Dypvannet
- Hardbunn
- Bløtbunn

En rasjonell forvaltning av en fjord må baseres på at man setter opp mål for hvor ren den bør være. Disse målene må settes opp ut fra brukerinteressene, men de må angis på en slik måte at de kan brukes til planlegging og drift av utslipp og rensetiltak. Eksempelvis kan siktedyp i overflatelaget og oksygeninnhold i dypvannet være spesielt viktige parametre.

En og samme forurensning kan gi utslag på mange parametre. Da er det viktig å konsentrere seg om en parameter som henger mest mulig direkte sammen med utslippet og som har stor praktisk betydning. Eksempelvis har fosfor-innholdet i utslippsvannet vært tillagt vesentlig betydning.

3.2. Forholdet mellom bruk og vannkvalitet

Resipientbruk:

Rekreasjon og friluftsliv er den store brukerinteresse hvor konflikter på grunn av vannforurensning har oppstått. Også bruken av fjorden til fiske og naturvern hensyn har kommet i konflikt med resipientbruken.

Det er også brukerinteresser knyttet til indre Oslofjord hvor vannkvaliteten spiller mindre rolle. Det gjelder først og fremst all slags transport med båt, bil og fly. Mange av de trafikkanlegg som er bygget, ligger mot strand og har tildels gått ut i sjøen og påvirket andre brukerinteresser. Det foregår stadig en økning av landarealet på bekostning av sjøarealet. Både trafikk og anlegg er negative elementer for andre brukerinteresser i fjorden, men altså ikke så mye gjennom vannforurensning.

Fjorden er resipient for avløpsvann fra bebyggelse, bedrifter, industri, gater og anlegg, hager, dyrket mark og utmark for en befolkning på ca. 620.000 mennesker. Vannforurensningene påvirker fjorden på flere måter, alle mer eller mindre negativt.

Avløpsvannet inneholder betydelige mengder plantenæringsstoffer som gjødsler fjordvannet. Det fører til en øket vekst av alger. Algeveksten gjør vannet grumset og farget, og nedbrytningen av algematerialet fører til forbruk av oksygen.

Avløpsvannet inneholder videre organisk stoff og ammonium som omsettes under forbruk av oksygen.

Tilsammen kan dette føre til at vannet blir oksygenfattig eller sogar oksygenfritt slik at ingen fisk eller andre dyr kan leve der. Råttent eller oksygenfattig vann har preget de dypere vannmasser i indre Oslofjord mer eller mindre sammenhengende de siste 50 år.

I overflatelaget og strandsonen vil oksygenet bli fornyet fra luften og gjennom plantenes fotosyntese. Men også der vil forurensningene føre til problemer ved at stranden blir nedgrodd og gjørmete og selve vannet får uappetittlig karakter. Lukt kan også følge med.

Avløpsvann vil ofte inneholde miljøgifter, men i Oslofjorden har disse ført til relativt små problemer. Enkelte industriprosesser har medført betydelige utslipp av tungmetaller og giftige organiske forbindelser, som statlige og kommunale myndigheter arbeider med å få kontroll over. Fisk, reker og skjell som fanges i fjorden blir spist, det må derfor tilsees at de ikke inneholder skadelige stoffer. Tipping av snø i vassdrag og i fjorden bør vurderes i denne sammenheng.

Avløpsvann inneholder bakterier og andre mikroorganismer. Noen av disse kan fremkalle og overføre sykdommer. For at folk skal kunne ha vannkontakt, spesielt bading, må innholdet av sykdomsfremkallende organismer være lavt.

Synsopplevelse

Som tidligere nevnt, krever denne arealbruksformen at overflatelagene er fri for lukt, grums, søppel, overgroing, oljehinner osv.

Fast søppel har ofte havnet i sjøen, dels direkte og dels via vassdragene. Noe kommer fra skipstrafikk og småbåter. Ved snørydding om vinteren blir mye snø tippet i sjøen, da følger det også søppel med. Søppelproblemet i fjorden er imidlertid blitt betydelig mindre de senere år.

Den viktigste, kvantitativt målbare, vannkvalitetsparameteren av betydning for synsopplevelse er siktedypet. Vi mener en bør ha minimum 3 meters siktedyp for å oppleve vannet som rent.

Bading

For bading og annen vannkontakt må vannet såvel som strendene og eventuelle innretninger være helsemessig tilfredsstillende. For vannets vedkommende er det først og fremst de bakteriologiske og estetiske forhold som blir vurdert. Faren for overføring av sykdom ved bading i sjøvann er liten, men de bakteriologiske krav er i senere år blitt noe strengere.

"Ved planlegging av nye badestrender eller til bruk for vurdering av utslipp bør man holde seg til den norm som gjelder idag og ikke akseptere at E.coli skal overskride et antall på 50 pr. 100 ml vann både i ferskvann og saltvann. Dette bør danne grunnlaget for helseråds-tjenestens vurdering av nye anlegg og ved tilrådning til forurensningsmyndighetene i forbindelse med utslipp. Ved eksisterende badeplasser som ikke drives forretningsmessig, bør man vurdere forholdene noe mer fleksibelt ut fra et faglig skjønn på når man vil fraråde bading. WHO's norm for tilfredsstillende, E.coli mindre enn 100 pr. 100 ml, kan danne utgangspunkt for et slikt skjønn for sjøvann. Oslo kommune nedla i sin tid flere bad på grunn av de helsemessige forhold." (NOU 1984:28.).

I Oslofjorden vil de bakteriologiske forhold de fleste steder være tilfredsstillende. Tarmbakterier dør nemlig fort ut i sjøvann. Det er også viktig at vannet er estetisk innbydende og som for synsopplevelse mener vi siktedyp på minimum 3 meter bør være et rimelig vannkvalitetskrav for bading.

Fiske

Oslofjorden er en ganske fiskerik fjord. Det foregår både yrkesfiske og hobbyfiske. Listen med fisk og andre dyr som fanges er lang. Det gjelder:

- Reker
- Skjell
- Flyndrefisker
- Torsk, hvitting, ål, sei, makrell, sild, brisling m.fl.

En del fastboende fiskere har adgang til å selge sin fangst direkte ved brygge.

Hobbyfiskere er det svært mange av. Storparten av de fritidsbåter som hører til i indre fjord, vil fra tid til annen bli brukt til fiske. Det fiskes også fra isen om vinteren.

For bra fiske og fangst er det to hovedkriterier:

1. At forekomstene er gode eller tilstrekkelige
2. At fangsten helsemessig er egnet for konsum.

I Oslofjorden er vannets oksygeninnhold den viktigste enkeltfaktor for dyrelivet. De forskjellige fiskearter og andre dyr har forskjellige toleransegrenser. Ved konsentrasjoner under 1 ml O/l blir forholdene kritiske for de aller fleste fiskearter. Helst bør det være over 2 ml O/l.

Fiske og fangst med sikte på konsum stiller mange krav til vannkvaliteten, men ingen er vedtatt og gitt formell status.

Mangfoldig dyre- og planteliv

For å ha et mangfoldig dyre- og planteliv i hele fjorden må oksygenforholdene være gode fra topp til bunn og i alle bassenger. Dette betinger at algeveksten i de øvre vannlag ikke er for sterk eller at tilførsel av annet oksygenforbrukende materiale er lav. Det er derfor en viss sammenheng mellom siktedyp i overflatevannet og oksygeninnhold i vannet dypere nede.

Renhetsgraden kan ikke bare fastslås gjennom fysisk-kjemiske målinger. Kriteriet for renhet er at fjorden har et mangfold av arter og et individtall omtrent som andre, presumptivt rene fjorder.

Vi har valgt noen tangarter og bløtbunnsarter som indikatorer på mangfold. Mange faktorer har betydning for deres eksistensmuligheter. For bløtbunnsartene er oksygeninnholdet spesielt viktig, og konsentrasjonene i sjøvannet må ikke underskride 2 ml O/l. (KIRKERUD, 1977).

3.3. Eksisterende vannkvalitetsmål

Det er ingen vedtatte krav som vannkvaliteten i Oslofjorden skal tilfredsstillende. Men det er åpenbart et hovedmål at friluftslivet ikke skal være hemmet av forurensninger.

Helsemyndighetene har tilsyn med i innhold av giftstoffer i fisk og skjell som nyttes for konsum. Størst interesse har skjellenes evne til å akkumulere visse algegifter. Det sendes årlig ut meldinger som frarår at blåskjell fra visse strøk blir spist. Det ansees ikke heldig regelmessig å spise lever i lokalfanget torsk, men forøvrig er innhold av mijøgift i fisk og skjell funnet å være moderat.

Helsevesenet foretar regelmessig bakteriologiske undersøkelser av badevannet på utvalgte steder. Tallene brukes først og fremst som grunnlag for helsevesenets vurdering av kommunal drift og nye tiltak.

Giftige blåskjell kan forekomme mange steder langs kysten. Selv om det er vanlig å anta at sterk algevekst gir større forekomst av algegift, er det ingen klar sammenheng som kan brukes til å styre utviklingen mot en fjord fri for giftige blåskjell.

Det er viktig å registrere at flesteparten av kommunene og fylkeskommunene rundt fjorden har forurensningsbekjemping som uttalt politisk mål. Dette kan sies å være et slags indirekte vannkvalitetsmål.

Av spesiell interesse er også de mål for vannkvalitet Fagrådet for kloakksamarbeid i indre Oslofjord formulerte i 1982. (OSLO VANN- OG KLOAKKVESEN, 1982). Disse er, såvidt vites, ikke politisk behandlet.

Det siteres:

"Hovedmålsettingen vil fortsatt være "for alltid" å snu den negative langtidsutvikling i fjorden og bedre dens økosystem hen mot tidligere tiders tilstand.

Innen 1990 bør vi således søke å:

- Bringe fjorden tilbake mot den tilstand den hadde ved begynnelsen av 50-årene.
- Redusere algeproduksjonene i overflatelaget og dermed øke oksygennivået i dypvannet fra ca. 1 ml/l til i middel 2 ml/l målt i oktober i Vestfjorden over en 3-5 år periode.
- Redusere frekvensen og mengden av hydrogensulfid i fjordens vannmasser.
- Bedret siktedyp.
- Minket nedslamming og begroing av grønnalger (grønske) langs strandlinjen.
- På ny få en rekebestand i Bunnefjorden."

3.4. Avledete vannkvalitetsmål

Det følger av foranstående at det blir nødvendig å stille sammen hva vi på grunnlag av generelle formuleringer kan konkretisere. Nedenfor er angitt de forhold som må tilstrebes for at fjorden skal fremstå som en "ren fjord", altså et slags idealmål. I realiteten kan den aldri få tilbake en slik status. Dertil er den omgitt av altfor stor menneskelig aktivitet.

Tilløpselver:

Ikke søppel, lukt eller synlig påvirket vann. Variert og naturlig liv, levelig for fisk.

Stranden:

Ikke søppel, lukt eller synlig forurensning. Naturlig bunn, ikke eller lite grønske. Variert liv.

Overflatelaget:

Ikke søppel eller lukt. Siktedyp i trange og grunne farvann ikke under 2 meter, i åpne farvann over 5 meter, begge deler som middel over lengre perioder. Termostabile bakterier gjennomgående godt under 50 pr. 100 ml.

Dypvannet:

Levelige forhold for fisk og andre organismer. Oksygeninnhold helst over 2,5, men ikke under 1,5 ml oksygen pr. liter.

Bunnen:

Levelige forhold for reker, fisk og andre organismer. Ikke slamavsetninger som akkumuleres eller påvirker dyrelivet. Oksygeninnhold rett over bunnen ikke under 2,0 ml oksygen pr. liter.

Hele vannmassen:

Miljøgifter som kan påvirke organismene eller akkumuleres i potensiell mat, må være under nærmere fastsatte grenser. Det gjelder tungmetaller (kvikksølv, kadmium, bly, krom, sink, jern), organiske klorforbindelser og polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH.

Basert på hvor langt man vil strekke seg mot dette idealmålet kan

man anslå de utslippmengder som fjorden maksimalt kan tåle. Det vises til kapittel 4.

I kapittel 2.3 er det ut fra en vurdering av samtlige brukerinteresser satt opp tre knipper med mål for bruken av fjorden som representerer tre ambisjonstrinn. Ut fra disse er det så mulig å angi hvilke vannkvalitetsmål fjorden må tilfredsstille. Det må legges til at denne overgang fra brukermål til vannkvalitetsmål er basert på et utpreget faglig skjønn, og at tallene alltid må brukes i kombinasjon med et faglig skjønn av situasjonene til enhver tid. Det er første gang en har satt opp slike vannkvalitetsmål for indre Oslofjord. Etterhvert som det innhentes erfaring med bruk av denne type mål, må de kunne justeres.

Felles for alle tre målnipper må være:

- A) Utslipp av tungmetaller og andre miljøgifter må ikke øke utover dagens belastning. Det må fortsatt være et mål å redusere slike utslipp.
- B) Hygieniske og bakteriologiske forhold må bedres. Det siktes til vassdrag og utilfredsstillende kloakkutslipp som lokalt gir uhygieniske tilstander. Dette er det først og fremst helserådene som bør være med å påpeke.

I situasjoner hvor overløpene trer i bruk, kan det komme urensset avløpsvann ut i overflatelaget og gi bakteriologisk forurensning. Vi har ikke trukket dette inn i vurderingene, men tilrår at de overløp som oftest er i bruk, ledes godt ut fra land og på rimelig dyp.

- C) Forsøpling via vassdrag eller direkte i sjøen og oljeutslipp må bringes ytterligere under kontroll. Det er aktuelt å sette opp lenser nederst i vassdrag, og å ha egne båtlag som kan samle flytende søppel og renske opp langs stranden. I flere kommuner gjør parkvesenet idag en utmerket renovasjonsjobb.

