

*Eutrofi-
modell
for*



**INDRE
OSLOFJORD**



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Brevikven 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:

88131

Undernummer:

Løpenummer:

2143

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Eutrofimodell for Indre Oslofjord
Forprosjektrapport

Dato:

20/7-88

Prosjektnummer:

88131

Forfatter (e):

Birger Bjerken (prosjektleder)
Kjell Baalsrud
John Arthur Berge
Jan Magnusson

Faggruppe:

Marinøkologi

Geografisk område:

Indre Oslofjord

Antall sider (inkl. bilag):

31

Oppdragsgiver:

Fylkesmannen i Oslo og Akershus

Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):

Ekstrakt:

Rapporten presiserer målet for utvikling av en eutrofi-modell for Indre Oslofjord, m.h.t.:

1. Hvilke tiltak modellen skal kunne vise virkninger av
2. Hvilke forutsetningsvirkninger den skal inkludere

Rapporten drøfter også hvilke nøyaktighetskrav det er rimelig å sette til modellresultatene.

4 emneord, norske:

1. Eutrofiering
2. Marin økologi
3. Modell
4. Oslofjorden

4 emneord, engelske:

1. Eutrophication
2. Marine ecology
3. Model
4. Oslo Fjord

Prosjektleder:

Birger Bjerken
Birger Bjerken

For administrasjonen:

Torgeir Bakke
Torgeir Bakke.

ISBN - 82-577-1425-9

Norsk institutt for vannforskning

0-88131

EUTROFIMODELL FOR INDRE OSLOFJORD

Forprosjekt-rapport

Oslo, juli 1988

Prosjektleder: Birger Bjerken
Medarbeidere: Kjell Baalsrud
John Arthur Berge
Jan Magnusson

UTVIKLING AV EUTROFIMODELL FOR INDRE OSLOFJORD
Prosjektfaser

Forprosjekt: Presisere målet

← Denne rapporten:
Målformulering.

1. Beskrive modell-struktur

← Rapport: Modell-struktur

2. Formulere modellen
matematisk

← Rapport: Modell-formulering

3A. Programmere
og teste
numerisk

3B. Forbedre
kunnskaps-
grunnlag

← Rapport: Resultater av
foreløpig modell.

4. Forbedre og ferdigstille
modellen

SLUTT-RAPPORT, PRAKTISKE RESULTATER.

FORORD

Prosjektet "Utvikling av eutrofimodell for indre Oslofjord" er skissert i programforslag fra NIVA datert 3.7.1987.

Prosjektet er tenkt gjennomført over to-tre år, i 4 hovedfaser, etter et innledende forprosjekt.

Prosjektet er tenkt finansiert dels av forskningsmidler, dels av Staten ved Miljødepartementet og dels av kommunene i området gjennom Fagrådet for Indre Oslofjord.

For den delen som skal finansieres eksternt er det søkt om midler gjennom Fylkesmannen i Oslo og Akershus.

NIVA har høsten 1987 og vinteren 1988 gjennomført forprosjektet for egne forskningsmidler (Prosjekt 87722). Dette er rapporten fra forprosjektet. Sammen med programforslaget skal den være grunnlaget for gjennomføringen av prosjektet.

Forprosjektet skulle presisere målet for prosjektet, mht.:

1. Hvilke tiltak modellen skal kunne vise virkningen av.
2. Hvilke forurensningsvirkninger den skal inkludere.

Forprosjektet bygger på NIVA's rapport "Vurdering av Oslofjorden" (NIVA 1986), og på det som foreligger om den tiltaks-analysen for indre Oslofjord som SFT nå utfører (SFT 1987).

Det første utkastet til forprosjektrapporten ble laget på grunnlag av interne diskusjoner på NIVA, samt diskusjoner med Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Miljøvern avdelingen.

Utkastet ble den 14. januar diskutert på et møte mellom NIVA's prosjektgruppe og følgende representanter for andre instanser:

Per Hallberg,	overingeniør,	Oslo Vann- og Avløpsverk.
Bjørn Erik Lønn,	konsulent,	Fylkesmannen i Oslo og Akershus.
Paul Sagberg,	verkssjef,	Vestfjordens interkommunale avløpsselskap.
Bjarne Slyngstad,	fylkesingeniør,	Fylkesmannen i Oslo og Akershus.
Morten Svelle,	overingeniør,	Statens forurensningstilsyn.
Oddvin Tokheim,	vannverkssjef,	Oslo Vann- og Avløpsverk.

Utkastet er videre bearbeidet ut fra de synspunktene som kom fram på møtet, bl.a. er det drøftet hvilke nøyaktighetskrav det er rimelig å sette til modell-resultatene.

Birger Bjerke

Oslo, juli 1988

INNHALDSFORTEGNELSE

INNLEDNING.....	1
1. HVILKE TILTAK SKAL MODELLEN KUNNE VISE VIRKNINGEN AV?.....	3
1.1 AKTUELLE TILTAK MOT FORURENSNINGSTILFØRSLER.....	3
1.1.1 Generelt.....	3
1.1.2 SFT's tiltaksanalyse.....	4
1.1.3 Reduksjon av tilført mengde forurensninger.....	4
1.1.3.1 Næringsstoffer og organisk stoff.....	5
1.1.3.2 Oksygen-innhold i avløpsvann.....	5
1.1.3.3 Ikke-organiske partikler.....	5
1.1.3.4 Miljøgifter.....	5
1.1.4 Geografisk oppdeling av Indre Oslofjord.....	6
1.1.5 Ulike typer tilførsler.....	9
1.1.5.1 Punktutslipp.....	10
1.1.5.2 Andre direkte-utslipp.....	11
1.1.5.3 Spredt bebyggelse og landbruk.....	11
1.1.5.4 Vassdrag.....	11
1.1.5.5 Lekkasje i ledningsnett.....	12
1.1.5.6 Tilførsler fra luften.....	12
1.1.5.7 Aktivitet i fjorden.....	12
1.1.6 Tilførslene til Ytre Oslofjord.....	13
1.1.7 Tidsvariasjoner i tilførsler - overløp og flomtopper.....	13
1.2 FORESLATTE DIREKTE FJORDFORBEDRINGSTILTAK.....	15
1.2.1 Lufting eller oksygenering av dypvannet.....	15
1.2.2 Neddykking av ferskvann.....	15
1.2.3 Utvidelse av Drøbaksterskelen.....	15
1.2.4 Økt biologisk høsting.....	16
2. HVILKE RESIPIENT-EFFEKTER BØR MODELLEN INKLUDERE?.....	17
2.1 HVILKE BEREGNEDE STØRRELSER BØR VI FA UT FRA MODELLEN?....	17
2.1.1 Rekreasjonskvalitet i overflatelaget.....	17
2.1.2 Strandvegetasjon.....	17
2.1.3 Livsbetingelser for fisk og andre organismer i vannmassene.....	18
2.1.4 Bløtbunnsbiologi.....	18
2.1.5 Hardbunnsøkologi.....	19
2.1.6 Miljøgift-effekter.....	19
2.1.7 Is-forhold.....	20
2.2 KRAV TIL DIFFERENSIERING AV VIRKNING I GEOGRAFISKE OMRADER.....	20
2.3 KRAV TIL DIFFERENSIERING AV VIRKNING I DYP-INTERVALLER....	20
2.4 KRAV TIL OPPLØSNING I TID.....	21

3.	NØYAKTIGHETS-KRAV TIL MODELLEN.....	23
3.1	GENERELLE MOMENTER.....	24
3.2	REKREASJONSKVALITET I OVERFLATELAGET.....	24
3.2.1	Direkte mål på biomasse.....	24
3.2.2	Indirekte mål på biomasse.....	25
3.3	LIVSBETINGELSER FOR FISK OG ANDRE ORGANISMER.....	25
3.4	SEDIMENTER, BLØTBUNNSBIOLOGI.....	27
4.	OPPSUMMERING: HVA SKAL MED I MODELLEN?.....	28
	LITTERATUR.....	31

Figurer og tabeller

Figur 1.	Skisse av det systemet som skal modelleres.....	3
Figur 2.	Kart over Indre Oslofjord, med geografisk oppdeling.....	7
Tabell 1.	Utslipp til Oslofjorden.....	9
Tabell 2.	Hvordan ulike tiltak behandles i modellen.....	29
Tabell 3.	Hvilke effekter som skal behandles i modellen.....	39

INNLEDNING

Prosjektet "Utvikling av eutrofimodell for indre Oslofjord" er skissert i programforslag fra NIVA datert 3.7.1987.

