

NIVA



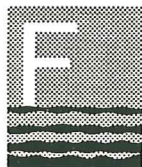
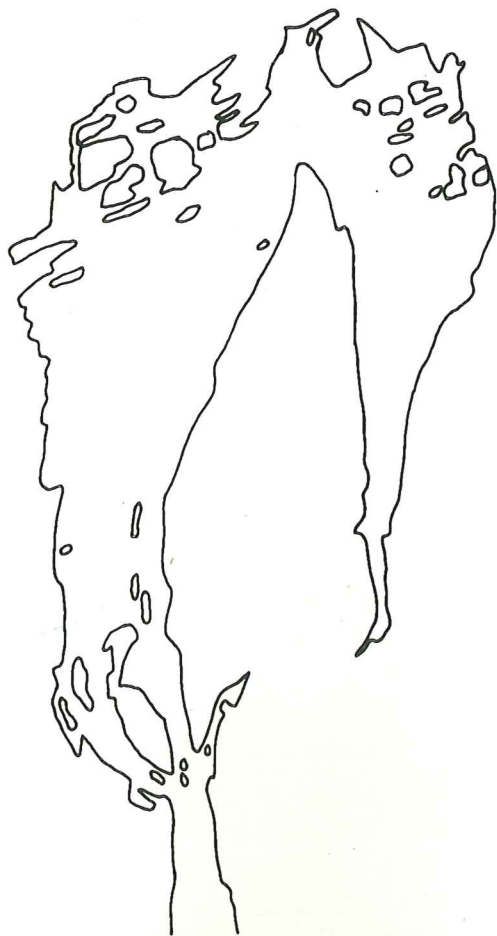
RAPPORT

Lnr. 3114/94

Eutrofimodell for indre Oslofjord

En modell for omsetning av organiske stoff og næringsalter i innelukkede fjorder med vertikal sjiktning

Rapport 3: EDB-teknisk beskrivelse og praktisk brukerveiledning



Fagrådet

NIVA



Miljøverndepartementet

Oversikt over rapporter:

<p>EUTROFIMODELL FOR INDRE OSLOFJORD En modell for omsetning av organisk stoff og næringsalter i innelukkede fjorder med vertikal sjiktning.</p>

Rapport 1: Praktisk utprøving på indre Oslofjord. NIVA-rapport lnr. 3112

Hovedrapport som også presenterer modellen ved å vise resultater fra kjøring, sammenligne med observasjoner, og gi eksempler på hvordan den kan belyse virkningen av ytterligere tiltak mot forurensninger i indre Oslofjord.

Rapport 2: Faglig beskrivelse av innholdet i modellen NIVA-rapport lnr. 3113

Her gis det en oversikt over hvordan både fysiske, biologiske og kjemiske prosesser er beskrevet matematisk i modellen, og hvilke faglige forutsetninger og forenklinger som ligger til grunn.

Rapport 3: EDB-teknisk beskrivelse og praktisk bruker-veiledning. NIVA-rapport lnr. 3114

Her beskrives hvordan modellen skal brukes rent teknisk og hva som må gjøres for å tilpasse modellen til andre fjordområder. Det gis også noe informasjon om hvordan programmet er bygd opp, til veiledning for eventuell videre-utvikling. Rapporten inneholder også en beskrivelse av hvordan modellen er verifisert, dvs. hva som er gjort for å bygge inn internkontroll og luke ut feil i programkoden og sikre at EDB-programmet fungerer etter forutsetningene.

Rapport 4: Fysiske prosesser. Litteraturstudium og dataanalyse. NIVA-rapport lnr. 3115

Her beskrives hvordan fysiske forhold behandles i modellen. Rapporten redegjør også for hva modelleringen av fysiske forhold bygger på av litteratur og data.

Rapport 5: Fytoplankton-prosesser - et litteraturstudium. NIVA-rapport lnr. 3116

Denne rapporten beskriver bakgrunnen for modelleringen av de viktigste fytoplankton-prosessene, spesielt når det gjelder fotosyntese og næringsopptak, og viser hvordan modellbeskrivelsen er utviklet.

Rapport 6: Filtrering og vekst hos blåskjell som funksjon av miljøforhold.

NIVA-rapport lnr. 3117

Beskriver en feltundersøkelse som ble gjort i 1989 for å få et biomasse-estimat, og et litteraturstudium som har dannet grunnlag for delmodellen for blåskjell-bestanden og dens betydning for omsetningen i fjorden.

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-90188 E-87722	Undernr.:
Løpenr.: 3114	Begr. distrib.: Fri.

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rapportens tittel: Eutrofimodell for indre Oslofjord. Rapport 3: EDB-teknisk beskrivelse og praktisk brukerveiledning.	Dato: Trykket: korrigert 2. opptrykk. 7/3-95
	Faggruppe: Marin økologi
Forfatter(e): Birger Bjerkeng	Geografisk område: Indre Oslofjord
	Antall sider: Opplag: 105

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Oslo og Akershus.	Oppdragsg. ref.:
----------------------------------------------------	------------------

Ekstrakt: Denne rapporten beskriver de EDB-tekniske sidene ved en eutrofimodell for fjorder som er utviklet ved NIVA i perioden 1988-1992, og inneholder også en veiledning i praktisk bruk av EDB-programmet og samt noe informasjon om vedlikehold og videreutvikling.

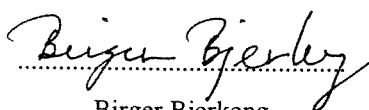
4 emneord, norske

1. Eutrofiering
2. Marin økologi
3. Simuleringsmodell
4. Fjord

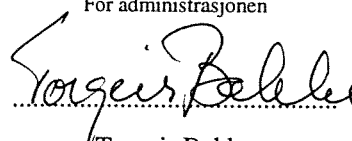
4 emneord, engelske

1. Eutrophication
2. Marine Ecology
3. Simulation model
4. Fjord

Prosjektleder


.....
Birger Bjerkeng

For administrasjonen


.....
Torgeir Bakke

ISBN-82-577-2635-4

Norsk institutt for vannforskning

**O-90188/
E-87722**

EUTROFIMODELL FOR INDRE OSLOFJORD

En modell for omsetning av
organisk stoff og næringsalter
i innelukkede fjorder med vertikal sjiktning.

**Rapport 3:
EDB-teknisk beskrivelse
og praktisk brukerveiledning.**

07.03.95

Birger Bjerkeng

Forord

Denne rapporten inngår i en serie på seks rapporter som beskriver resultatet av et modell-utviklingsprosjekt utført ved NIVA. En liste over alle rapportene finnes foran på innsiden av permen.

Prosjektet ble først skissert i et programforslag (Bjerkeng et. al. 1987) og siden i et forprosjekt finansiert av NIVAs basisbevilgning (Bjerkeng et. al. 1988). Det er gjennomført som et kombinert oppdrags- og forsknings-prosjekt. Miljøverndepartementet og Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord bevilget 1.5 mill. kr. hver, og NIVA har skutt inn omtrent samme beløp av egne forskningsmidler, slik at den totale rammen har vært omkring 4.5 mill kr. Oppdragsgiver og kontraktpartner har vært Fylkesmannen i Oslo og Akershus, på vegne av de bevilgende instanser.

Oslo 26/10-94

I dette 2. opptrykk er appendiks 5, side 103ff korrigert, og inneholder de verdier på modellparametre som brukt under kjøringene for indre Oslofjord, beskrevet i rapport 1. Den første utgaven av rapport 3, datert 26.10 1994, inneholder noen feil, de er angitt i errata til 1. opptrykk.

Oslo 7/3-95

Birger Bjerkeng

INNHOOLD

1.	Innledning.....	9
2.	Kortfattet beskrivelse av eutrofi-modellen.....	9
3.	Generelt om EDB-teknisk plattform og bruker-grensesnitt.....	14
4.	Skisse av hvordan modellen kjøres under MS-DOS via ACSL bruker-grensesnitt.	14
4.1.	Hvordan starte programmet.....	14
4.2.	Hvordan spesifisere arbeidsfiler.....	15
4.3.	Gangen i en kjøring av programmet.....	16
4.3.1.	Forberede første simulering.....	16
4.3.2.	Hvordan starte en simulering.	17
4.3.3.	Underveis i simuleringen.....	18
4.3.4.	Etter og mellom simuleringsekvenser - se på resultater, endre koeffisienter.....	19
4.3.5.	Fortsette simulering, starte ny simulering, eller avslutte programmet.	19
4.4.	Beskrivelse av operasjoner i interaktiv modus.....	20
4.4.1.	Forandre koeffisienter og andre modellverdier - kommando SET.....	21
4.4.2.	Forberede for utskrift eller plott av tidsforløp - kommando PREPAR.	22
4.4.3.	Se på verdien av modellvariable som gjelder i øyeblikket - kommando DISPLAY.	23
4.4.4.	Plotte tidsforløp - kommando PLOT.....	24
4.4.5.	Tabellutskrift av resultater - kommandoer RANGE og PRINT.....	26
4.4.6.	Skifte mellom *.RRR arbeidsfiler - hente ut plott og tabeller av tidligere kjøringer	26
4.4.7.	Innlesing av kommandofiler - CMD-filer.	27
4.4.8.	Lagring av modell-tilstand på fil, kommando SAVE og RESTOR.	27
4.4.9.	Oppstart av simulering fra tidligere lagret tilstand.....	28
5.	Hvordan spesifisere inndata, ytre påvirkninger	28
5.1.	Topografisk beskrivelse av fjordområdet.....	29
5.2.	Meteorologiske data lest inn fra fil	31
5.3.	Tilførsler fra land	32
5.3.1.	Tilførsler i normalsituasjon satt inn i datatabeller.....	33
5.3.2.	Temperaturen i avløpsvannet.	34
5.3.3.	Utslippene spesifisert gjennom ACSL-konstanter.	35
5.3.4.	Endring av normal utslipps-situasjon med SET-kommandoer.....	36
5.4.	Randbetingelser - vannstand og vertikalprofiler i utenforliggende vannmasser.....	38
5.4.1.	Vannstand på randen, tidevannsenergi	38
5.4.2.	Vertikalfordeling av temperatur, salinitet og andre stoffkomponenter på randen	40
5.4.2.1.	Spesielle forhold angående sprangsjiktets beliggenhet.	42
5.4.2.2.	Spesielle forhold angående salinitet og temperatur.	42
5.4.2.3.	Spesielle forhold angående nitrogen.....	43
5.4.2.4.	Spesielle forhold angående silikat.	43

6.	Tidsrom og tidsopløsning - variable og modellkonstanter.	44
6.1.	Hvordan kontrollere beregningstidsrom	44
6.2.	Hvordan kontrollere intervaller for lagring av resultater - kommunikasjonsintervall	44
6.3.	Hvordan regulere tidsopløsning for beregningen	45
6.4.	Variable som angir tidspunkt eller har tilknytning til tid.	45
7.	Modell-dimensjoner - topografi og dypinndeling.....	46
7.1.	Endring av dypinndeling med SET-kommandoer.....	46
7.2.	Variable som beskriver topografi.....	47
7.2.1.	Dypinndeling, felles for alle bassenger og randområder.	47
7.2.2.	Oppdeling i bassenger og lag.	47
7.2.3.	Topografisk beskrivelse av indre bassenger:.....	48
7.2.4.	Forbindelser mellom bassenger og mot randområder	49
7.2.5.	Buffervolumer rundt forbindelsen mellom bassenger og mot randområder ..	49
8.	Tilstands- og prosess-variable som kan skrives ut og/eller plottes.	51
8.1.	Dynamiske tilstandsvariable som beskriver vannstand, volumer og transporter	51
8.2.	Variable som beskriver blandingsprosesser etc.	52
8.3.	Variable som beskriver værpåvirkning.	53
8.4.	Variable som beskriver tilstand og prosesser i vann og på bunn	55
8.4.1.	Fysiske variable og næringsstoff i vann	55
8.4.2.	Fytoplankton.....	56
8.4.3.	Oppløst organisk C, bakterier og zooplankton.....	56
8.4.4.	Blåskjell.....	57
8.4.5.	Dødt organisk stoff - nedsynkning og nedbrytningsprosesser	58
8.5.	Massebalanser, import og eksport av grunnstoffer og varme	59
9.	Beregning og utskrift av massebudsjett.....	60
10.	ACSL-konstanter: Modellparametre som kan settes av bruker.....	62
10.1.	Horisontale transport mellom bassenger.....	62
10.2.	Vertikalblanding.....	63
10.3.	Påvirkning via overflaten	65
10.4.	Parametre som regulerer innvirkning fra ytre randområder.	66
10.5.	Startverdier for biologiske tilstandsvariable og næringsstoff	67
10.6.	Fytoplanktonprosesser.....	69
10.6.1.	Primærproduksjon	70
10.6.2.	Krav til næringsstoff-innhold	70
10.6.3.	Næringssalt-opptak.....	70
10.6.4.	Nitrogenfiksering for fytoplanktongruppe 2.....	71
10.6.5.	Dødelighet som ren fytoplankton-prosess	71
10.6.6.	Utsynkning av diatoméer.....	71
10.6.7.	Vertikal egenbevegelse hos flagellater.....	72

10.7.	Planktoniske bakterier	72
10.8.	Zooplankton	72
10.8.1.	Kjemisk sammensetning.....	72
10.8.2.	Temperatur- og oksygenavhengighet	73
10.8.3.	Filtrering og fødeopptak.....	73
10.8.4.	Vertikal vandring.....	74
10.8.5.	Dødelighet og remineralisering.....	74
10.9.	Blåskjell-prosesser	74
10.9.1.	Kjemisk sammensetning.....	74
10.9.2.	Fødeopptak	74
10.9.3.	Vektavhengighet.....	75
10.9.4.	Respirasjon.....	76
10.9.5.	Reproduksjon, rekruttering og dødelighet.....	76
10.10.	Nedsynkning, sedimentering og nedbrytningsprosesser	77
10.10.1.	Nedsynkning og sedimentering, overdekning av organisk stoff	77
10.10.2.	Variasjon i nedbrytningsrater etter opprinnelse og nedbrytningsgrad for det organiske stoffet.	77
10.10.3.	Nedbrytning som funksjon av temperatur, dyp og lokalisering i vann eller på bunn.	78
10.10.4.	Oksidasjonstilstand for organisk C, differensierte rater for nedbrytning av C, N, P og Si.....	78
10.10.5.	Grenser for nedbrytning pr. volum og pr. bunnareal	78
10.10.6.	Aerob nedbrytning.....	78
10.10.7.	Nedbrytning ved denitrifisering.....	79
10.10.8.	Nedbrytning ved sulfat-reduksjon	80
10.10.9.	Nitrifisering av fritt ammonium i vannmassene.....	80
10.10.10.	Binding og utløsning av sulfid og fosfat i sedimentene	80
11.	ACSL-konstanter: Hjelpeverdier til verifisering og følsomhetsanalyse.....	82
11.1.	Av/på-brytere til hjelp ved testing og justering av modellen	82
11.2.	Aktivering av testutskrifter	83
11.3.	Styring av bruken av testvariabel DGRV.....	85
11.4.	Kontroll av beregningsnøyaktighet	85
12.	Modellens oppbygging, EDB-tekniske spesifikasjoner	86
12.1.	Skisse av filstruktur i kildekoden og gangen i oppbyggingen av et ferdig EDB-program ut fra kildekoden.....	86
12.2.	Noen programmeringstekniske detaljer	87
12.3.	Hvor lang tid tar det å kjøre modellen?.....	87
13.	Verifisering - kontroll av EDB-modellen i forhold til modell-beskrivelsen	88
13.1.	Volumbevaring, kontroll av fysiske transporter.....	88
13.2.	Innblanding av dykkede utslipp	89
13.3.	Test-utskrifter.....	89
13.4.	Kjemiske massebalanser	89

14. Vedlikehold og endringer av modellen	90
14.1. Forandre modelldimensjoner	90
14.2. Tilpasse modellen til andre fjordområder	91
14.3. Tips om verifisering - feilkontroll og feilretting	92
LITTERATUR.....	93
Appendiks 1. Vertikalprofiler for salt, temperatur, oksygen og næringssalter på randen, dvs. utenfor Drøbaksundet.....	94
Appendiks 2. Datatabeller for årsvariasjon i vertikalprofiler for salinitet, temperatur, og næringsstoff på randen av indre Oslofjord.	96
Appendiks 3. Stokastisk variasjon i vertikalprofiler av salinitet, temperatur og næringsstoff på den ytre randen.....	98
Appendiks 4. Noen sentrale hjelpefiler ved produksjon av ferdig program.	100
Appendiks 5. Modell-konstanter ved kjøringene på indre Oslofjord, definert av SET-kommandoer.	103

Figurer

Figur 1. Prinsippskisse av den fysiske inndelingen av en fjord, som idealisert vertikalsnitt.	10
Figur 2. Skisse av elementene i den fysiske modellen for et basseng	11
Figur 3. Hovedkomponenter i den biologiske delmodellen og sammenhengen mellom dem.	12
Figur 4. Hovedstruktur for nedbrytning av dødt organisk materiale i modellen	13
Figur 5. Flytskjema for gangen i en kjøring av programmet.....	16
Figur 6. Strukturen for buffervolumene på overgangen mellom to bassenger.	50
Figur 7. Sjiktningsmodell for Drøbaksundet.....	95

1. Innledning

Denne rapporten beskriver de EDB-tekniske sidene ved en eutrofimodell for fjorder som er utviklet ved NIVA i perioden 1988-1992, og inneholder også en veiledning i praktisk bruk av EDB-programmet og samt informasjon om vedlikehold og videreutvikling. Rapporten inngår som nr. 3 i en serie på 6 rapporter som beskriver ulike aspekter ved modellen. En rapport-oversikt finnes helt foran i rapporten, på innsiden av permene.

Den første rapporten presenterer modellen ved å vise resultater fra anvendelse på indre Oslofjord. Rapport nr. 2 inneholder en generell beskrivelse av innholdet i modellen. De tre siste rapporter gir faglig bakgrunnsstoff for de fysiske delene av modellen, primærproduksjon, og blåskjell. Den herværende rapporten er bl.a. en oppsummering av disse tre siste rapportene.

2. Kortfattet beskrivelse av eutrofi-modellen

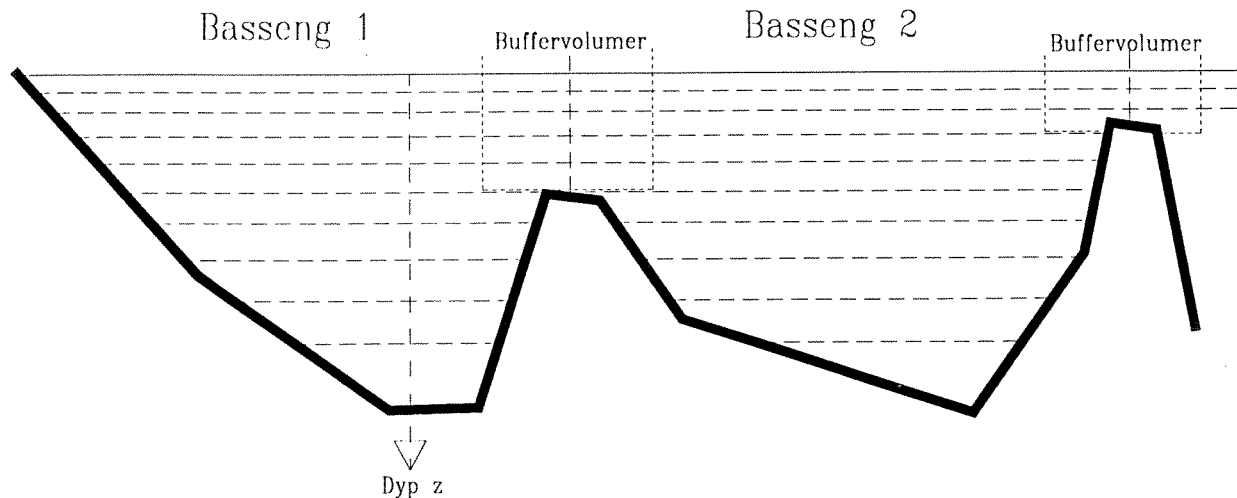
Modellen skal kunne beskrive eutrofi-tilstanden i forholdsvis lukkede fjorder, spesielt fjorder med dypbassenger avstengt av terskler. Den skal beskrive dynamisk hvordan biomassen i overflatelaget og oksygeninnholdet i dypere lag i fjorden utvikler seg gjennom året og over en rekke år, under ulike forurensningssituasjoner. Den skal kunne beregne hvordan tilstanden varierer som funksjon av:

- endrede tilførsler av næringsalter (N, P) og organisk stoff,
- endret fordeling mellom overflateutslipp og dyputslipp,
- endret fordeling av utslipp mellom hovedbassengene i fjorden.