Vannkvalitetsmål for de enkelte bassenger er angitt og kommentert i tabell 3.

Tabell 3. Vannkvalitetsmål for Oslofjorden. Målene er avledet fra tre forslag til målknipper for bruk av fjorden, og de er angitt som siktedyp for overflatelagene og oksygeninnhold for dyplagene.

	Siktedyp (m) alle knipper	Knippe lavt	Knippe middels	Knippe høyt
		Oksygenkonsentrasjon (ml/l)		
Bunnefjord	3	0	0,6	1,0
* Bekkelagsbass.	2-3	-	-	-
* Indre havn	2-3	0	1,0	2,0
* Lysakerfjord	2-3	0,5	1,5	2,0
* Bærumsbass.	2-3	0,5	1,0	1,5
Vestfjord	3	1,5	2,0	2,4

* I disse bassengen egjelder den laveste siktedypsverdien for landnære områder.

- Tallene representerer minimumsverdier i forhold til ønsket bruk. I store deler av året og også i enkelte hele år vil verdier for siktedyp og oksygeninnhold følgelig ligge langt over tabellens verdier. I mange bassenger er f.eks. idag siktedypet jevnlig over 5 meter.
- Bassengverdiene innenfor hvert målknippe må betraktes samlet. Ønsket bruk i basseng A kan på grunn av vannstrømningsforhold kreve bedre vannkvalitet i basseng B enn Bs ønskete bruk tilsier.
- Forholdene i dypbassenget ved Bekkelaget er så spesielle at det ikke er angitt verdier for dypvannets oksygeninnhold. For siktedypsmålene er Paddehavet regnet med til Bekkelagsbassenget.
- Siktedypet er særlig avhengig av algeveksten, og det er følgelig i perioden mars til oktober at forholdene er mest kritisk for denne parameteren. I perioder med naturlig algeblomst eller med flomutvasking av løsmasser via elver og bekker vil vannkvalitetsmålene kunne underskrides. I lokale områder ved marinaer, kaianlegg, enkeltutslipp eller forurensete bekker kan det jevnlig være lavere siktedyp enn angitt. Målinger er forutsatt tatt godt fra land og utenom slike områder eller tidsrom som er angitt ovenfor.
- Oksygeninnholdet er i Vestfjorden som regel lavest om høsten før vinterens dypvannsfornyelser og etter sommerens produksjon. I Bunnefjorden inntreffer det senere. Målene for oksygeninnhold er angitt for de dypeste områdene i hvert basseng, unntatt helt lokale groper. Det tas forbehold om at oksygeninnholdet kan underskride målene hvis utskiftingen av dypvannet er dårlig i to år på rad.

4. MÅL FOR OKSYGENFORBRUK I INDRE OSLOFJORD

4.1 Innledning

Oslofjorden er en terskelfjord hvor dypvannet innenfor tersklene er mer eller mindre avstengt fra havet utenfor. Ved omsetning av ned-synkende alger og tilført organisk materiale samt oksydasjon av tilført ammonium forbrukes oksygen i dyplagene. Over sprangsjiktet vil vannmassene i regelen være godt luftet. Der opptas oksygen ved luftkontakt og ved plantenes fotosyntese.

Under sprangsjiktet vil det være en svak oksygentilførsel ved diffusjonsprosesser, men den er for liten til å kompensere for forbruket. Det er de store periodevise utskiftninger av dypvann som fornyer oksygenreservene i dypvannet.

Ved beskrivelse av forholdene i indre Oslofjord er det vanlig å bruke 20 meters dyp som grense mellom overflatevann og dypvann. Det vil også bli gjort her. Det minnes imidlertid om at for en periode på 3 - 4 måneder om vinteren vil sprangsjiktet være svekket og ligge dypere.

Vannet i indre Oslofjord gjennomløper årlige variasjoner som har en betydelig regelmessighet. Det henger sammen med ytre faktorer som temperatur, vind, lys (sol) og nedbør.

Om vinteren vil vannet være ganske salt helt til overflaten, store områder er isdekket hvert år og gjennomgående nordlige vinder vil blåse overflatevann ut av fjorden.

Om sommeren vil sydlige vinder være fremherskende og et brakkvannssjikt bygges opp. Lyset vil stimulere algeveksten allerede fra februar/mars og helt til omlag oktober. Det er vannssituasjon i Breiangen som i vesentlig grad bestemmer brakkvannsdannelsen i indre fjord. De årlige vekslinger er ikke like. Klimatiske og oseanografiske faktorer varierer fra år til år.

For denne vurderingen har det bare i begrenset grad vært mulig å ta årsvariasjonene med i betraktning. Hovedutslippene av forurensninger er i virksomhet året rundt. Selv om uheldige konsekvenser ikke merkes i vinterhalvåret, er utslippene med å legge grunnen for sommersituasjonen. Algeveksten, som er hovedansvarlig for oksygensituasjonen i dyplagene, begynner for alvor i mars og kan vare til oktober. Noe alger vil det også vokse midt på kaldeste og mørkeste vinteren.

I utgangspunktet er denne vurdering bygget på årsbudsjetter, både for forholdene i fjorden og for utslippene. For å finne frem til utslippsmål som sikrer bruksmålene gjennom hele året, er årsbudsjettene justert på skjønn.

4.2 Oksygentilførsel

Det skjer en nesten kontinuerlig tilførsel av nytt vann til indre Oslofjord gjennom Drøbaksundet som følge av tidevannsstrømmer og vindpåvirkning. Det meste av vannutvekslingen skjer i overflatelaget etter som terskelen er snaue 20 m dyp. Men ofte vil også noe vann under 20 m bli med i utvekslingen. Størrelsen på dette bidraget kjenner vi ikke, men i søndre del av Vestfjorden har dette bidraget sikkert stor betydning ned til 40 - 50 m.

Fra tid til annen skjer det også en dypvannsutveksling over terskelen ved Drøbak. Det er alltid som en massiv strøm inn over terskelen og bare når de hydrografiske forhold gir mulighet for det, dvs. når overflatelaget i Drøbaksund har høyere egenvekt enn dypvannet i indre Oslofjord, en situasjon som oftest opptrer vinterstid.

Alt etter forholdene kan en slik innstrømming fortrenge vann på mellomliggende dyp eller helt til bunns. Fornyelse av Vestfjordens bunnvann skjer hvert år, mens Bunnefjordens dypvann fornyes omtrent hvert tredje år.

Det innstrømmende nye bunnvann har en saltholdighet omkring 34 promille, et oksygeninnhold omkring 5 ml/l og et fosforinnhold på ca.

30 mikro g/l. I middel over mange år er det beregnet at årlig blir vel 65 % av alt vann under 20 meter erstattet av nytt dypvann. Jfr. tabell 2.

Denne dypvannsfornyelse er overmåte viktig for dyrelivet i dypvannet i indre Oslofjord. Det er hovedsakelig gjennom dypvannsfornyelse at de dypere vannlag får fornyet sitt oksygeninnhold. Inntil menneskelige forurensninger gjorde seg gjeldende, var denne fornyelse nok til å opprettholde et variert og rikt dyreliv i indre Oslofjord. Blant annet forekom det flere særpregede dypvannsfisk som nå har forsvunnet.

Målinger av dypvannet utenfor terskelen gjennom mange år har vist at det har et stadig synkende innhold av oksygen, jfr. figur 6. Hvis denne utvikling fortsetter, vil det få dramatiske virkninger for indre fjords dyreliv. I verste fall kan det over årene bety at omfattende tiltak mot forurensningene ikke får den tilsiktede virkning på dyreliv i dypvann og bunn. Vi har ingen holdepunkter for å vurdere om denne utviklingen vil fortsette eller om den har nådd et mer stabilt nivå.

De sentrale statlige og fylkesvise forvaltningsorganer er oppmerksom på problemet, og undersøkelser er innledet for å finne årsaken til denne utvikling med tanke på å snu den.

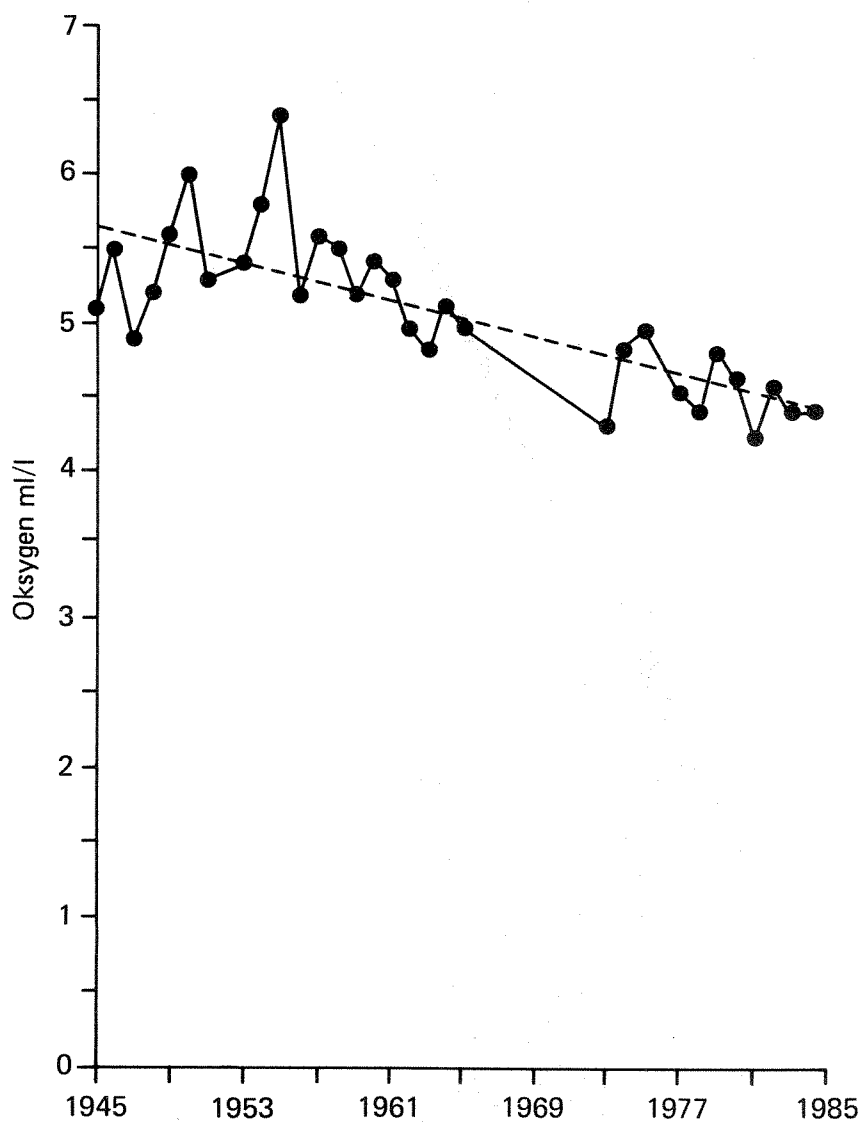
Ved å kombinere data for antatt utskiftningsvolum med data for oksygeninnhold fås et inntrykk av størrelsesordenen av oksygentilførselen til dyplagene i indre fjord.

Oksygentilf. (t/år) = oksygenkons. (t/m³) x utskiftningsvolum (m³/år)

hvor oksygenkonsentrasjonen varierer mellom $6,0 \cdot 10^{-6}$ tonn/m³ (4,2 ml/l) og $7,9 \cdot 10^{-6}$ tonn/m³ (5,5 ml/l) og utskiftningsvolumet varierer, ut fra nåværende datakjennskap, mellom $1,2 \cdot 10^9$ m³ og $8,3 \cdot 10^9$ m³.

Svingningene i utskiftningsvolumet betyr følgelig langt mer for oksygentilførselen enn svingningene i oksygenkonsentrasjonen.

Vi har derfor i denne rapporten forutsatt at nytt bunnvann til indre fjord vil ha et stabilt oksygeninnhold på ca. 5 ml/l. Dette gir en antydnet oksygentilførsel til indre fjord på mellom 10 000 tonn O₂ og 60 000 tonn O₂ pr. år med ca. 27 000 tonn O₂ pr. år som gjennomsnittsverdi beregnet ut fra gjennomsnittlig utskiftningsvolum. Pga. diffusjon fra overflaten og hyppige utskiftninger i mellomlaget i Vestfjorden er den virkelige oksygentilførsel til dyplaget større.



Figur 6. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) på 80 meters dyp i Drøbak-sundet (KN1) i perioden 1945-83 for oktober måned. (Data fra Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og NIVA).

Fordeling av oksygentilførselen mellom hovedbassengene har vi ikke tall for. Ut fra utskiftingshyppighet og volum under 20 meter skulle Bunnefjorden i snitt få ca. 1/9 og Vestfjorden ca. 8/9 av oksygentilførselen. På grunn av betydelig vannutveksling over den 50 m dype terskelen mellom Nesodden og Bygdøy, antas fornyelse i Bunnefjorden å være større enn det den rene dypvannsfornyelse tilsier.

4.3. Avledete utslippsmål

For å finne frem til hva Oslofjorden tåler av utslipp uten at de mål-satte oksygenkonsentrasjonene for dyplagene underskrides, må man i tillegg til å vurdere oksygentilførsel også vurdere antatt oksygenforbruk i lagene under 20 meters dyp.