Det praktiske målet med modell-prosjektet er ifølge programforslaget (s.6-7):

"... å få et verktøy til å vurdere virkningen av rensetiltak og andre forurensningsbegrensende tiltak. Dette betyr at modellen skal kunne gi kvantitativ informasjon om mengden av planteplankton i fjorden og oksygenforbruket i dypvannet som funksjon av tid. Modellen skal vise hvordan dette endrer seg med endrede tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff, og med endret fordeling mellom overflateutslipp og dyputslipp. Et viktig siktemål er å inkludere en geografisk oppdeling av fjorden i Vestfjorden og Bunnefjorden, slik at en kan vurdere betydningen av fordelingen av utslipp mellom disse to bassengene".

Programforslaget skisserer en gjennomføring over to-tre år, delt opp i 4 hovedfaser, etter et innledende forprosjekt. Forprosjektet skal ifølge programforslaget presisere målet for prosjektet, ved å avklare:

1. Hvilke tiltak modellen skal kunne vise virkningen av.
2. Hvilke forurensningsvirkninger den skal inkludere.

Det er altså ikke innholdet i modellbeskrivelsen som diskuteres i denne forprosjektrapporten, men mer hvilke inn-data og ut-data som kreves for at modellen skal bli et praktisk verktøy for den gitte hovedproblemstillingen.

Det har vært ansett som viktig å avklare dette mellom oppdrags-givere, NIVA og andre faglige instanser før prosjektet starter, slik at en er enig om hva som skal være den faglige rammen for prosjektet.

Det er selvsagt ikke mulig å avklare alle spørsmål i forprosjektet, og det kan også være at vi må omprøve noen av konklusjonene i en senere fase av prosjektet. Det er likevel viktig å klarlegge mål og forventninger før prosjektet starter. Hensikten med å gjennomføre en såpass detaljert drøfting som vi har gjort i forprosjektet er både å legge en faglig realistisk ramme for å gjennomføre prosjektet, og å sikre så langt mulig at alle involverte parter har de samme forventninger.

I denne rapporten har vi forsøkt å gi en så fullstendig oversikt som mulig over de forhold vi regner med å inkludere i modellen, og også å spesifisere på hvilken måte forskjellige forhold vil bli tatt hensyn til. I tillegg har vi lagt vekt på å få med hvilke forhold som vil bli holdt utenfor, eller som må vurderes nærmere senere.

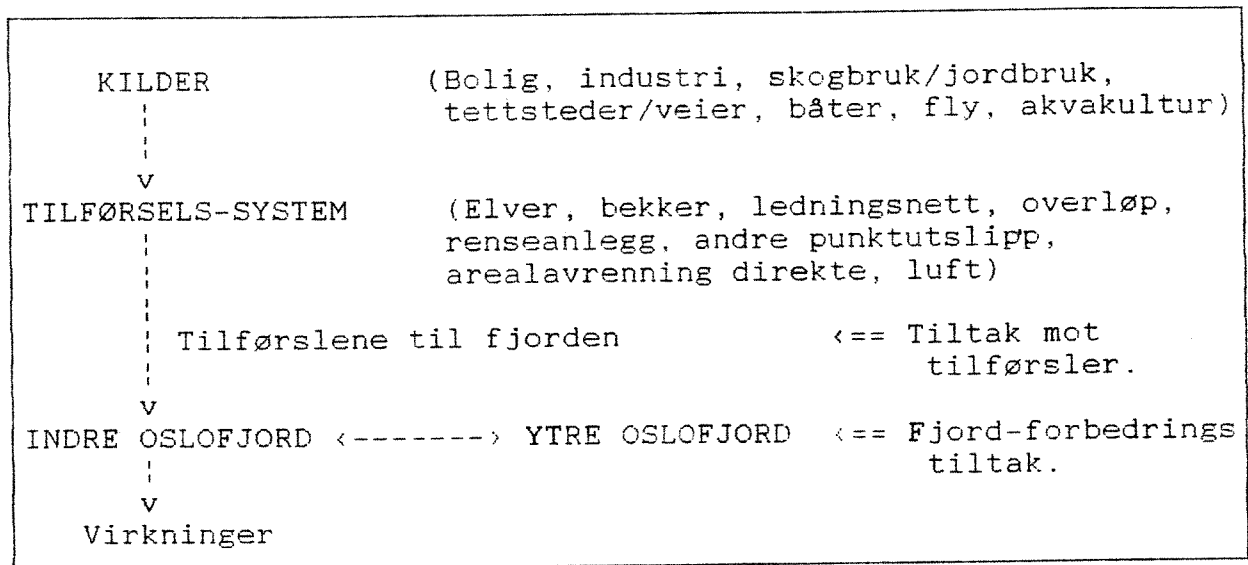
Vi har også satt opp enkelte konkrete måltall for nøyaktighet i resultatene som vi ønsker at modellen skal oppfylle.

På den måten håper vi å unngå at ulike underforståtte vurderinger skal gjøre seg gjeldende i forventningene til prosjektet hos forskjellige involverte parter.

Den oversikten som er gitt nedenfor over tiltak og virkninger bygger først og fremst på NIVA's rapport "Vurdering av Oslofjorden" (Baalsrud et.al. 1986) og på det som foreligger om den tiltaks-analysen SFT er igang med (SFT 1987). Konklusjonene i rapporten er et resultat av interne diskusjoner på NIVA, og møter med representanter for andre instanser. Dette er nærmere omtalt i forordet.

1. HVILKE TILTAK SKAL MODELLEN KUNNE VISE VIRKNINGEN AV?

Det systemet vi skal behandle kan skisseres som vist i figur 1.



Figur 1. Skisse av det systemet som skal modelleres

Som antydnet i figuren kan en skille mellom to hovedtyper av tiltak:

1. Tiltak mot forurensningstilførsler
2. Direkte fjordforbedringstiltak:

Nedenfor behandles de to typene tiltak hver for seg.

1.1 AKTUELLE TILTAK MOT FORURENSNINGSTILFØRSLER

1.1.1 Generelt

Slike tiltak vil bety at tilført mengde endrer seg, at tilførsler får en annen geografisk plassering, at tilførslene tilføres fjorden på andre måter, f.eks. med endret utslippsdyp, eller at de får en annen fordeling over tid.

Vi må spesifisere hvilke endringer modellen skal kunne vise virkningen av, hver for seg eller som en kombinasjon av flere endringer. Det må gjøres ved å gjennomgå de forskjellige typer tiltak som kan være aktuelle, finne ut hvilke krav som må stilles til modellen dersom den skal kunne inkludere dem, og så ta stilling til om det er mulig å oppfylle kravene.

1.1.2 SFT's tiltaksanalyse

SFT's tiltaksanalyse har denne listen over tiltak mot tilførsler:

1. Ledningsnett
(hovedledning, stikkledning og vannledning)
2. Renseanlegg, kommunalt avløp
3. Tiltak i boliger
4. Spredt bolig og fritidsbebyggelse
5. Slam-disponering.
(Dumpemasser).
6. Overvannsdisponering
7. Fosfater i vaskemidler
8. Avfallsdisponering
9. Industri
10. Punktutslipp, jordbruk
11. Arealavrenning, landbruk
12. Fiskeoppdrett
13. Båttrafikk
14. Tiltak mot miljøgifter

Disse tiltakene går delvis på tilførselssystemet, delvis på kildene, og delvis på bestemte komponenter. I tillegg til dette kommer fjordforbedringstiltak, som behandles i avsnitt 1.2 nedenfor.

Denne oversikten over tiltak er en nyttig bakgrunn for vurderingene i forprosjektet, men vi vil her følge en annen inndeling, og gjennomgå de forskjellige tiltak mer ut fra hvordan de kommer inn i forhold til modellen.

1.1.3 Reduksjon av tilført mengde forurensninger

Dette vil fortsatt være den viktigste kategorien av tiltak. De fleste av tiltakene i SFT's analyse vil helt eller delvis gå ut på tilførselsreduksjoner, f.eks. ved:

- ◆ Bedre rensing i renseanlegg.
- ◆ Tiltak mot fosfat i vaskemidler.
- ◆ Tiltak mot arealavrenning fra jordbruk/skogbruk/tettsteder

Vi må spesifisere hvilke komponenter og tilstandsformer som skal kunne vurderes.