Modellen skal også kunne brukes til å beskrive hvordan de biologiske og kjemiske forhold i fjorden kan forandre seg med endrede fysiske forhold. Eksempler på aktuelle tiltak er tvungen sirkulering av dypvannet i Bunnefjorden ved nedpumping av overflatevann, og en åpning av Drøbakjetéen med endret vertikalblanding i Vestfjorden som mulig resultat.

Modellen er en prosessmodell som simulerer et tidsforløp dynamisk. Det vil si at den går ut fra en spesifisert starttilstand, hvor alle konsentrasjoner og mengder som inngår i modellen er spesifisert. Så gjennomløpes det tidsrommet som skal simuleres i korte tidsskritt. For hvert tidsskritt beregnes først hastigheten på alle de prosesser som inngår i modellen som funksjon av tilstanden. Prosessene fører til at tilstanden angitt ved de forskjellige konsentrasjoner og mengder forandrer seg i løpet av tidsskrittet, og ut fra prosesshastighetene kan det beregnes en ny tilstand ved slutten av tidsskrittet. Den nye tilstanden brukes deretter som utgangspunkt for neste tidsskritt. Underveis tar modellen vare på mellomresultater med et visst tidsintervall, slik at en senere kan se på kurver for utviklingen av de forskjellige tilstandsvariable og beregne statistiske mål på tilstanden.

Eutrofimodellen er inspirert av en modell for Østersjøen utviklet av Stigebrandt og Wulff (1987), hvor hovedvannmassene i Østersjøen ble beskrevet som et horisontalmidlet basseng med vertikal oppdeling. I eutrofimodellen blir en fjord beskrevet som et antall naturlig avgrensede bassenger. Alle bassengene må stå i forbindelse med et randområde, dvs. et utenforliggende fjord/havområde som fjorden står i forbindelse med og påvirkes av, og hvor forholdene derfor må spesifiseres som inngangsdata til modellen. Denne forbindelsen kan enten være direkte eller gå via andre bassenger. Innenfor hvert basseng beskrives tilstanden midlet horisontalt, men med forholdsvis detaljert beskrivelse av den vertikale variasjonen ved at vannvolumet deles opp i et antall lag etter en dypinndeling som ligger fast i tid. Figur 1 illustrerer denne oppdelingen.



Figur 1. Prinsippskisse av den fysiske inndelingen av en fjord, som idealisert vertikalsnitt.

I tillegg til oppløst og partikulært materiale fordelt i vannmassene, beskriver modellen også partikulært materiale akkumulert på bunnen eller som sediment. Bunnarealene er delt opp etter dyp med samme inndeling som vannlagene, og hvert vannlag står i direkte kontakt med bunnarealet i samme dypintervall.

Eutrofimodellen er bygd opp av flere samarbeidende delmodeller. En hydrofysisk modell beskriver vertikale transporter mellom lagene i et basseng og horisontale vanntransporter mellom bassengene, og beregner massetransporter av de forskjellige oppløste og partikulære komponentene i vannet. Denne modellen beskriver både de naturlige prosessene i fjorden og virkningen av dykkede utslipp av ferskvann eller overflatevann. Biokjemiske modeller beskriver biologisk omsetning i vann og på bunnen innenfor hvert lag eller dybdeintervall. Det inkluderer også vertikal transport av organiske partikler mellom vannlagene, og utveksling av løste stoffer mellom vann og sediment. Utviklingen av tilstanden i fjorden for de forskjellige bassenger og dyp er resultat av samspillet mellom disse prosessene, samt påvirkningen utenfra på det systemet modellen beskriver.

Den ytre påvirkningen består av:

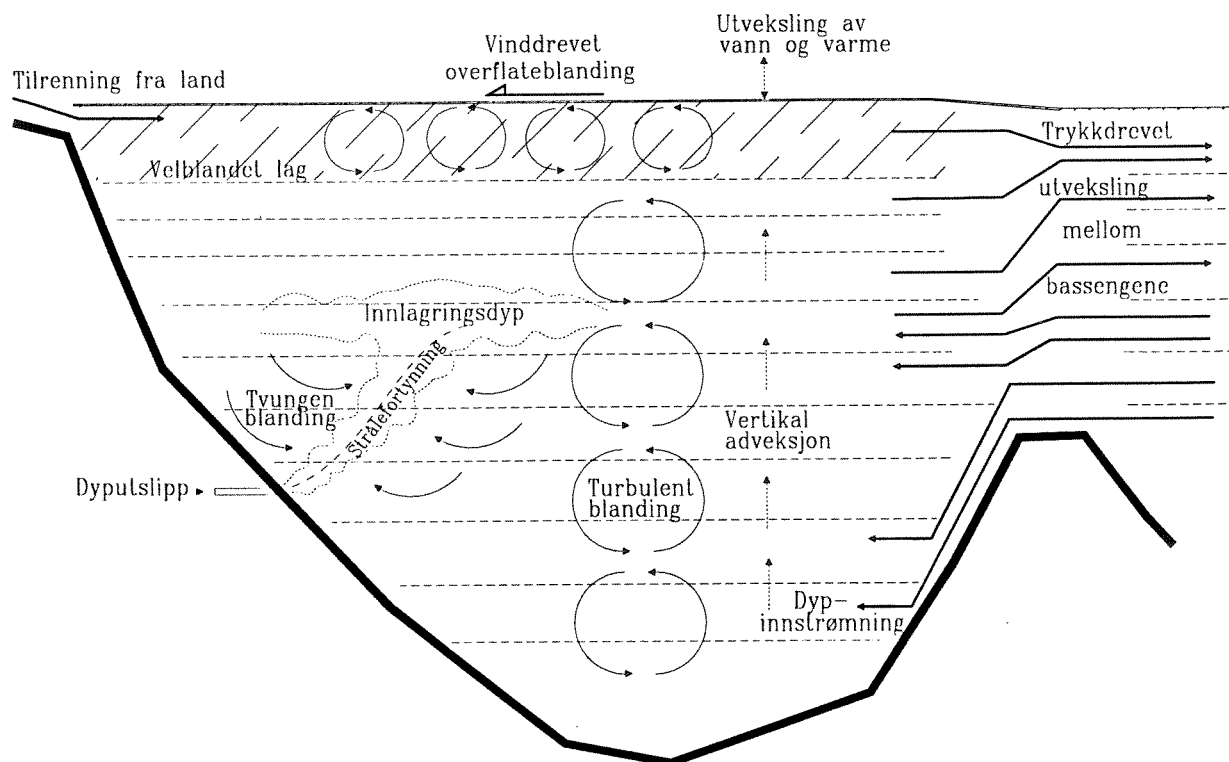
- ferskvannstilrenning og utslipp av avløpsvann som fører med seg næringsalter og organisk karbon,
- påvirkning via overflaten ved solstråling, utveksling av varme og oksygen og utveksling av vann ved nedbør og fordampning,
- vannutveksling med havområdene utenfor det modellerte systemet, dvs. den ytre randen, hvor forholdene i hovedsak antas å variere uavhengig av hva som skjer inne i modellen.

Figur 2 gir en oversikt over de prosesser og transporter som inngår i den fysiske modellen. De viktigste elementene i den fysiske modellen er:

- vanntransporter mellom bassengene innbyrdes og mot ytre randområder
- vertikal transport og utveksling av vann mellom lagene innenfor hvert basseng.

Begge elementene er dels bestemt av ytre påvirkning, men styres også av tetthetsvariasjoner i bassengene, gitt som funksjon av temperatur og salinitet. Utviklingen av temperatur og

salinitet er igjen en funksjon av de fysiske prosessene, det vil si at den fysiske modellen inneholder en rekke tilbakekoblinger. Detaljene i dette er nærmere omtalt i fysikk-rapporten.



Figur 2. Skisse av elementene i den fysiske modellen for et basseng

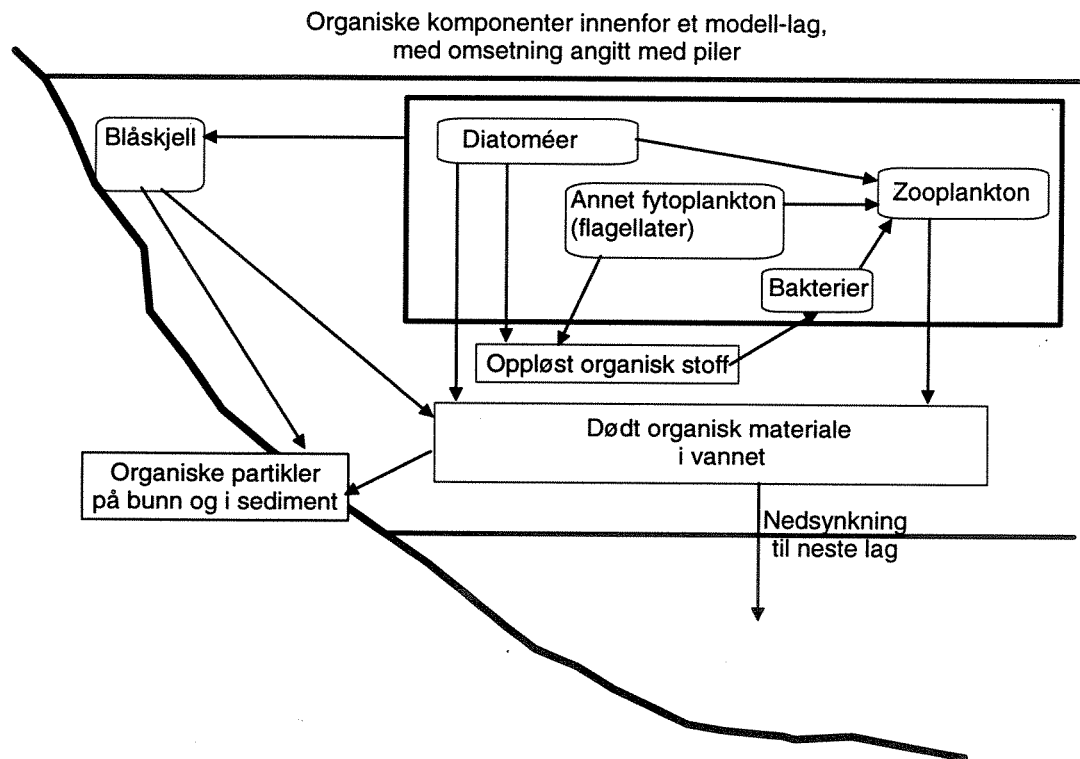
De biologiske prosessene beregnes i hovedsak uavhengig innenfor hvert lag. Prosessene forbruker eller produserer de aktive eller passive komponentene med rater som er funksjoner av ytre miljøvariable og konsentrasjon av stoffer eller aktive komponenter som inngår i prosessene. Hovedkomponentene i den biologiske delmodellen er vist forenklet i figur 3.

All biomasse beskrives i modellen som sammensatt av karbon (C), nitrogen (N) og fosfor (P). Dette regnes som de essensielle elementene når det gjelder sammenhengen mellom forurensningstilførsler, stoffomsetning og oksygenforhold. Karbonforbindelsene er den viktigste byggesteinen og energibæreren i organisk stoff, mens nitrogen og fosfor er de to viktigste grunnstoffene som kan begrense produksjon av organisk stoff, sett i sammenheng med forurensningstilførsler. Et sentralt siktemål med modellen er å kunne beskrive virkningen av å endre tilførselene av biotilgjengelig N og P. For en gruppe av planteplankton, diatoméer, som er skilt ut som en egen biomasse i modellen, er også silisium (Si) tatt med i sammensetningen, fordi det er potensielt begrensende, og det er derfor også med i sammensetningen av dødt organisk materiale.

Biologisk aktive komponenter er først og fremst planteplankton (fytoplankton) som produserer biomasse ved hjelp av solenergi, dessuten zooplankton og bakterier i vannmassene og blåskjell i strandsonen. For planteplankton antar modellen at forholdet mellom C, N og P kan variere, mens de andre organismegruppene antas å ha et fiksert C:N:P-forhold.

Fastsittende alger (tang og tare) er ikke med i modellen. Som en del av modellprosjektet ble det i november 1989 foretatt en feltundersøkelse for å finne bestandsestimat for blåskjell og andre organismer i strandsonen. Den indikerte at mengden fastsittende alger var av

forholdsvis liten betydning mengdemessig, spesielt når det gjelder nitrogen og fosfor (Rapport 6: Kirkerud og Bjerkeng 1994), og det er derfor ikke prioritert å få det med i modellen. Det må understrekes at det ikke er gjort noen vurdering av årstidsvariasjoner i biomassen av tang og tare, eller av om denne biomassen kan ha spilt en større relativ rolle tidligere, da forurensningstilførslene var større. Fisk og andre større arter er heller ikke modellert spesifikt. De høyere nivåene i næringsnettverket må bare anses som inkludert på en meget forenklet måte som tapsledd for zooplankton og blåskjell.



Figur 3. Hovedkomponenter i den biologiske delmodellen og sammenhengen mellom dem.

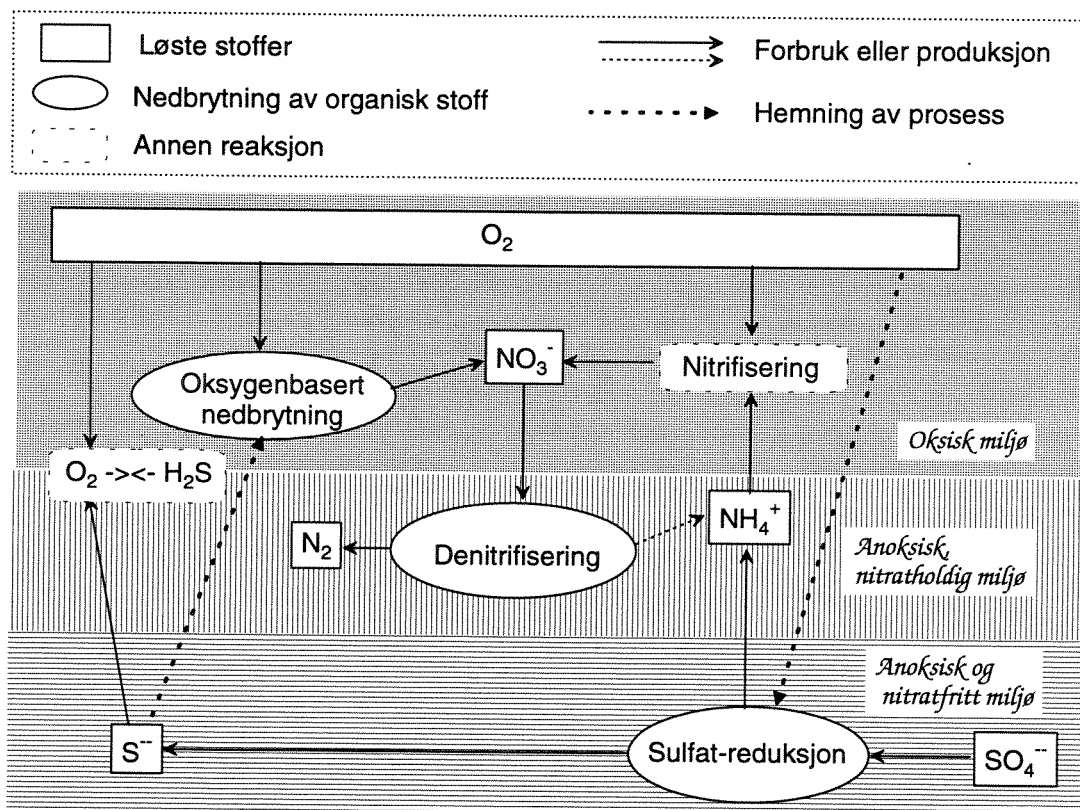
I tillegg til de biologisk aktive komponentene inngår oppløst organisk karbon utskilt fra fytoplankton som utnyttes av bakteriene, og partikulært organisk materiale som remineraliseres. Dødt organisk materiale fremtrer i modellen som en aktiv komponent som "nedbryter seg", dvs. at de nedbrytende organismene er holdt utenfor (makrofauna) eller mengdemessig må regnes som inkludert i det materialet som nedbrytes (bakterier).

De fysisk/kjemiske konsentrasjoner som inngår i modellbeskrivelsen er salinitet, temperatur og oksygen, samt de viktigste uorganiske forbindelsene som tas opp av fytoplankton som kilde for N, P, og Si: nitrat, ammonium, fosfat og silikat.

I denne rapporten er begrepet *nærings salt* brukt spesifikt om de uorganiske N-, P- og Si-forbindelser, mens *næringsstoff* betegner grunnstoffene N, P og Si generelt i deres rolle som essensielle og mulig begrensende for organisk produksjon. Når det gjelder tilgang på organisk stoff generelt i sammenheng med beiting hos zooplankton og blåskjell brukes begrepet *føde*.

Ved primærproduksjonen reduseres karbondioksid til organiske forbindelser, og derved frigjøres oksygen til vannmassene. Nedbrytning av dødt organisk materiale skjer delvis mens det synker nedover i vannmassene, og delvis etter at det er avsatt på bunnen. Det organiske materialet utgjør en oksyngjeld som tilsvarer det oksygenet som ble frigjort da det ble produsert, nedbrytning fører til forbruk av oksygen. Det antas at det meste av nedbrytningen på bunnen foregår i relativt god kontakt med vannmassene. Bunnsediment i modellen omfatter derfor bare et enkelt lager av partikulært materiale, som antas å utveksle oppløste stoffer direkte med de fri vannmassene. Det er altså ikke innført noen vertikal sjiktning av sedimentet.

Figur 4 viser hvilke prosesser som foregår under nedbrytningen. Oksygen til nedbrytningen tas i første rekke fra beholdningen av fritt oksygen i vannmassene, men når det er brukt opp, blir først nitrat, deretter sulfat tatt i bruk som oksygenkilde av ulike typer bakterier. Hvis også sulfatet brukes opp kan en tilslutt få ufullstendig nedbrytning til metan og karbondioksid, men det er ikke med i modellen.



Figur 4. Hovedstruktur for nedbrytning av dødt organisk materiale i modellen

Målet med modellen er ikke å beskrive tilstanden i sedimentet i og for seg, men å ha med bunn og sediment som omsetningsledd og lager for uomsatt organisk stoff ved modellering av forholdene i vannmassene. Modellen inkluderer en grov beskrivelse av binding og frigjøring av sulfid (= oksyngjeld) med betydning for den del av nedbrytningen som antas knyttet til bunnfauna, og også binding og frigjøring av fosfat i sedimentene. Bortsett fra dette er det antatt at porevannet og sedimentet ikke er noe vesentlig lager for oppløste eller adsorberte uorganiske forbindelser i forhold til de mengdene som er frigitt til vannmassene.

Partikkel-nedsynkning, og vertikal egenbevegelse i forhold til vannet hos aktive organismer som fyttoplankton og zooplankton er lagt inn i modellen med noen svært enkle mekanismer - for å kunne prøve ut betydningen av dette i forhold til passiv transport med vannbevegelser.

3. Generelt om EDB-teknisk plattform og bruker-grensesnitt

Modellen er foreløpig implementert for kjøring på IBM-kompatible PCer under MS-DOS. Den kjøres ved hjelp av det kommersielt tilgjengelige modellverktøyet ACSL ("Advanced Continuous Simulation Language") (Mitchell & Gauthier 1987), og benytter dette verktøyets bruker-grensesnitt. For å kjøre modellen i denne versjonen er det påkrevet med minst en ACSL *run-time* lisens for vedkommende maskin. Skal modellen endres kreves en full utviklingslisens. Lisensene er beskyttet med nøkler: programmet vil ikke kjøre dersom maskinen mangler en spesiell plugg som følger med lisensen og som skal settes inn i printerutgangen på maskinen.

Foreløpig er modellen operativ i versjon 9.B av ACSL. Denne versjonen har et kommando-basert grensesnitt hvor brukeren taster inn tekst-kommandoer for å kontrollere og utføre simuleringer og ta ut resultater. Grensenettet er litt primitivt og ikke spesielt brukervennlig, men det er ganske fleksibelt. Det finnes nå nyere versjoner av ACSL, bl.a. foreligger en Windows-versjon.

Det meste av modellen er skrevet i MICROSOFT FORTRAN version 5.0. Den bør forholdsvis lett la seg tilpasse ulike maskinmiljøer og operativsystemer, forutsatt at det finnes en FORTRAN-kompilator med tilstrekkelige utvidelser i forhold til 77-standard. Det bør også være nokså lett å legge modellen inn under andre bruker-grensesnitt. Se mer informasjon om de tekniske sidene ved modellen nedenfor.

Beskrivelsen nedenfor omfatter bare de deler av det generelle MS-DOS/ACSL-grensenettet som er nødvendig for å kunne kjøre modellen. For en fullstendig beskrivelse vises til ACSL Reference Manual (kapittel 5 og 8, appendiks A og C).