Oksygenforbruket skyldes både forurensningstilførsler og den belastning dypvannet utsettes for på grunn av naturforholdene. Det er utviklet en enkel modell for beregning av forurensningstilførslenes belastning på dypvannet. Modellen er utviklet og brukt i kapittel 5, 6 og 7. Ut fra modellen og beregningene medfører tilførslene fra land et samlet oksygenforbruk i dyplagene på ca. 20.000 tonn/år. Naturlig belastning på dypvannet skyldes nedbryting av den algeproduksjon som "naturlige" fosforkilder forårsaker. Slike fosforkilder kan være fosfor i utskiftingsdypvann, fosfornedfall fra luften på fjordflaten og uomsatt fosfor som kommer inn ved tidevannsutveksling. Det er ikke kjent i hvilken grad disse fosformengdene kommer til overflatelaget og blir tilgjengelig for algevekst. Størrelsen av den naturlige belastningen på oksygenreservene i dyplaget kjenner vi følgelig ikke.

Fordi beregnede tall for oksygentilførsel og oksygenforbruk er beheftet med stor usikkerhet, slik det går frem av pkt. 4.2. og det ovenstående, kan man i stedet resonnerer seg frem mot utslippsmålene ut fra målte konsentrasjoner av oksygen i dyplagene.

Det foretas hvert år målinger av oksygenkonsentrasjonen i vannmassene i vår-, sommer- og høstmånedene. Ut fra dette kan man avlede endringen i det totale oksygeninnholdet i dyplagene. I 1986 (21.5.-20.10.) sank f.eks. oksygeninnholdet i dyplaget med ca. 16.000 tonn.

Vi antar at under noenlunde like belastninger vil den totale oksygenendringen variere lite fra år til år. En viktig usikkerhetsfaktor er at fjordens reaksjon på forurensningstilførslene ikke er i likevekt. Det har de siste 5-6 år skjedd betydelig endringer i utslippsmengder og utslippsmåter. De målinger som gjøres i fjorden og som viser vannmassenes reaksjon bl.a. ved oksygenforbruk i dyplaget, kan være betydelig forsinket i forhold til utslippssituasjonen. Treghet i vannutskiftning og akkumulerte forurensninger i bunnsedimentene er elementer i det. Dette usikkerhetsforhold har i måttet se bort fra.

Den årlige oksygenreduksjonen i fjorden fører til at oksygenkonsentrasjonen blir lav om høsten. Det laveste settet av oksygenkonsentrasjoner som er målt de siste 4-5 år, tilsvarer et minste totalt oksygeninnhold i dyplagene på ca. 9.000 tonn (høsten 1983). Dette tilsvarer en middels oksygenkonsentrasjon i dyplagene på ca. 1 ml/l.

Ved å anslå tilsvarende middelveier for de målsatte oksygenkonsentrasjoner (basert på minimumstallene i tabell 3) kan målknippenes laveste tålte oksygeninnhold i dyplagene stipuleres. Differansen mellom dagens laveste oksygeninnhold og de målsatte oksygeninnhold i fjorden må minskes for å oppnå målene.

Ettersom den målsatte minkingen i oksygenreduksjonen bare kan oppnås gjennom forurensningsbekjemping og ikke gjennom påvirkning av de naturbetingede belastningsfaktorene, må utslippsmål beregnes ut fra landtilførslenes beregnede oksygenforbruk på 20.000 tonn. Se tabell 4.

Tabell 4. Utslippsmål for dyplagene i indre Oslofjord.

	Laveste tålte oksygenkonsentrasjon. Middelt for alt dyplag (ml/l)		Laveste tålte oks.innh. samlet (tonn)	Laveste målte oks.innh. samlet (tonn)	Målsatt minking i oksygenreduksjonen (tonn)	Antatt usikkerhet (tonn)	Beregnet antropogen belastning (tonn)	Utslippsmål (tonn)
	Bunnefjorden	Vestfjorden						
Målknippe lavt	0,8	1,9	13.000	9.000	4.000	+ 1.000	20.000	16.000
Målknippe middels	1,2	2,4	17.000	9.000	8.000	+ 2.000	20.000	12.000
Målknippe høyt	1,6	2,9	21.000	9.000	12.000	+ 3.000	20.000	8.000

Det ligger usikkerhet i anslag av middelve³rdier for hele dyplaget i forhold til det settet av minimumsverdier for hvert enkelt basseng som er angitt i vannkvalitetsmålene (tabell 3). Usikkerheten er større jo lenger fra dagens situasjon målet er.

I tabell 5 er utslippsmålene forsøkt fordelt på de enkelte bassenger. Fordelingen baseres på at den relative belastning mellom bassengene opprettholdes. Det antas riktig ut fra de siste års målinger som viser at oksygenkonsentrasjonen synker omtrent like fort i Bunnefjorden og Vestfjorden.

Tabell 5. Utslippsmål i tonn oksygenforbruk pr. år for dyplag under 20 m. Målene er avledet av tre forslag til målknipper for bruk av fjorden.

	1985	Målknippe		
		Lavt	Middels	Høyt
Bekkelagsbassenget	7.000	5.000	3.500	2.000
Indre havn	2.500	2.000	2.000	1.500
Bunnefjorden	1.000	1.000	500	500
Lysakerfjorden	800	600	600	600
Bærumsbassenget	600	400	400	400
Vestfjorden	8.400	7.000	5.000	3.000
Hele indre fjord	20.000*	16.000	12.000	8.000

* avrundet

Tabellen må leses som et overslagsbudsjett. Forskyvninger på 500-1000 t vil stort sett spille liten rolle, men bruttotallene bør antagelig ikke endres vesentlig.

For å finne VA-tekniske tiltak som oppfyller utslippsmålene, må man benytte modellen som er presentert i kapittel 5.

De nye måltall for beregnet samlet belastning (tabell 4), er altså fremkommet ved enkle lineære vurderinger ut fra dagens observerte oksygenverdier. For nøyaktigere anslag kreves det modeller som tar hensyn til dynamiske forhold og interaksjoner. NIVA har arbeidet

med flere modeller i forbindelse med forurensningstiltak. Det vises bl.a. til de beregninger som MAGNUSSON og BJERKENG (1985) gjorde for å vurdere effekten av overføring av avløpsvann fra Bekkelaget r.a. til SRV.

Vi ville anse et slikt modellarbeid som sterkt ønskelig for å forbedre grunnlaget for tiltaksplanlegging. En virkningsmodell for Oslofjorden ville sikkert meget raskt vise seg å bli et nødvendig redskap for driften av renseanleggene og for forvaltningen av fjorden som natur-system.

Behovet for en virkningsmodell er generelt stort, men det bør legges til at jo høyere ambisjonsnivå det settes for kvaliteten og bruken av fjorden, jo større er behovet.

Dette prosjektet har ikke tillatt utvikling av eller forbedring av virkningsmodeller. Det er et omfattende arbeid med stor vanskelighetsgrad som i beste fall lar seg fullføre på 2-3 år.

De senere års målinger i fjorden tyder på at den negative forurensningstrenden har stoppet opp og at situasjonen nå muligens kan være noe bedre enn i 70-årene. Det antas derfor at fjordens forurensningssituasjon er kommet i en mer stabil fase og at det for såvidt burde være anledning til å bruke litt tid på å finne ut hvilke tiltak som best og billigst kan gi oss en enda renere fjord.

5. BELASTNINGSMODELL FOR OKSYGENFORBRUK

5.1. Innledning

Som det fremgår av kapittel 3 og 4, er oksygenforbruket, spesielt i fjorder med avstengt bunnvann, særlig viktig for vannkvalitet og livet i fjorden. I det følgende presenteres et utviklingsarbeid som vi langt på vei mener har gitt ett mål på vannkvaliteten i dypvannsbassenger. Utviklingsarbeidet er primært gjort for utslippsvann fra renseanlegg, men antas å kunne anvendes også for andre tilførselskilder.

Oksygenforbruket grunnet nedbrytning av organisk stoff og oksydasjon av ammonium fra tilførselsvann betegnes primærbelastning. Oksygenforbruket grunnet nedbrytning av alger produsert fra tilførselsvannets næringssalter, betegnes sekundærbelastning.

5.2. Direkte oksygenforbruk (primærbelastning)

Beregning av oksygenforbruket i tilførselsvann ut fra verdiene til karbon bundet i organisk materiale (TOC) og ammoniumkonsentrasjon (NH_3) beregnet fra total nitrogen (Tot-N), er sannsynligvis den beste metoden for å finne fram til primærbelastningen. Det foreligger bra med opplysninger både om TOC og Tot-N konsentrasjonene i de ulike kildene til tilførselsvann.

Oksygenforbruket for organisk karbon kan beregnes på følgende måte:

2,4 mg O pr. mg karbon C som nedbrytes.

Det er her forutsatt at tilførselsvannets karbon består av en blanding av glukose og glutaminsyre som standard. Hvorvidt dette stemmer, kan kontrolleres ved nærmere undersøkelser.

I lang tid regnet man med at all karbon ble biologisk nedbrutt, men senere erfaring har vist at bare en del av det totale karbon-innholdet i avløpsvannet lar seg bryte ned biologisk. Idag regner vi med

at det organiske stoffet er fullstendig nedbrutt når oksygenforbruket er 60 % av det teoretisk beregnede. Det vil si at bare 60 % av det organiske karbonet deltar i nedbrytningsprosessen. Det er her antatt at de 60 % som kan brytes ned, refererer seg til råkloakk før noen nedbrytning har startet. Etter hvert som organisk stoff brytes ned f.eks. i et biologisk renseanlegg, vil andelen av TOC som ikke lar seg bryte ned øke.

Når biologisk oksygenforbruk her beregnes ut fra TOC, det vil si organisk karbon, er det fordi dette er den mest nøyaktige analyse av organisk stoff, og den det foreligger fleste data om for indre Oslofjord. Det ideelle ville være å bestemme langtids-BOF direkte. Det er imidlertid en meget arbeidskrevende og unøyaktig analyse. Det er derfor satset på TOC. Fra TOC må det regnes om til BOF, noe som igjen øker usikkerheten. En serie parallell-analyser burde utføres med disse aktuelle utslippskvalitetene for å bedre beregningsgrunnlaget.

Ved oksydasjon av tilførselsvannets ammonium til nitrat forbrukes 4,57 mg O for hvert mg ammonium som blir oksydert. Det er vanlig at ca. 90 % av Tot-N verdiene er ammonium i kommunalt avløpsvann. I elver og bekker har vi antatt at tilsvarende andel er 60 %.

Det totale oksygenbelastningen eller forbruket (TOF) i utslippsvannet vil derfor bli følgende:

$$\begin{aligned} \text{TOF}_{\text{prim.}} &= 0,60 \cdot 2,4 \cdot \text{TOC} + 0,90 \cdot 4,57 \cdot \text{Tot-N} \\ \text{TOF}_{\text{prim.}} &= 1,44 \cdot \text{TOC} + 4,11 \cdot \text{Tot-N} \end{aligned}$$

Dette resultatet viser at et nitrogenutslipp på 1 kg betyr vesentlig mer for oksygenforbruket i fjorden enn et utslipp av 1 kg karbon.

5.3. Sekundært oksygenforbruk

Hensikten med å fjerne fosfor er som tidligere nevnt, å begrense algeveksten i overflatelagene ved å gjøre fosfor til minimumsfaktor for algeveksten. Algeveksten fører til en sekundærbelastning med organisk stoff ved at CO₂ fra atmosfæren ved fotosyntese danner celle-materiale som når det dør, synker til bunns og forbruker oksygen i

dyplagene. Algeoppblomstringen kan produsere en sekundærbelastning av organisk stoff som er 5-10 ganger så stor som kloakkvannets opprinnelige innhold av organisk stoff. Fosforfjerning i og dyputslipp av avløpsvann begrenser imidlertid denne sekundærbelastningen.

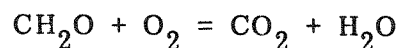
Det totale oksygenforbruket fra sekundærbelastningen kan beregnes på følgende måte. Det forutsettes at den fosformengden som slippes ut, øker produksjonen av algeceller. Når algene dør, synker de og nedbrytes. Denne nedbrytningen forbruker oksygen.

Forholdet organisk stoff angitt som karbon-C/Tot-P bestemmes av algenes oppbygning. Her settes følgende gjennomsnittlig forhold:

$$\frac{\text{Organisk stoff som TOC (mg)}}{\text{Utslipp av fosfor som Tot-P (mg)}} = 41$$

Det betyr at fra 1 mg Tot-P kan det produseres 41 mg TOC når fosforet omdannes til alger under forutsetning av at det er tilstrekkelig nitrogen, andre nødvendige næringsalter og lys.

Forholdet mellom oksygen som medgår ved nedbrytning og den nedbrutte algemassen er basert på følgende formel:



hvor CH_2O representerer en midlere oksydasjonsgrad av C i alger. Det betyr at vektforholdet mellom karbon C og oksygen O er

$$\frac{\text{O}_2}{\text{C}} = \frac{32}{12} = 2,67$$

og betyr at når 1 g organisk C nedbrytes medgår 2,67 g O.

Det betyr igjen at følgende formel kan settes opp:

$$\text{TOF}_{\text{sek.}} = 2,67 \cdot (41 \text{ Tot-P} \cdot K_{\text{nedbrytn.}} \cdot \text{Tf}).$$

Her er

$TOF_{\text{sek.}}$ = Det totale oksygenforbruket fra sekundærbelastning som vekt oksygen (g O, kg O, tonn O).

Tot-P = Mengde fosfor i utslippsvannet som vekt fosfor (g P, kg P, tonn P).

$K_{\text{nedbrytn.}}$ = Andel av det organiske stoffet i de produserte algene som er nedbrytbart. Det forutsetter at alt brytes ned slik at $K_{\text{nedbrytn.}} = 1,0$.

Tf = Andel av fosforet ved dypvannsutslipp som når overflatelaget slik at fotosyntese og algeproduksjon kan skje. Denne faktoren er konsentrasjons- og tidsavhengig, noe vi ikke har kunne ta hensyn til her.