1.1.3.1 Næringsstoffer og organisk stoff.

Komponenter som er helt sentrale for eutrofiproblemet og problemet med oksygen-svinn må helt opplagt være med for alle typer utslipp:

- Fosfor i ulike former
(partikulært, oppløst og biologisk tilgjengelig).
- Nitrogen i ulike former, spesielt ammonium.
- Organisk stoff
(ulike komponenter med forskjellig nedbrytbarhet).

1.1.3.2 Oksygen-innhold i avløpsvann

Dette må tas med som egen parameter i dyputslipp, dersom oksygen-tilsetninger til avløpsvannet skal kunne vurderes som tiltak. For vassdrag kan en normalt regne med oksygenmetning. Det stiller ingen spesielle krav til modellen.

1.1.3.3 Ikke-organiske partikler.

Av samlet partikkelinnhold kan det være opptil 50% uorganiske partikler i avløp fra renseanlegg, og opptil 90-95% i annen avrenning, spesielt i forbindelse med flomtopper. Store utslipp kan ha virkning på vannkvaliteten i uker. For fjorden som helhet er det neppe noe vesentlig problem, og det trenger antagelig ikke inkluderes dersom vi bare skal se på virkninger i hovedbassengene. Imidlertid har vi i avsnitt 1.1.4 skissert en geografisk oppdeling hvor noen mindre områder er skilt ut. I slike områder kan transport og sedimentering av partikler fra vassdrag og ledningsnett innvirke på de biologiske prosessene, og det bør da inkluderes i modellen dersom den skal inkludere lokale effekter innenfor slike områder. Dette må vurderes nærmere.

1.1.3.4 Miljøgifter

Miljøgifter vil bare ha betydning i modellen dersom:

- A. Nivåene er så høye at de biologiske prosessene som har betydning for eutrofiproblemet påvirkes merkbart.

eller:

- B. Vi ellers ønsker å studere næringshygieniske eller økologiske virkninger av miljøgift-utslipp ved hjelp av modellen.

Ang. punkt A:

Vi kan antagelig ikke i noe tilfelle regne med å ta den biologiske omsetningen av miljøgifter med i modellen; da vil den bli for kompleks i første omgang, og det er vel heller ikke godt nok data-grunnlag for det.

I Oslofjorden er det heller ikke grunn til å vente annet enn eventuelle næringshygieniske virkninger.

Ang. punkt B:

For noen stoffer, hvor de biologiske leddene bare omsetter en liten del av de totale mengdene i fjorden, dvs. konservative stoffer, kunne vi eventuelt beregne konsentrasjoner ut fra de fysiske transporter i modellen som grunnlag for næringshygieniske vurderinger utenfor modellen. For andre stoffer, som i stor grad opptas i organismer, vil den biologiske omsetningen også være vesentlig for å beregne fysisk transport. Det gjelder f.eks. PCB.

Foreløpig tar vi ikke sikte på å vurdere tiltak mot miljøgifter ved hjelp av modellen. Det kan imidlertid være aktuelt å ta det med senere, og modellen vil bli laget med tanke på at det skal være lett å utvide den med dette dersom det blir aktuelt.

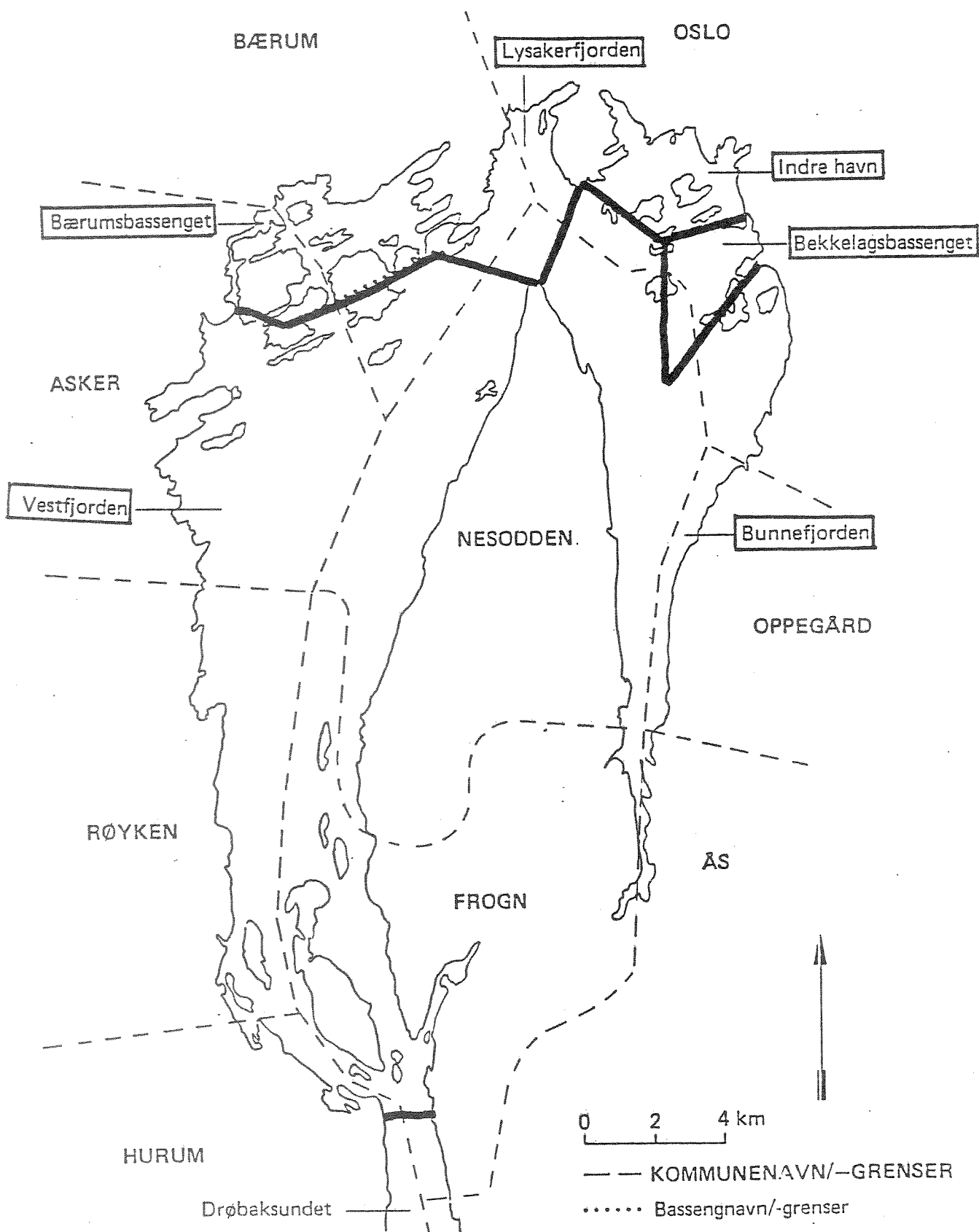
1.1.4 Geografisk oppdeling av Indre Oslofjord

Den oppdelingen som er brukt i Baalsrud, Lystad og Vråle 1986 kan være et utgangspunkt. Se kart i figur. 2. Her er fjorden delt i:

- ◆ Bunnefjorden
- ◆ Bekkelagsbassenget
- ◆ Indre havn/Frognerkilen
- ◆ Lysakerfjorden/Bestumkilen
- ◆ Bårumsbassenget
- ◆ Vestfjorden

Behovet for geografisk oppdeling eller spesielle modeller må vurderes konkret for de forskjellige typer av tilførsler (vassdrag, punktutslipp, diffuse tilførsler etc.), se nedenfor under punkt 1.1.5.

Det er et mål at modellen skal kunne skille mellom utslippet til Bekkelaget og utslippet til SRV. En vertikal-skiktet modell vil delvis kunne gjøre dette for dagens utslippsforhold selv om den er horisontal-integrert over hele fjorden, på grunn av forskjell i utslippsdyp: Utslipet fra SRV vil innlagres rundt 30 meters dyp, mens utslippet fra Bekkelaget antagelig vil berøre overflatelaget i langt større grad.