Modellen er altså foreløpig ikke tilrettelagt med et bruker-grensesnitt som gjør det til noe "allemanns" verktøy. I tillegg til en viss fortrolighet med bruk av EDB på et litt teknisk plan krever den også faglig kunnskap av brukeren, og må ses som et utrednings- og forskningsverktøy.

4. Skisse av hvordan modellen kjøres under MS-DOS via ACSL bruker-grensesnitt.

Dette avsnittet forutsetter alminnelig brukerkjennskap til MS-DOS og ACSL bruker-grensesnitt.

Modellen simulerer tidsforløp, dvs. at transporter og biokjemisk omsetning beskrives som funksjon av tid for et valgt tidsrom. Den primære tidsenheten er *dager*.

Før modellen startes må inndata for topografi, avrenning fra land, meteorologiske data og beskrivelse av randbetingelser være tilrettelagt på filer som beskrevet i kap. 5.

4.1. Hvordan starte programmet.

Programfilen heter EUTRO.EXE, og startes på vanlig måte, enten direkte fra DOS kommandolinje eller ved en Batch-fil. Programmet kan eventuelt startes som DOS-applikasjon under WINDOWS, men erfaringsmessig er det tryggest å kjøre det direkte under DOS, kjørt under WINDOWS 3.1 kan det gi heng-situasjoner. Programmet må enten startes fra den katalogen hvor EUTRO.EXE ligger lagret, eller katalogen må ligge i DOS path.

4.2. Hvordan spesifisere arbeidsfiler.

Alle ACSL-modeller bruker et fast sett av arbeidsfiler, som i utgangspunktet har samme navn, men forskjellig *extension*. Det felles navnet på disse arbeidsfiler kan angis som første parameter etter programnavnet i oppstartkommandoen:

EUTRO *filnavn*;↵

Arbeidsfil-navnet oppgis med *directoryname*, men uten "*extension*", og avsluttes med semikolon. Hvis oppstartkommandoen gis uten noe navn på arbeidsfil, brukes fellesnavnet **MODEL**, og arbeidsfilene leses og skrives i den standardkatalogen som gjelder idet programmet startes. Filnumrene ligger i ACSL-variable med standard-verdier, som angitt nedenfor. ACSL opererer med følgende arbeidsfiler i en kjøring:

filnavn.CMD Tekstfil med ACSL-kommandoer som kan leses inn og utføres som om de var gitt inn fra tastaturet. Aktiveres med en spesiell kommando:

SET CMD=*n*

Flere *.CMD-filer kan benyttes i en kjøring, se nedenfor side 28.

ACSL-variable: **CMD**, standardverdi 5
(settes automatisk tilbake ved slutten av filen)

filnavn.OUT Her lagres en kopi av alle kommandoer som gis inn, og de resultater og svar som skrives ut på skjermen, som en MS-DOS tekstfil. Disse filene kan etterpå brukes som råmateriale for å lage *.CMD-filer i en editor.

ACSL-variable: **DIS**, standardverdi 6

filnavn.RRR (*Raw Run Record*). Her lagres resultater fra simuleringen som tidsserier for utvalgte variable. Hva som skal lagres, spesifiseres med PREPAR-kommandoer, se side 22. Disse filene kan hentes frem igjen for senere utskrift og plotting av resultatene, ved å endre variabel RRR, hvordan det gjøres er beskrevet nedenfor på side 26. Filen har et binært format, og kan bare brukes av modellen selv.

ACSL-variable: **RRR**, standardverdi 8

filnavn.PRN Her lagres bl.a. utskrifter av tidsforløp etter en eller flere simuleringer, fremkalt med PRINT-kommando, men også kommandoer gjengis her. Utskriften kan senere brukes som råmateriale for å redigere datafiler som kan leses inn til andre programmer.

ACSL-variable: **PRN**, standardverdi 9

Ekko av kommandoer til fil kan undertrykkes midlertidig ved å sette PRN=6

Filer med navn som beskrevet ovenfor tas i bruk eller opprettes automatisk etter behov. CMD-filer blir automatisk lukket etter bruk, slik at samme filnummer kan brukes hver gang, hvis en vil lese inn flere filer. De andre filene blir stående åpne, og en kan da skifte mellom dem ved å endre filnummeret i ACSL-variabelen. Det er ingen mekanisme for å lukke dem uten ved å gå ut av programmet med kommando STOP.

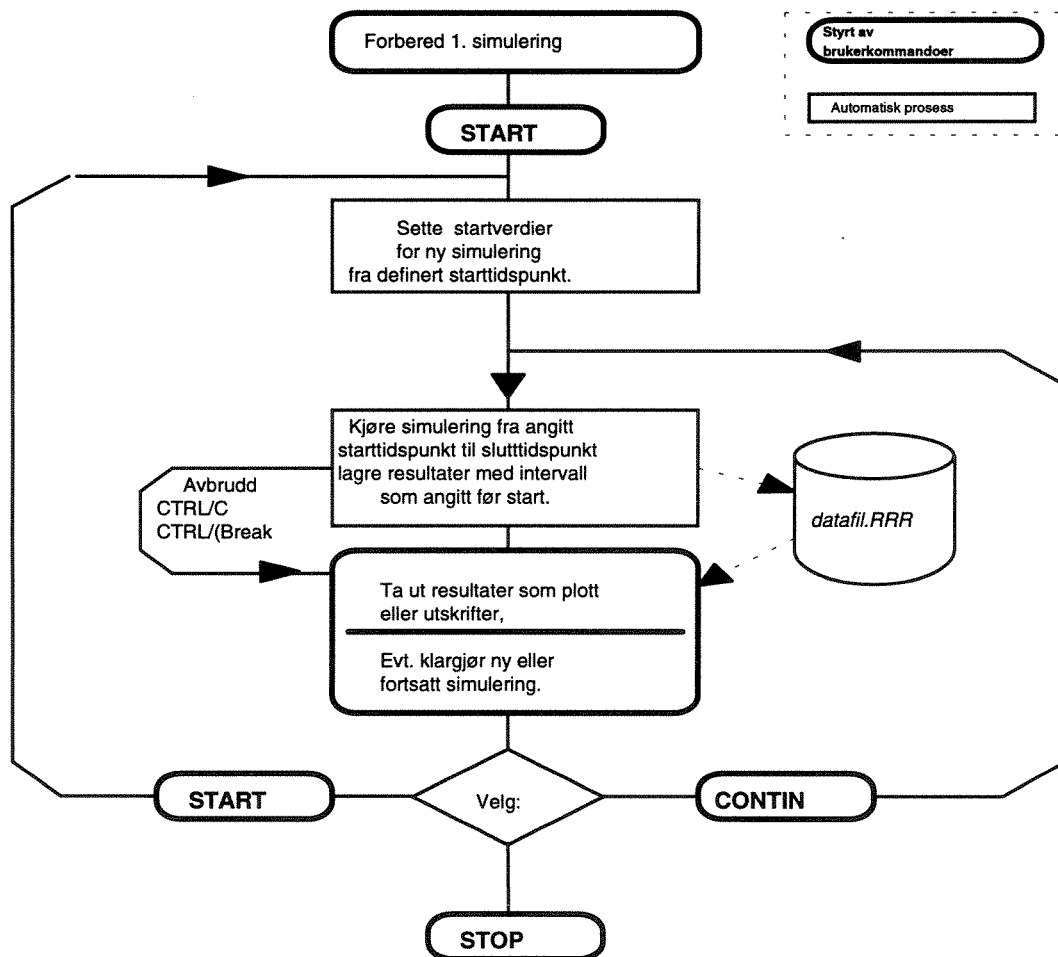
Utskrift-filene vil bli skrevet over automatisk og uten varsel dersom de fantes fra før. Programmet bruker som standard bare ett sett utskriftfiler med navn som beskrevet ovenfor,

men brukeren kan også skifte til andre filer underveis ved å sette nye verdier på de ACSL-variable som inneholder filnummer. Hvordan det gjøres er beskrevet nærmere senere.

Eutrofimodellen tar også i bruk noen andre filer som ikke hører til ACSL-systemet. Disse filene er beskrevet nærmere i den sammenhengen hvor de opptrer.

4.3. Gangen i en kjøring av programmet

Når programmet startes, gis det først en innledende identifikasjonsmelding ut på skjermen. Deretter går programmet inn i en interaktiv tilstand, hvor det leser og utfører kommandoer gitt inn fra tastaturet. Programmet skriver teksten *ACSL>* som signal (*prompt*) om at det er klar til å motta neste kommando. Dette signalet vil gjentas for hver kommando. Hvordan programmet kjøres er skissert i figur 5 nedenfor. Bruken av forskjellige kommandoer er nærmere beskrevet i etterfølgende underkapitler.



Figur 5. Flytskjema for gangen i en kjøring av programmet

4.3.1. Forberede første simulering.

Dersom modellen er satt opp med de riktige inngangsdata, er det forsåvidt bare å sette igang en simulering direkte etter at programmet er startet. Før første simulering startes kan en imidlertid ved hjelp av **SET**-kommandoer forandre på *modellkonstanter*. Begrepet *konstant* betyr her bare verdier som (stort sett) holder seg konstante under simuleringen, og altså ikke

beregnes av modellen som dynamiske variable, men de kan altså justeres av den som kjører programmet. Konstantene er delvis *koeffisienter* eller andre *parametre* som inngår i selve den faglige modellbeskrivelsen, delvis *kontrollvariable* som styrer hvordan modellen kjøres, slik som simulerings-tidsrom, tidsskritt, og de kan også være *brytere* for å slå ulike deler av modellen av og på for testformål, eller *ACSL system-variable* som aktiverer innlesing av kommandoer fra fil, utskrift av resultater til fil etc.

En vil også på forhånd spesifisere hvilke variable som skal lagres underveis på *RRR*-filen for senere utskrift eller plott av tidsforløp, ved bruk av kommandoen **PREPAR**.

4.3.2. Hvordan starte en simulering.

Kommandoen **START** vil sette igang simulering fra en spesifisert start-tilstand. Programmet utfører da en start-sekvens som kan beskrives slik:

Operasjon:	Utskrift på skjermen:
1. Sette start-verdi for generering av tilfeldige tallrekker i inndata. Som standard brukes samme verdi fra gang til gang, lagret på filen RANDSEED.DAT. Med uendret verdi fra gang til gang får simulerings-forløpene likt forløp når det gjelder ytre påvirkninger. Det har betydning når det gjelder å se virkning av endringer i f.eks. tilførsler.	GI STARTVERDI FOR TILFELDIG TALL-REKKE: - For å bruke klokkeslett, gi verdi 0: Evt trykk ↓ for å gjenta sist brukte verdi: 3312061 Start-verdi for tilfeldige tall: 3312061 lagret på fil RandSeed.Dat for bruk senere.
2. Lese inn topografiske data fra filen TOPOGR.DAT og sette opp dypinndeling i modellen innenfor gjeldende begrensninger.	Leser topografi/basseng-definisjoner fra fil TOPOGR.DAT TOPOGRAFI-BESKRIVELSE TIL FIL TOPOGR.DSC
3. Sette startverdier på tilstandsvariable i modellen, dvs. konsentrasjoner i vann, ut fra spesifikasjoner bygd inn i modellen, eller lest inn fra fil.	
4. Åpne filer med inndata som skal brukes underveis i simuleringen, og lese inn nødvendig data.	
5. Setter tiden T =spesifisert starttidspunkt $TSTART$ (vanligvis =0), og setter også slutt-tidspunkt. $TTERM=TSTART+DTTERM$ NB! Tiden angis i dager.	

Innlesing av topografi under punkt 3 gjøres vanligvis bare ved første START-kommando etter at programmet er startet. Senere vil det normalt bli sløffet, dvs. at topografi og dypinndeling blir den samme, men det blir gjort på nytt hvis de kontrollvariable som styrer dypinndelingen blir endret.

4.3.3. Underveis i simuleringen.

Så startes simuleringen fra spesifisert start-tid. Simuleringen består i å beregne transport og stoff-omsetning, og hvordan det endrer tilstanden over tid ved numerisk integrasjon over små tidsskritt. Skjematisk foregår det som beskrevet nedenfor. Symbolet **Y** betyr nedenfor en tenkt vektor (*array*) som inneholder hele settet av tilstandsvariable, mens **F** er tenkt som en tilsvarende vektor med settet av variable som spesifiserer ytre påvirkninger. I virkeligheten inneholder modellen en samling av vektorer og enkeltverdier som tilsammen beskriver tilstand og ytre påvirkninger.

- a. For $t=T$, og med gjeldende verdier for tilstanden $Y(t)$: finn gjeldende verdier på $F(t)$, beregn transport og omsetning som funksjon av $Y(t)$ og $F(t)$, og summér virkningen til totale rater $dY/dt = \text{endring pr. tidsenhet}$.
- b. Hvis $t \geq$ neste lagrings-tidspunkt, ta vare på tilstanden på RRR-fil, og beregn neste lagringstidspunkt.
- c. Hvis $t \geq$ spesifisert slutt-tidspunkt ($TTERM=TSTART+DTTERM$), **avslutt simuleringen**.
- d. Ellers: finn hvor stort tidsskritt Δt som kan tas, ut fra spesifisert tidsoppløsning og hvor raskt tilstanden endrer seg.
- e. For det valgte tidsskritt Δt , oppdater modellvariable til nytt tidspunkt $t = T+\Delta t$
 $Y(T+\Delta t) = Y(T)+dY/dt \cdot \Delta t$.
 Gå tilbake til punkt a.

Under simuleringen logges tiden T fortløpende på skjerm sammen med informasjon om valg av tidsskritt, slik at en kan holde øye med hvordan beregningen går: (Utvalg av variable i denne utskriften kan lett endres i programmet, og vil ikke alltid være som angitt her).

	MAXINT	MAXTTR	TSTEP	MXTBIO
t= .000	.800000E-03	.800000E-03	.800000E-03	2.18461
t= .001	1.00000	1.00000	.381229	2.18461
t= .382	1.00000	1.00000	.738798E-01	2.18483

Simuleringen løper automatisk etter skjemaet ovenfor inntil spesifisert slutt-tidspunkt er nådd, eller inntil brukeren avbryter med **CTRL/C** eller **CTRL/Break**. Avbruddet vil ikke ha øyeblikkelig virkning, men det vil stanse simuleringen ganske snart. I noen tilfeller vil ikke **CTRL/C** virke, bruk da **CTRL/Break**.

4.3.4. Etter og mellom simuleringssjekvenser - se på resultater, endre koeffisienter.

Når simuleringen avsluttes eller avbrytes, vil programmet gå tilbake til interaktiv tilstand, hvor det igjen leser inn kommandoer fra tastaturet. Mest aktuelt er det da å gi inn **DISPLAY**-kommandoer for å se gjeldende verdi for utvalgte variable på skjermen, **PRINT** eller **RANGE**-kommandoer for å se hvordan variable har variert gjennom det simulerte tidsforløpet, eller **PLOT**-kommandoer for å lage grafiske fremstillinger.

Det kan også gis **SET**-kommandoer for å endre modellkonstanter og kontrollvariable før ny eller fortsatt simulering, på samme måte som i den første interaktive sekvensen. Alltid når det er snakk om å endre verdien av variable i modellen under en kjøring er det **SET**-kommandoen som brukes.[§] Den beskrives mer i detalj nedenfor i et eget avsnitt. **SET**-kommandoen brukes også til å skifte arbeidsfiler, idet en da oppgir nye verdier på filnummer i programmet. **SET**-kommandoen kan også brukes til å endre tilstandsvariable i modellen, dvs. de variable som er resultat av integrasjon over tid. De nye verdiene vil da gjelde som utgangspunkt for videre simulering (**CONTIN**, se nedenfor).

En kan også med visse forbehold lagre øyeblikkstilstanden til modellen, eller lese inn fra fil en tidligere lagret tilstandsbeskrivelse, som utgangspunkt for videre simulering. Dette gjøres med kommandoer **SAVE** og **RESTOR**.

Det er også mulig å få skrevet ut et massebudsjett for perioden fra et tidligere valgt startpunkt frem til foreløpig avslutning av simuleringen. Det er beskrevet nærmere i kap. 9.

4.3.5. Fortsette simulering, starte ny simulering, eller avslutte programmet.

Den interaktive sekvensen kan avsluttes på 3 måter:

- Kommandoen **CONTIN** vil fortsette simuleringen fra det tidspunktet og den tilstand den ble stoppet med, eventuelt med de endringer i koeffisienter eller tilstandsvariable som brukeren har innført i den interaktive sekvensen. Dette gjelder uansett om simuleringen ble avbrutt eller kjørt helt til det definerte slutt-tidspunktet, men i det siste tilfelle må selvsagt slutt-tidspunktet først endres til en større verdi. Det er også mulig å endre tidsvariablene slik at en kan skru tiden frem eller tilbake, men beholde verdiene på andre tilstandsvariable. Det kan brukes til å starte simuleringer fra $T=TSTART$ med utgangsverdier som er lagret som sluttresultat fra en annen kjøring. Dette beskrives nærmere i kap. 4.4.9.
- Kommandoen **START** gitt om igjen starter en ny simulering, dvs. fra tid $T=TSTART$. Topografien vil som regel være uendret, men tilstandsvariable vil settes tilbake til det opprinnelige utgangspunktet, og inngangsdata vil bli lest inn fra starten igjen.
- Kommandoen **STOP** vil avslutte programmet og gå tilbake i det brukermiljø programmet ble startet fra (**DOS** eller **WINDOWS**).

[§] Det finnes også en mekanisme for å angi at variable skal endres på et bestemt tidspunkt, eller når en betingelse er oppfylt, se kommando **ACTION** beskrevet i ACSL-manualen.

Brukeren kan sette en logisk variabel **NRWITG** for å velge om lagringen av resultater på *.**RRR**-fil skal fortsette eller begynne på nytt ved hver **START** eller **CONTIN**-kommando:

Hvis **NRWITG**=*.TRUE*. idet **CONTIN** eller **START**-kommandoen gis, vil oppsamlingen av resultater (tidsserier) fortsette, og en vil etterpå ha lagret tidsforløpet både fra tidligere og siste simulerings-sekvens. Brukt i forbindelse med **START**-kommando vil det føre til at en etterpå vil ha lagret resultater fra flere simuleringer. I versjon 9B av ACSL vil plottekommandoer da gi alle simuleringene, det er ikke mulig å velge ut en enkelt kjøring. I nyere versjoner er dette mulig.

NB! **PREPAR**-listen må ikke endres mellom hver **START** eller **CONTIN**-kommando så lenge **NRWITG** = *.TRUE*. Hvis det gjøres vil en få feilmelding ved forsøk på å ta ut resultater fra *.**RRR**-filen

Hvis **NRWITG** = *.FALSE*. idet **CONTIN** eller **START**-kommandoen gis vil oppsamlingsfilen nullstilles og skrives pånytt, slik at det etterpå bare finnes tilgjengelig resultater fra siste simulerings-sekvens.

Verdien av **NRWITG** blir stående inntil den endres ved en ny kommando, eller ny modelltilstand leses inn fra fil. I det siste tilfelle blir **NRWITG** satt til den verdien den hadde da tilstanden ble lagret.

4.4. Beskrivelse av operasjoner i interaktiv modus

I dette og etterfølgende avsnitt beskrives mer i detalj hvilke muligheter brukeren har i interaktiv modus, altså før, mellom og etter simuleringer, når det gjelder å styre hvordan modellen skal oppføre seg og å ta ut resultater i plott og utskrifter. Som det fremgår av beskrivelsen i forrige avsnitt kan de mest vanlige interaktive operasjonene logisk deles inn i fire typer:

Før simuleringer:

1. Styre modellens virkemåte, ved å forandre koeffisienter og kontrollvariable, som f.eks. regulerer valg av alternative antagelser, bestemmer tidsrom og tidsskritt etc.
2. Spesifisere lagring av resultater.

Etter utførte simuleringer (og ved midlertidig avbrudd):

3. Se på øyeblikks-situasjonen ved avslutning eller avbrudd av simulering. Man kan se på både koeffisienter og kontrollvariable og selve tilstandsbeskrivelsen.
4. Se på oppsamlede resultater som beskriver tidsforløp, dvs. variable som funksjon av tid gjennom simuleringstidsrommet.

Alle typer operasjoner kan utføres fritt om hverandre. F.eks. kan man be om å få vist verdien av spesifiserte kontrollvariable for å få en oversikt før man forandrer verdier.

Kommandoer skrives etter "klarsignalet" **ACSL>** (*command prompt*). En kommando kan fordeles på flere linjer; hvis en linje avsluttes av *ellipsis* (tre punktum) betyr det at fortsettelse av kommandoen ventes på neste linje.

I etterfølgende underkapitler beskrives de forskjellige typene av operasjoner hver for seg.