Formelen kan da forenkles til følgende:

$$\begin{aligned} TOF_{\text{sekundær}} &= 2,67 \cdot 41 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf} \\ \text{eller} &= 109,5 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf} \\ &= 110 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}. \end{aligned}$$

5.4. Totalt oksygenforbruk til dyplagene

Ut fra det som tidligere er redegjort for, kan det totale oksygenbehovet fra både primær og sekundærbelastningen beregnes som summen av de to belastningene, som vist nedenfor:

$$TOF_{\text{totalt}} = TOF_{\text{primær}} + TOF_{\text{sekundær}}$$

$$TOF_{\text{total}} = 1,44 \cdot \text{TOC} + 4,11 \cdot \text{Tot-N} + 110 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}$$

De oksygenforbrukende stoffene som slippes ut i overflatelaget og det oksygenforbrukende stoffet som dannes i overflatelaget i form av

alger, vil i stor grad bli omsatt i overflatelaget. Algeproduksjonen fører til O_2 -produksjon i overflatelaget, og det er her sjelden problemer med oksygeninnholdet i vannet som tidligere nevnt. Hovedproblemet er knyttet til O_2 -forbruket i dyplaget.

Det totale oksygenforbruket slik det beregnes i ovenforstående formel, kan derfor ikke brukes direkte for å bedømme innvirkningen av utslippene på det kritiske dyplaget. Det er nødvendig å beregne oksygenforbruket i dyplaget spesielt. Følgende forutsetninger benyttes.

1. Fjorden deles i to horisontale lag, overflatelaget (0-20 meters dyp) og dyplaget (under 20 meters dyp).
2. Alt oksygenforbruk fra nedbrytning av organisk stoff (TOC) og nitrifikasjon av ammonium (Tot-N) som slippes ut i dyplaget, forbrukes i dyplaget, selv om noe av stoffet etter hvert rekker å nå overflatelaget.
3. Alle fosfortilførsler (Tot-P) som slippes ut i dyplaget og som forblir i dyplaget ($1 - T_f$), krever ikke noe oksygenforbruk.
4. 25 % av oksygenforbruket fra overflateutsluppet TOC og Tot-N (ammonium-delen) overføres til partikler (organismer) som synker ned i dyplaget. Oksygenforbruket i overflatelagene gir ikke oksygensvikt fordi det der er god tilgang på oksygen.
5. 50 % av algemassen produsert fra P (fosfor) rekker å synke ned i dyplaget før algemassen nedbrytes slik at 50 % av oksygenforbruket skjer her (Denne faktoren er usikker. I Drammensfjorden har sedimentfellene i følge MAGNUSSON og NÆS (1986) vist at den er hele 100 %).

Dette fører til at følgende formel kan benyttes for beregning av oksygenforbruket i dyplaget. Utredningen av denne formelen er nærmere beskrevet i vedlegg 1.

$$\text{TOF}_{\text{dyplag}} = (1,44 \cdot \text{TOC})(1,0 - 0,75 \cdot \text{Tf}) + (4,11 \cdot \text{Tot-N})(1,0 - 0,75 \cdot \text{Tf}) \\ + (110 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}) \cdot 0,50$$

Denne formelen beskriver imidlertid bare hvor stort oksygenforbruket er i dyplaget (under 20 meter) hvis fjorden er brådyp langs hele strandkanten. Det er imidlertid ikke tilfelle. Mange utslipp f.eks. fra elver, bekker, overvannsledninger, lekkasjer etc. munner ut i grunne strandsoner hvor det ikke er tilstrekkelig dyp etter definisjonen av dyplaget (under 20 meter). Dessuten er to av bassengene, nemlig indre Havn og Bærumsbassenget, så grunne at de hovedsakelig må defineres som overflatelag (ikke dypere enn 20 meter). For disse bassengene vil mye av det totale oksygenforbruket bli omsatt i overflatelagets vannmasse og bunn.

De oksygenforbrukende stoffene som i følge formelen belaster dyplaget, er for de grunne områdene avhengig av å bli transportert lange horisontale strekninger for å komme ut i sentrale dyplag. Denne horisontale transporten tar tid slik at en del av det oksygenforbruket som normalt ville gått til dyplaget, likevel belaster strandsonen og grunnere bassenger. Det må derfor gjøres en skjønnsmessig reduksjon av oksygenforbruket spesielt fra utslipp til grunne områder.

Følgende skjønnsmessige reduksjon i dypvannsbelastningen fra tilførsler i grunne områder (0-20 meters dyp) er benyttet:

	Skjønnsmessig reduksjon (%)
<u>Tilførselskilde</u>	
Elver og bekker	60
Avrenning fra tettsteder	40
Direkte utslipp i fjorden	30
Lekkasjer til fjorden	80

Basert på disse forutsetninger kan alle utslippene til indre Oslofjord omregnes til TOF, totalt oksygenforbruk i dyplaget.

5.5. Kort vurdering av modellens usikkerhet

Modellens usikkerhet ligger på tre ulike nivåer. For det første er modellen i seg selv en sterk forenkling av hva som skjer i fjorden. Det er i stor grad brukt lineære sammenhenger, mens de i virkeligheten kan være mer komplekse. Oseanografiske forskningsmiljøer har lenge arbeidet med å utvikle store modeller for beskriving av prosessene i sjø og fjord. Vi mener at vår enkle modell kan betraktes som et foreløpig arbeidsredskap for forvaltningen av fjorden. Videre vil vi sterkt anbefale at det igangsettes forskningsprosjekter som kan gi bedre verktøy for beslutningsstøtte enn hva denne modellen er.

Modellens andre usikkerhet ligger i de konstantverdier som anvendes. Forutsetningene for disse er omtalt tidligere. I tabell 6 er det vist hvilke intervaller vi tror de anvendte konstanter ligger innenfor.

Tabell 6. Variasjonsbredde for modellens parametre.

Parameter	Verdi	Antatt variasjonsbredde
A Oksygenforbruk pr. mg utslipps-C som nedbrytes	2,4 mg	2,2-2,6
B Andel av total utslipps-C som er biologisk nedbrytbart	0,6	0,4-0,8
C Oksygenforbruk pr. mg NH ₃ som blir nitrifisert	4,57 mg	0
L Andel av NH ₃ som nitrifiseres	1,0	0
D ₁ Andel av totalt nitrogen som er NH ₃ i avløpsvann	0,9	0,8-0,95
D ₂ Andel av totalt nitrogen som er NH ₃ i elvevann	0,6	0,4-0,8
E TOC-produksjon pr. mg Tot-P i overflaten	41 mg	0
F Oksygenforbruk pr. mg alge-C som nedbrytes	2,67 mg	2,4-2,8
G Andel av total alge-C som er biologisk nedbrytbart	1,0	0,95-1,0

Tabell 6 forts.

H	Andel av oksygenforbruk fra dyptliggende TOC og NH ₃ som belaster dyplagene	1,0	0,9-1,0
I	TOC-produksjon pr. mg Tot-P i dyplagene	0 mg	0
J	Andel av oksygenforbruk fra overflate-utsluppet TOC og NH ₃ som belaster overflatelagene	0,75	0,7-0,9
K	Andel av oksygenforbruk fra algened-brytning som belaster overflatelagene	0,5	0,3-0,7
M ₁	Andel av beregnet oksygenforbruk til dyp-laget som når frem ved tilførsel via elver og bekker i Oslofjorden	0,4	0,3-0,6
M ₂	Andel av beregnet oksygenforbruk til dyp-laget som når frem ved tilførsel via avrenning fra tettsteder	0,6	0,4-0,8
M ₃	Andel av beregnet oksygenforbruk til dyp-laget som når frem ved tilførsel via direkte utslipp til fjorden	0,7	0,5-0,8
M ₄	Andel av beregnet oksygenforbruk til dyp-laget som når frem ved tilførsel via lekkasjer til fjorden	0,2	0,1-0,4
M ₅	Andel av beregnet oksygenforbruk til dyp-laget som når frem ved tilførsel via dyputslipp	1,0	0
Tf ₁	Andel av N, P og C fra dyputslipp som når overflaten (Bekkelaget uten overløp)	0,5	0,4-0,6
Tf ₂	Andel av N, P og C fra dyputslipp som når overflaten (Bekkelaget, Bislett-bekken og Lysaker overløp)	0,75	0,6-0,9
Tf ₃	Andel av N, P og C fra dyputslipp som når overflaten (SRV)	0,1	0,05-0,15
Tf ₄	Andel av N, P og C fra dyputslipp som når overflaten (andre renseanlegg)	0,5	0,4-0,6
Tf ₅	Andel av N, P og C som når overflaten (overflatekilder)	1,0	0

Ved å generalisere den anvendte formelen for belastning av dyplag til:

$$\begin{aligned} \text{TOF}_{\text{dyplag}} &= (B \cdot A \cdot \text{TOC} + LDC \cdot \text{Tot-N} - N(H - J \cdot \text{Tf}) + F \cdot E \cdot \text{Tot-P} \cdot G \cdot \text{Tf} \cdot K) \cdot M \\ &= ((BA \cdot \text{TOC} + LDC \cdot \text{Tot-N}) - N(H - J \cdot \text{Tf}) + FEKG \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}) \cdot M \end{aligned}$$

kan vi anslå variasjonen i TOF som følge av usikkerheten i konstantene for de enkelte belastningene. Som eksempel er det i Vedlegg 2 beregnet at belastningen fra utslippet fra Bekkelaget renseanlegg uten overløp i 1985 er 4300 \pm 500 tonn O (\pm 12 %). En lang rekke beregninger med varierende konstanter innenfor de gitte variasjonsbreddene, vil teoretisk for Bekkelaget gi resultater innenfor \pm 12 % i 70 % av tilfellene.

Den siste usikkerheten i modellen er knyttet til TOC, Tot-N og Tot-P verdiene som blir nyttet. For renseanleggene hvor en har gode målinger, regner man med en usikkerhet på \pm 10 % i disse faktorene. Tilsvarende tall for alle andre kilder må antas å være langt mer usikre.

6. OVERSIKT OVER EKSISTERENDE TILFØRSLER TIL INDRE OSLOFJORD

6.1. Bakgrunn

Fra 1977 ble det årlig utgitt en oversikt over forurensningstilførslene til indre Oslofjord. NIVA utførte dette arbeidet på oppdrag av fagrådet for indre Oslofjord inntil 1981. Arbeidet ble utført etter en lest som ble lagt opp ved NIVA i den første rapporten i denne serien.

Fra 1981 ble dette arbeidet tatt over av miljøvernavdelingen i Akershus fylke som har samlet og bearbeidet de innkommende data frem til idag. Disse oversiktene har vært gjenstand for diskusjon etterhvert som betydningen av dem har blitt stadig viktigere.

Nylig har NIVA blitt anmodet av Fagrådet og Fylkesmannen om å utføre en gjennomgang av miljøvernavdelingens beregninger av forurensningstilførsler til indre Oslofjord for å oppnå mer pålitelige data. Det skal utarbeides et program for dette arbeidet som altså ennå ikke er kommet igang. Det er spesielt de tallene som omfatter lekkasjer, arealavrenning, vassdragstransport og direkte utslipp som skal inngå i dette arbeidet.

Vi har i dette arbeidet tatt utgangspunkt i oppstilling fra Fylkesmannen over forurensningstilførsler.

6.2. Tilførsler til indre Oslofjord fra land

6.2.1. Renseanlegg med direkte utslipp til fjorden

Tabell 7 viser en oversikt over årlige utslipp fra renseanlegg og sentrale overløp med beregnede direkte utslipp i fjorden. Tabellen viser både 1984-, 1985- og 1986-tall. 1986-tallene er beregnet for de 9 første månedene og multiplisert med 12/9 for hele året. Tabellen viser at det totale fosforutslippet fra renseanlegg og sentrale overløp ble redusert med 12 tonn fra 1984 til 1985 og videre med 33 tonn fra 1985 til 1986 slik at vi for 1986 antar en belastning på 72 tonn P.

Tabell 7. Årlige utslipp fra renseanlegg og sentrale overløp direkte til indre Oslofjord i 1984, 1985 og 1986.

Renseanlegg/ overløp	Vannmengder mill m ³ /år		Fosformengder tonn P/år		Organisk stoff tonn C/år		Nitrogenmengder tonn N/år					
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986			
Bekkelaget uten overløp	40	37	37	44	31	25	1102	1700	1110	842	740	740
Bekkelaget overløp	9	12	3	33	42	15	506	702	153	170	216	55
Bislettbekken overløp og Lysaker overløp	1	1	½	2	1	1	46	16	11	9	5	5
SRV utslipp	94	100	114	34	26	26	1866	2041	2180	1170	1260	1560
Nordre Follo r.a. Nesodden r.a. Andre	3	4	4	4	5	5	200	274	225	180	120	120
Sum indre Oslofjord	147	154	158	117	105	72	3720	4733	3679	2371	2341	2480

Beregnet i forhold til 1984 fordelingen.

1986-tallene er hovedsakelig basert på de 9 første månedene x 12/9. For Bekkelaget er organisk stoff og nitrogentallene for 1986 basert på de 6 første månedene x 12/6.

6.2.2. Tilførsler til fjorden via elver og bekker

Den forurensningstransporten som kommer ut via elvene til indre Oslofjord, vil bestå av diffuse bakgrunnsforurensninger fra skoger, dyrket mark, overflateavrenning både fra landlige og urbane strøk, lokale overløp og lekkasjer fra nærliggende avløpsledninger. Det har pågått målinger i de fleste av disse elvene i flere år nå. Resultatene for fosfortilførsler er hentet fra en tabell som er utarbeidet av Fylkesmannens miljøvern avdeling og som omfatter flere år. Tabellen omfatter de 13 største elvene. Som det fremgår er noen av tallene stipulerte.