Figur 2. Kart over Indre Oslofjord, med geografisk oppdeling

For å kunne gjøre en tilfredsstillende vurdering av Bekkelaget og SRV mot hverandre er det også ønskelig å skille ut Bunnefjorden og Vestfjorden som egne hovedbassenger i modellen. Dette er spesielt påkrevet for å kunne vurdere de to utslippene mot hverandre også ved endret utslippsmåte, f.eks. med bedre innlagring av utslippet fra Bekkelaget.

For å kunne beskrive virkningen av utslippet fra Bekkelaget renseanlegg tilfredsstillende er det viktig også å skille ut Bekkelagsbassenget fra resten av Bunnefjorden.

For å kunne vurdere tiltak som går på mer detaljert geografisk lokalisering av utslipp (f.eks. områdevis sanering av lekkasjer) må lokale bassenger skilles ut som tilførselsbassenger, og det må gjøres forenklede antagelser for hvordan tilførsler når hovedbassengene fra de forskjellige mindre områdene.

For utslipp til avgrensede del-bassenger, f.eks. Bårumsbassenget, så kan geografisk differensiering innføres i modellen ved hjelp av transport-koeffisienter som anslå hvor mye av tilførslene som går videre ut i hovedbassenget i fjorden. Det er imidlertid grenser for hvor langt det er noe poeng å gå i denne retningen uten å modellere prosessene i hvert område fullt ut. Det kan redusere modellens verdi om den baserer seg for mye på slike mer eller mindre skjønnsmessige antagelser. Betydningen av antagelsene kan utforskes ved følsomhetsanalyser.

Det er også mulig at vi kan bruke spesielle transportmodeller for lokale områder, spesielt for å utforske korttidsforløp, som grunnlag for antagelsen i hovedmodellen.

Nødvendighet av og mulighet for geografisk oppdeling kan ikke avklares i forprosjektet, og må studeres nærmere i prosjektets første to faser. Som et minstekrav må det være mulig å dele opp ved hjelp av transport-koeffisienter slik som skissert ovenfor.

Det som er sagt ovenfor gjelder hvordan en skal kunne vurdere den virkningen geografisk lokaliserte tiltak kan få i hoved-bassengene. For også å kunne vurdere hvordan tiltakene virker spesifikt i lokale områder trenger vi noe mer enn transportkoeffisienter. Da må vi ha delmodeller for disse områdene, hvor transport videre til hovedbassenget inngår. Vi trenger en form for materialbalanse for disse områdene.

1.1.5 Ulike typer tilførsler

Nedenfor vises en oversikt over fordelingen av utslipp på de tre hovedkomponentene fosfor(P), organisk karbon (C) og nitrogen (N). Oversikten er bygd på (Baalsrud, Lystad, Vråle 1986)

Denne oversikten kan brukes som et grunnlag for å vurdere hvor viktig det er å skille ut de forskjellige tilførslene i modellen.

Tabell 1. Utslipp til Oslofjorden
(Tall fra 1985 eller 1986)

	---Tilførsler---			---- Prosentvis ----		
	tonn/år			fordeling		
	P	C	N	P	C	N
TOTALT TIL INDRE OSLOFJORD	271	11270	3855	100.0%	100.0%	100.0%
RENSEANLEGG OG SENTRALE OVERLØP:	71	3690	2480	26.2%	32.7%	64.3%
SRV utslipp	25	2200	1560	9.2%	19.5%	40.5%
Bekkelaget utslipp	25	1100	740	9.2%	9.8%	19.2%
Bekkelaget overløp	15	150	55	5.5%	1.3%	1.4%
Bislett-/Lysakerbekken overløp	1	10	5	0.4%	0.1%	0.1%
N.Follo r.a./Nesodden r.a./Andre	5	230	120	1.8%	2.0%	3.1%
ELVER OG BEKKER:	50	4500	575	18.5%	39.9%	14.9%
Sandvikselva	9					
Lysakerelva	4					
Akerselva	9					
Loelva	7					
Ljanselva	4					
Andre	17					
AREALAVRENNING FRA TETTSTEDER	20	960	140	7.4%	8.5%	3.6%
DIREKTEUTSLIPP TIL FJORDEN	20	270	90	7.4%	2.4%	2.3%
LEKKASJER TIL FJORDEN ¹	110	1850	570	40.6%	16.4%	14.8%

De forskjellige utslippstypene gjennomgås punktvis nedenfor.
(Aktuelle kilder, eller produsenter, er angitt for hvert tilfelle.)

¹Nyere tall tyder på at lekkasjene er lavere enn dette. Oppdaterte tall vil bli brukt i modellen.

1.1.5.1 Punktutslipp

(Boliger, industri, jordbruk)

De punktutslippene som skal kunne vurderes separat må spesifiseres. Som eksempler nevnes:

- SRV-utslippet
- Utslippet fra Bekkelaget
- Utslippet fra Nordre Follo kloakkverk
- Overløp fra Bekkelaget
- Større overløp

Alle utslipp som vi har data for kan spesifiseres i modellen. Vi må ha et beregningsapparat som tillater alle typer kilder, men vi vil ikke nødvendigvis kunne differensiere mellom dem i beskrivelsen av hvordan de når frem til fjorden. Det vil avhenge av modellstrukturen hvordan vi kan skille ut betydningen av geografisk plassering, og det vil være begrenset hvor langt vi kan gå.

Tiltak som berører punktutslipp blir noe av det viktigste som må inngå i modellen. De største utslippene må behandles spesielt i modellen, enten ved oppdeling i geografiske områder, eller ved at de tas med som utslipp til hovedbassengene, men med sine egne karakteristika. Mindre utslipp kan behandles på linje med diffuse tilførsler, men utslippsdyp må tas hensyn til.

Aktuelle tiltak:

- Overføring mellom Bekkelaget og SRV, eller endring av utslippet fra Bekkelaget. Dette er det viktigste konkrete tiltaket.

- Utvidelse av Nordre Follo kloakkverk vs. overføring av kloakk til Bekkelaget renseanlegg.

- Tiltak for å minske, eventuelt dykke eller flytte, overløp.

- Tiltak mot konkrete industriutslipp.

- Tiltak på ledningsnett.

Den horisontale spredningen av disse utslippene må vurderes, og et mål på dette må tas med i modellformuleringen. Det blir viktigere å ha med dette jo større bokser vi har i modellen.

Arbeidet med SFT's tiltaksanalyse vil bl.a. gi en oversikt over punktutslipp som vil være et nyttig grunnlag i arbeidet med modellen.

1.1.5.2 Andre direkte-utslipp

(Anleggsvirksomhet)

Dumping av snø foregår vesentlig i havneområdet og langs hovedvassdragene. Det er neppe sentralt for eutrofiproblemet, og det er usikkert om det vil bli tatt med i modellen. Det kan ha en viss betydning for fordeling av tilførsler over tid, og vil derfor bli vurdert nærmere.

Dumping av fyll-masse fra bygg- og anleggs-prosjekter er et aktuelt problem i Oslofjorden, med et skissert omfang på 500.000 m³/år i tre år fremover. Problemet er tatt opp i forbindelse med SFT's tiltaksanalyse. Det kan muligens tas med i modellen, men problemet må først kartlegges i et eget prosjekt, uavhengig av modellarbeidet. Også muligheten for å utnytte dumpemasse positivt, f.eks. til å forsegle sediment som inneholder store mengder oksygenforbrukende materiale, vil naturlig kunne undersøkes bl.a. ved hjelp av modellen.

1.1.5.3 Spredt bebyggelse og landbruk

(Spredte boliger og
fritidsbebyggelse, landbruk)

Dette må tas med som diffus kilde innenfor hvert geografisk område. Transport-tider i tilrenningsfeltene bør vurderes tatt med i modellen, men er neppe viktig totalt sett, fordi det er prosentvis små tilførsler.

1.1.5.4 Vassdrag

(Boliger, industri,
landbruk)

De største vassdragene bør tas med i modellen, idet utslippet av organisk stoff er ganske stort. Nedsynkning av organisk stoff må modelleres. De viktigste elvene som må med er:

Sandvikselva
Lysakerelva
Akerselva
Loelva
Ljanselva
Aråselva

Vi kan i og for seg spesifisere i modellen alle elver og bekker som det finnes data for, og vurdere betydningen av å minske tilførsler spesifikt for hver kilde.