4.4.1. Forandre koeffisienter og andre modellverdier - kommando SET.

ACSLs kommandospråk tillater brukeren å endre alle variable i modellen, ved hjelp av kommandoen **SET** som kan forkortes til **S**. Den enkleste formen på denne kommandoen er slik:

SET navn=verdi

Eksempel: SET NCZOO=0.18

Spesifiserer at nitrogen:karbon-forholdet (N:C) i zooplankton skal være 0.18 (på vektbasis).

Hver SET-kommando kan også inneholde spesifikasjoner for flere variable, skilt av komma:

Eksempel: SET NCZOO=0.18, NCBACT=0.27, NCOPT=2*0.23

Denne kommandoen spesifiserer fast N:C-forhold for zooplankton og bakterierier, og optimalt N:C-forhold for de to fyttoplanktongruppene.

Det siste eksemplet viser også hvordan en kan sette variable som inneholder en liste eller en tabell av enkelt-verdier (*arrays*). **NCOPT** er navnet på en slik liste med 2 verdier. Den angir optimalt N:C-forhold i fyttoplankton, første verdi gjelder for diatoméer, og andre verdi for annet fyttoplankton. I kommandoen ovenfor settes samme verdi inn i alle plasser i serien: **2*0.23** betyr "sett inn verdi 0.23 på to plasser". Med SET-kommandoer kan en også sette forskjellige verdier på forskjellige plasser i listen, eller forandre på bare noen av verdiene, som vist i eksemplene nedenfor.

Eksempel: S NCOPT = 0.2, 0.25

Diatoméer får verdi 0.2, annet fyttoplankton 0.25.

S NCOPT(2)=0.21

Optimalt N:C-forhold 0.21 for fyttoplanktongruppe 2, mens verdien for diatoméer er uendret)

SET-kommandoen kan brukes helt fritt i forhold til definerte modellvariable. Det er mulig å endre gjeldende verdi for alle de variable som er definert i bruker-grensesnittet, dvs. også variable som modellen selv vil beregne under simuleringene, som temperatur, saltholdighet, konsentrasjoner av biologiske størrelser og næringssalter. Noen slike endringer vil oppheves av modellen straks en **START** eller **CONTINUE**-kommando gis, ved at modellen da beregner egne verdier. Slike endringer har altså ingen virkning og er poengløse. Dersom en endrer de verdiene som er direkte resultat av integrasjon over tid vil det ha permanent virkning, og representerer da en øyeblikkelig påvirkning. En vil sjelden ønske å gjøre dette uten i forbindelse med verifiseringen av modellen i spesielle tilfeller. Hvis det gjøres vil det påvirke massebalansen, som da bør nullstilles ved å sette **MBRSET=.true.** (side 86).

Dersom man ikke har satt seg godt inn i hvordan modellen virker og hvordan ACSL som modellverktøy fungerer, anbefales det å bare endre de modellparametre som er definert som *konstanter* i ACSL, og som finnes beskrevet i kapittel 6.1.-6.3., 10. og 11. eller andre steder hvor det er sagt direkte at en kan bruke SET-kommando.

Beskrivelsen av slike konstanter i denne rapporten finnes i endel tabeller, som stort sett følger dette mønsteret:

NAVN	<i>Symbol</i>	standardverdi	(enhet)	Forklaring i tekst
------	---------------	---------------	---------	--------------------

I endel tilfelle er enhet satt i samme kolonne som standardveridenm, og endel koeffisienter er dimensjonsløse, dvs. at de ikke har noen enhet.

Med NAVN menes her variabelnavn i EDB-programmet. *Symbol* er den betegnelsen som brukes for konstanten i ligningene i rapport 2 eller i denne rapporten, og standardverdi er den verdien som ble brukt under kjøringene op indre Oslofjord i rapport 1, eller som er lagt inn i modellen. Det er ikke alle konstanter som har noe matematisk symbol, og endel av dem er uten enhet, dvs. de er dimensjonsløse.

4.4.2. Forberede for utskrift eller plott av tidsforløp - kommando PREPAR.

Etter en simulering vil man ønske å kunne plotte eller skrive ut variable som funksjon av tid for hele eller deler av det simulerte tidsforløpet. Det kan bare gjøres hvis det før start av simuleringen ble angitt hvilke variable som skal tas vare på underveis (**logges**), og med hvilket tidsintervall dette skal skje. Tidsintervallet for lagring av resultater kalles *communication interval* i ACSL. Kap. 6.2. beskriver hvordan det settes opp i eutrofimodellen. Hvilke variable som skal lagres, angis med ACSL-kommando **PREPAR** etterfulgt av et eller flere variabelnavn, skilt av komma. Alle variable kan spesifiseres for lagring underveis, det gjelder også i og for seg for de variable som er definert som ACSL *konstanter*.

For å kunne plotte eller liste ut en variabel som funksjon av tid, må både en variabel som beskriver tiden og variabelen selv spesifiseres i en **PREPAR**-kommando før simuleringen startes. Modellen inneholder flere variable som beskriver tid, de som er aktuelle til plotting er: **T** og **TINTEG** = tid målt i totalt antall dager, **YEARS**=tiden i år, med årstid i desimaldelen.

Det kan gis flere **PREPAR**-kommandoer, de vil da akkumulere en liste av variable kumulativt. Listen vil gjelde inntil den blir endret av nye **PREPAR**-kommandoer. Et spesielt argument '**CLEAR**' kan brukes for å annullere tidligere **PREPAR**-kommandoer, slik at listen bygges opp på nytt.

Et typisk oppsett av **PREPAR**-kommandoer kan se slik ut:

PREPAR 'CLEAR',TINTEG	<i>Nullstiller og ber om logging av tid med enhet dager</i>
PREPAR SAL, TEMP, OXYG	<i>+logging av salinitet, temperatur og oksygenkonsentrasjoner</i>
PREPAR CFYT, DOC, BACT, CZOO	<i>+logging av organisk karbon (fytoplankton, oppløst organisk stoff, bakterier, zooplankton)</i>
PREPAR NO3, PO4, NH4, SIO2	<i>+logging av næringsstoff-konsentrasjoner</i>

Ting å legge merke til i forbindelse med **PREPAR**-kommandoen er:

- En tidsvariabel må være med i **PREPAR**-listen dersom en vil plotte resultater mot tid. Som hovedregel bør det være første variabel i **PREPAR**-listen, siden den første

variabelen i **PREPAR**-listen automatisk vil bli brukt som X-variabel, dvs. langs den horisontale aksene i plottene, se kap. 4.4.4.

- Listevariable kan oppgis med bare utvalgte elementer f.eks.:

PREPAR SAL(1), SAL(5), SAL(10)

Kommandoer som forutsetter at variablene er tatt med i **PREPAR**-lista vil da bare operere på de elementene som er med i **PREPAR**-lista. Etter eksemplet ovenfor vil **PLOT SAL** plote bare **SAL(1), SAL(5) og SAL(10)**.

- Hvis **PREPAR**-listen endres mellom simulerings-sekvenser, dvs. mellom **START** og/eller **CONTIN**-kommandoer, må oppsamling av variable samtidig initieres på nytt, ved å sette **NRWITG=FALSE**. før neste **START/CONTINUE**. Hvis loggfilen inneholder forløp med ulike variabelutvalg samtidig vil en bare få feilmelding ved forsøk på å plote eller skrive ut dataserier fra *.RRR-filen (se beskrivelse av **NRWITG**).
- NB! Hvis en variabel oppgis to ganger uten '**CLEAR**' imellom blir den også logget dobbelt.

Tidsintervallet mellom hver lagring av resultater styres av bruker gjennom egne variable, dette er beskrevet i et eget avsnitt senere.

4.4.3. Se på verdien av modellvariable som gjelder i øyeblikket - kommando **DISPLAY**.

Kommandospråket i ACSL har en kommando **DISPLAY** for å skrive ut på skjermen gjeldende verdier på alle variable definert i brukergreensnittet. Denne kommandoen kan forkortes til **D**. Kommando-ordet følges av mellomrom, og deretter ett eller flere variabelnavn skilt med komma, f.eks:

DISPLAY NCZOO, NCBACT, NCOPT

Et hvilket som helst utvalg av definerte variabelnavn kan når som helst spesifiseres i **DISPLAY**-kommando, enten det er modellkonstanter og kontrollvariable som spesifisert i appendiks 1, eller beregningsresultater spesifisert i appendiks 2. Det er ikke nødvendig å forberede dette på noen måte, verdien av disse variablene er alltid tilgjengelig. Det gjelder også før første simulering, selv om ikke alle variable da vil ha en fornuftig verdi. (Verdier som ikke er satt vil ha verdi $5.0 \cdot 10^{33}$.)

Listevariable (arrays) kan oppgis enten med bare navnet for utskrift av alle verdiene, eller med element nr. angitt:

D SAL *skriver ut alle salinitetsverdiene*

D TEMP(1),TEMP(5) *skriver ut temperatur nr. 1 og nr. 5.*

Utskriften er bare en helt enkel opplisting av variable og tilhørende verdier, f.eks. kan kommandoen:

D SEDRAT, SEDFFC, RESUSP, SEDVEL, DGRSP

gi følgende svar:

SED RAT 0.02000000	0.20000000	SEDFFC 2.00000000
RESUSP 0.20000000	SEDVEL 50.0000000	DGRSPP 0.01200000
0.01200000	0.01200000	0.01200000

I forbindelse med **DISPLAY**-kommandoen må det gis en advarsel:

Be aldri om utskrift av alle variable med spesifikasjonen 'ALL' som en del av DISPLAY-kommandoen! En slik spesifikasjon er riktignok tillatt, og den kan være brukbar for mindre modeller med få variable. For store modeller, slik som eutfimodellen, vil det føre til svært mye utskrift, og i ACSL versjon 9B kan den ikke avbrytes uten ved å boote maskinen på nytt (DOS) eller avbryte DOS-sesjonen hvis den kjøres under WINDOWS. Dersom modellen blir avbrutt på denne måten, bør det kjøres DOS-kommando CHKDSK hvis arbeidsfilene ble lagret på lokal disk for å gjenvinne den plassen de ufullstendige arbeidsfilene opptar.

4.4.4. Plotte tidsforløp - kommando PLOT.

Etter simulering kan utvalgte variable fra PREPAR-listen plottes ved ACSL-kommandoen PLOT. Her kan enkeltelementer fra listevARIABLE spesifiseres. Hvis det ikke angis direkte hva X-aksen skal være, blir den første variabelen i PREPAR-listen benyttet. Normalt vil man derfor ha oppgitt tiden T som første variabel i PREPAR-kommandoen, se ovenfor. Den generelle formen på plottekommandoen er:

PLOT variabelnavn, [[spesifikasjoner], variabelnavn, [spesifikasjoner]...]

hvor [...] angir valgfrie spesifikasjoner. Kommandoen PLOT følges av ett eller flere variabelnavn, og hvert variabelnavn kan følges av en eller flere spesifikasjoner. Alle variabelnavn må finnes i gjeldende PREPAR-liste. For *arrays* kan det enten oppgis bare navnet, da plottes alle elementer som er oppgitt i PREPAR-listen, eller bare utvalgte elementer.

Eksempler på enkle PLOT-kommandoer er:

PLOT OXYG(1), OXYG(5),... *Plotter oksygen for lag 1,5 og 10, (ut fra global lag-indeks INDXI, se kap 7.2.2.) mot gjeldende X-variabel.*

PLOT NO3(1), NH4(1), PO4(1) *Plotter nitrat, ammonium og fosfat i lag nr. 1. (Alltid overflatelaget i basseng 1)*

PLOT DNITRI *Plotter mengde N som er denitrifisert i hvert basseng.*

Spesifikasjonene består av en tekst i enkel apostrof, eventuelt etterfulgt av en nærmere angivelse, i form av en verdi eller et variabelnavn. De mest vanlige er:

'XAXIS'=variabel Angitt variabel skal fra nå av brukes som X-akse.

'XLOG' X-aksen skal tegnes på logaritmisk skala.

'XLO'=verdi Setter nedre grense på X-akse

'XHI'=verdi Setter øvre grense på X-akse

'XTAG'='tekst' Definerer tekst på X-aksen

'LO'=verdi	Setter nedre grense på Y-akse
'HI'=verdi	Setter øvre grense på Y-akse
'LOG'	Foregående Y-variabel skal tegnes på logaritmisk skala.
'TAG'='tekst'	Definerer tekst på Y-aksen for vedkommende variabel
'TYPE'=verdi	Angir farge/linjetype for variabelen foran.
<hr/>	
'SAME'	Alle foregående variable plottes med samme skala på aksene som første variabel i PLOT-kommandoen.
'OVER'	Y-akse tegnes bare for første variabel, de andre undertrykkes. Brukes vanligvis i kombinasjon med 'SAME'.

Spesifikasjonene som er knyttet til X-aksen gjelder hele plottet, og alle etterfølgende plott inntil de endres. De fleste andre spesifikasjonene gjelder den variabelen som kommer rett foran spesifikasjonen. Spesifikasjonene 'SAME' og 'OVER' gjelder alle de variable som står foran i PLOT-kommandoen, frem til forrige 'SAME' eller 'OVER' -spesifikasjon i den samme plote-kommandoen.

Det vises ellers til ACSL brukerbeskrivelse som beskriver plottemulighetene mer fullstendig.

Advarsler:

Hvis modellen er satt opp med forholdsvis store dimensjoner, vil uforsiktig bruk av PLOT-kommando i versjon 9B av ACSL føre til tidskrevende og lite nyttige plott: Hvis det spesifiseres for mange kurver uten spesifikasjon 'OVER' vil skjermen fylles av Y-akser, mens selve plottet forsvinner i høyre kant av skjermen. Skrives første variabelnavn feil kan det bli tolket som PLOT 'ALL', og det fører for eutrofimodellen til en nærmest uendelig serie med plott som gir svært lang ventetid. Dette kan bare brytes ved å boote maskinen på nytt. Skrivefeil i indeksangivelse kan også føre til at et helt array plottes i stedet. Det er derfor viktig å være omhyggelig med plottekommandoene!

Hvis en variabel i løpet av en simulering får absoluttverdi $<10^{-30}$ ($1.0E-30$), men fortsatt ikke er eksakt null, vil ACSL oppføre seg forvirrende. Beregningene går bra, men i utskrifter blir verdien bare skrevet ut som R (residual?). I plott blir verdien av en eller annen grunn behandlet som 10^{+30} (skrives $1.0E+30$). Et automatisk skalert plott av en variabel med slike verdier vil da bli skalert fra 0 til $1.0E30$, og kurven vil hoppe mellom verdi $\cong 0$ (dvs. verdier mye mindre enn 10^{+30}) og en tilsynelatende verdi $1.0E30$ som i virkeligheten altså tilsvarer ennå mindre verdier. Det er mulig at problemet er rettet i senere versjoner av ACSL. Eutrofimodellen er innrettet på å unngå dette problemet mest mulig, men det kan ikke garanteres mot at det kan oppstå.

I plott med logaritmisk y-akse (spesifikasjon 'LOG') er det ikke garantert at spesifikasjonen 'SAME' virker riktig, dersom variablene ikke har det samme variasjonsintervallet. Det betyr at plott med 'SAME', 'OVER' kan bli misvisende. Prøv det ut i de tilfellene det ønskes brukt (hvis 'OVER' kuttet ses alle aksene slik at det kan kontrolleres) og sett grenser 'LO'= og 'HI'= om nødvendig.

Plott vil som standard bli vist på skjermen. En spesiell variabel **DEVPLT** brukes til å styre plottingen til en fil for senere utskrift på plotter. Endringen virker på alle etterfølgende plott

inntil verdien endres igjen. Følgende alternativer ligger inne i modellen slik den er satt opp i utgangspunktet:

SET DEVPLT=99 *Vil samle opp plott på en fil med navn FORnnn. hvor nnn er et heltall fra 001 og oppover. Plottene blir generert i **Postscript-format** og kan senere sendes ut på en postscript-skriver med DOS-kommando **COPY /b filnavn***

SET DEVPLT=7 *Går tilbake til å sende plott til skjermen.*

Modellen kan også settes opp med utgang til andre typer printere og plottere, men da må selve programmet bygges opp på nytt. Det henvises til ACSL håndbøker og installasjonsbeskrivelser for mer informasjon om det.

4.4.5. Tabellutskrift av resultater - kommandoer RANGE og PRINT.

Det finnes to kommandoer for å skrive ut informasjon om tidsforløpet. Begge kommandoene fungerer bare for variable som finnes i PREPAR-lista:

PRINT variabel-liste - skriver ut alle lagrede verdier for de spesifiserte variable. Opp til x variable skrives i bredden, hvis det er flere variable enn det blir utskriften delt opp i flere tabeller som skrives under hverandre.

RANGE variabel-liste - gir informasjon om min. og maks.-verdi for de spesifiserte variable ut på skjermen og på *.OUT-filen.

Utskrift med PRINT skjer til en såkalt "*high volume print file*". Vanligvis brukes arbeidsfilen *navn.PRN* hvor *navn* er det filnavnet som ble spesifisert under start av programmet (evt. filnavn *MODEL*). Man kan bytte til en annen fil ved å endre kontrollvariabel **PRN** til en ny verdi som beskrevet nedenfor:

SET PRN = 9 *Skriv til *.PRN-fil*

SET PRN = 6 *Skriv ut på terminal*

SET PRN= n *Skriv ut på en fil åpnet med angitt filnummer. Må ikke bruke filnumre som er i bruk til andre ting. (Må spesifiseres) Hvis det ikke er åpnet noen fil med dette nummeret fra før, blir brukeren spurt om et filnavn.*
(n>10)

4.4.6. Skifte mellom *.RRR arbeidsfiler - hente ut plott og tabeller av tidligere kjøring

Det er mulig å plote og tabellere resultatet av tidligere kjøring, hvis de er lagret på fil med extension **.RRR**, se side 15. Vanligvis vil lagring av resultater lagres på en slik fil, åpnet med fil nummer **RRR=8**. Det skjer automatisk når slik lagring er spesifisert med PREPAR-kommandoer, se side 22. Filnavnet er da bestemt av det som ble oppgitt ved start av programmet (standard filnavn er **MODEL.RRR**).

Hvis en vil plote eller skrive ut resultater fra en tidligere kjøring, kan en oppgi et annet filnummer, dvs. forandre verdien på ACSL-variabel **RRR**. Hvis en f.eks. setter **RRR=21** (eller et annet nummer som ikke er i bruk på annen måte), vil en ved første plottekommando få

spørsmål om filnavn, og kan da oppgi navnet på en *.RRR-fil fra en tidligere kjøring. Plottedata vil da hentes fra den gamle filen.

NB! Husk å endre ACSL-variabelen RRR tilbake igjen før det kjøres videre, ellers risikerer du å få skrevet nye resultater på den gamle filen. For at plotting eller utskrifter fra gamle kjøring skal virke, må PREPAR-listen i øyeblikket være identisk med den som gjaldt da resultatene ble lagret.

4.4.7. Innlesing av kommandofiler - CMD-filer.

Programmet vil vanligvis lese kommandoer som tastes inn på tastaturet, som i programmet har såkalt *unit-nr.* 5. Dette nummeret er satt opp i ACSL-variabel **CMD**. Innlesing av kommandoer fra en fil som en del av en interaktiv sesjon kan aktiviseres ved å endre dette nummeret med kommandoen:

SET CMD=n

Det anbefales å bruke 10 som filnummer her. Første gang kommandoen gis med denne verdien, leses en fil med det arbeidsfilnavnet som ble spesifisert ved oppstart av programmet (standard DEFAULT), og *extension* .CMD. Hvis programmet f.eks. ble startet med kommando

EUTRO start;

vil filen *start.cmd*, dersom den eksisterer, bli lest inn som kommandofil første gang kommandoen

S CMD=10

gis inn. Når filen er lest ferdig, settes **CMD** tilbake til standardverdi 5, og kommandoer leses igjen fra tastaturet. Hvis filen ikke finnes, eller hvis den samme kommandoen gis på nytt senere, vil programmet spørre om hvilken fil som skal leses inn. Når en slik kommandofil er lest ferdig, settes **CMD** tilbake til standardverdi 5, og kommandoer leses igjen fra tastaturet.

Det er også mulig å angi en innfil med vanlig MS-DOS "*redirection*". Det gjøres ved å avslutte oppstartkommandoen med *<filnavn*. Da vil hele kjøringen foregå fra denne filen, eventuelt ispedd kommandofiler som aktiveres med kommando **SET CMD=n**.

4.4.8. Lagring av modell-tilstand på fil, kommando SAVE og RESTOR.

På ethvert tidspunkt kan en lagre modelltilstanden slik den er i øyeblikket. Det gjøres med en kommando

SAVE 'filnavn'

Filnavnet skal være på maks. 6 tegn, og det skal ikke oppgis noen filtype (*extension*). Med denne kommandoen lagres alle variable som er tilgjengelige for kommandoene SET, DISPLAY, PRINT, PLOT.