Tabell 8. Forurensningstilførsler med vassdrag til indre Oslofjord. Målte verdier i tonn fosfor pr. år. (MILJØVERNAVDELINGEN 22.4.86, Leif Nilsen).

Vassdrag	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Aroselva	4,7	2,9	2,1	2,1c	2,1c	2,1	3,0d	3,0e	(3)
Blakstadelva	7,3a	7,3a	-	1,1	0,4	0,4	2,7	1,5	0,5
Neselva	13,4a	13,4a	-	2,5	0,4	0,4	1,2	1,3	1,8
Sandviksvassdraget	32,8	15,2	19,5	18,4	11,9	14,4	13,7	9,3	(9,3)
Lysakerelva	14,4	26,1	11,9	24,0	7,7	6,0	10,8	3,4	4,0
Mærradalsbekken	1,3	0,9	-	1,8	-2,2	3,0	2,3	0,6	0,8
Hoffelva	17,2	2,5	-	3,7	6,5	3,0	1,9	3,5	1,7
Frognerbekken	3,7	3,2	-	4,7	4,7	3,7	5,2	2,9	2,3
Akerselva	31,2a	31,2a	-	23,0	10,6	4,3	8,1	5,5	8,7
Loelva	36,9a	36,9a	-	11,0	11,0	11,1	15,9	10,6	7,2
Ljanselva	3,5a	3,5a	4,8	1,9	4,7	2,4	2,1	4,0	3,8
Gjersjøelva	0,3a	0,3	2,6	3,3	0,3	0,6	1,0	0,2	0,2
Arungselva	6,0	6,0	-	6,0b	4,0	4,0	5,0d	5,0e	(5)
Sum	172,5	149,4	-	103,4	66,5	55,4	72,9	50,8	48,3

a) 1965-data b) 1978-data c) 1979-data

d) Mangler 1983-data. Verdien er ren gjetning med basis i erfaringer fra andre vassdrag i 1982 og 1983

e) Benyttet samme verdier somfor 1983.

Det fremgår av summen av elvene at massetransporten har variert. Dette kan skyldes reelle variasjoner, men også unøyaktige målinger. Etter hvert har måleprogrammet blitt bedre slik at målenøyaktigheten sannsynligvis er større de siste årene. Variasjoner i nedbør fra år til år vil gi variasjoner i avrenningen.

Tabell 8 viser at det totale bidraget som transporteres ut i indre Oslofjord fra de 13 elvene utgjør 50,8 tonn P i 1984 og 48,3 tonn P i 1985. Av disse elvene fordeler bidraget med hensyn til fosforutslipp seg slik:

Tabell 9. Rangering av de 7 største fosforutslippene i 1985 fra de 13 vassdragene som måles til indre Oslofjord.

1.	Sandviksvassdraget	19 %
2.	Akerselva	18 %
3.	Loelva	15 %
4.	Årungselva	10 %
5.	Lysakerelva	8 %
6.	Ljanselva	8 %
7.	Åroselv	6 %

Alle elvene leverer sine bidrag som overflateutslipp. Det kan imidlertid tenkes at den prosentvise fordelingen mellom utslippene fra vassdragene vil bli endret for nitrogen og organisk stoff. OVA har slike opplysninger for "sine" vassdrag.

Opplysningene viser at nitrogenbidraget i forhold til fosfor i vassdragene er høyere enn i urensset avløpsvann. Spesielt i Ljanselva er nitrogenforholdet 5 ganger høyere enn normalt, noe som sannsynligvis skyldes Grønnmoutslippet. Også forholdet mellom organisk stoffutslipp og fosforutslipp er større i vassdragene enn i urensset avløpsvann.

6.2.3. Arealavrenning (overflateavrenning fra tettsteder)

Posten arealavrenning i Fylkesmannens budsjett for tilførsler er angitt som følgende:

Arealavrenning: 20 tonn P/år.

Dette tallet i Fylkesmannens beregninger er gjentatt både for 1983, 1984 og 1985 sannsynligvis fordi det er basert på teoretiske bereg-

ninger og det ikke foreligger noen nye opplysninger. Uttrykket arealavrenning er ikke helt korrekt fordi det bare omfatter overflateavrenning fra tettsteder.

Tallet er hentet fra MAGNUSSON (1980). Produksjonstallet er beregnet på bakgrunn av arealopplysninger (planimetrering på statistisk Sentralbyrå's kart over tettsteds-kretser ved folke- og bolig-tellingen 1970) og spesifikke avrenningskoeffisienter funnet ved PRA-undersøkelsene (NIVA, 1976).

ALSAKER-NØSTDAHL og KRISTOFFERSEN (1981) har beregnet overflateavrenningen fra tettsteder til:

	<u>Tot-P</u>	<u>Tot-N</u>	<u>KOF</u>
Arealavrenning 1981:	16 t P/år	110 t N/år	1568 t O/år
Benyttede spesi- fikke tall i vekt pr. km ² ·år:	100 kg P	700 kg N	10 t O

Altså et relativt lite avvik. NIVA-rapportene inneholder også beregninger for arealavrenning fra jordbruk og skogbruk som ikke er tatt med i fylkesmannens oversikt. Disse beregningene viser følgende tall:

	<u>Tot-P</u>	<u>Tot-N</u>
Jordbruksavrenning:	12 t P/år	245 t N/år
Skog og andre naturområder:	6 t P/år	219 t N/år

Når fylkesmannen ikke har tatt med disse forurensningstilførselene i sitt regnskap, skyldes dette etter alt å dømme at disse tilførselene kommer ut via vassdragene. Dette er derfor en riktig beslutning.

Når det gjelder overflateavrenningen fra tettsteder er det usikkert hvordan disse mengdene tilføres fjorden. Noe kan gå via elvene og noe går via overvannssystemet som munner direkte ut i fjorden eller via de mange små bekkene som ikke måles.

Man kan dessuten ikke se bort fra at det eksisterende måleprogrammet i elvene i enkelte vassdrag ikke klarer å fange opp de store forurensningstoppene som kommer i den første delen av nedbørsperiodene for en del av elvene.

Overflateavrenningens massetransport kan også diskuteres. Dette må vurderes i neste runde, men inntil videre beholdes fylkesmannens tall på 20 t P/år til fjorden.

6.2.4. Direkte utslipp til fjorden

Fylkesmannen har oppgitt denne posten til:

Direkte utslipp: 18 tonn P/år.

Dette omfatter forurensningsutslipp fra boliger tilkoblet fellesledninger uten renseanlegg og som munner ut enten direkte i fjorden eller til elver og bekker som ikke er med i måleprogram. Det omfatter også boliger og bygninger i områder som ennå ikke er tilkoblet noe større renseanlegg (de såkalte nærområder). Det vil også omfatte de boligene som ligger tett og innenfor renseanleggenes rensedistrikt, men hvor oppsamlingsnettene ennå ikke er utbygd til å omfatte hele rensedistriktet. Det vil også omfatte restutslippet fra boliger i spredt bebyggelse. Industriutslipp med direkte utslipp til fjorden vil være med under denne posten. Ifølge miljøvernavdelingen i Oslo og Akershus (NILSEN, pers. medd., 22.9.86) er det svært lite. Et spesielt forhold her kan være Buskerudutslippet fra Dyno fabrikk i Sætre som kan ha endel nitrogenforbindelser i utslippet.

Det er ikke mulig for NIVA å kontrollere tallet på 18 tonn P/år på det nåværende tidspunkt.

6.2.5. Lekkasjer

Fylkesmannen har beregnet lekkasjene fra transportsystemet til å være:

Lekkasjer 113 tonn P/år.

Dette tallet er det største bidraget for forurensningstilførsler fra land. Dette bidraget blir derfor svært viktig. Dessverre lar dette

tallet seg ikke kontrollere innenfor tidsrammen av prosjektet. Det er dessuten noe uklart hvordan fylkesmannen har kommet frem til tallet (brev til Fagrådet for kloakksamarbeid i indre Oslofjord datert 11.-10.84). Ifølge miljøvernavdelingen i Akershus (SLYNGSTAD, pers.-medd.) at stammer beregningen fra en tidligere NIVA-rapport, men den er ikke identifisert. Tallet er imidlertid et uttrykk for den totale lekkasjen ut av avløpsnett.

Det er tre forhold som er viktig å skille mellom her:

1. Forurensningsmengden totalt som lekker ut av ledningssystemet.
2. Hvor stor andel av lekkasjene som kommer frem til målepunktene i elvene og hvor stor andel som tilføres nedstrøms målepunktene. For enkelte vassdrag ligger målepunktene relativt høyt oppe i vassdragene.
3. Hvor stor andel av lekkasjene som totalt når frem til hovedresipienten. En del kan holdes tilbake i jordsmonnet.

Det er kun den andelen av lekkasjene som belaster fjorden direkte, skal komme inn på denne posten. Lekkasje som drenerer til elvestrekninger ovenfor målepunkter, tas ikke med.

Det synes klart at Fylkesmannen opprinnelig har operert med en dobbelt summering av andel av lekkasjene fordi en del av lekkasjene kommer til fjorden via vassdragene. Fylkesmannen mener imidlertid at dette går opp i opp med det man mister i flomperioder på grunn av ikke representativ prøvetaking.

Det har lenge vært fremsatt ønske fra NIVA om at disse lekkasjebidragene bør undersøkes nærmere. Det vil nå bli påbegynt som et ledd i det arbeidet Fagrådet for indre Oslofjord har bedt NIVA om å utføre.

Inntil videre vil vi derfor beholde Fylkesmannens tall for lekkasjer på 113 tonn P/år.

6.2.6. Samlet oversikt over forurensningstilførsler fra land

Tabell 10 viser en samlet oversikt over de årlige forurensningstilførslene fra land til indre Oslofjord. Tabellen er basert også på andre kilder enn de som er nevnt foran. Vi antar at en grundig gjennomgang vil føre til justering av flere tall i tabellen.

Tabell 10. Samlet oversikt over tilførslene fra land (tonn/år).

	Fosfor (Tot-P)			Organisk karbon (TOC)			Nitrogen (Tot-N)		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Utslipp fra renseanlegg og sentrale overløp	117	105	72	3720	4733	3679	2371	2341	2480
Elver og bekker	51	48	-	-	4500	-	-	575	-
Arealavrenning fra tettsteder	20	20	-	-	960	-	-	140	-
Direkte utslipp til fjorden	18	18	-	-	270	-	-	90	-
Lekkasje til fjorden	113	113	-	-	1844	-	-	568	-
Totalt tilført	319	304	-	-	12300	-	-	3714	-

6.3. Vannkvalitet i utskiftingsvann fra ytre Oslofjord

Ved dypvannsfornyelse i en terskelfjord er det friskt og salt oseanisk vann som strømmer inn. Vi har i denne utredning antatt at det vannet som strømmer inn og fornyer bunnvannet ikke inneholder organisk stoff eller ammonium som kan kreve oksygen av nevneverdig betydning.

Riktignok har det innstrømmende bunnvannets oksygeninnhold vært synkende gjennom flere år (se figur 6), og årsaken til det er ikke kjent. Det antas likevel at dette dypvannet utenfor Drøbaksterskelen er stabilisert og at hele oksygeninnholdet på ca. 5 ml/l er til disposisjon for de belastninger som opptrer i indre fjord.

6.4. Forurensningstilførsler fra eksisterende sedimenter

Den massive forurensning som har gjort seg gjeldende over flere tiår i indre Oslofjord, har blant annet ført til at det har avsatt seg be-

tydelige slammengder på strand og bunn. Der hvor oksygenforholdene har vært dårlige, og det gjelder i trange viker, ved elveutløp og i mange dypvannsområder, har slammet i stor utstrekning blitt liggende, og representerer en trussel mot dyrelivet. I slammet vil det være uomsatt organisk stoff som tar av det nærliggende vannets oksygenreserver, og det vil være fosfater og andre næringsstoffer som lekker tilbake til vannet og stimulerer algeveksten.

I den opprensingsprosess som nå foregår i fjorden, vil effekten av bunnslammet i noen grad kunne forsinke forbedringseffektene. På lengre sikt vil det antagelig ikke ha nevneverdig praktisk betydning. Det er derfor ikke grunn til å ta dette problemet med i denne rapportens overlegginger.

I bunnslam og sedimenter vil langlivede miljøgifter, spesielt metaller kunne utgjøre en langsiktig trussel. Det er gjennomført en rekke målinger av sedimentprøver. Det finnes tydelig anrikning av stoffer som kvikksølv, kopper og kadmium, men den praktiske i betydning for livet i fjorden er moderat. For disse stoffers vedkommende er det viktig at alle utslipp overvåkes nøye, men de nåværende forhold griper ikke praktisk inn i de generelle vurderinger om tilstand og fremtidig forvaltning som her er tatt opp.

6.5. Tilførsler til indre Oslofjord fra atmosfæren

Det er etterhvert pekt på at næringssalter også kan tilføres fjorden fra nedbør. Det er ikke tatt egne målinger av nedbøren i indre Oslofjord, men for å se hva dette betyr benyttes noen erfaringstall fra andre steder. Overflatearealet av indre Oslofjord er 190 km^2 . I 1985 var den årlige nedbørmengden 911 mm. Middelerdi for fosforbelastning er oppgitt til $43 \text{ mg P/m}^2 \cdot \text{år}$ (HOLTAN, 1979). Dette nedfallet er uavhengig av nedbøren og kan variere fra sted til sted. En beregning viser påfølgende fosforbelastning til overflaten:

$$190 (\text{km}^2) \times 43 \text{ kg P/km}^2 \cdot \text{år} = 8,1 \text{): } 8 \text{ tonn P/år.}$$

6.6. Forsøpling

Forsøpling og oljesøl har vært en del av forurensningsbildet i indre Oslofjord. Sjøppel som driver i overflaten, har i den senere tid avtatt sterkt i mengde og kan ikke sies å utgjøre noe generelt problem lenger. Det er imidlertid stadig en viss tilførsel via elver, ved dumping fra land og fra store og små båter. Lokalt kan det fremdeles fra tid til annen forekomme generende forsøpling. Påpasselighet fra de offentlige myndigheter, fra den kommersielle båttrafikk og fra friluftsfolk i båt og på land er derfor hele tiden en nødvendighet.