Modellen vil imidlertid ikke kunne gi grunnlag for å prioritere mellom tiltak i mindre elver og bekker innenfor ett geografisk område ut over hva en kan få ut av kost/nytte-vurderinger basert på reduksjoner i tilførsler.

Mindre elver og bekker kan inkluderes sammen med spredt avrenning, og trenger neppe noen spesiell behandling.

1.1.5.5 Lekkasjer i ledningsnett

Dette har vært antatt å være en forholdsvis betydelig kilde ifølge Baalsrud, Lystad, Vråle 1986. Nyere overslag i forbindelse med SFT's tiltaksanalyse tyder imidlertid på at tallene er lavere enn tidligere antatt. Det er likevel et viktig punkt, som må med i modellen.

Tiltak her vil berøre punktutslipp, spredt tilrenning og vassdrag, og medfører ingen spesielle problemer i tillegg til det.

Et spesielt poeng i forbindelse med tiltak mot lekkasjer i ledningsnett er at vannmengdene til renseanlegg kan reduseres, og dermed rensingen økes. Dette må tas med i modellen.

1.1.5.6 Tilførsler fra luften

(Industri, boliger, fjernforurensning,
flytrafikk)

Det antas at dette gir små tilførsler sammenlignet med andre kilder, iallfall når det gjelder eutrofiproblemet (8 tonn P/år).

Kilden kan inkluderes i modellen som diffust overflateutslipp, men vurdering av tiltak forutsetter at endringen i tilførslene til fjorden er gitt fra andre beregninger - noen beskrivelse av lufttransport er det ikke aktuelt å inkludere.

1.1.5.7 Aktivitet i fjorden

(Båttrafikk; småbåter og skipstrafikk,
akvakultur)

Utslipp fra båttrafikken vil antagelig ha nokså liten betydning for eutrofiproblemet, og trenger antagelig ikke vurderes nærmere i modellen. Andre typer problemer (forsøpling etc.) vil eventuelt være et lokalt problem, og må antagelig løses ved nokså konkrete vurderinger av bestemte områder, uavhengig av modellen.

Betydningen av tilført blandingsenergi til overflatelaget bør undersøkes ved en enkel overslagsberegning.

Akvakultur vil neppe få så stort omfang i Oslofjorden at det får annet enn lokale virkninger på eutrofi-situasjonen. Dersom modellen skal tilpasses andre fjorder kan det være påkrevet å ha det med, men det vil ikke bli gjort som ledd i Oslofjordprosjektet.

1.1.6 Tilførslene til Ytre Oslofjord

Vannkvaliteten i Indre Oslofjord vil i stor grad påvirkes av forholdene i Ytre Oslofjord, hvor store industriutslipp innvirker på vannkvaliteten.

Vi kan ikke ta sikte på å inkludere Ytre Oslofjord fullt ut i modellen foreløpig, men vi bør ha vekselvirkningen mellom de to fjordavsnittene med i en modell for Indre Oslofjord.

Vannutskiftningen mellom de to fjordavsnittene må helt sikkert tas med i modellen. Ved å bruke tilgjengelige data om vannkvaliteten i Ytre Oslofjord sammen med modell-resultater for indre fjord kan vi beregne stofftransporten mellom fjordavsnittene. Dette vil gjøre det mulig å studere virkningen av tiltak i indre fjord ved uendrede forhold i Ytre Oslofjord. Vi kan f.eks. tenke oss at alle direkte tilførsler til indre fjord er fjernet, og på den måten se virkningen av tilførslene til ytre fjord isolert.

For å gjøre dette riktig i modellen må vi ta hensyn til at indre fjord påvirker vannkvaliteten i ytre fjord. Det kan gjøres ved å anta at bare en del av vannutskiftningen er effektiv, dvs. at vann som transporteres ut fra indre Oslofjord til en viss grad resirkuleres.

Det blir viktig å foreta følsomhetsanalyse av de antagelser som gjøres her.

Hvis vi også vil kunne vurdere hvordan reduserte tilførsler til ytre Oslofjord innvirker på indre fjord må vi i tillegg finne frem til sammenhenger mellom tilførsler og vannkvalitet i ytre fjord. Det må bli endel av modellprosjektet å etablere slike sammenhenger.

Også her blir det spesielt viktig å gjøre følsomhetsanalyser.

1.1.7 Tidsvariasjoner i tilførsler - overløp og flomtopper.

Undersøkelser gjort ved NIVA og andre steder viser at regnskyll og snøsmelting gir flomtopper i ledningsnett som spyler ut forurensninger som er avsatt i ledningene under tørrvårs-perioder. Dette gir store mengder i overløp, også på lokale ledningsnett.

Undersøkelsene er gjort på total-transport i felles-systemer, og vi er henvist til å anslå overflateavrenningens andel. De samme mekanismene vil antagelig gjøre seg gjeldende for arealavrenningen og dermed i elver og bekker.

I Norge er det funnet sammenheng mellom utspylt mengde og maksimal vannføring, i Vest-Tyskland sterkere sammenheng med totalt flomvolum.

Fenomenet opptrer i tre faser i løpet av året:

Snøsmelting.
Sommer-regn (skarpe toppe).
Høstregn (mer langvarig).

Det berører problemet med tids-skalaen i modellen, fordi tilførslene under slike flommer varierer sterkt fra dag til dag:

Det er ikke opplagt at jevne tilførsler slår ut på samme måte som samme mengde ujevnt fordelt i tid:

1. Transporten ut i fjorden, spesielt via mindre bassenger, kan bli annerledes, det kan gi en annen fordeling i resipienten.
2. Både biologisk omsetning i fjorden og tilførslene vil avhenge av meteorologi.

Det er derfor naturlig å prøve å modellere tidsforløpet nokså detaljert for å se virkningen av en eventuell koblet variasjon.

Tids-oppløsningen må være iallfall ned til en uke, men det vil sannsynligvis være tilstrekkelig. Vi bør tilstrebe en modell-formulering som gjør at tidsoppløsningen kan styres automatisk ut fra krav til nøyaktighet og numerisk stabilitet i løsningen, om nødvendig ned til et døgn.

Svært plutselige variasjoner kan representeres som diskontinuerlige endringer i modellen, dvs. at verdier forandrer seg momentant.

Variasjoner innenfor et døgn vil vi ikke inkludere i modellen, istedet vil vi bruke verdier integrert over døgnet. Biologiske prosesser som varierer over døgnet (produksjon av biomasse) må beskrives som gjennomsnitt over døgnet.

Generelt vil korttidsvariasjoner være viktigere for Oslofjorden, som er et forholdsvis lite system, enn det er for den Østersjøen-modellen vi vil bruke som utgangspunkt.

Et spesielt problem ligger i å modellere tidsforsinket virkning: Hvis modellen opererer med noen få store bassenger, og det simuleres i korte tidsintervaller, må virkningen av utslipp på hovedbassenget kunne forsinkes i tid i modellen. Det vil være uriktig å la et utslipp virke momentant i et helt hovedbasseng i modellen, dersom korttidsvariasjoner har betydning for de prosessene som skal modelleres.

1.2 FORESLATTE DIREKTE FJORDFORBEDRINGSTILTAK.

I avsnittene nedenfor gjennomgås de tiltak som er nevnt i SFT's tiltaksanalyse.

1.2.1 Lufting eller oksygenering av dypvannet

Virkingen av luft-innblanding må inkluderes i modellen på tilsvarende måte som for dykket ferskvannsutslipp. Dersom dette lar seg beskrive er det ikke vanskelig å inkludere dette i modellen.

Det samme gjelder eventuell bruk av oksygeneringstårn, hvor vann hentes opp fra dypere lag, oksygeneres og pumpes tilbake i fjorden. Det kan være et aktuelt alternativ til lufting.

1.2.2 Neddykking av ferskvann

Dette kan behandles på samme måte som et dykket kloakkvannsutslipp, og stiller derfor ikke spesielle krav til modellen, bortsett fra at den må ha forholdsvis fin inndeling vertikalt. En oppdeling i 1-2 meters skikt ned til ca. 50 meters dyp kan være aktuell.

1.2.3 Utvidelse av Drøbaksterskelen.

For å kunne vurdere slike endringer kreves at modellen inneholder en dynamisk beskrivelse av innstrømningene over terskelen. Det blir ikke tilstrekkelig å bruke data for observert innstrømningshyppighet og omfang som inndata i modellen, slik en kan gjøre for uendrede forhold ved Drøbaksterskelen. Istedet bør vi beskrive de kreftene som driver innstrømningene.