Den lagrede tilstanden kan senere hentes tilbake igjen med kommando

RESTOR 'filnavn'

Da settes alle variable og ACSL-konstanter med de verdiene som leses inn fra filen.

NB! De randomiserte tallrekkene som brukes for å generere randbetingelsene blir ikke påvirket av dette, og modellen blir derfor ikke fullt ut brakt tilbake til den tilstand den hadde da tilstandene ble lagret.

4.4.9. Oppstart av simulering fra tidligere lagret tilstand.

Som forklart ovenfor kan modelltilstand lagres på fil og hentes tilbake igjen med kommando **RESTOR**. Det kan brukes til å kjøre igang en simulering med utgangspunkt i slutt-tilstanden fra en tidligere simulering. Dette er av betydning fordi det ellers kan ta lang tid å få innstilt likevekt i modellen mht. oksygenkonsentrasjoner i dypvannet, organisk stoff lagret i sedimentene etc.

En praktisk måte å gjøre dette på er som følger

1. Start eutrofimodellen, men stopp simuleringen ved tidspunkt $T=TSTART$ (dvs. $DTTERM=0$)
2. Les inn lagret tilstand fra fil (inkludert modellparametre som er ACSL-konstanter).
3. Sett modellparametre som ønsket.
4. Sett nødvendige kontroll-variable for tid tilbake til start-tidspunkt, f.eks. slik:


```
S T=TSTART
S YEARS=T, TINTEG=T, TDERIV=T, NDERIV =T
```
5. Sett ønsket simuleringstidsrom i $DTTERM$.
6. Kjør simulering

Ved denne fremgangsmåten vil simuleringen starte fra den lagrede verdien for de variable som integreres i tid, samtidig som det er overensstemmelse mellom variable som beskriver tid i selve modellen og innlesing av meteorologiske data og generering av randbetingelser.

5. Hvordan spesifisere inndata, ytre påvirkninger

Før en simulering kan kjøres for et gitt fjordområde, må inngangsdata for ytre påvirkninger tilrettelegges for modellen.

Det gjelder for det første en *topografisk beskrivelse* av fjorden, dvs. areal som funksjon av dyp for de forskjellige bassengene, og dybde og bredde på transportverrsnitt. Det legges på en symbolsk datafil som kan bygges opp med en hvilken som helst tekst-editor.

Meteorologiske data må også settes opp. Her er det lagt opp til å bruke historiske data, som kan bestilles fra meteorologisk institutt, men det kreves noe tilrettelegging av filene.

En normalsituasjon eller referansesituasjon for *tilførslene fra land* må settes opp i form av datatabeller som beskriver en årssyklus. Dette bygges foreløpig rett inn i programmet, slik at det kreves programmeringskompetanse for å endre det. Datatabellene kan betraktes som en normalsituasjon, og det er mulig å variere tilførslene på forskjellige måter i forhold til normalsituasjonen ved hjelp av kommandoer til programmet.

Endelig må variasjonsmønsteret i *randen* av modellen beskrives, altså i grensen mot kyst/havområdet utenfor fjordmunningen. Det gjøres også ved hjelp av datatabeller som legges inn i programmet. Modellen vil generere dataserier ved trekking av tilfeldige tall ut fra

det variasjonsmønsteret som er lagt inn. Brukeren kan få frem ulike dataserier eller reprodusere esakt samme serie ved å angi startverdi for de tilfeldige tallene.

Avsnittene nedenfor beskriver hvordan hver av disse datakildene skal tilrettelegges før simulering. Det er mulig til en viss grad å endre eller regulere hvordan inngangsdata innvirker på modellen under kjøring ved å endre modellkoeffisienter eller kontrollvariable med SET-kommandoer. Dette beskrives i tilknytning til hver datakilde.

5.1. Topografisk beskrivelse av fjordområdet

Topografien til det området som skal modelleres beskrives i en datafil med navn TOPOGR.DAT som leses inn av programmet idet første simulering startes, dvs. ved første START-kommando etter at programmet er startet, og beskrivelsen brukes til å sette opp beskrivelsen av fjordområdet innenfor de dimensjoner som er definert i modellen.

Datafilen TOPOGR.DAT er en enkel MS-DOS tekstfil med oppbygging som vist nedenfor. Ord med **uthevet skrift** skal stå uendret. Ord i *kursiv* skal erstattes av en tekst (f.eks. bassengnavn) eller tall.

BASSENGER

Beskrivelse av ett eller flere bassenger, ved å gjenta en eller flere ganger: →

Lengde av strandlinje (meter) for eventuell bruk i blåskjellmodell, ikke brukt foreløpig.

Samhørende verdier av dyp (meter) og totalt horisontalt tverrsnittsareal (kvadrat-meter) oppgis for valgfrie intervaller fra overflaten og ned mot største dyp. Hvis det oppgis en multiplikasjonsfaktor etter første areal vil alle arealer bli multiplisert med denne verdien for å få enhet m².

```

Bassengnavn (maks. 20 tegn)
strandlinje(m)
dyp1   areal1   multiplikasjonsfaktor
dyp2   areal2
...     ...
dypN   0
END
...

```

RANDBASSENGER

Navn på ett eller flere rand-bassenger, ett navn på hver linje →

```

Bassengnavn (maks. 20 tegn)
...

```

FORBINDELSER

Beskrivelse av en eller flere forbindelser mellom to og to bassenger ved å gjenta en eller flere ganger: →

Navnene spesifiserer hvilke to bassenger som er forbundet, (minst ett av dem må være internt). Her spesifiseres også buffervolumer på hver side av forbindelsen, dvs. volumer som kan fylles av vann fra det andre bassenget uten at det blandes inn, og derved kan strømme tilbake hvis strømmen snur. Se mer om det nedenfor under kap. 7.2.5. eller i rapport 4.

```

Bassengnavn1   Lbuf,1   Ltr,1   Tbuf,1
Bassengnavn2   Lbuf,2   Ltr,2   Tbuf,2

Dyp                Bv      Bbuf,1   Bbuf,2
...                ...      ...      ...
Maks.-dyp          0       0       0
END
...

```

For hvert basseng oppgis:

L_{buf} = total lengde av buffervolum langs strømretningen (konstant over alle dyp).

L_{ir} = lengde av et overgangsområde med gradvis overgang fra bufring til permanent masseforflytning

T_{buf} = tidskonstant (dager) for hvor rask blanding det er mellom buffervolum og hoveddel av bassenget.

For et valgfritt antall dyp fra overflaten og ned:

B_v = bredde i strømningstverrsnittet

B_{buf} = bredde av buffervolumene

Linjer som begynner med tegnet # oppfattes som kommentarlinjer og kan derfor legges inn hvor som helst og ha vilkårlig innhold.

Det stilles ingen spesielle krav til hvor detaljert arealet skal beskrives som funksjon av dyp. På grunnlag av de innleste data vil programmet integrere og interpolere det horisontale arealet som funksjon av dyp ut fra antatt trinnvis lineær variasjon av areal mot dyp, for å finne arealer og volumer for den dypinndelingen som settes opp. Modellen setter opp en dypinndeling som passer med de *array*-dimensjoner som er definert i modellen, og innenfor de begrensninger som er satt av brukeren ved SET-kommandoer (se kap. 7.1.). Dypinndelingen i modellen er altså uavhengig av dyp som er spesifisert i inndatafilen, og den samme datafilen kan derfor brukes uansett hvordan en ønsker at dypinndelingen skal være.

I eksempelfilen nedenfor er indre Oslofjord beskrevet som to bassenger, med forbindelse til Breiangen via Vestfjorden.

```

BASSENGER
BUNNEFJORDEN
100.0E6
  0 42.21 1.0E6
 10 38.86
 20 35.51
 30 31.31
 40 27.88
 50 23.94
 60 20.19
 70 17.19
 80 14.26
 90 10.87
100  8.11
110  6.04
120  4.64
130  3.12
140  2.47
150  1.32
160  0.0
END
VESTFJORDEN
300.0E6
  0 125.44 1.0E+6
 10 111.89
 20  98.31
 30  82.57
 40  68.31
 50  55.23
 60  42.79

```

(fortsettes til høyre:)

```

 70 31.04
 80 23.01
 90 16.9
100  9.68
110  5.63
120  3.58
130  1.68
140  0.61
150  0.0
END
RANDBASSENGER
YTRE-OSLOFJORD
FORBINDELSER
BUNNEFJORDEN      1000 500 0.5
VESTFJORDEN      1000 500 0.5
  0 2500 2500 4000
 20  900  900 2000
 40  600  600 1200
 54  0  0  0
END
VESTFJORDEN      5000 1000 0.5
YTRE-OSLOFJORD  10000 1000 0.5
  0 1500 2000 2000
  2  700 2000 2000
 10  500 1800 1800
 19  200 1500 1500
 20  0  0  0
END

```

Modellen er i utgangspunktet satt opp med visse øvre grenser for antall bassenger, antall lag etc, ved at det er definert bestemte maksimal-lengder (*dimensjoner*) på verditabeller (*arrays*) i programkoden. Når første simulering startes vil programmet lese inn topografi-filen, og sette opp laginndeling tilpasset dimensjonene i programmet. Normalt vil programmet da søke å operere med så fin oppdeling som mulig. Laginndelingen kan altså endres med ACSL-konstanter som beskrevet i kap. 7.1.

5.2. Meteorologiske data lest inn fra fil

Meteorologiske data leses inn som historiske data fra en DOS tekst-fil. I nåværende versjon av modellen gjøres det av rutinen METINP i modul SURFEXCH.FOR, og det leses fra en fil med navn MET_DATA.FIX. Data gis her som en tidsserie med en registrering pr. linje. Formatet er tilpasset data slik de fås fra meteorologisk institutt. Hver datalinje skal inneholde følgende variable:

Betegnelse:	Format/ verdiområde	Forklaring
Dato	6 siffer	Format ÅÅMMDD (ÅrMndDag), f.eks. 870726.
Klokkeslett	-	Timer.
Tid	-	Dato og klokkeslett regnet om til fysisk tid i enhet dager fra starten av året, med klokkeslett som fraksjon av et døgn i desimaldelen: 7.5417=7+(13/24)=8.januar kl. 13 (Kan legges inn i modellen)
Nedbør	-	mm nedbør siden forrige registrering
Lufttrykk	-	millibar (ca. 1000). Brukes foreløpig ikke
Temperatur	-	lufttemperatur i °C
Luftfuktighet	0-100	% relativ fuktighet
Skydekke	0-9	0-8: grad av skydekke, 9: tåke, kfr. meteorologiske standarder.
Vindretning	0-360	Kompassretning som vinden kommer fra: 0=360=N, 90=Ø, 180=S, 270=V.sjekke dette
Vindstyrke	-	m/s

Den første linjen på filen skal inneholde en formatbeskrivelse, innesluttet av parenteser, etter vanlige FORTRAN-regler:

(*format₁, format₂, ... format_n*)

hvor *format* er av formen *Fm.n* med *m*=antall tegn i feltet, *n*= antall desimaler.

Eksemplet nedenfor viser starten på en fil med meteorologiske data fra Fornebu, 1987, som er brukt som inndata-fil for indre Oslofjord:

```
( F6.0, F2.0, F8.0, F5.0, F6.0, F6.0, F3.0, F5.0, F5.0, F4.0 )
870101 1 .0417 1012.6 -18 89 2 0 0
870101 7 .2917 1014.6-18.70 87 2 0 0
87010113 .5417 1016.4-14.60 88 1 0 0
87010119 .7917 1015.8-18.10 86 3 0 0
870102 1 1.0417 1015.1-17.20 88 4 0 0
870102 7 1.2917 1014.3-19.90 85 1 0 0
87010213 1.5417 1015.1-15.30 88 2 0 0
87010219 1.7917 1014.5-17.10 89 2 340 .5
...
...
```


Hver gang en simulering starter blir filen lest fra starten. Modellen vil søke seg frem til den tid på året som er spesifisert i TSTART. Årstallet brukes ikke, det er bare desimaldelen av tidspunktet omregnet til år som brukes til å innstille start-tiden. Hvis en simulering kjøres over et lengre tidsrom enn meteorologi-filen omfatter, vil filen bli posisjonert tilbake til start, og brukt pånytt. Hvis det f.eks. er lagt inn meteorologiske data for nøyaktig ett år, og simuleringen kjøres over flere år, blir de samme meteorologiske data brukt for hvert årsforløp. Filen bør inneholde minst en årssyklus, men kan også inneholde flere årssykluser etter hverandre. Dersom det mangler data for endel av året blir det lineærinterpolert mellom siste post og første post på filen for å fylle ut den manglende perioden. Filen bør derfor inneholde et helt antall årssykluser.

Påvirkningen fra atmosfæren er for det meste fastlagt når de meteorologiske data er gitt. Detaljene her er beskrevet i spesialrapporten om fysiske prosesser. Solstråling og varme-stråling blir i den nåværende versjon av modellen beregnet som en deterministisk funksjon av årstid, tid på døgnet og skydekke, etter en empirisk modell basert på analyse av data for global stråling ved Blindern.

Påvirkningen gjennom overflaten kan likevel justeres noe ved hjelp av noen modellkonstanter som er beskrevet i kap. 10.3. Disse konstantene er først og fremst lagt inn for å skru prosesser av og på i forbindelse med uttesting av modellen.

5.3. Tilførsler fra land

Avrenning av ferskvann og avløpsvann fra land er foreløpig beskrevet nokså enkelt. Underveis i simuleringen vil programmet hente tilførselsdata fra en subrutine RUNOFF i FORTRAN-modul RUNOFF.FOR. I denne subrutinen genereres øyeblikksverdier for utslipp ut fra data-tabeller som er lagt inn i programkoden. Datatabellene beskriver en årssyklus for et visst antall tilførselskilder, og er ment å spesifisere en *normalsituasjon* mht. hvor store tilførslene er, hvilke bassenger de går til, og hvordan utslippsmengdene varierer over året. Verdier i disse datatabellene er satt direkte inn som en del av programkoden, og for å endre dem må programkoden rettes og det eksekverbare programmet bygges opp på nytt. I senere versjoner av programmet er det planlagt at disse dataene skal leses inn fra en datafil, slik at de kan endres uten å bygge om programmet.

For hvert tidsskritt vil som sagt modellen hente øyeblikksverdier fra subrutinen RUNOFF, som så brukes i beregningene. Øyeblikksverdiene settes opp i verditabeller som er definert i hovedprogrammet. Disse tabellene er dimensjonert til å kunne håndtere et visst antall utslipp.

Beskrivelsen i modulen RUNOFF må suppleres med noen ACSL modell-konstanter, som spesifiserer selve utslippet nærmere mht til hvilket dyp det fordeler seg over og eventuell utforming av diffusorarrangement. De ligger i hovedprogrammet EUTRO.SRC og kan endres med SET-kommandoer på vanlig måte. Det er i tilknytning til dette også definert noen modell-konstanter som kan brukes til å foreta endringer

Under kjøring av programmet, også midt i en simulering, kan brukeren *varierte tilførslene* i forhold til ut normalsituasjonen ved å sette endel koeffisienter som er definert som ACSL modell-konstanter. På den måten kan en variere utslippene parallelt for alle komponenter og/eller separat for noen av stoffkomponentene. Det er også mulig å endre den geografiske fordelingen av utslippene ved å flytte en del av et utslipp over til andre utslippspunkter. Hvordan dette gjøres er beskrevet i kap 5.3.4.

Hovedprogrammet i modellen setter grenser på hvor mange utslipp eller tilførsler som kan beskrives separat gjennom de dimensjonene som er satt på noen verditabeller. Maksimalt antall slike utslipp er alltid tilgjengelig som informasjon i heltalls ACSL-variabel MRNF, men den kan ikke endres uten å gå inn i program-koden. I nåværende utgave av modellen, slik den ble satt opp for indre Oslofjord, er MRNF satt til 4.

5.3.1. Tilførsler i normalsituasjon satt inn i datatabeller.

En årssyklus for tilrenning er lagt inn i et sett av datatabeller, definert som FORTRAN *arrays*. Disse datatabellene er ikke tilgjengelige som variable i bruker-grensesnittet til programmet, de ligger bare definert i subrutinen RUNOFF. Antall utslippskilder er spesifisert i en heltalls-konstant NS_TAB, som også er definert i subrutinen RUNOFF. For indre Oslofjord er NS_TAB satt til 4. Datatabellene er dimensjonert bl.a. ved hjelp av denne konstanten. Følgende datatabeller er definert i programmet, som en beskrivelse av de kilder som en ønsker å kunne endre uavhengig av hverandre:

Variabelnavn	Dimensjon	Betydning	Enhet:
WATER_TAB	(12,NS_TAB)	Vannføring	m ³ /s
PO4_TAB	(12,NS_TAB)	Fosforutslipp	kg/måned
TOTN_TAB	(12,NS_TAB)	Nitrogenutslipp	kg/måned
QFNH4_TAB	(NS_TAB)	Øvre grense for ammonium-andel	andel [0 , 1]
C_TAB	(12,NS_TAB)	Organisk karbon	kg/døgn
Si_TAB	(12)	Silikat-konsentrasjon som funksjon for hver måned, likt for alle kilder.	mg SiO ₂ pr. l
INHERENT_TMP	(12,NS_TAB)	Bakgrunnsverdi for temperatur T_0 , før innvirking fra luft-temperaturen, se forklaring nedenfor.	°C
OUTLET_TAB	(NS_TAB)	Indeks til den utslippsanordningen utslippet primært skal gå til. Hele eller deler av den kan overføres til andre utslipp under kjøring av modellen, se nedenfor. Utslippene er spesifisert som en del av selve ACSL-modellen, se neste underkapittel.	Heltall [1,MS], hvor MS er maks. antall utslipp spesifisert i modellen.

Tilførslene kan variere over året og mellom kildene som det fremgår av tabell-dimensjonene. Verdier er satt inn i tabellene med DATA - setninger i program-koden. For de tabellene som er to-dimensjonale settes verdier inn i datasetningene slik at første indeks varierer raskest:

(12,NS_TAB)	Et eget årsforløp med 12 verdier for hver kilde. Verdiene legges i en serie med ett og ett årsforløp.
(NS_TAB)	Én verdi for hele året, men forskjellig for hver kilde.
(12)	Ett årsforløp, gjelder alle kildene.

De tilførsels-verdier som ble brukt under kjøringene for indre Oslofjord finnes i rapport 1.

5.3.2. Temperaturen i avløpsvannet.

Temperaturen i avløpsvannet inngår som et riktignok lite ledd i varmebalansen i modellen, og styrer også oksygenkonsentrasjonen i avløpsvannet, som antas å være mettet. Temperaturen i avløpsvann kan også ha en viss innvirkning på fortykning og innlagring av dykkede stråler. Inndata omfatter derfor også temperaturforløpet i avløpsvannet. Temperaturen i tilførselene vil under simuleringen beregnes som en lineær kombinasjon av luft-temperatur og det temperaturforløpet som er spesifisert for hver kilde i tabellen *INHERENT_TMP*. Det er i første omgang ikke lagt inn noen tidsforsinkelse. For hver kilde spesifiseres graden av innvirkning fra lufttemperaturen ved en temperaturkoeffisient $K_{T,luft}$ mellom 0 og 1. Temperaturen på avløpsvannet settes av modellen slik:

$$T_{avlop} = K_{T,luft} T_{luft} + (1 - K_{T,luft}) T_{kilde} \quad (1)$$

hvor $T_{kilde} = INHERENT_TMP(m,k)$
 $K_{T,luft} = AIRTQF(k)$
 $T_{luft} = AIRTMP$ definert som dynamisk variabel i modellen, settes av meteorologiske data som leses inn.

For elver og bekker kan $K_{T,luft}$ ofte settes = 1, og verdien på T_{kilde} spiller da ingen rolle. For kloakkutslipp fra renseanlegg er det mer naturlig å sette konstanten $K_{T,luft}$ til en lav verdi eller = 0, og altså la det temperaturforløpet i *INHERENT_TMP(m,k)* bestemme temperaturen uten særlig innvirkning fra luft-temperaturen. Det er lagt inn en nedre grense på 0°C som gjør at temperaturen i tilførselene aldri kommer under frysepunktet for ferskvann.

Koeffisienten $K_{T,luft}$ settes uavhengig for hver kilde i en tabell (*array*) *AIRTQF(MS)*. Dette inngår i en serie tabeller av ACSL-modellkonstanter som kan settes av bruker for å spesifisere utslippene, se kap.5.3.4. I Oslofjordmodellen er koeffisienten $K_{T,luft}$ i utgangspunktet satt skjønnsmessig til 0.8 for elver, bekker og annen overflatetilrenning, med $T_{kilde}=0$, dvs. at temperaturen i vannet overstiger frysepunktet med 80% av lufttemperaturen når den er >0°C, og holder seg på 0°C når luften er kaldere.