Oljesøl er uungåelig i et så trafikkert område som Oslofjorden. Selv om endog små mengder olje, mer eller mindre løst i vannet, vil skade organismelivet, er det særlig massive utslipp som kan få sterke virkninger. En stadig overvåking og oppfølging er nødvendig. Både myndigheter, bedrifter på land, olje-næringen og de som har ansvar for skipstrafikken må til enhver tid vise påpasselighet.

Den forurensning som søppel og olje bidrar med, kommer i tillegg til de andre forurensningstilførsler. De vil imidlertid med det nåværende omfang bety relativt lite for fjorden som helhet sammenlignet med avløpsvannets virkninger, men lokalt kan det forårsake ulemper.

7. IDENTIFISERING AV TILFØRSLENES BETYDNING

7.1. Innledning

Tilførslenes betydning kan vurderes i forhold til 4 forskjellige målkriterier:

- a) Oksygeninnholdet i det kritiske dyplaget
- b) Omfanget av algeoppblomstring med resulterende nedsatt siktedyp.
- c) Bakterieinnholdet (Termostabile E.coli) i overflatelaget
- d) Innholdet av miljøgifter.

I dette kapittelet drøftes først oksygeninnholdet i dyplaget fordi dette for de sentrale fjordbassenger anses som det mest kritiske. Hvis man her klarer å oppnå tilfredsstillende oksygenkonsentrasjoner i dyplaget vil vannkvaliteten i overflatelaget normalt være mer enn god nok.

Det er nyttig å være klar over at oksygenbehovet fra sekundærbelastningen vil være et indirekte uttrykk for algekonsentrasjonen og derved siktedypet. Dette brukes i identifiseringen av tilførslenes betydning i nærområder og lukkede bassenger.

7.2. Betydning for oksygensituasjonen i dyplagene

7.2.1 Samlet

På grunnlag av belastningsmodellen for oksygenforbruket som er presentert i kapittel 5 og de tilførslene som er presentert i kapittel 6 kan det resulterende oksygenforbruket i dyplagene beregnes. Se tabell 11.

For dyplagene i hele fjorden samlet er det beregnet et oksygenbehov på ca. 20.000 tonn pr. år. Sammenlikning med tilsvarende beregning for oksygenforbruket i hele fjorden inklusive overflatelagene, viser at oksygenbelastningen til dyplagene bare utgjør 1/3 av totalen. De

Øvrige 2/3 av oksygenbehovet omsettes i overflatelagene. En prosentvis fordeling av disse oksygenbidragene i dyplaget viser et annet bilde (tabell 11).

Tabell 11. Beregning av oksygenforbruket i dyplaget til hele indre Oslofjord ut fra de viktigste utslippene fra land. Basert på 1985-verdier.

Utslipp	Skjønnsmessig tilbakeholdelse på grunne områder (over 20 m) %	Antatt Tf-faktor	TOF oksygenforbruk tonn O/år			Totalt
			Fra Tot-P	Fra TOC	Fra Tot-N	
Bekkelaget renseanlegg uten belastning fra sentraloverløpet	0	0,50	853	1530	1900	4283
Bekkelagets sentraloverløp	0	0,75	1774	442	389	2605
Bislettbekken og Lysaker overløp	0	0,75	41	10	9	69
Sentralrenseanlegg vest	0	0,10	143	2719	4790	7652
Andre renseanlegg i indre Oslofjord	0	0,50	138	247	308	693
Elver og bekker	60	1,0	1056	648	158	1862
Arealavrenning fra tettsteder	40	1,0	660	208	86	954
Direkte utslipp til fjorden	30	1,0	693	69	65	827
Lekkasjer til fjorden	80	1,0	1243	133	117	1493
Totalt til dyplaget (avrundet)			6500	6000	7500	20000

Tabell 12. De landbaserte utslippenes relative andel av det beregnede oksygenforbruket i dyplaget på ca. 20.000 tonn O/år. Basert på 1985-verdier.

	Tot.	Fra fosfor	Fra org. stoff	Fra nitrogen ammonium
	%	%	%	%
SRV	37,4	0,7	13,3	23,4
Bekkelaget renseanlegg	21,0	4,2	7,5	9,3
Bekkelagets sentraloverløp	12,7	8,7	2,1	1,9
Elver og bekker	9,1	5,2	3,2	0,7
Lekkasjer til fjorden	7,3	6,1	0,6	0,6
Arealavrenning fra tettsteder	4,7	3,2	1,0	0,5
Direkte utslipp til fjorden	4,1	3,4	0,3	0,3
Andre renseanlegg	3,4	0,7	1,2	1,5
Bislettbekken og Lysaker overløp	0,3	0,2	0,1	0,0
TOTALT, avrundet	100	30	30	40

Her betyr SRVs enkeltutslipp mest med 37,4 %. Derneft kommer Bekkelaget r.a. med 21,0 % og Bekkelagets sentraloverløp med 12,7 %. Den samlede belastningen fra Bekkelaget utgjør altså 33,7 %. SRVs utslipp og Bekkelagets to utslipp utgjør hele 71,1 % tilsammen. Det er også viktig å merke seg at bidraget fra elver/bekker og lekkasjer bare utgjør henholdsvis 9,1 % og 7,3 %. Dette gjelder altså oksygenbehovet i dyplaget.

Et annet viktig forhold er hvilket av de tre stoffene fosfor, organisk stoff eller ammonium i utslippsvannet som betyr mest for oksygenbehovet i dyplaget. Tabellen viser den relative betydningen klart. For SRV betyr ammoniumutslippet mest med hele 23,4 % av totalbidraget til dyplaget mens fosforutslippet bare betyr 0,7 %. For Bekke-

lagets to utslipp er betydningen noe jevnere for renseanlegget mens for overløpet betyr fosforutslippet mest. Dette er naturlig siden det er urensset avløpsvann.

7.2.2. Bassengvis

Oksygenforbruket til dyplaget kan fordeles på de 6 ulike bassengene ut fra hvor utslippene forekommer. Disse beregningene er vist i Vedlegg 3. Det understrekes at det er oppgitt langt flere siffere enn nøyaktigheten tilsier.

Arealavrenning, direkte utslipp og lekkasjer vil i stor grad være knyttet til urbaniseringen i områdene og vil i en viss grad stå i forhold til befolkningsgrunnet som sogner til hvert sitt fjordbasseng. Det er benyttet en felles fordelingsnøkkel for å fordele disse kildene mellom fjordbassengene. Fordelingsnøkkelen er presentert i Vedlegg 4.

Fordelingen av det beregnede oksygenforbruket i dyplaget mellom bassengene er vist i tabell 13. Tallene er her noe avrundet.

Tabell 13. Oksygenbehovet fra landbaserte utslipp fordelt på de ulike bassengene i indre Oslofjord. Basert på 1985-verdier.

	Oksygenbehov (tonn/år)
Bekkelagsbassenget	7.000
Indre havn	2.500
Innerst i Bunnefjorden	1.000
Lysakerfjorden	800
Bærumsbassenget	600
Vestfjorden	8.400
Totalt (avrundet)	20.000

7.3. Betydning for algeveksten i overflaten (siktedypet)

7.3.1. Samlet

Siktedyp er et indirekte mål på vannets innhold av partikler. Partiklene kan bl.a. være utvaskete løsmassepartikler og alger. Løsmassepartikler kommer særlig til fjorden i flomperioder, og de sedimenterer forholdsvis raskt. Mer problematisk er algeproduksjonen som særlig ved god næringstilgang kan være stor. Det er interessant å vurdere landkildenes betydning for algeproduksjon og siktedyp. I mangel av andre mål kan oksygenbehov som skyldes nedbrytning av alger produsert fra næringssalter i overflateutslipp, være et nyttig redskap. Vi har ingen modeller for sammenhengen mellom det faktiske oksygenbehov og partikkelmasse (siktedyp). Det er derfor mest aktuelt bare å vurdere landkildenes relative betydning for algebetinget oksygenforbruk. Tabell 14 viser dette. Det er viktig å minne om at vi tidligere har forutsatt at fosfor er minimumsfaktor for algeproduksjon. Dette ligger til grunn for oksygenbehovberegningene.

Tabell 14. Landkildenes relative betydning for algebetinget oksygenbehov i overflatelagene. Tallene er avrundet til nærmeste 5 %-nivå.

	Andel (%)
Lekkasjer til fjorden	55 *
Elver og bekker	20
Bekkelagets sentraloverløp	10
Bekkelaget renseanlegg	5
Arealavrenning fra tettsteder	5
Direkte utslipp til fjorden	5
Bislettbekken og Lysaker overløp	0
Sentralrenseanlegg Vest	0
Andre renseanlegg	0
Sum	100

* Vi minner om usikkerheten og diskusjonen om størrelsen på lekkasjetallene. Mange hevder at de er betydelig lavere enn det som er lagt til grunn for denne beregningen.

Med forbehold om at dette er et usikkert mål på hvilke faktorer som betyr mest for algebetinget siktedyp, synes det som lekkasjer, elver/bekker og Bekkelaget r.a. bør vies mest oppmerksomhet.

7.3.2. Bassengvis

Det kan også være interessant å vurdere hvordan det algebetingete oksygenforbruket i overflatelaget fordeler seg bassengvis. Det må imidlertid understrekes at selv om en fosforkilde munner ut i et basseng behøver ikke den tilhørende algeproduksjonen redusere siktedypet i det samme bassenget. Tallene i tabell 15 må derfor ikke tolkes som en relativ fordeling av hvilke bassenger som synes å bidra mest til den totale algeproduksjon. Tallen er mer usikre enn de foregående fordi endel av belastningstallene fra kapittel 6 skjønnsmessig må fordeles på bassengene.

Tabell 15. Utslippsstedenes relative betydning for algebetinget oksygenbehov i overflatelagene. Tallene er avrundet til nærmeste 5 %-nivå.

	Andel (%)
Indre havn	40
Bekkelagsbassenget	20
Bunnefjorden	10
Lysakerfjorden	10
Bærumsbassenget	10
Vestfjorden	10
Sum	100

Igjen med forbehold om "verktøyets" usikkerhet synes det som om Indre havn og Bekkelagsbassenget er de største bidragsyterne til algeproduksjon.

8. AKTUELLE TILTAK

8.1. Kravene til bassengene

Tabell 5 i kapittel 4 presenterer utslippmålene i tonn oksygenforbruk pr. år for dyplag under 20 meter for hver av de tre målkniplene. For de mer innelukkede bassengene Bærumsbassenget og tildels indre Havn kan det tenkes at kravet til siktedyp i overflatelaget også kan bli kritisk fordi utslippene her i stor grad domineres av overflateutslipp fra elver og bekker, lekkasjer, direkte utslipp og arealavrenning. Det knytter seg stor usikkerhet til størrelsen på disse utslippene. Utslippene fra de store renseanleggene får mindre innvirkning i disse lokale bassengene. Utslippene fra renseanleggene vil i stor grad bestemme kvaliteten på dyplaget i sentralbassengene.

Bedringer i Bærumsbassenget og indre Havn vil derfor i langt større grad enn for de øvrige være knyttet til tiltak som innvirker på lekkasjeutslippene, kommunale overløpsutslipp, reduksjon av antall utkoblede boliger og arealavrenning, og er mer uavhengig av tiltakene på de store renseanleggene.

De VA-tekniske tiltakene for Bærumsbassenget og indre Havn vil her være knyttet til reduksjon i lekkasjeutslippene og direkte utslipp. OVA har i sin rapport: "Analyse av transportsystemet til Bekkelaget kloakkrenseanlegg", datert 25. april 1984, angitt endel kost-nytte vurderinger for dette. Det er ikke gått nærmere inn på dette her, fordi usikkerhetene om lekkasjeutslippenes størrelse først bør klarlegges.

Det er i denne rapporten ikke gått nærmere inn på forslag til tiltak på ledningsnett. De VA-tekniske vurderingene vil derfor hovedsakelig konsentrere seg om tiltak knyttet til renseanleggene og hva som kan gjøres for å tilfredsstille målsetningskravene til oksygen i dyplagene.

Et viktig spørsmål er hvordan belastningen fra lokalbassengene skal summeres for de to sentralbassengene Bunnefjorden og Vestfjorden.

Bunnefjordbassenget ses primært som summen av:

1. Bekkelagsbassenget
2. Resten av Bunnefjorden minus indre havn.

Vestfjorden ses primært som:

1. Lysakerfjorden
2. Resten av Vestfjorden minus Bærumsbassenget.

Det grunne Bærumsbassenget har en terskel på 15 meters dyp og sogner naturlig til Vestfjorden. Når det gjelder indre Havn, er det tvil om dette skal betraktes som et Bunnefjordsområde eller et Vestfjordsområde. Bassengbunnen i indre Havn ligger stort sett på rundt 20-30 meter, men har dyprenner både til Bekkelagsbassenget og Vestfjorden. Terskelen mellom Bunnefjorden og Vestfjorden ligger imidlertid helt nede på 54 meter. Strømningsforholdene i områdene vil derfor avgjøre om indre Havn er et Vestfjordbasseng eller et Bunnefjordbasseng.