Alternativt kan en nøye seg med å gjøre en del forenklede antagelser for hvordan en utvidelse vil virke, og teste betydningen av dette ved følsomhetsanalyse.

Ut fra tidligere dynamiske modell-betraktninger er det imidlertid konkludert med at det ikke er hensiktsmessig å utvide terskelen. (Magnusson 1976, Stigebrand 1977).

1.2.4 Økt biologisk høsting.

For at dette skal ha virkning i fjorden må det dreie seg om høsting av biomasse som har betydning for kretsløpet i fjorden, dvs. som innvirker på stoffomsetningen.

Det kreves da av modellen at den biomassen det høstes fra, er skilt ut som en egen enhet i modellen, dersom den har en spesifikk rolle i omsetningen.

Det bør vi forsøke å få til uansett, dersom modellen i det hele tatt skal være brukbar. Virkning av biologisk høsting bør derfor kunne inkluderes i modellen dersom dette er et aktuelt tiltak.

Vi kan imidlertid ikke regne med at modellen skal kunne klargjøre virkning av biologisk høsting fullt ut.

2. HVILKE RESIPIENT-EFFEKTER BØR MODELLEN INKLUDERE?

Dette kan også kalles resipient-kriterier. Her skal vi finne frem til størrelser eller variable som skal komme som resultater ut fra modellen, og som kan brukes for å vurdere praktiske konsekvenser i forholdet til dyr eller mennesker.

I neste kapittel er det drøftet hvilke nøyaktighets-kriterier som kan settes opp for slike variable.

2.1 HVILKE BEREGNEDE STØRRELSER BØR VI FÅ UT FRA MODELLEN?

Generelt sett bør vi i første omgang begrense oss til å la modellen gi ut noen få, enkle og lett kvantifiserbare størrelser.

Mer komplekse biologiske forhold bør vurderes utenfor modellen, ved å brukes modellens resultater sammen med annen kunnskap.

2.1.1 Rekreasjonskvalitet i overflatelaget

Hovedvariabelen her blir biomasse i overflatelaget.

Lysforholdene (skygge-effekt av plankton) vil måtte inngå i modellen, og kan derfor gis ut. Siktedyp¹ som et mål på rekreasjonskvalitet bør også kunne beregnes i forlengelsen av dette, men antagelig bare for hovedvannmassene.

Bakterieinnhold må vurderes konkret som lokale effekter og holdes utenfor modellen. Det samme gjelder forsøpling/flytestoffer.

Om begroing og strandvegetasjon, se neste avsnitt.

2.1.2 Strandvegetasjon

Ut fra beregnede lysforhold kan en tenke seg å estimere f.eks. nedre voksegrense for fastsittende alger, men i den forbindelsen er det er også mange andre faktorer som kommer inn, og som må vurderes lokalt, f.eks. bunnforhold og lysforhold. Dette bør derfor vurderes utenfor modellen.

¹Turbiditet er et mål på partikkelinnhold, og grovt sett er siktedypet omvendt proporsjonalt med turbiditeten.

Oslofjorden er fattig på bentiske alger, så mengdemessig betyr det lite sammenlignet med plankton-alger (andre steder kan det bety mye). Bentiske organismer kan derfor holdes utenfor modellen, men eventuelt vurderes ut fra modell-resultatene. Isskuring er viktig for bentiske organismer, men vil bare inngå i slike vurderinger, ikke i modellen.

2.1.3 Livsbetingelser for fisk og andre organismer i vannmassene.

Dette vil først og fremst bli beskrevet ved oksygenforholdene i dypere lag.

Når det gjelder eutrofi-situasjonen, som er det sentrale, vil følgende biomasser være de vesentligste:

Fytoplankton i overflaten	(biomasseproduksjon)
Bløtbunns-organismer, reker ol.	(nedbrytning av organisk stoff).

Modellen må derfor ha disse biomassene med, og kan da også gi noe ut, iallfall om størrelsen på samlet biomasse.

Reker utgjør en forholdsvis stor biomasse, og må inkluderes i modellen, men det må vurderes nærmere i hvilken grad vi kan skille det ut eksplisitt som en egen størrelse.

En foreløpig vurdering er at fisk neppe er like viktig å ha med som en del av eutrofimodellen, fordi fisk ikke har så stor tilbakevirkning på den biologiske omsetningen i fjorden. Dette skal vurderes nærmere i første fase av prosjektet.

Forekomst og mengde av fisk og andre organismer som ikke inngår som en del av kretsløpet i modellen må vurderes utenfor modellen.

Det kan likevel tenkes at ernæringsforhold for slike organismer kan gis av modellen i tilknytning til biomasseberegningene.

Blåskjellød på grunn av is og kulde gir periodevis stor nedbrytning i overflatelaget. Det må vurderes om dette skal være med som en mekanisme i modellen, men det er vel ikke aktuelt å ha med som forurensningskriterium.

2.1.4 Bløtbunnsbiologi

Bløtbunn utgjør den største grenseflaten i fjord-systemet, og bløtbunnsbiologien er et viktig økologisk element for fjorden som helhet.

Som grunnlag for å karakterisere bløtbunnsbiologien må modellen beskrive oksygenforholdene i sedimentene, og også kunne kvantifisere fysisk nedslamming av bunnen.

Modellen må beskrive oksyngengjelden i sedimentene, karakterisert ved karbon-innhold + sulfid-innhold.

Fysiske påvirkninger, f.eks. fra moringskjettinger for båter kan tenkes å påvirke bunnsamfunnene, men det faller utenfor modellarbeidet.

Når det gjelder bløtbunnsfaunaen regner vi ikke med å kunne bruke artssammensetning som inndata i modellen, dvs. beregne omsetning ut fra mengde av forskjellige arter. Det ville bli for komplisert. Vi må nøye oss med å beregne biologisk omsetning ut fra visse generelle parametre (biomasse, forhistorie,)

Derimot kan modellen tenkes å gi grunnlag for å si noe om hvilke samfunnstyper som kan utvikle seg ved ulike forurensnings-situasjoner, men det bør gjøres utenfor selve modellen, eventuelt basert på modell-resultater.

2.1.5 Hardbunnsøkologi

Hardbunns-samfunn er for spredte og substratavhengige til at deres tilstand kan brukes som resipient-kriterium. Det vil kreves en modell med stor horisontal oppløsning å beskrive hardbunnsøkologi meningsfylt, og det kan vi ikke greie. Istedet må disse forholdene vurderes for seg, eventuelt på basis av resultater fra modellen sammen med annen kunnskap.

2.1.6 Miljøgift-effekter

Som nevnt i punkt 1.1.3.4 kan vi neppe ta med miljøgiftene i modell-beskrivelsen for biologiske prosesser. Det er heller ikke påkrevet hvis miljøgift-nivået er så lavt at det ikke påvirker omfanget av de prosessene som er sentrale når det gjelder eutrofi-problemet.

Hvis miljøgiftene hovedsakelig spres passivt i fjorden, dvs. at bare en liten del passerer næringskjeder, så kan vi bruke den fysiske transportmodellen til å beregne konsentrasjoner i vannmassene. Økologiske og næringshygieniske forhold kan da vurderes utenfor modellen.

Vurdering av kjemiske tilstandsformer vil kanskje kunne inkluderes i modellen hvis det er aktuelt, men bør antagelig ikke med i denne omgang. Her trenges det mer bakgrunns-kunnskap.

2.1.7 Is-forhold

Det kan skje endringer her pga. endringer i fysiske forhold i overflatelaget, f.eks. temperatur, turbulens, i forbindelse med tiltak på utslipp og fjordforbedringstiltak.

Modellen vil ikke ta sikte på å beskrive slike endringer.

2.2 KRAV TIL DIFFERENSIERING AV VIRKNING I GEOGRAFISKE OMRÅDER

Når det gjelder geografisk oppdeling må vi begrense oss, vi kan ikke få med alle detaljer.

I kapittel 1 er det diskutert hvilke krav det setter dersom vi skal kunne vurdere tiltak som er lokalisert til bestemte områder ut fra virkningen på hovedbassengene i fjorden.