For avløp fra renseanleggene (i hovedsak Bekkelaget renseanlegg og VEAS) er $K_{T,luft}$ satt til 0.1, med $T_{kilde}=8^{\circ}\text{C}$ gjennom hele året. Det betyr at temperaturen i avløpsvannet vil variere fra 6-7°C om vinteren til ca. 10°C om sommeren.

Tabellen ovenfor spesifiserer et antall *kilder*. I modellen fordeles disse på et antall *utslipp*, som er beskrevet som en del av hovedmodellen, som standard brukes verdiene i *OUTLET_TAB(i)* ovenfor, satt i DATA-setninger i subrutine *RUNOFF*. Flere kilder kan godt føres til samme utslipp.

Vanligvis vil kildene bli fordelt på hvert sitt utslipp i rekkefølge de er satt opp, dvs. *OUTLET_TAB(i) = i*. Det forutsetter at det er satt opp minst like mange utslipp (ACSL-konstant *MS*, se kap. 14.1.) Hvis noen av verdiene *OUTLET_TAB(i)* er <1 plasseres kilden i utslipp 1. Hvis *OUTLET_TAB(i)>MS* blir tilførselen fra kilden plassert i utslipp *MS*.

Det er ikke anledning til å endre den primære tilordningen av kilder til utslipp uten å gå inn i programkoden. Det er imidlertid anledning til å overføre deler av eller hele utslippet fra en kilde til et annet utslipp enn det som er angitt i *RUNOFF*, ved å sette ACSL-konstanter *RNFNDX*, som beskrevet i kap. 5.3.4.

Ikke alle utslipp behøver å ha tilordnet kilder. De som ikke har det vil stå tomme hvis de ikke tas i bruk ved overføring med ACSL-konstanter *RNFNDX*, og/eller tvungen vertikalblanding med ACSL-konstanter *QMIXIN*, se neste underkapittel.

Selve modellen kan være dimensjonert for et større antall utslipp enn de primærkildene som er angitt i tabellene i subrutinen RUNOFF. Endel tabeller er dimensjonert = antall utslipp, men anvendes på kildene. Det gjelder alle koeffisientene i kap.5.3.4., som altså virker på kildene før omfordeling ifølge *RNFNDX*. Elementer i disse tabellene med indeks>antall kilder blir altså ikke brukt.

5.3.3. Utslippene spesifisert gjennom ACSL-konstanter.

Verditabellene ovenfor beskriver tilførsler fra elver og utslipp av avløpsvann, splittet opp på *kilder* som en ønsker å kunne endre uavhengig av de andre kildene. I utgangspunktet vil en kilde tilsvare et utslipp i modellen.

Det er også mulig å endre på beskrivelsen av utslippsutforming og utslippsdyp for de forskjellige utslippsarrangementene. Det gjøres med ACSL-konstantene *BASINQ(i)*, *DEPTHQ(i)*, *QDIAM(i)* og *NHOLES(i)*, hvor $i=1, \dots, NS$. Disse tre seriene med konstanter må settes i sammenheng, idet betydningen av de to siste avhenger av hvordan *DEPTHQ(i)* settes, som vist i tabellen nedenfor.

BASINQ(i)	Basseng nr. som tar imot utslippet	Verdier fra 1 t.o.m NBI angir bassengnr. Hvis <i>BASINQ(i)</i> <1 går det til basseng 1, hvis <i>BASINQ(i)</i> >MS til basseng MS.	
DEPTHQ(i)	Utslippsdyp (m)	= 0 angir overflateutslipp, utslippet fordeles jevnt over dyp 0 til <i>QDIAM(i)</i> ↓	>0 angir dykket utslipp. <i>QDIAM</i> og <i>NHOLES</i> brukes som utgangsdata ved beregning av strålefortynning. ↓
QDIAM(i)		= vertikal utstrekning (m).	= strålediameter (m).
NHOLES(i)		Brukes ikke	Antall stråler (diffusorhull) som utslippet er fordelt på.

Ved utslipp fra diffusor eller utslippsledning med blindlokk og utslippsdiameter mindre enn rørdiameteren vil strålene trekke seg noe sammen like utenfor hullet, og det er da diameter etter sammentrekning som skal oppgis.

Den siste spesifikasjonen har bare betydning ved dykkede utslipp, hvor den inngår i startbetingelsene for beregning av strålefortynning og innlagring av avløpsvann.

Det er foreløpig bare anledning til å oppgi en diameterverdi pr. utslipp, og et utslippsdyp. For de fleste diffusorer er dette antagelig tilstrekkelig, hvis en legger inn representative gjennomsnittsverdier. Programmet vil fordele den samlede utslippsmengden likt på alle strålene, og tar altså ikke i betraktning variasjoner langs en diffusor, eller at fordelingen kan variere med vannmengden.

I enkelte utslipp av avløpsvann brukes innblanding av sjøvann for å gi sikrere dypinnlagring. det er også aktuelt å pumpe overflatevann ned på stort dyp for å sirkulere dypvannet og sikre

bedre utskiftning med nytt vann utenfra i avstengte bassenger. For å ivareta muligheten for å prøve ut dette er det for alle utslippene anledning til å angi en viss innblanding av sjøvann fra resipienten. Modellen vil da ta vann fra et spesifisert inntaksdyp, og sende det ut sammen med ferskvannet på angitt utslippsdyp, med tetthet gitt av blandingsforholdet. Sjøvannsinnblanding spesifiseres med følgende ACSL-konstanter:

QMIXIN(i)	m ³ /s	Mengde sjøvann som blandes med avløpsvannet før utslipp.
MIXQDP(i)	m	Inntaksdyp for sjøvannet som blandes inn.
MIXQTM(2,i)	dag (0..365)	Tidsrom innblanding skjer i innenfor året. (1,i): dag nr. i året hvor innblanding begynner (2,i): dag nr. i året hvor innblanding opphører.

I utgangspunktet er $QMIXIN=0$, dvs. at det ikke skjer noe innblanding. Hvis $QMIXIN>0$ settes for et utslipp uten tilførsler fra land, innebærer det en ren overføring av resipientvann fra gitt inntaksdyp ($MIXQDP$) til utslippsdyp ($DEPTHQ$), hvor det behandles som et vanlig utslipp.

5.3.4. Endring av normal utslipps-situasjon med SET-kommandoer.

Modellen inneholder et sett av koeffisienter som kan endres med SET-kommandier for å variere utslippsmengde og fordeling. Det kan gjøres mellom simuleringer, slik at en kan beregne for ulike kvasistasjonære tilstander, eller midt i en simulering for å se hvor raskt forholdene i fjorden forandrer seg etter brå endringer i utslippene. Med koeffisientene kan en delvis forandre utslippsmengdene for hver enkelt kilde, og delvis overføre en kilde helt eller delvis til et av de andre utslippsarrangementene.

Faktorene nedenfor brukes som multiplikatorer for å endre utslippsmengdene. Alle faktorene har i utgangspunktet verdi=1. Indeks $i = 1, \dots, MS$ angir kildenummer ifølge inndatafilen, med $MS =$ antall dimensjonerte utslippskilder. Bare verdier for indeks-verdier som tilsvarer kildene spesifisert i RUNOFF.FOR blir brukt:

RNF	Generell faktor for alle tilførsler av N, P, C, Si, oksygen og varme. Brukes vesentlig for testformål, dvs. for å gjøre det lettere å diagnostisere feil i modellen ved å skru av alle tilførsler. Innvirker ikke på selve vannmengdene i tilførslene. Virker i tillegg til de andre koeffisientene.
QFW(i)	Faktor for vannmengde i tilførslene. Virker ikke på mengden av C, N eller P, men justerer mengden silisium, som er spesifisert som konsentrasjon i vannet [§]
QFP(i)	Faktor for fosforutslipp.
QFN(i)	Faktor for nitrogenutslipp.
QFC(i)	Faktor for karbonutslipp.

[§] I den modellversjonen som ble brukt i demonstrasjonskjøringene for indre Oslofjord i rapport 1 var dette annerledes, da var QFW en faktor på utslippet generelt, inkludert C, N og P, som altså ble modifisert med produktet av QFW og henholdsvis QFC, QFN eller QFP.

- QFS(i)** Faktor for silisiumkonsentrasjon.
- QFNH4(i)** Faktor på andel av nitrogen som foreligger som ammonium: virker som multiplikator på verdien gitt som QNH4_TAB i program-koden, opp til total ammonium-andel på 1.0.
(Ved indre Oslofjord-kjøringene ble det ved en feil brukt verdier = antatt ammonium-andel, slik at den totale ammonium-andelen ble noe lavere enn forutsatt. Det hadde vesentlig virkning på elvetilførslene, og innvirker neppe vesentlig på resultatet av simuleringene.)
- AIRTQF(i)** Grad av innvirkning fra lufttemperaturen på vanntemperatur, se kap. 5.3.2.

Modellen inneholder også noen konstanter som spesifiserer fordelingen av C, N og P mellom oppløste og partikulære komponenter. Oppløst C addererer seg til TOC, mens oppløst N og P adderes til nitrat/ammonium og fosfat. Den partikulære andelen addererer seg til detritus-fraksjonen i vannmassene (CDET, NDET og PDET) og vil synke og brytes ned på linje med det som produseres i fjorden. De koeffisientene som regulerer fordelingen er:

- QCDETF(i)** Partikulær andel av organisk karbon i utslippet (0-1)
- QNETF(i)** Øvre grense for partikulær andel av nitrogen i utslippet (0-1)
- QPDETF(i)** Øvre grense for partikulær andel av fosfor i utslippet (0-1)
- QNCDET** Øvre grense for N:C-forhold i partikulært materiale i utslippet (vekt:vekt)
- QPCDET** Øvre grense for P:C-forhold i partikulært materiale i utslippet (vekt:vekt)

De faktorene som er spesifisert ovenfor virker på hver kilde før eventuell overføring til andre utslipp. Faktorene står uendret inntil de endres av nye kommandoer, også fra simulering til simulering. De tre første spesifiseres separat for hver kilde, mens de to siste i den første modellversjonen er satt opp som felles konstanter for alle utslippene.

Et annet sett av koeffisienter gjør det mulig å flytte en kilde helt eller delvis, med de mengdene som gjelder etter omregningen, til andre utslipp enn det som er spesifisert i tabellen OUTLET_TAB:

- QTRNDX(i)** Nummer (index) på et annet utslipp som endel av kilde nr. i skal føres til. Normalverdi er $QTRNDX(i)=i$, altså det som normalt også står i **OUTLET_TAB(i)**, men det har egentlig ingen betydning så lenge $QTR=0$.
- QTR(i)** Verdi 0-1: Angir hvor stor andel av utslippsmengdene fra kilde nr. i som skal flyttes over fra utslipp til utslippsarrangement **QTRNDX(i)**. Dette omfatter vannmengde og stoffkomponenter proporsjonalt. Normalverdi er $QTR(i)=0$, da flyttes ikke noe av utslippet over.

Foreløpig er det bare lagt opp til å kunne flytte utslipp helt eller delvis til ett annet utslippsarrangement, en kan ikke fordele det på flere. En mer generell modell for variasjon og flytting av utslipp vil bli vurdert senere.

5.4. Randbetingelser - vannstand og vertikalprofiler i utenforliggende vannmasser.

I den topografiske beskrivelsen inngår en eller flere randområder, knyttet til modellbassengene ved definerte strømmingstverrsnitt. Transporten mellom modellbassengene og de ytre områdene beregnes på nøyaktig samme måte som transporten mellom modellbassengene, dynamisk styrt av forskjeller i vannstand og lagdeling. For modellbassengene virker transportene i sin tur tilbake på både vannstand og vertikalfordeling av tilstandsvariable (salt, temperatur oksygen, næringsstoffer etc.). Randområdene derimot regnes i modellen som uavhengig av modellbassengene, og variasjonen her må spesifiseres som inngangsdata til modellen. Vannstand må beskrives som funksjon av tid og tilstandsvariable som funksjon av tid og dyp uavhengig av hva som foregår av transporter. Dette impliserer at det antas at randområdene er så store, og har såpass stor gjennomstrømning at endringer i modellområdet ikke innvirker nevneverdig på forholdene i randen. Det ville i og for seg ikke være noe i veien for å omformulere grensebetingelsene slik at forholdene på randen var en eller annen kombinasjon av uavhengig bestemt variasjon og resultat av påvirkning fra modellområdet. Det ville i praksis si at vi ville legge inn en forenklet modell for omsetning og transport i randområdet (ytre Oslofjord) i forhold til større områder lenger ut (Skagerrak, Nordsjøen). Det er en mulig videreutvikling av modellapparatet.

Den delen av modellen som beregner randbetingelsene er foreløpig bare satt opp med ett randområde, tilpasset behovet for indre Oslofjord. Som beskrevet i forbindelse med de topografiske inngangsdata kan ett randområde kobles til flere bassenger, dersom det er aktuelt for andre fjorder, og det vil også være ganske enkelt å utvide til flere randområder.

I den foreliggende versjon av modellen er inngangsdata som beskrevet nedenfor lagt inn som som FORTRAN DATA-setninger i selve program-koden til en modul BOUNDARY.FOR, men dette kan forholdsvis lett endres til å lese inn data fra en fil, og koden kan også modifiseres slik at modellen kan håndtere variabelt antall randområder.

5.4.1. Vannstand på randen, tidevannsenergi

Vannstandsvariasjonen blir foreløpig forenklet beskrevet som en ren tidevannsvariasjon satt sammen av sinusformede komponenter. Vannstanden h ved tidspunkt t beregnes som:

$$h = \sum_{i=1}^{N_t} a_i \sin\left(\frac{2\pi t}{\tau_i}\right) - h_p P_{Atm} \quad (2)$$

hvor N_t = antall tidevannskomponenter, a_i =amplitude og τ_i =periode for tidevannskomponent nr. i . Det er ikke ansett å være nødvendig å legge inn faser relativt til tid $t=0$ her, men det kan lett gjøres. I tillegg til tidevannskomponentene er det lagt inn en kobling til lufttrykket P_{Atm} som leses inn som en del av de meteorologiske data, se kap. 5.2. Konstanten $h_p = 0.0013$ m/mb er bygd inn i programkoden, den er hentet fra Johannesen (1968). Sammenhengen her er basert på målinger i løpet av 1-2 måneder, og gjelder kortperiodiske variasjoner og ikke f.eks. årstidsvariasjoner.

Tidevannskomponentene spesifiseres i subrutine TIDAL i modul BOUNDARY.FOR, i følgende verditabeller (*arrays*):

AMPLITUDE(i)	(<i>m</i>)	a_i = Tidevannsamplitude i meter
PERIOD(i)	(<i>timer</i>)	τ_i = Periode i timer

Rapport 1 viser hvilke komponenter som inngår i randbetingelsene slik modellen er brukt på indre Oslofjord.

Vertikalblandingen i dypvannet er for indre Oslofjord antatt å være drevet av interne tidevannsbølger. Modellen for dette, og de koeffisienter som inngår, er beskrevet i kap. 10.2. I denne modellen inngår en faktor w_K for tidevannsenergien i forhold til gjennomsnittet. Faktoren beregnes ved å skrive om summen i ligning (2) på følgende form:

$$\begin{aligned} h_{\text{tidevann}} &= \sum_{i=1}^{N_i} a_i \sin(\omega_i t) = \sum_{i=1}^{N_i} a_i \sin(\bar{\omega} t + (\omega_i - \bar{\omega})t) \\ &= \left[\sum_{i=1}^{N_i} a_i \cos((\omega_i - \bar{\omega})t) \right] \cdot \sin(\bar{\omega} t) + \left[\sum_{i=1}^{N_i} a_i \sin((\omega_i - \bar{\omega})t) \right] \cdot \cos(\bar{\omega} t) \end{aligned} \quad (3)$$

hvor

$$\bar{\omega} = \frac{\sum_{i=1}^{N_i} a_i \omega_i}{\sum_{i=1}^{N_i} a_i}; \quad \omega_i = \frac{2\pi}{\tau_i} \quad (4)$$

Ligning (3) kan videre skrives:

$$h_{\text{tidevann}} = A_{\text{eff}} \sin \left[\bar{\omega} t + \arccos \left(\frac{A_{\text{cos}}}{A_{\text{eff}}} \right) \right] \quad (5)$$

hvor

$$A_{\text{eff}} = \sqrt{A_{\text{sin}}^2 + A_{\text{cos}}^2} = \text{effektiv amplitude i øyeblikket} \quad (6)$$

$$A_{\text{cos}} = \left[\sum_{i=1}^{N_i} a_i \cos((\omega_i - \bar{\omega})t) \right] ; \quad A_{\text{sin}} = \left[\sum_{i=1}^{N_i} a_i \sin((\omega_i - \bar{\omega})t) \right] \quad (7)$$

Siden A_{sin} og A_{cos} varierer bare langsomt i tid, kan de som en tilnærming regnes som konstante, og energien i den sammensatte svvingen blir da omtrent proporsjonal med A_{eff}^2 . Gjennomsnittlig verdi på A_{eff}^2 finnes ved å midle over lang tid, og siden vi da har

$$\overline{\cos((\omega_i - \bar{\omega})t) \cdot \cos((\omega_k - \bar{\omega})t)} = 0 \quad \text{for} \quad i \neq k \quad (8)$$

blir gjennomsnittsverdien

$$\begin{aligned} \overline{A_{\text{eff}}^2} &= \sum_{i=1}^{N_i} a_i^2 \cdot \left(\overline{\cos^2((\omega_i - \bar{\omega})t) + \sin^2((\omega_i - \bar{\omega})t)} \right) \\ &= \sum_{i=1}^{N_i} a_i^2 \end{aligned} \quad (9)$$

Relativ energi i kortperiodisk tidevannet beregnes da som

$$w_K = \frac{A_{eff}^2}{\sum_{i=1}^{N_i} a_i^2} \quad (10)$$

5.4.2. Vertikalfordeling av temperatur, salinitet og andre stoffkomponenter på randen

Vertikalfordelingen temperatur, salinitet og andre stoffkomponenter i randområdet beskrives som funksjon av tid og dyp. Det finnes ikke datagrunnlag til å beskrive situasjonen som et fullstendig og sammenhengende historisk tidsforløp. I stedet er det valgt å basere beskrivelsen på en statistisk analyse av hvordan hydrografien varierer over året, og ut fra denne beskrivelsen generere et tidsforløp.

Sjiktningen er beskrevet forenklet som en kontinuerlig profil, men med en dominerende tolags-sjiktning. For en variabel Y bestemmes verdien som funksjon av dyp z og tid t ved en funksjon :

$$Y(z, t) = (1 - f(z, t))Y_0(t) + f(z, t)Y_d(t) \quad (11)$$

hvor $Y_0(t)$ = konsentrasjon i overflaten.

$Y_d(t)$ = konsentrasjon på stort dyp.

$f(z, t)$ = en funksjon som går fra verdi 0 i overflaten til 1 for dypt vann.

Funksjonen $f(z, t)$ er den samme for alle konsentrasjonsvariable, og skal være et mål på hvor mye vannet i det aktuelle dypet er dominert av innflytelse fra dypvann i forhold til overflatevann. Den er parametrisert som en kontinuerlig funksjon av dypet z , bestemt av to sjiktningparametre som varierer i tid:

$z_1(t)$ = tykkelse av overflatesjiktet, dvs. dyp for overgang mellom overflatelag og sprangsjikt.

$z_2(t)$ = dyp for nedre grense av sprangsjiktet, dvs. i overgangen til det underliggende mer homogene laget.

Funksjonen $f(z, t)$ er beskrevet i detalj i appendiks 1, side 94ff. Den har et ikke-symmetrisk sigmoid forløp med en forholdsvis brå overgang mellom overflatesjikt og sprangsjikt og en mer gradvis overgang på undersiden av sprangsjiktet. Overflatesjiktet ned til dyp z_1 får en relativ variasjon på 10% av total variasjon med dypet, 75% skjer i sprangsjiktet fra dyp z_1 til z_1+h , mens de resterende 15% av den totale variasjonen ligger i dyplagene. Dette er i rimelig overensstemmelse med det bildet vi har av de hydrografiske data fra Drøbakssundet.

Funksjonene $z_1(t)$ og $z_2(t)$ er felles for alle variable, mens $Y_0(t)$ og $Y_d(t)$ selvsagt er separat for hver variabel. Alle disse funksjonene genereres som tidsserier ut fra en statistisk beskrivelse av årsvariasjonene. Hvis vi generelt betegner en slik tidsserie med $x(t)$, kan vi sette opp følgende formel for hvordan den genereres:

$$x(t) = \mu(t) + \varepsilon(t_e) \cdot \sigma(t) \quad (12)$$

Her er:

$\mu(t)$ = lineærinterpolert middelvei ut fra nærmeste månedsmiddel før og etter tidspunkt t . For dypene kommer også vindavhengighet inn her.

$\sigma(t)$ = lineærinterpolert standardavvik ut fra nærmeste månedsmiddel før og etter tidspunkt t .