Et annet viktig spørsmål er i hvilken grad Bunnefjorden og Vestfjorden skal sees på som to eller ett basseng. Her savnes undersøkelser som kan avgjøre i hvilken grad utslippsvannet fra de to store renseanleggene sprer seg innbyrdes i bassengene og virker inn på vannkvaliteten. Man kan ikke si noe klart om dette idag, og disse forhold vil innvirke på hvor stor vekt man skal tillegge beregningene som foretas i hvert av de to bassengene. Det bør her nevnes at oksygenforbruket for nedbrytning av organisk stoff og nitrifikasjon av ammonium, som begge kommer direkte fra utslippene, starter straks. Hvor lenge dette varer er vanskelig å si, men i en BOF-analyse som kjøres ved 20°C vil prosessen vanligvis være avsluttet i løpet av 20-30 dager.

Det oksygenforbruket som medgår til nedbrytning av nedsunkne alger produsert fra utslipp av næringssaltene, vil gjøre seg gjeldende på et senere tidspunkt. Det synes derfor rimelig å anta at oksygenforbruk som følge av algeprodusert organisk stoff fra fosfor, vil fordele seg over et større område.

8.2. Tiltak mot de enkelte utslipp

Nedenfor vil det bli gitt en generell omtale av de forskjellige grupper av forurensningsutslipp og hvilke muligheter det i hvert tilfelle er for å redusere dem. Det er flere årsaker til at denne del av arbeidet ikke føres så langt frem som opprinnelig planlagt. Først og fremst er det blitt klart at grunnlaget er så mangfoldig, så uensartet og såpass usikkert når det gjelder renseeffekter og omkostninger, at verdien av eventuelle konklusjoner ville bli meget liten. De enkelte utslippstyper vil bli omtalt i den rekkefølge de står i tabell 11.

Bekkelagets renseanlegg. Beregnet å forårsake et oksygenforbruk under 20 m, TOF = 7000 t O/år. Det viktigste her er å redusere overløpsmengden til en brøkdel av den samlede tilførte mengde avløpsvann og å bedre fosforfjerningen. Det er i 1986 skjedd en vesentlig forbedring og ytterligere forbedringer ventes i 1987. Det ser ut til at overføring av 1/7 til SRV har bidratt til en betydelig bedring, og at en eventuell overføring av inntil 1/3 til SRV i kombinasjon med andre tiltak i alt vesentlig vil fjerne overløpsproblemet. Det er en rekke modifikasjoner og endringer som kan foretas med selve renseprosessen. Det kan ikke trekkes sikre konklusjoner om hvilke av disse er best egnet før de er prøvet i nær full skala. Slike forsøk er allerede i gang og bør fortsette og intensiveres etter en avtalt plan. Et første mål kan være å få samme renseeffekter som på SRV og et neste mål i tillegg å fjerne organisk stoff og ammonium.

Bislettbekken og Lysaker overløp. Beregnet å forårsake et oksygenforbruk under 20 m, TOF = 70 t O/år. For begge disse bør det utføres analyser av hvilke utslippsmengder det blir snakk om ved de forskjellige måter Bekkelaget og SRV kan bli samkjørt på. Det er først og fremst under perioder med meget stor avrenning at disse overløpene er i funksjon. Det antas ikke realistisk å bygge fordrøyningsbassenger utover det som avløpstunnellene kan utgjøre. Hovedtunnellens lagringskapasitet vil bli mindre, jo mer av avløpsvannet som sendes til SRV. Overløpsmengden kan derfor komme til å øke. For overløpene er det aktuelt å se på partikkelfjerning før utslipp og på at utledning skjer godt og ut fra land og på rimelig dyp.

Sentralrenseanlegg vest, SRV. Beregnet å forårsake et oksygenforbruk under 20 m, TOF = 7500 t O/år. Tiltak må ta sikte på å redusere oksygenbehovet i utløpsvannet. Såvel fjerning av organisk stoff som fjerning eller oksydering av ammonium er aktuelt. Forsøk til nå tyder på at utløpsvannet er velegnet for biologisk rensing. Forsøk bør trappes opp til full skala og gjennomføres over et tilstrekkelig tidsrom til å gi erfaringer for drift, vedlikehold og økonomi for de mest aktuelle utforminger. Også oksygenering av utløpsvannet er lansert som et mulig tiltak.

Den høye renseeffekt på fosfor som er oppnådd på SRV, har gjort det aktuelt å vurdere innlagring av utslipp nærmere overflaten. Beregningene viser at gjødslingseffekten av det gjenværende fosfor er relativt liten og at oksydasjonen av organisk stoff og ammonium kan foregå med mindre ulempe i det øvre vannlag. Det er imidlertid usikkerheter, blant annet av hygienisk og estetisk art ved dette tiltaket. Mulighetene bør allikevel utredes.

Andre renseanlegg rundt fjorden. Beregnet å forårsake et oksygenforbruk under 20 m, TOF = 700 t O/år. Det finnes et stort antall mindre renseanlegg rundt indre fjord. Selv om de fleste er så små at de har liten betydning for fjorden som helhet, bør alle gjennomgås med sikte på å sikre rensing av såvel fosfor som organisk stoff og ammonium. Det bør samtidig vurderes om ytterligere samling av avløpsvann, eller overføring til større renseanlegg kan være aktuelt. Det er lettere å sikre god drift ved renseanlegg som er store nok til å ha fullt tilsyn. Utslippsanordningene må kontrolleres ved alle renseanlegg. Det har vært mange problemer med små utslipp på dypt vann, og mange av ledningene er på grunn av driftsvanskeligheter blitt avkortet. Her må det finnes fram til tilfredsstillende løsninger.

Elver og bekker, avrenning fra bebygde områder og lekkasjer utgjør samlet et stort problem. Beregnet å forårsake et oksygenforbruk under 20 m, TOF = 4000 t O/år. Som forklart i kap. 6 er det stor usikkerhet om hvor stort forurensningsbidrag disse samlet tilfører fjorden. Det trengs derfor sikrere data for disse bidragene. Det antas at denne type utslipp ikke kommer tilfeldig og diffust, men at

forurensningene når fjorden via bekker og elver foruten at det er noen direkte utslipp. Antagelig er problemene konsentrert om de nederste delene av vassdragene, det vil si nedenfor de målepunkter for vannføring og vannkvalitet som er opprettet i de viktigste vassdragene.

Store deler av kloakknettet er anlagt før det ble satt krav til materialer og utførelse. Vi vet at det er betydelig lekkasjer, dels av fremmedvann inn i nettet og dels i tap av avløpsvann ut av nettet. I de fleste grøfter ligger det ledninger for drikkevann, drensvann og avløpsvann sammen, og det gir muligheter for kortslutninger. Ikke sjelden ligger drensledningen nederst og vil fange opp lekkasjer fra de andre. Dertil kommer overløp som ikke virker etter sin hensikt. Noen kan være i mer eller mindre kontinuerlig funksjon.

Det er antatt at oppretting og forbedring av disse forhold er kostbare og mindre kost-effektive enn tiltak på renseanleggene. Denne tese bør ettergås nøye ved undersøkelser i marken. Det er nærliggende å anta at en del, kanskje også store, tilførsler kan bringes under kontroll på en rasjonell måte.

Før nærmere analyser foreligger, kan det ikke gjøres noen antagelser over hva dette tiltaksarbeidet kan føre til av begrensninger i forurensning.

Direkte utslipp til fjorden. Beregnet å forårsake et oksygenforbruk under 20 m, TOF = 800 t O/år. Det er ennå et mindre antall boligheter, fritidshus, m.m. som ikke har ordnete avløpsforhold. Det er såvel tekniske som økonomiske forhold som har ført til det. Selvom disse bidragene stort sett er meget små, må det lages et langtidsprogram som bringer dem under tilfredsstillende kontroll. For lokale forhold kan gjenværende direkte utslipp være til betydelig sjenanse.

8.3. Samlet vurdering

Ovenstående gjennomgang, og studiet av det foreliggende materialet, viser at det er mange enkelt-tiltak som kan gjennomføres utover det som allerede er gjort, og som må antas å kunne redusere dagens utslipp vesentlig.

De enkelte aktuelle tiltak kan ikke vurderes uavhengig av hverandre. Dels er de teknologisk innbyrdes avhengige og dels er de avhengige av at utslippene ikke overbelaster lokale områder av fjorden.

Det synes fullt mulig å nå utslippskravene til alle målkneppene, selv det med høyt ambisjonsnivå. Det er med andre ord en betydelig grad av valgmulighet og handlefrihet tilstede.

En nøye gjennomgang av de aktuelle tiltak er nødvendig. Såvel driftsresultater, økonomi som operativ sikkerhet må undersøkes. Til det trengs blant annet fullskala forsøk som kan videreføre det som i mindre skala er startet på begge de to store renseanlegg.

9. LITTERATURLISTE

- AKERSHUS FYLKESPLAN 1985-1990. Fylkestingets behandling 4. mars. Særtrykk av protokoll (Oslo), 97 s.
- ALSAKER-NØSTDAHL, Bjørn og KRISTOFFERSEN, Tone A., 1981, Forurensningstilførsler til indre Oslofjord 1979-80. Rapport O-78084, NIVA 59 s.
- BÆRUM KOMMUNEPLAN 1986. Arealdelen. Datert 25.2.86. Sandvika 27 s.
- BÆRUM STRANDPLAN 1985. Bærum sjø- og strandområder. Arealbruk og tiltak for samordning av bruksinteresser. Bærum park- og idrettsvesen/Bærum reguleringsvesen, 55 s.
- FROGN KOMMUNE 1981. Generalplan. Kartframstilt. Datert 17.6.81.
- FYLKESPLAN FOR BUSKERUD 1984-87. Sektorplaner. Buskerud fylkeskommune. Drammen. 142 s. ISBN 82-991105-1-3.
- GENERALPLAN FOR ASKER 1982-92. Revidert utgave. Kartfremstilt. Datert 16. mars 1982.
- HOLTAN, Hans, 1979. Telemarksvassdraget - Hovedrapport fra undersøkelsen i perioden 1975-1979. NIVA-rapport O-70112.
- HURUM KOMMUNE 1983. Kommuneplan 1983-94. 85 s.
- KIRKERUD, Lars, 1977. Oksygenkrav hos marine bunnfisk og reker. Litteraturstudium. Rapport XR-18, NIVA, 13 s.
- MAGNUSSON, Jan, 1980. Fjerning av fosfat i vaskemidler. En vurdering av effekter på oksygenforholdene i indre Oslofjords dypvann. Notat O-71160, NIVA, 17 s.
- MAGNUSSON, Jan, 1985: Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord 1984. (Overvåkingsrapport nr. 205/86). NIVA-rapport. NIVA-rapport. Løpenr. 1796. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo, 58 s. ISBN 82-577-0992-1.
- MAGNUSSON, Jan og BJERKENG, Birger, 1985. Overføring av avløpsvann fra Bekkelaget rensedistrikt til Sentralrenseanlegg Vest, SRV. En vurdering av konsekvensene for forholdene i indre Oslofjord. Rapport O-85147, NIVA, 61 s.
- MAGNUSSON, Jan og NÆS, Kristoffer, 1986. Basisundersøkelse i Drammensfjorden 1982-1984. Rapport 243/86, NIVA, 77 s.
- NESODDEN KOMMUNE 1971. Generalplan 1971. Oversiktsplan for utnytting av grunn. 126 s.
- NIVA, 1976. Forurensning i overvann. PRA 4.7. Rapport O-57/74.
- NOU 1984:28. Helserådstjenesten. Sosialdepartementet 1984. 212 s.

OPPEGÅRD KOMMUNE 1986. Kommuneplan 1986-98. 2. høringsutgave.
116 s.

OSLO VANN- OG KLOAKKVESEN 1982. Rapport om "Fagrådet for kloakk-samarbeid i indre Oslofjord", utviklingen i fjorden og kommunenes tiltak, 26 s.

OVA, 1984. Analyse av transportsystemet til Bekkelaget kloakkrenseanlegg. Oslo vann- og kloakkvesen, 1984, 25 s.

RØYKEN KOMMUNEPLAN 1983-94. Forslag til kommuneplan 1983-94. Røyken kommune. Langsiktige hovedretningslinjer. Datert februar 1982. (Røyken). 35 s.

ST.MELD. 51 (1984-85). Om tiltak mot vann- og luftforurensninger og om kommunalt avfall. Miljøverndepartementet, 93 s.

ÅS KOMMUNE 1984. Generalplan Ås kommune 1984-1995. Fase II. 128 s.