Dersom vi også skal kunne beskrive forholdene i de lokale områdene må modellen bli mer kompleks, med flere bokser horisontalt. Selv om det ikke nødvendigvis er prinsipielt vanskelig kan det føre til betydelig merarbeid. Det er også usikkert om vi har nødvendig datagrunnlag til en slik modellering. På den annen side kan selv en usikker modellbeskrivelse være et startgrunnlag, bl.a. kan vi lettere kvantifisere usikkerheten i beskrivelsen.

En mulighet kan være, som en start, å lage en modell for et tilknyttet område mer generelt, istedet for å modellere konkret alle de konkrete områdene. En slik modell vil brukes mer som illustrasjon på lokale effekter, fremfor å ta sikte på å beskrive konkrete områder.

2.3 KRAV TIL DIFFERENSIERING AV VIRKNING I DYP-INTERVALLER

Vertikalt må vannmassene deles opp i skikt. Spørsmålet er hvordan det skal gjøres:

Skal vannvolumer defineres etter dyp, dynamisk ut fra skiktningen (stabiliteten), eller langs isopleter?

Hvor fint må vi kunne dele opp? NIVA's utredninger til nå har mest brukt en grov oppdeling, f.eks. over/under 20 m.

En indikasjon på nødvendig oppdeling kan vi få ved å se på oksygen-
data. Hvis vi betrakter vannsøylen som delt i 4 lag:

Fotosyntese-sone

Lag med positivt O_2 innhold.

Lag hvor det skifter mellom H_2S og O_2 .

Lag hvor det stort sett alltid er H_2S .

så bør oppdelingen iallfall være slik at hvert av lagene ovenfor beskrives av flere skikt i modellen. For de øverste 50 meter kan det antagelig være passe med en oppdeling på 1-2 meter. (se også avsnitt 1.2.2)

2.4 KRAV TIL OPPLØSNING I TID

Eventuelle krav til tidsoppløsning i resultatene bør defineres.
(År, måned, uke, døgn)

Oppløsning i tid ned til et døgn vil ikke være noe problem, gitt at vi tar sikte på å lage en modell som simulerer "kontinuerlig" i tid (differensial-ligninger). Antagelig er en uke tilfredsstillende.

Vi regner med å bruke "samletall" for det som skjer i løpet av et døgn, f.eks. som samlet produksjon pr. døgn. Selve døgnvariasjonene vil vi derfor ikke kunne ta ut av modellen.

Det enkleste vil være å ta ut resultatene i form av enkle tidsserier, som en observasjonsrekke, og bearbeide det videre i programmer for dataanalyse, f.eks. statistisk bearbeiding og grafiske framstillinger. Dette løser også enkelt spørsmålet om presentasjonsform for resultatene.

Det kan også være aktuelt å legge inn aggregering, f.eks. tidsintegral, utplukk av gj.snitt eller min/maks-verdier direkte i sammenheng med modell-simuleringene. Dette er ikke noe som må defineres på forhånd, men det kan være en fordel å vurdere det før modellen programmeres.

Det er viktig å presisere at modellen tar sikte på å gi et statistisk bilde av tidsforløp gjennom året ved å simulere flere årsforløp med et element av tilfeldig variasjon i inn-data.

Det blir derfor ikke de konkrete simulerte tidsforløpene som blir viktige, men den statistiske informasjon en kan trekke ut av dem, dvs. spørsmål av typen "Hvor ofte/hvor lenge kan oksygeninnholdet på 50 m dyp komme under 2 ml/l i Vestfjorden?". Vi skal se mer systematisk på kravet til nøyaktighet i slike utsagn i neste kapittel.

Beregning av statistisk mål for vannkvalitet over tid må knyttes til brukerinteressene, som tildels er årstidsbundet.

3. NØYAKTIGHETS-KRAV TIL MODELLEN

3.1 GENERELLE MOMENTER

Arbeidet med å utvikle eutrofimodellen har et klart forskningspreg, og det er vanskelig å si på forhånd hvordan modellen vil bli, eller hvor nøyaktig den vil kunne simulere forholdene i fjorden.

Det som kan gjøres er å sette visse mål som vi mener det er mulig å oppnå eller komme i nærheten av. Det er ingen klar grense mellom vellykket og mislykket, og målene angir bare størrelsesorden på ønsket nøyaktighet.

Kravet til nøyaktighet bør tilpasses hvordan modellen skal brukes på praktiske problemstillinger.

Når det gjelder den praktiske bruk av modellen må vi skille mellom:

- A. Nøyaktighetskriterier for variable som har betydning for brukerinteresser.

Her bør vi ha tallfestede mål for de viktigste kriterier.

- B. Nøyaktighetskriterier for kontrollvariable som brukes for å kalibrere modellens deler, men bare som middel til å få frem en riktig modell, og uten selvstendig betydning for brukerinteresser og vurdering av tiltak.

Tallfestede delmål vil her utkrystallisere seg i løpet av arbeidet med modellen, og trenger ikke spesifiseres på forhånd. Det kan likevel sies noe om hvilke kontrollvariable som er aktuelle.

Generelt vil vi ønske at modellen med rimelig god nøyaktighet skal kunne vise:

1. Virkning av dagens forurensingstilførsler i forhold til en lite forurenset tilstand.
2. Hvor raskt tilstanden i fjorden endrer seg med endringer i forurensningstilførsler fra dagens tilstand.
3. Forskjell i virkning mellom de viktigste alternative tiltakspakker.

For punkt 1 og 2 kan nøyaktigheten kontrolleres ved at modellberegninger sammenlignes med måledata både for dagens situasjon og ulike historiske situasjoner. Dette vil også si noe om modellens evne til å forutsi virkningen av tiltakspakker sett isolert.

Punkt 3 kan kontrolleres på samme måte dersom feilkildene i modellen i hovedsak trekker i samme retning for alle tiltakspakkene. Da blir feilen ved sammenligning av alternativene mindre enn den absolutt feilen. For slike feilkilder kan en tåle forholdsvis stor unøyaktighet.

For mer marginale forskjeller vil det være vanskeligere å få tilfredsstillende nøyaktighet. Dersom netto-virkningen av et tiltak fremkommer som en balanse mellom flere endringer som trekker hver sin vei, så kan forholdsvis små endringer i et ledd i modellen forskyve eller snu resultatet. Det kan for eksempel være tilfelle ved geografiske overføringer, hvor virkningen er en balanse mellom minsket utslipp på ett sted og økt utslipp et annet sted. Slike forhold må analyseres nærmere ettersom modellen utvikles og testes.

Samtidig med at modellstrukturen utarbeides bør det gjøres en grov kvantifisering av de prosesser som inngår i modellen. Det vil være en hjelp når det gjelder å sette krav til nøyaktighet for prosesser og transporter i modellen.

3.2 REKREASJONSKVALITET I OVERFLATELAGET

3.2.1 Direkte mål på biomasse

Biomasse i overflatelaget kan kontrolleres i nå-tilstanden via klorofyll-målinger, og data for totalt organisk karbon (TOC). Klorofyll-målingene er et gjennomsnitt for de øverste 2 meter, og modellen bør derfor være delt i dybde-intervaller som maksimalt er 2 meter helt fra overflaten.

Historiske situasjoner kan ikke kontrolleres ved hjelp av klorofyll og TOC, fordi data mangler.

Det bør imidlertid være mulig å kontrollere om modellen gir et riktig bilde av forskjeller mellom bassenger ved hjelp av disse parametre (se nedenfor).

Klorofyll-målingene ligger vanligvis i området 0-20 µg/l, og som et et optimistisk mål kan vi anslå en nøyaktighet på +-10% for gjennomsnittsverdier.

I tillegg kan det settes nøyaktighetskrav på f.eks. +-30% for størrelsen på toppene, og for forskjellen mellom bassenger.

3.2.2 Indirekte mål på biomasse

For tiden etter 1962 kan data for totalt fosfor-innhold og oksygen-metning brukes som kontrollvariable, som indikatorer på biomasse-aktivitet. Også før 1962 finnes spredte data, men en kontroll mot disse data blir mer usikker.

Siktedypsmålinger finnes det forholdsvis mer av også før 1962. Det er en vanskeligere parameter å bruke kvantitativt, fordi forholdet mellom siktedyp og biomasse ovenfor dette dypet varierer med arts-sammensetning (ulik form og størrelse), og fordi siktedypet også er påvirket av annet partikulært materiale.