$\varepsilon(t_e)$ = stokastisk verdi fordelt tilfeldig $N(0,1)$.

Middelvei $\mu(t)$ og standardavvik $\sigma(t)$ beregnes ut fra datatabeller som er lagt inn i programmet.

Tabellene inneholder: 1. Gjennomsnittsverdier pr. måned for overflate og dypvann
2. Standardavvik for tilfeldig variasjonen over tid innenfor en måned.

Lineærinterpoleringen går syklisk rundt årsskiftet, og månedsmidlene brukes som forventningsverdi for midtpunktet av hver måned.

Tabellene for salinitet, temperatur, oksygen, total-fosfor, total-nitrogen og silikat finnes i følgende variable i subrutine BOUNDARY:

<i>Gjennomsnitt</i>	<i>Standardavvik</i>	<i>Betydning:</i>	<i>Enhet</i>
SALM	SALD	Salinitet.	‰
TEMPM	TEMPD	Temperatur.	°C
OXYGM	OXYGD	Oksygen.	ml/l
TOTPM	TOTPD	Totalfosfor.	µg P /l
TOTNM	TOTND	Totalnitrogen.	µg N /l
TOTSM	TOTSD	Silikat, fritt + bundet i diatoméer.	µg Si /l

Alle tabellene er satt opp med $12 \cdot NBT$ dataverdier, hvor NBT er antall randområder (for indre Oslofjord $NBT=1$). For salinitet har vi f.eks.:

$SALM(i,k,n)$ = gjennomsnitt,

$SALD(i,k,n)$ = standardavvik

for måned nr $i=1, \dots, 12$, for henholdsvis overflate ($k=1$) og dypvann ($k=2$) for randområde n .

De seriene som beskriver sprangsjiktets beliggenhet er omtalt nedenfor i kap. 5.4.2.1. Selve datatabellene som ble brukt for Drøbaksundet er gjengitt i appendiks 2, side 96.

Den stokastiske variasjonen $\varepsilon(t_e)$ genereres ved hjelp av randomiserte tallrekker på en måte som er nærmere beskrevet i appendiks 3. Den består av en autoregressiv tidsserie med definert tidskonstant for variasjoner (for Drøbaksundet foreløpig satt til 7 døgn), og med standardavvik 1.0. Hver tidsserie har ulik stokastisk variasjon.

5.4.2.1. Spesielle forhold angående sprangsjiktets beliggenhet.

Dypene z_1 og z_2 er modellert på en litt spesiell måte i forhold til de andre tidsseriene:

- En tabell $DM(12,2,NBT)$ er satt opp for månedsmidlene:

Verdier $DM(i,1,n)$ angir middelvei for måned i av z_1 , dvs. overkant av sprangsjiktet.

Verdier $DM(i,2,n)$ angir \log_{10} av tykkelsen til sprangsjiktet i meter, altså $\log_{10}(z_2-z_1)$.

- Det brukes en konstant verdi gjennom året for standardavviket i den "tilfeldige" variasjonen i dypspesifikasjonene, men med ulik verdi for overkant og underkant av sprangsjiktet: $DDEV(k)$ hvor $k=1$ og 2 , hvor $k=1$ angir standardavvik på z_1 , og $k=2$ angir standardavvik på $\log_{10}(z_2-z_1)$.
- For z_1 gjelder en minste grense på 10cm for å unngå meningsløse negative verdier.
- Det er lagt inn en kobling til vind, ved at det til tidsseriene legges et ledd proporsjonal med vindstyrken i øyeblikket. For Drøbaksundet er det antatt at dypet z_1 , dvs. overkant av sprangsjiktet, varierer avtar lineært med nordlig vindstyrke, med en koeffisient 1.4m/(m/s). Øst-vest-komponenten antas ikke å ha noen betydning. For tykkelsen på sprangsjiktet er det ikke lagt inn noen avhengighet av vind i det hele tatt. Spesifikasjonen er lagt inn i en variabel $DBETA$ i subrutine $BOUNDARY$.

Primært genereres nå tidsserier for z_1 og $\log_{10}(z_2-z_1)$, og z_2 beregnes som:

$$z_2 = z_1 + 10^{\log_{10}(z_2-z_1)} \quad (13)$$

Hensikten med dette er å sikre at $z_2 > z_1$.

5.4.2.2. Spesielle forhold angående salinitet og temperatur.

For salinitet og temperatur gjelder følgende spesielle begrensninger:

- For salinitet er det satt en øvre grense på 35‰.
- Saliniteten i overflaten minskes om nødvendig i trinn på 1‰ inntil det oppnås tetthetsmessig stabilitet for vannsøylen i randen, dvs. at tetthet øker med dypet.

Temperaturen på randen kan som et alternativ spesifiseres av forholdene inne i modellen, dvs. i hovedsak av varmeutvekslingen med atmosfære og soloppvarming. Dette aktiveres ved å sette ACSL-variabel $FIXTMP=.false$. Da vil temperaturen på randen for hvert dyp settes lik arealmidlet temperatur på samme dyp i modellbassengene. Dette er lagt inn som et hjelpemiddel til å teste ut overflateutvekslingen av varme, uten påvirkning av randbetingelser.

5.4.2.3. Spesielle forhold angående nitrogen.

Datatabellen inneholder observert total-nitrogen som inkluderer en antatt lite biologisk omsettelig komponent. Se mer om dette i rapport 2. For totalnitrogen reduseres derfor konsentrasjonene i forhold til det tabellen gir med $100\mu\text{g/l}$, ut fra en vurdering av at dette er en forholdsvis lite organisk aktiv komponent, som ikke bør tas med som biologisk omsettelig nitrogen.

5.4.2.4. Spesielle forhold angående silikat.

Silikat-konsentrasjoner er mye høyere i ellevann ($\approx 1000\mu\text{gSi/l}$), mens det i Nordsjøen kan antas å være bakgrunnsverdier omkring $100\text{--}120\mu\text{gSi/l}$. Horne (1966) oppgir overflateverdier i Nordatlanten til $50\text{--}160\mu\text{gSi/l}$, og vinterkonsentrasjoner i den engelske kanal omkring $100\text{--}120\mu\text{gSi/l}$ ($4\text{--}5\mu\text{M}$). Det er derfor grunn til å regne med at fornyingsvannet utenfra til Oslofjorden kan inneholde maksimalt ca. $100\mu\text{gSi/l}$.

De verdier som er lagt inn for silikat i overflaten i datatabellen ($\text{TOTSMD}(i,1,n)$, og $\text{TOTSD}(i,1,n)$) antas å gjelde for rent ferskvann, idet de er satt opp på basis av data for Drammenselva og Glomma. Data for overflaten beregnes ut fra disse verdiene ved å ta hensyn til saliniteten:

$$Si_1(Sal) = \max \left\{ \begin{array}{l} 100 \\ Si_1 \cdot (1 - 0.04Sal) \\ \min \left\{ \begin{array}{l} Si_2 \\ 17 \cdot (Sal - 25) \end{array} \right\} \end{array} \right\} \quad (14)$$

Her er Si_1 og Si_2 de verdiene som er lagt inn i datatabellene for henholdsvis ferskvann og dypvann, mens $Si_1(Sal)$ er silikatkonsentrasjonen i overflaten. Beregningsmåten innebærer altså for det første at $100\mu\text{gSi/l}$ er en nedre grense for konsentrasjonen i overflaten. Dernest anvendes en nedre grense gitt ut fra ferskvannspåvirkningen, hvor konsentrasjonen avtar lineært med saliniteten, slik en vil få ved blanding av ferskvann med sjøvann med lavere konsentrasjon. Hvis saliniteten blir større enn 25‰ kan den øke med saliniteten, dette skal avspeile at det da dreier seg om påvirkning fra dypvann med høy silikatkonsentrasjonen. Denne økningen gir likevel aldri konsentrasjoner i overflaten som er høyere enn spesifisert dypvannskonsentrasjon.

Modelleringen har et sterkt *ad hoc* preg, og kan vel ikke sies å være helt tilfredsstillende. Den er likevel satt opp ut fra analyse av data for sammenhengen mellom silikat og salinitet i overflatevannet i indre Oslofjord (Data fra prof. E. Paasche ved universitetet i Oslo), og bør gi iallfall noenlunde rimelige verdier.

6. Tidsrom og tidsoppløsning - variable og modellkonstanter.

I dette kapitlet beskrives endel ACSL-konstanter og variable som brukes til å regulere tidsoppløsning og simuleringstidsrom, og som gir informasjon om tidsaspektet ved simuleringen. Mønsteret for beskrivelse av ACSL-konstanter og variable er gitt på side 22.

6.1. Hvordan kontrollere beregningstidsrom

Tidsrommet for simuleringen og intervall for lagring av resultater spesifiseres ved følgende ACSL-konstanter, som kan settes av bruker med kommando **SET navn=verdi**:

TSTART	0	(dager)	Starttid for ny simulering (år), får virkning ved neste START-kommando. Hvis TSTART >0 vil simuleringen starte et stykke ut i kalenderåret, f.eks. vil TSTART=0.5 bevirke at neste simulering (START) starter pr. 1.juli. Dette har innvirkning på de inndata som er knyttet til årssyklus, dvs. meteorologiske data og utslippsdata.
DTTERM	360	(dager)	Tidsrom simuleringen skal gå over. Simuleringen vil gå fra TSTART til TTERM=TSTART+DTTERM. Variabelen TTERM vedlikeholdes av programmet, og skal ikke endres av bruker.

Disse to variablene settes før en simulering startes. Hvis en simulering er fullført frem til spesifisert sluttidspunkt og en ønsker å fortsette simuleringen økes verdien på **DDTERM** før **CONTIN**-kommando.

6.2. Hvordan kontrollere intervaller for lagring av resultater - kommunikasjonsintervall

Konstantene nedenfor regulerer tidsintervallet mellom utskrift eller lagring av tilstand for senere utskrift eller plot. De kan endres av bruker ved **SET**-kommandoer.

CIMIN	1	(dager)	Nedre grense for tidsintervallet
CITFAC	0.1		Nedre grense for forholdet mellom simuleringsintervall hittil og neste tidsintervall.
CIMAX	7	(dager)	Øvre grense for tidsintervallet
CIBASE	0.5	(dager)	Verdi mellom 0 og 1, angir plassering av utskriftidspunktene innenfor døgnet. Verdi 0.5 gir normalt utskrifter kl. 12.00, altså midt på dagen, mens verdi 0 eller 1 gir utskrifter kl.24.00. NB! Bare desimaldelen av denne variablene benyttes.

Grenseverdiene anvendes i den rekkefølgen de er beskrevet, ved følgende algoritme, hvor **CINTV** er kommunikasjonsintervallet:

$$\begin{aligned} \text{CINTV} &= \text{MAX}(\text{CIMIN}, (\text{T}-\text{TSTART}) * \text{CITFAC}) && \text{(Største nedre grense)} \\ \text{CINTV} &= \text{MIN}(\text{CINTV}, \text{CIMAX}, \text{TTERM}-\text{T}) && \text{(Innenfor øvre grense og innenfor beregningsintervall)} \end{aligned}$$

Hvis **CINTV=CIMAX** og **CIMAX** er et helt tall ≥ 1.0 :

Utvid intervallet opp til nærmeste tidspunkt ut fra CIBASE

Uavhengig av dette vil tidsintervallet alltid settes ≥ 0.01 dag, eller frem til spesifisert slutt-tid **TTERM** hvis det er kortere.

6.3. Hvordan regulere tidsopløsning for beregningen

For å regulere tidsopløsningen, dvs. oppdelingen i integrasjonsskritt, brukes modellkonstanter som settes av bruker. Dette kombineres med interne mekanismer som hindrer for store integrasjonstidsskritt. Det skjer ved at det under beregning av prosessratene som f.eks. næringsopptak akkumuleres informasjon om relativ endringsrate for de forskjellige stoffkonsentrasjoner, og dette brukes til å finne en øvre grense for tillatt tidsskritt, slik at endringen pr. tidsskritt ikke blir for stor. En tilsvarende grense finnes for vanntransportene. Som tidsskritt brukes hver gang den laveste av de grenseverdier modellen finner frem til ut fra alle spesifiserte grenser og prosessrater, men det sørges for at tidsskrittet alltid er >0 . Ved slutten av hvert kommunikasjonsintervall reguleres tidsskrittet ned slik at lagring eller utskrift av resultater blir gjort eksakt til spesifiserte tidspunkter.

De grensene som spesifiseres av bruker som ACSL-konstanter er:

STPLIM	1.0	(dager)	Angir en generell øvre grense for integrasjons-tidsskrittet
DAYDIV	4.0		Angir minste antall tidsskritt over den lyse del av døgnet. Brukes til å sikre at døgnavariasjonene i primærproduksjon kan beskrives tilstrekkelig nøyaktig.

Andre variable som bestemmer tidsopløsning for deler av modellen:

DTJET M	0.5	(dager)	Tidsintervall mellom hver gang fortykning og innlagring for dykkede utslipp beregnes på nytt. Mellom hver ny beregning benyttes det samme forløpet i hvert tidsskritt, idet det antas at endringene ville være uvesentlige. Bidrar til at modellen kan kjøres noe raskere.
--------------------------	-----	---------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.4. Variable som angir tidspunkt eller har tilknytning til tid.

Tidspunkt underveis i simuleringen finnes først og fremst i disse variablene, som beregnes av programmet:

T	(dager)	Løpende tidspunkt, oppdateres av ACSL-sytemet som såkalt uavhengig variabel (erklært som VARIABLE i ACSL-programmet, kfr. ACSL-manual). Angir tiden i dager hvor $T=0$ alltid er et årsskifte, og året regnes å ha 365 dager.
YEARS	(år)	Tidspunkt T omregnet til år, med tid på året som desimaldel.

En av disse variablene må legges inn i PREPAR-listen før simuleringen startes dersom det skal kunne foretas tidsplott etterpå. Legges den inn først i PREPAR-listen vil PLOT automatisk gi tidsplott dersom annet ikke spesifiseres. Ved tidsplott av variable fra siste simulering kan den samme variabelen også angis som parameter i underkommando 'XHI'= , dvs. at gjeldende verdi brukes som øvre grense på X-aksen. Se mer om det under beskrivelsen av PLOT-kommandoen foran.

I tillegg til dette vedlikeholder modellen noen variable med tilknytning til tid eller tidsopløsning som er mest til internt bruk, eller som mulig informasjon til bruker:

TINTEG, TDERIV	(dager)	Brukes av rutinen CNCADJ for å kontrollere oppdateringen av tilstandsvariable. Vil alltid være like og $=T$ etter stopp eller avbrudd av simulering.
---------------------------------	---------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

TCOMM	(dager)	Inneholder tidspunkt for sist fullførte kommunikasjonsintervall.
CINTV	(dager)	Lengde av siste kommunikasjonsintervall
TTERM	(dager)	Inneholder sluttidspunkt, = TSTART+DTTERM .
NDERIV		Teller antall tidsskritt som er utført siden simuleringen ble startet. Kan endres av bruker, f.eks. nullstilles for å måle antall tidsskritt for en mindre del av simuleringstidsrommet.

Hjelpevariabel som brukes av modellen for å justere integrasjonstidsskrittet:

MAXINT	- maksimalt tidsskritt for integrasjon
MXTBIO	- maksimalt tidsskritt ut fra biologiske prosesser
MAXTTR	- maksimalt tidsskritt ut fra vanntransport
TSTEP	- faktisk valgt tidsskritt

7. Modell-dimensjoner - topografi og dypinndeling.

Modellen er i utgangspunktet satt opp med visse øvre grenser for antall bassenger, antall lag etc, ved at det er definert bestemte maksimal-lengder (*dimensjoner*) på verditabeller (*arrays*) i programkoden. Disse grensene kan forandres, men dette krever at kildekoden endres litt, og at det kjørbare programmet bygges opp på nytt. Prosedyren for dette er beskrevet i kap. 14.1.

Når første simulering startes vil programmet først lese inn topografi-filen, og sette opp laginndeling tilpasset dimensjonene i programmet. Normalt vil programmet da søke å operere med så fin oppdeling som mulig. Innenfor de grensene som er satt kan modellen håndtere ulike topografier, og varierende dyp-inndeling. For å variere dypinndelingen må brukeren endre på et sett av ACSL-konstanter, dette er beskrevet i neste avsnitt.

7.1. Endring av dypinndeling med SET-kommandoer.

Laginndelingen kan styres ved å endre konstantene nedenfor før ny START-kommando gis. Endringene får først virkning når det gis en START-kommando.

NLIMAX	40	Maksimalt antall lag som ønskes tilsammen i alle modellbassenger. NLIMAX settes som standard = maksimal tillatt verdi ifølge dimensjoneringen av modellen, se kap. 14.1. side 90, men kan eventuelt gis en lavere verdi før START -kommando for å begrense antall lag mer enn det modellen er satt opp til å gjøre. På den måten kan en prøve med ulike dypinndelinger uten å måtte bygge en ny versjon av modellen.
DPFACT	1.2	Faktor for økning av sjikttykkelse på store dyp. Må settes ≥ 1 . Denne verdien blir holdt konstant når modellen setter opp laginndelingen.
DDPMIN	3.2	Angir en første gjetning på minste sjikt-tykkelse nær overflaten. Under justering av dypinndelingen vil modellen justere denne verdien.

DDPMIN blir justert slik at en kommer så nær opptil maksimalt antall lag som mulig slik modellen er satt opp, med gitt verdi på **NLIMAX** og **DPFACT**. Det har ikke så stor

betydning hva **DDPMIN** settes til som utgangspunkt, men det kan innvirke litt på sluttresultatet.

For å finne frem til en hensiktsmessig dypinndeling kan det være hensiktsmessig å prøve med forskjellige verdier på konstantene ovenfor før en starter en reell simulering. Anbefalt måte er da først å sette simuleringstidsrommet til 0 med kommando **SET DTTERM = 0**. Deretter kan en gjentatte ganger variere konstantene **NLIMAX** og **DPFACT** og gi ny **START**-kommando. Dette vil initiere en simulering, og automatisk lese inn og sette opp topografien på nytt etter nye spesifikasjoner. Resultatet kan kontrolleres med **DISPLAY**-kommandoer (**ND**, **DEPTH**, **AREA**, **VLAYER** etc.). Når ønsket dypinndeling er oppnådd settes **DTTERM** til ønsket simuleringstidsrom, og simuleringen startes med **START** eller **CONTIN**. Mekanismen bruker også tre variable **STARTD**, **NLMPRV** og **DPFOLD**. De skal ikke settes av bruker, iallfall ikke før første **START**-kommando.

7.2. Variable som beskriver topografi

Etter at topografien er lest inn i forbindelse med start av en simulering vil den fysiske oppdelingen i modellen være definert i variablene nedenfor, innenfor grenser som er satt i modell-koden. Verdiene her forandrer seg ikke gjennom simuleringene.

Variable som angir lengde av verditabeller (arrays), eller adresser (indekser) i slike tabeller må ikke endres direkte av bruker, selv om det ikke er noen sperre mot det. De utgjør et funksjonelt hele, og samvirker med andre deler av modellen, bl.a. brukes de til å adressere verditabeller under beregningene. Direkte endringer kan gi uforutsigbare resultater - og eventuelt få modellprogrammet til å gå i stå. Variable som angir fysiske størrelser kan i og for seg endres, men det beste er å rette i den topografiske beskrivelsen som leses inn til programmet.