VEDLEGG

1. Formel for totalt oksygenforbruk i dyplag
2. Oksygenforbruk under 20 m for avløp fra Bekkelaget r.a. Beregnet standardavvik.
3. Oksygenforbruket fordelt på de ulike fjordbassenger

VEDLEGG 1. Formel for totalt oksygenforbruk i dyplag.

$$\text{TOF}_{\text{dyplag}} = \text{TOF}_{\text{dyplag}} \text{ fra TOC} + \text{TOF}_{\text{dyplag}} \text{ fra Tot-N} + \text{TOF}_{\text{dyplag}} \text{ fra Tot-P}$$

$$\text{TOF}_{\text{dyplag}} \text{ fra TOC} = (1,44 \cdot \text{TOC}) \cdot (1,0 - \text{Tf}) + (1,44 \cdot \text{TOC}) \cdot \text{Tf} \cdot 0,25$$

$$\text{eller} = (1,44 \cdot \text{TOC}) \cdot ((1,0 - \text{Tf}) + \text{Tf} \cdot 0,25)$$

$$\text{Alts\aa} \text{ TOF}_{\text{dyplag}} \text{ fra TOC} = (1,44 \cdot \text{TOC}) \cdot (1,0 - 0,75 \cdot \text{Tf})$$

$$\text{TOF}_{\text{dyplag}} \text{ fra Tot-P} = (110 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}) \cdot 0,50$$

Formelen for det totale oksygenforbruket i dyplaget blir da:

$$\text{TOF}_{\text{dyplag}} = (1,44 \cdot \text{TOC}) (1,0 - 0,75 \cdot \text{Tf}) + (4,11 \cdot \text{Tot-N}) (1,0 - 0,75 \cdot \text{Tf}) + (110 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}) \cdot 0,50.$$

$$\text{eller} (1,0 - 0,75 \cdot \text{Tf}) ((1,44 \cdot \text{TOC}) + (4,11 \cdot \text{Tot-N}) + (110 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}) \cdot 0,50$$

VEDLEGG 2. Oksygenforbruk under 20 m for avløp fra avløp fra Bekkelaget r.a. Beregnet standardavvik.

$$\begin{aligned} \text{TOF}_{\text{dyp lag}} &= [B \cdot A \cdot \text{TOC} (H - J \cdot T_f) + \text{LDC} \cdot \text{Tot-N} (H - J \cdot T_f) \\ &\quad + \text{FE} \cdot \text{Tot-P} \cdot T_f \cdot G \cdot K] \cdot M \\ &= [(BA \cdot \text{TOC} + \text{LDC} \cdot \text{Tot-N})(H - J \cdot T_f) + \text{FEKG} \cdot \text{Tot-P} \cdot T_f] \cdot M \\ &= S \cdot M \end{aligned}$$

$$\text{Var TOF}_{\text{dyp lag}} = \text{var S} \cdot M^2 + S^2 \cdot \text{var M}$$

$$\begin{aligned} \text{var S} &= \left(\frac{dS}{dA}\right)^2 \cdot \text{var A} + \left(\frac{dS}{dB}\right)^2 \cdot \text{var B} + \left(\frac{dS}{dL}\right)^2 \cdot \text{var L} + \left(\frac{dS}{dD}\right)^2 \cdot \text{var D} + \\ &\quad \left(\frac{dS}{dC}\right)^2 \cdot \text{var C} + \left(\frac{dS}{dH}\right)^2 \cdot \text{var H} + \left(\frac{dS}{dJ}\right)^2 \cdot \text{var J} + \left(\frac{dS}{dT_f}\right)^2 \cdot \text{var T}_f \\ &\quad + \left(\frac{dS}{dF}\right)^2 \cdot \text{var F} + \left(\frac{dS}{dE}\right)^2 \cdot \text{var E} + \left(\frac{dS}{dK}\right)^2 \cdot \text{var K} + \left(\frac{dS}{dG}\right)^2 \cdot \text{var G} \end{aligned}$$

$$\text{var X} = \left[\int_{-0,5}^{0,5} x^2 \text{pdx} \right] (X_{\text{max}} - X_{\text{min}})^2 \quad 0,083 (X_{\text{max}} - X_{\text{min}})^2$$

var A	=	0,083 (0,4) ²	=	0,01328
var B	=	0,083 (0,4) ²	=	0,01328
var C	=	0,083 (0) ²	=	0
var L	=	0,083 (0) ²	=	0
var D ₁	=	0,083 (0,15) ²	=	0,00187
var D ₂	=	0,083 (0,4) ²	=	0,01328
var E	=	0,083 (0) ²	=	0
var F	=	0,083 (0,4) ²	=	0,01328
var G	=	0,083 (0,05) ²	=	0,00021
var H	=	0,083 (0,1) ²	=	0,00083
var I	=	0,083 (0,2) ²	=	0,00332
var K	=	0,083 (0,4) ²	=	0,01328
var M ₁	=	0,083 (0,3) ²	=	0,00747
var M ₂	=	0,083 (0,4) ²	=	0,01328
var M ₃	=	0,083 (0,3) ²	=	0,00747

$$\begin{aligned} \text{var } M_4 &= 0,083 (0,3)^2 = 0,00747 \\ \text{var } M_5 &= 0,083 (0)^2 = 0 \\ \text{var } Tf_1 &= 0,083 (0,2)^2 = 0,00332 \\ \text{var } Tf_2 &= 0,083 (0,3)^2 = 0,00747 \\ \text{var } Tf_3 &= 0,083 (0,1)^2 = 0,00083 \\ \text{var } Tf_4 &= 0,083 (0,2)^2 = 0,00332 \\ \text{var } Tf_5 &= 0,083 (0)^2 = 0 \end{aligned}$$

Bekkelagets utslipp i 1985: (31 tonn Tot-P, 1700 tonn TOC, 740 tonn Tot-N)

$$\begin{aligned} \left(\frac{dS}{dA}\right)^2 \cdot \text{var } A &= \left[B \cdot \text{TOC} (H - J \cdot Tf_1) \right]^2 \cdot \text{var } A = \left[0,6 \cdot 1700 \right. \\ &\quad \left. (1 - 0,75 \cdot 0,5) \right]^2 \cdot 0,01328 = \left[1020 \cdot 0,625 \right]^2 \cdot 0,01328 \\ &= \underline{5.397} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{dS}{dB}\right)^2 \cdot \text{var } B &= \left[A \cdot \text{TOC} (H - J \cdot Tf_1) \right]^2 \cdot \text{var } B = \left[2,4 \cdot 1700 \right. \\ &\quad \left. (1 - 0,75 \cdot 0,5) \right]^2 \cdot 0,01328 = \left[4080 \cdot 0,625 \right]^2 \cdot 0,01328 = \\ &= \underline{86.353} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{dS}{dC}\right)^2 \cdot \text{var } C = \left(\frac{dS}{dC}\right)^2 \cdot 0 = \underline{0}$$

$$\left(\frac{dS}{dL}\right)^2 \cdot \text{var } L = \left(\frac{dS}{dL}\right)^2 \cdot 0 = \underline{0}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{dS}{dD}\right)^2 \cdot \text{var } D_1 &= \left[CL \cdot \text{Tot-N} (H - J \cdot Tf_1) \right]^2 \cdot \text{var } D_1 = \left[4,57 \cdot 1 \cdot 740 \right. \\ &\quad \left. (1 - 0,75 \cdot 0,5) \right]^2 \cdot 0,00187 = \left[3381 \cdot 0,625 \right]^2 \cdot 0,00187 \\ &= \underline{8.354} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{dS}{dE}\right)^2 \cdot 3 \text{ var E} = \left(\frac{dS}{dE}\right)^2 \cdot 0 = \underline{0}$$

$$\left(\frac{dS}{dF}\right)^2 \cdot \text{var F} = \left[\text{EKG} \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}_1\right]^2 \cdot \text{var F} = (41 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 31 \cdot 0,5)^2 \cdot 0,01328 = \underline{1.341}$$

$$\left(\frac{dS}{dG}\right)^2 \cdot \text{var G} = \left[\text{FEK} \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}_1\right]^2 \cdot \text{var G} = (2,67 \cdot 41 \cdot 0,5 \cdot 31 \cdot 0,5)^2 \cdot 0,00021 = \underline{151}$$

$$\left(\frac{dS}{dH}\right)^2 \cdot \text{var H} = \left[\text{BA} \cdot \text{TOC} + \text{LDC} \cdot \text{Tot-N}\right]^2 \cdot \text{var H} = (0,6 \cdot 2,4 \cdot 1700 + 1 \cdot 0,9 \cdot 4,57 \cdot 740)^2 \cdot 0,00083 = (2448 + 3043)^2 \cdot 0,00083 = \underline{25.025}$$

$$\left(\frac{dS}{dI}\right)^2 \cdot \text{var I} = \left(\frac{dS}{dI}\right)^2 \cdot 0 = \underline{0}$$

$$\left(\frac{dS}{dJ}\right)^2 \cdot \text{var J} = \left[\text{Tf}_1 (\text{BA} \cdot \text{TOC} + \text{LDC} \cdot \text{Tot-N})\right]^2 \cdot \text{var J} = \left[0,5 (0,6 \cdot 2,4 \cdot 1700 + 1 \cdot 0,9 \cdot 4,57 \cdot 740)\right]^2 \cdot 0,00332 = \left[0,5 (2448 + 3043)\right]^2 \cdot 0,00332 = \underline{25.025}$$

$$\left(\frac{dS}{dK}\right)^2 \cdot \text{var K} = \left[\text{FEG} \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}_1\right]^2 \cdot \text{var K} = (2,67 \cdot 41 \cdot 1 \cdot 31 \cdot 0,5)^2 \cdot 0,01328 = \underline{38.234}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{dS}{dTf_1}\right)^2 \cdot \text{var } Tf_1 &= \left[-JBA \cdot TOC - JLDC \cdot \text{Tot-N} + FEKG \cdot \text{Tot-P}\right]^2 \cdot \text{var } Tf_1 = \\ &= (-0,75 \cdot 0,6 \cdot 2,4 \cdot 1700 - 0,75 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 4,57 \cdot 740 \\ &+ 2,67 \cdot 41 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 31)^2 \cdot 0,00332 \\ &= (-1836 - 2283 + 1697)^2 \cdot 0,00332 = \underline{19.475} \end{aligned}$$

$$\text{var } S = 5397 + 86353 + 8354 + 1341 + 151 + 25025 + 25025 + 38234 + 19475 = \underline{209.355}$$

$$\text{var } M = 0,083 \cdot (0)^2 = \underline{0}$$

$$\text{var } TOF_{\text{dyplag}} = \text{var } S \cdot M^2 + S^2 \cdot \text{var } M = 209355 \cdot 1^2 + S^2 \cdot 0 = \underline{209.355}$$

$$\text{Standard avvik } TOF_{\text{dyplag}} = \sqrt{\text{var } TOF_{\text{dyplag}}} = \sqrt{209.355} = \pm \underline{457}$$

I beregningene er det gjort noen forenklinger idet antatte variasjonsbredder ikke er symmetriske om anvendt konstantverdi.

VEDLEGG 3.

Oksygenforbruket fordelt på de ulike fjordbassenger.

	Bassengområde med tilhørende kilder	Tonn/år			TOF oksygenforbruk tonn O/år						
		Utslippsmengder			Til overflatelaget			Til dyplaget			
		Tot-P	TOC	Tot-N	Fra Tot-P	Fra TOC	Fra Tot-N	Fra Tot-P	Fra TOC	Fra Tot-N	
BEKKELAGSBASS.	Bekkelaget r.a.	31	1700	740	853	918	1141	853	1530	1900	
	Bekkelaget sentraloverløp	43	702	216	1774	568	499	1774	442	389	
	Arealavrenning	1,8	86	13	139	106	44	59	19	8	
	Direkte utslipp	1,6	24	8	116	29	27	62	6	6	
	Lekkasjer til fjorden	10,2	160	50	1007	227	200	112	12	11	
	Bekkelagsbassenget	87,6	2672	1027	3889	1848	1911	2860	2009	2314	
BUNNEFJORDEN	INDRE HAVN	Frognerbekken, Akerselva, Loelva	18,2	1700	218	1602	2211	537	400	246	60
		Bislettbekken overløp	0,5	8	2	20	6	5	20	5	4
		Arealavrenning	10,4	500	73	800	610	254	343	108	45
		Direkte utslipp	9,4	140	46	669	167	159	360	36	34
		Lekkasjer	58,6	950	295	5817	1311	1153	646	69	61
	Indre havn	97,1	3298	634	8908	4305	2108	1769	464	204	
INNERST I BUNNEFJORDEN	Ljanselva, Gjersjøelva, Arungelva	Ljanselva, Gjersjøelva, Arungelva	9,0	844	108	792	1093	266	198	122	30
		Andre renseanlegg	3	174	80	82	89	111	83	148	185
		Arealavrenning	1,8	86	13	139	106	44	59	19	8
		Direkte utslipp	1,6	22	8	116	29	27	62	6	6
		Lekkasjer	10,1	160	50	1007	227	200	112	12	11
	Innerst i Bunnefjorden	25,5	1286	259	2136	1544	248	514	307	240	
	Bunnefjorden totalt	210,2	7256	1920	14933	7697	4267	5143	2780	2758	
LYSAKERFJORDEN	Hoffselva, Mærradalsbekken, Lysakerelva	Hoffselva, Mærradalsbekken, Lysakerelva	6,5	609	78	572	790	192	143	88	21
		Lysaker overløp	0,5	8	2	21	7	6	21	5	5
		Arealavrenning	3,0	144	20	231	176	73	99	31	13
		Direkte avrenning	2,7	41	14	193	48	46	103	10	10
		Lekkasjer	17,0	270	85	1678	378	333	186	20	18
	Lysakerfjorden	29,7	1072	199	2695	1399	650	552	154	67	
VESTFJORDEN	Sandvikselva	Sandvikselva	9,3	872	110	818	1130	275	206	125	31
		Arealavrenning	1,6	77	10	123	94	39	53	17	7
		Direkte avrenning	1,4	22	7	103	26	24	55	6	5
		Lekkasjer	9	148	45	895	202	177	99	11	9
		Bårumsbassenget	21,3	1119	172	1939	1452	515	413	159	52
	SRV Åroselva, Blakstad, Neselva	SRV	26	2041	1260	143	220	388	143	2719	4790
		Åroselva, Blakstad, Neselva	5,3	497	64	466	644	156	117	72	17
		Arealavrenning	1,4	67	10	108	82	34	46	15	6
		Direkte avrenning	1,3	19	0	90	22	21	48	5	5
		Lekkasjer	7,8	129	40	783	177	155	87	9	8
Andre r.a.		2	100	40	55	59	74	55	99	123	
	Resten av Vestfjorden	43,8	2853	1423	1645	1204	828	496	2919	4949	
	Vestfjorden totalt	94,8	5044	1794	6279	4055	1993	1467	3232	5068	
	Indre Oslofjord totalt	305	12300	3714	21212	11752	6260	6503	6012	7826	