Siktedypet varierer dessuten sterkt over tid, med et markert episodisk forløp, og det forekommer lave siktedypsverdier også i åpne farvann, f.eks. i Skagerrak. Siktedyp må derfor brukes som kontrollparameter med forsiktighet.

En grov kontroll av modellen mot eldre historiske situasjoner (rundt 1940) kan tenkes basert på siktedypsmålinger, men vi må studere datamaterialet nærmere for å avgjøre det.

Istedet for å se på gjennomsnittlig siktedyp bør vi antagelig heller se på variasjonene, og kontrollere modellen mot måledata når det gjelder hyppighet og omfang av episoder med dårlig siktedyp, eventuelt basert på en grov inndeling i klasser (verdi-områder).

3.3 LIVSBETINGELSER FOR FISK OG ANDRE ORGANISMER

Hvor godt modellen beskriver forholdene i dypere lag kan først og fremst kontrolleres ved hjelp av fysisk/kjemiske parametre, som det finnes mye data for:

Saltholdighet, temperatur, P og N, og oksygen/H₂S.

Saltholdighet, temperatur, P og N er midler til å kalibrere modellen, og det er ikke nødvendig å sette tallfestede nøyaktighetskrav for disse variablene.

Det primære er å sette nøyaktighetskriterier på oksygen, som er den viktigste resultat-variabelen fra modellen.

For hovedbassengene ønsker vi at modellen skal vise en endring på 2-3 ml/l i gjennomsnittskonsentrasjon med en nøyaktighet ± 0.3 ml/l. Den relative nøyaktigheten for virkning av forurensnings-tilførsler må i såfall være 10-15%.

Dette er imidlertid ikke tilstrekkelig: fordelingen over dyp og tid er også viktig. Vi tar utgangspunkt i kritiske verdier, dvs. verdier som ikke bør underskrides, over ulike tidsrom. Slike verdier er vist i tabellen nedenfor.

Periode	Kritisk verdi (ml/l)	
Alle	<0 (H ₂ S)	Tas hensyn til
Time	0.5	
Dag	1	Tas ikke hensyn til
Uke	1.5	
Måned	2	Tas hensyn til
År	2.5	

Målet blir at mengden av underskridelser (antall episoder med gjennomsnitt < kritisk verdi) skal gjengis med 50% nøyaktighet:

Eks: Data viser at 3 av 12 måneder har snitt < 2ml/l.
Modellen akseptabel: 2-4 måneder har snitt < 2 ml/l

Siden oksygenforholdene varierer med dypet, må dette kravet kobles til omfanget i volum eller dypintervall for underskridelsene. En måte å gjøre det på er å sette opp en tabell med ulike dypintervaller langs den ene retningen, og kritiske oksygen-verdier langs den andre retningen, f.eks. slik:

Kritisk oksygenverdi (ml/l)	Dyp:			
	30-50	50-70	70-100	100-150
<0				
1.5				
2.0				
2.5				

Både for målte data og for modell-resultatene kan vi lage en slik hyppighetstabell, hvor det i hver celle angis hvor ofte det tilsvarende oksygenkriteriet underskrides med varighet større enn kritisk tidsrom, for aktuelt dyp-intervall (eventuelt omregnet til volum). Kravet blir at frekvensene fra modellen skal stemme med målte data innenfor en nøyaktighet på +/-50%.

For sammenligning av bassenger bør vi sikte mot en nøyaktighet i relative forskjeller i frekvens mellom to bassenger på ca. 30%.

3.4 SEDIMENTER, BLØTBUNNSBIOLOGI

Her setter vi ikke opp tallfestede kriterier nå.

Bunnforhold og sediment-forhold vil inngå som en viktig del av å beskrive prosessene i fjorden, og vi må se på nøyaktigheten i beskrivelse av prosesser og tilstandsvariable som ledd i arbeidet med modellen (kontrollvariable). For de primære brukerinteresser har ikke dette så stor selvstendig betydning at det er nødvendig å sette nøyaktighetskrav.

4. OPPSUMMERING: HVA SKAL MED I MODELLEN?

På de neste to sidene har vi stilt sammen i tabellform de forslag til avgjørelser som er gitt tidligere i denne rapporten når det gjelder hvilke tiltak og hvilke effekter som skal være med i modellen.

Alle muligheter som er tatt opp i rapporten er med i tabellen. Det er krysset av for hvorvidt de forskjellige forholdene er tenkt tatt med i modellen, og det er da skilt mellom følgende alternativer:

<u>Tas med:</u>	Forhold som sikkert må være med.
<u>Vurderes nærmere:</u>	Forhold hvor det ennå ikke er avklart om de skal tas med, eller på hvilken måte de skal tas med. Slike forhold må vurderes nærmere i senere faser av prosjektet.
<u>Tas ikke med:</u>	Forhold som sikkert ikke kan tas med, og som må vurderes uavhengig av modellen.
<u>Vurderes utenfor modellen:</u>	Forhold som ikke vil bli tatt med i modellen, men hvor modell-resultater antagelig vil komme til nytte i en vurdering utenfor modellen.

Tabell 2. Hvordan ulike tiltak behandles i modellen

TILTAK:	Se side:	Tas med:	Vurderes nærmere:	Tas ikke med:	Behandles utenfor
<u>Endret utslippsmengde:</u> Fosfor - ulike former Nitrogen - ulike former Organisk stoff Oksygen-innhold i utslipp Ikke-organiske partikler Miljøgifter	5-6	X X X X	X	X	
<u>Endret geografisk fordeling</u> Bekkelaget vs. SRV Andre overføringer	7-9	X	X		
<u>Endret fordeling mellom typer av utslipp:</u> Punktutslipp Dumping av snø: Dumping av fyllmasse Spredt bebyggelse og landbruk Vassdrag Lekkasjer i ledningsnett Tilførsler fra luften Båttrafikk, akvakultur	1 0-14	X X X	X X X X	X	
<u>Tilførsler til Ytre Oslofjord</u>	14		X		
<u>Tidsvariasjoner</u>	1 4-16	uke	døgn		
<u>Fjordforbedringstiltak:</u> Lufting av dypvann: Neddykking av ferskvann Utvidelse av Drøbakstorskelen Økt biologisk høsting	1 6-17	X X X	X		

Tabell 3. Hvilke effekter som skal behandles i modellen

HVA SKAL MED I MODELLEN? RESIPIENT-EFFEKTER:	Se side:	Tas med:	Vurderes nårmere:	Tas ikke med:	Behandles utenfor modellen:
<u>Rekreasjonkvalitet i overflaten:</u> 18-19 Biomasse Lysforhold/siktedyp Bakterieinnhold Forsøpling/flytestoffer Begroing/strandvegetasjon		X X		X X	X
<u>Livsbetingelser for fisk og andre organismer:</u> 19 Oksygen-forhold i dypere lag Menge av reker Menge av fisk Ernæringsforhold for fisk Blåskjellød		X X	X X X		
<u>Bløtbunn-biologi:</u> 19-20 Oksygenforhold i sedimenter Menge bunndyr Samfunnstyper Mekanisk påvirkning		X X		X	X
<u>Hardbunnsøkologi</u> 20					X
<u>Miljøgift-effekter:</u> 20				X	
<u>Is-forhold:</u> 21				X	
<u>Lokale effekter innenfor geografiske områder:</u> 21			X		
<u>Lokale effekter i bestemte dyp:</u> 21-22		hvordan må vurderes			
<u>Tidsoppløsning for effekter:</u> 22-32		hvordan må vurderes			

LITTERATUR

- Baalsrud, K., Lystad, J., Vråle, L., 1986: "Vurdering av Oslofjorden"
NIVA, O-86166, Rapport nr. 1922, november 1986.
- NIVA 1987: Utvikling av eutrofimodell for indre Oslofjord.
Programforslag 3.7.1987.
- Magnusson, J., 1976: "Forurensning og strømforhold i Oslofjorden med
spesielt henblikk på forholdene omkring Drøbaksterskelen"
Notat NIVA O-97/76.
- Stigebrandt, A., 1977: "On the effect of Barotropic Current
Fluctuations on the two-layer capacity of a constriction"
J.Phys.Oceanogr., 7, 118-122.
- SFT, 1987: Ytterligere reduksjon av forurensningen i indre
Oslofjord. Prosjektplan for utredning og analyse av tiltak
(Tiltaksanalyse) Statens Forurensningstilsyn, LT-gruppa,
februar 1987.