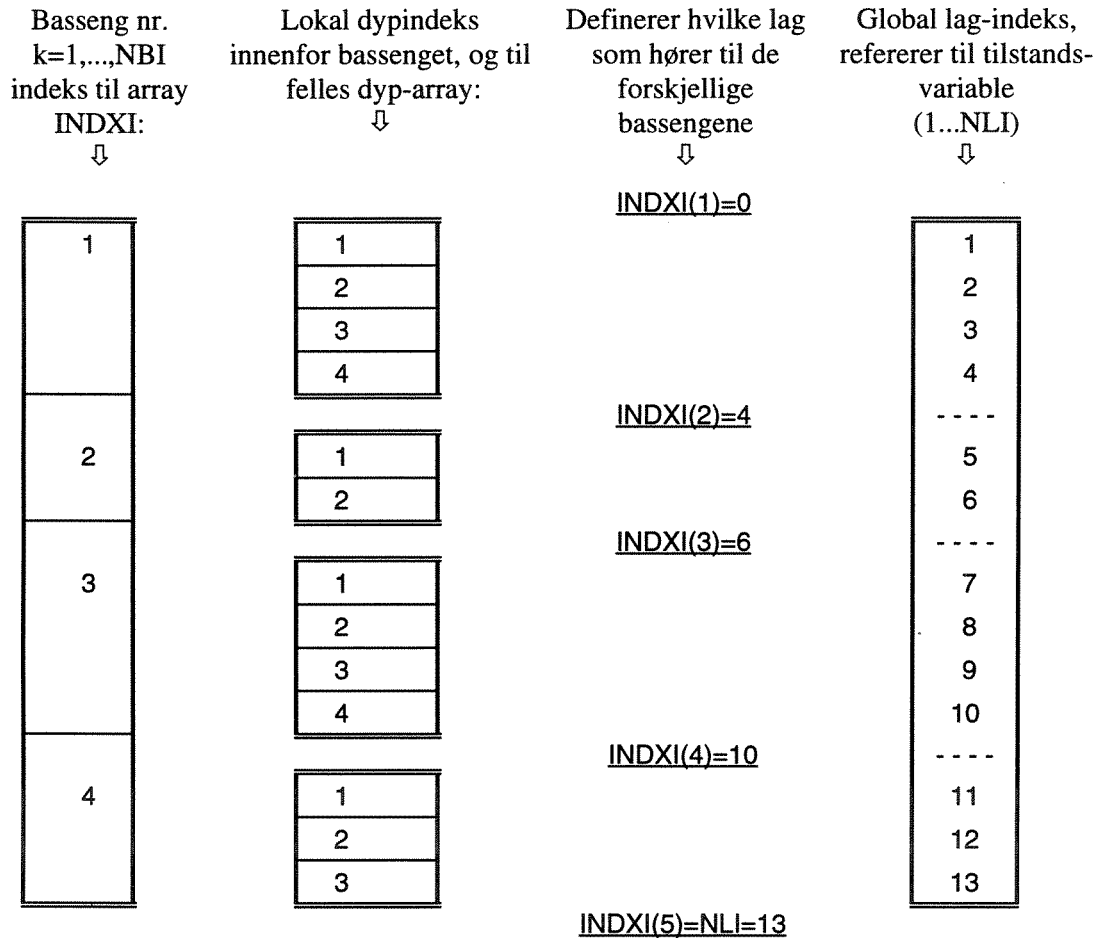
7.2.1. Dypinndeling, felles for alle bassenger og randområder.

ND	Maksimalt antall lag i ett basseng
DEPTH(j) j=1,...,ND+1	Dybdeverdier som avgrenser lagene. Dypinndelingen er felles for alle bassenger. DEPTH(j) er dypet i overkant av lag j innenfor et basseng, når j = 1 er overflate-laget, og lagene nummereres fortløpende mot økende dyp. DEPTH(ND+1) er nedre grense for største bunndyp i bassengene.

7.2.2. Oppdeling i bassenger og lag.

<i>Bassenger</i>	<i>Rand</i>	
NBI	NBE	Antall hhv. bassenger eller rand-områder
NLI	NLE	Summen av antall lag over henholdsvis indre og ytre bassenger.
INDXI(k) , k=1,...,NBI+1	INDXE(k) , k=1,...,NBE+1	Indeksgrenser for arrays som beskriver topografi og tilstand i de forskjellige bassengene. Internt basseng nr. k omfatter lagene med global indeks fra og med INDXI(k)+1 til og med INDXI(k+1) , slik at lag nr. j etter lokal nummerering innenfor bassenget k har indeks nummer INDXI(k)+j , og omfatter dypintervallet DEPTH(j) til DEPTH(j+1) .
NLIDIM		Maksimalt antall lag de interne bassengene kan inneholde til sammen. Settes av programmet som informasjon til bruker, og er bla. nyttig når en skal adressere elementer i verditabellene som beskriver fytoplankton (se kap. 8.1.).

Oppdelingen i interne bassenger og lag spesifisert av NBI, NLI og INDXI kan illustreres med eksemplet nedenfor. Beskrivelsen av ytre områder er tilsvarende, men basert på NBE, NLE og INDXE:



7.2.3. Topografisk beskrivelse av indre bassenger:

Variable med en verdi pr. basseng, indeks k=1,...,NBI:

VTOTZ(k)	(m ³)	Total vannvolum ved start-tidspunkt.
ZBOTMI(k)	(m)	Største bunndyp i bassenget ved vannstand=0
LSHORE(k)	(m)	Strandlinje - brukes ikke foreløpig.
NLVOPN(k)		Antall modell-lag i bassenget som ikke er avstengt av terskler

Variable med en verdi pr. lag, indeks i=1,...,NLI;

i=INDXI(k)+j≤INDXI(k+1) angir lag nr. j fra overflaten (dyp j til j+1) i basseng k

AREA(i)	(m ²)	Horisontalt areal på toppen av laget, dvs. ved dyp nr. i-INDXI(k)
BOTTOM(i)	(m ²)	Bunnareal innenfor det dypintervallet laget ligger i.
VFRAC(i)		Andel av totalt volum som tilhører lag nr. i.

7.2.4. Forbindelser mellom bassenger og mot randområder

Forbindelsene mellom to og to bassenger leses også inn som en del av den topografiske beskrivelsen, som beskrevet i kap. 5.1. Modelldimensjonene når det gjelder beskrivelse av forbindelser blir satt i følgende variable:

NC	Antall forbindelser (transportverrsnitt) definert mellom bassengene.
NLC	Samlet antall lag som inngår i transportverrsnittene, summert over alle forbindelsene, gitt dypinndelingen ovenfor.
INDXC(k), k=1,NC+1	Indeksgrenser for arrays som beskriver topografien og tilstandsvariable knyttet spesielt til forbindelsene, etter samme mønster som for bassengene og randområdene ovenfor: Forbindelse nr. k omfatter den del av slike arrays som har indeks fra og med $INDXC(k)+1$ til og med $INDXC(k+1)$. Den siste verdien $INDXC(NC+1)=NLC$. Lag nr. j fra overflaten i forbindelse nr. k har altså indeksnummer $INDXC(k)+j$, og omfatter dypintervallet $DEPTH(j)$ til $DEPTH(j+1)$.

Forbindelsene er nærmere beskrevet i verditabellene (*arrays*) nedenfor. Dimensjoner er angitt i parentes.

BCONN1(NC), BCONN2(NC)	Nr. på de to bassengene som er forbundet med hverandre. $BCONN1(i)$ vil alltid ligge i området $[1, \dots, NBI]$ og angir alltid et internt modellbasseng. $BCONN2(i)$ kan angi enten et internt basseng eller et ytre randområde: Hvis $BCONN2(i) > 0$ angir det annet internt modellbasseng, dvs. at forbindelsen er et strømmingstverrsnitt mellom to interne bassenger. Hvis $BCONN2(i) < 0$ ligger absoluttverdien i området $[1, \dots, NBE]$, og angir et av de ytre randområdene, da er forbindelsen altså en kobling mellom et modellbasseng og ytre randen.
ZSILL(NC)	Største dyp i strømmingstverrsnittet, terskeldypet.

7.2.5. Buffervolumer rundt forbindelsen mellom bassenger og mot randområder

I modellen skiller mellom to former for totalvolum i et basseng:

1. Dynamisk bestemt volum (V_d), som er uttrykk for hvor mye vann som finnes i bassenget, uansett hvor vannet hører hjemme ut fra sin sammensetning. Dynamisk volum angir mengde vann mellom faste fysiske grenser, og er bare et annet mål på vannstanden i bassenget: $\delta V_d \cong \delta h \cdot A_0$, hvor A_0 er areal av overflaten og δV_d og δh er variasjoner i henholdsvis dynamisk volum og vannstand i forhold til midlere verdier. Vannstanden er med på å styre transportene ved de trykkfeltene som skapes av vannstandsforskjeller, det er bakgrunnen for betegnelsen "dynamisk volum".
2. Massevolum (V_m), som er uttrykk for hvor mye vann som hører hjemme i bassenget, dvs. har egenskaper typisk for dette bassenget. Stofftransport mellom bassengene er knyttet til permanent overføring av vann mellom disse volumene, dvs. at nytt vann også må blandes inn i hovedvolumet i det bassenget det kommer til før det bidrar til permanent stofftransport. Massevolumet er derfor ikke knyttet til helt faste fysiske grenser.

Dynamisk volum (vannstand) kan variere over tid i et basseng uten at massevolumet må variere tilsvarende. I stedet kan de fysiske grensene mellom massevolumene tenkes å forskyves i takt med bølgebevegelsen.

Ved fluktuerende strømmer frem og tilbake gjennom en forbindelse, f.eks. i forbindelse med tidevann, vil det delvis være det samme vannet som strømmer frem og tilbake, og masseutvekslingen blir ikke gitt direkte av de dynamiske transportene. Topografien til kyst og bunn vil være avgjørende for hvordan strømmønsteret og den turbulente blandingen blir, og derved for den effektive vannutvekslingen.

For å kunne ta hensyn til slike ting innenfor den forenklete beskrivelsen som en horisontal-integrert modell representerer, er det for hver forbindelse definert buffervolumer for de lagene som ligger ovenfor terskelen mellom bassengene. De virker slik at fluktuerende vanntransporter mellom disse lagene får begrenset virkning på utvekslingen av vann og stoffkomponenter mellom bassengene. Buffervolumene må settes skjønnsmessig eller ved empirisk tilpasning av modellresultater til målinger.

Strukturen for buffervolumene er vist i figur 6. På hver side av en forbindelse, altså for hvert av de to bassengene som er forbundet, spesifiseres en serie buffervolumer $V_{buf}(i,j)$, ett for hvert lag ovenfor terskeldypet. Disse buffervolumene betegnes i ligningene nedenfor generelt med V_{buf} uten indeks, det betyr da ett eller annet element i en matrise av verdier som er definert for hver forbindelse.

	Basseng 1:	Basseng 2:
Lag 1:	$V_{buf}(1,1)$	$V_{buf}(2,1)$
Lag 2:	$V_{buf}(1,2)$	$V_{buf}(2,2)$
...
Lag N:	$V_{buf}(1,N)$	$V_{buf}(2,N)$

Figur 6. Strukturen for buffervolumene på overgangen mellom to bassenger.

For hvert buffervolum er det definert en øvre grense, og et mindre overgangsvolum V_{tr} , som brukes til å angi en viss gradvis overgang mellom regulering av buffervolum og permanent massetransport, som beskrevet i rapport 2. Tilstanden til buffervolumene defineres ved en fyllingsgrad som varierer fra 0 til 1. Fyllingsgrad 0 angir at buffervolumet er fylt opp av vann fra det bassenget det tilhører. Fyllingsgrad 1 angir at buffervolumet er helt fylt av vann fra det andre bassenget, og dette vannet antas å ha de samme egenskaper som i det bassenget det kom fra.

Grensene for buffervolumene er lagt inn i følgende variable, som settes av modellen ut fra spesifikasjon i topografi-filen, (se kap.5.1.):

- TCVBUF(2,NC)** (dager) Tidskonstanter for blanding mellom buffervolumer og tilhørende hovedbasseng.
- VBUFMX(2,NLC)** (m^3) Største buffervolum for lagene på hver side av forbindelsen. Verdi nr. (1,3,...,2*MLC-1) gjelder for basseng spesifisert av BCONN1, mens verdi nr. (2,4,...,2*MLC) gjelder basseng spesifisert av BCONN2.
- VBUFTR(2,NLC)** (m^3) Den del av buffervolum hvor det skjer gradvis overgang mellom bufferfylling og permanent transport, se den faglige modellbeskrivelsen. Indekser som for VBUFMX.
- WIDTH(NLC)** (m) Bredde av strømingstverrsnittet i overkant av hvert lag. Bunnen av nederste lag er bredden alltid = 0, uten at det er lagret spesielt i noen variabel.

8. Tilstands- og prosess-variable som kan skrives ut og/eller plottes.

Nedenfor gis en oversikt over de aller fleste av de variablene som er definert i modellen, og som brukeren har tilgang til gjennom kommando-grensesnittet, ved de kommandoene som er nevnt foran, i plott og utskrifter. Det finnes noen variable som ikke er nevnt her, for å se betydningen av dem henvises til programkoden.

8.1. Dynamiske tilstandsvariable som beskriver vannstand, volumer og transporter

Følgende variable som beskriver vannstandsendringer:

ZSURFE(NBE)	(m)	Vannstand i ytre randområder, beregnes ut fra lufttrykk og tidevann uavhengig av hva som skjer inne i modellen
DZDTX(NBE)	(m/dag)	Tidsderivate av tidevannskomponentene av ZSURFE.
EMIXRL		Relativt mål på energien i tidevannet, beregnes som del av randbetingelsene, er proporsjonalt med kvadrat av amplituden for korttidsfluktuasjoner i vannstand, og gir variasjon i blandingsenergi over tid, se kap 5.4.1. og kap. 10.2. Variabelen har bare en verdi, fordi modellen foreløpig lar vannstanden variere på samme måte i alle randområder.
ZSURFI(NBI)	(m)	Vannstand i modellbassengene, beregnes som resultat av tidsintegrerte vanntransporter, dvs. volumbalanse for hvert basseng.

Variable som beskriver varierende vannvolumer, og strømhastigheter:

VLAYER(i) i=1 til NLI. betvdingn gitt av INDXI	(m ³)	Volum som tilhører lag i. For lag som ligger ovenfor et terskeldyp i tilknytning til bassenget vil verdien varierer litt over tid, ettersom vann strømmer frem og tilbake over terskelen. Variasjonen er delvis knyttet til vannstandsvariasjon og delvis til fylling og tømning av buffervolumene som der beskrevet et annet sted i denne rapporten.
VFROPN(NBI)	(m ³)	Andel ($\Sigma=1$) av volum i de åpne lagene, som ikke er helt avstengt av terskler.
UFLOW(NLC)	(m/s)	Gir dynamisk bestemt strømhastighet i hvert lag i forbindelsene mellom bassenger. Verdi nr. INDXC(k)+j gjelder lag nr. j regnet ovenfra i forbindelse nr. k. Verdier >0 angir strøm fra basseng nr. BCONN1(k) til BCONN2(k), verdier <0 motsatt vei.

Variabelen VLAYER ovenfor gjelder det som ovenfor ble kalt *massevolum*, altså det vann som tilhører laget, uansett om det befinner seg i et annet basseng.

Til å se forskjellen mellom mellom dynamisk volum og massevolum finnes følgende variable:

Integerert verdi (m ³)	Endring/tid (m ³ /dag)	Betydning:
VBUF(2,NLC)	VBUFDV(2,NLC)	Fylling av buffervolumer for forbindelsen mellom bassengene. Indekser som for VBUFMX etc. i kap.7.2.5. Verdier med indeks(k,i) gjelder lag nr. i ifølge indeksarray INDXC, og basseng k=1 eller 2 i den rekkefølge bassengene er definert i forbindelsen, dvs. gitt av BCONN. Verdier >0 angir hvor stor del av buffervolumet i basseng k som er fylt med vann fra det andre bassenget.
VDYN(2,NBI)	VDYNDV(2,NBI)	Variasjon i "dynamisk volum", dvs. det volum som befinner seg fysisk i bassenget, enten det tilhører bassenget eller det tilhører andre bassenger men ligger som del av buffervolumer i bassenget. Startverdi=0, dvs. VDYN angir avvik fra VTOTZ. Varierer som funksjon av vannstanden. Første indeks (1 eller 2) angir to ulike beregningsmåter: 1: Direkte ut fra vannstandsvariasjoner 2: Ved summering av dynamiske transporter Disse to beregningsmåtene skal stemme overens, slik at verdiene er parvis like.
DVTOT(NBI)	VTOTDV(NBI)	Variasjon i det vannvolum som tilhører bassenget. DVTOT angir avvik fra start-verdi VTOTZ for hvert basseng. VTOTZ+DVTOT = det volum som tilhører bassenget, dvs. dynamisk volum - vann fra andre bassenger innenfor buffervolumene + vann som tilhører bassenget men befinner seg i buffervolumer i andre bassenger (se nærmere beskrivelse av buffervolum-mekanismen i rapport 4).

I tillegg finnes noen kontrollvariable for volumbalanse og konsistens i bufferbeskrivelsen, de er beskrevet i kap. 13.1.

8.2. Variable som beskriver blandingsprosesser etc.

DENSI(i) i=1,..,NLI	σ_t -enheter	Tetthet i lag i, beregnet som funksjon av salinitet og temperatur.
BWFREQ(I) i=1,..,NLI	s ⁻¹	Stabilitet gitt som Brunt-Väisälä frekvensen N, definert ved: $N = [g \cdot (d\rho/dz)/\rho]^{1/2},$ hvor ρ = vannets tetthet, z=dypet og g=gravitasjonskonstanten 9.81 m/s ² . Verdi nr. i gir stabiliteten fra lag I-1 til I, det gjelder bare hvis de to lagene tilhører samme basseng.

8.3. Variable som beskriver værpåvirkning.

Meteorologiske data og verdier direkte avledet av dem:

AIRTMP	°C	Lufttemperatur
AIRP	mbar	Lufttrykk
HUMGM3	g/m ³	Luftfuktighet
CLOUDS	[0,...,9]	Skydekke 0-9, meteorologisk skala (skyer: 0-8, tåke:9)
WINDN	m/s	Nordlig vindkomponent
WINDE	m/s	Østlig vindkomponent
WNDSPD	m/s	Vektoriell vindhastighet = $\sqrt{\text{WINDN}^2 + \text{WINDE}^2}$
PRECIP	m/s	Nedbør som avsetningshastighet på overflaten
EVAP(NBI)	m/s	Fordampning, øyeblikksverdier

Lys-stråling, som estimert gjennomsnitt over kommende tidsskritt:

SINHS		Solhøyden som sinus til vinkelen med horisonten.
SUNRAD	W/m ²	Total strålingsenergi i direkte sollys pr. horisontal flate, inkludert virkning av skydekke
DIFRAD	W/m ²	Global strålingsenergi i diffust lys pr. horisontal flate, inkludert virkning av skydekke
RAD(NLI)	W/m ²	Lysstråling midt i lag nr.i. Adresseres ifølge indeks INDXI.
QABS(2)	W/m ²	(1): Solenergi absorbert i overflaten (2): Solenergi absorbert gradvis med dypet

Varmebudsjett for utveksling gjennom overflaten:

QOUT(5,NBI)	W/m ²	Varmetransport gjennom overflaten QOUT(k,i) gjelder basseng i: k=1: Netto varmetap til atmosfæren k=2: Innkommende langbølget varmestråling k=3: Varmestråling fra vannflaten k=4: Netto varmetap ved fordampning-kondensasjon k=5: Netto varmetap ved varmeledning
--------------------	------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Vær-variablene ovenfor er øyeblikksverdier. Siden kommunikasjonsintervallet vanligvis vil være langt i forhold til perioden for variasjon i været vil de verdiene som er tatt vare på fra et simuleringsforløp bare gi et ufullstendig bilde av de tidsseriene som har innvirket på simuleringen. For at det skal være mulig å få et riktigere bilde av innvirkningen fra været over integrasjonsperioden enn det de lagrede øyeblikksverdiene kan gi, inneholder modellen et sett av variable som gir integrerte og gjennomsnittlige verdier over siste kommunikasjonsintervall av noen av verdiene ovenfor, eller for uttrykk beregnet av dem. Det er nyttig hvis en vil se på sammenhengen mellom de meteorologiske påvirkninger på den ene siden og tilstandsvariablene

for vannmassene på den andre siden. De siste vil i stor grad representerer integrerte virkninger.

Dette settet av variable kan beskrives generelt på denne måten:

SUMTIM	(dager)	Angir hvor langt tidsrom integralene og gjennomsnittsverdiene nedenfor representerer.
xxxI	(enhet: se nedenfor)	xxxI står for et variabelnavn etterfulgt av bokstaven I, og er et integral av en annen variabel eller et uttrykk over tidsrom fra T-SUMTIM til T. Hvis det uttrykket som er integrert har enhet E, vil xxxI ha enheten E·dag.
xxxD	(enhet: se nedenfor)	xxxD står for samme variabelnavn som over, men nå etterfulgt av bokstaven D, og er gjennomsnitt av det integrerte uttrykket over tidsrommet fra T-SUMTIM til T, med samme enhet. Hvis SUMTIM=0 vil xxxD=øyeblikksverdien av det opprinnelige uttrykket.

De variablene som er definert med et slikt system er:

Variabel med øyeblikksverdi, beskrevet ovenfor.	Enhet for øyeblikksverdi og gjennomsnitt:	Variabel med integrert verdi	Variabel med gjennomsnittsverdi
QOUT(5,NBI)	W/m ²	QOUTI(5,NBI)	QOUTD(5,NBI)
QABS(2)	W/m ²	QABSI(2)	QABSD(2)
SUNRAD+DIFRAD	W/m ²	QGI	QGD
AIRTMP	°C	AIRTI	AIRTD
WINDN²	(m/s) ²	WN2I	WN2D
WINDE²	(m/s) ²	WE2I	WE2D
UFRIC3	(m/s) ³	UFR3I	UFR3D

Et par av variablene er verditabeller (indeksert), og da vil de avledede variablene være indeksert på samme måte.

Modellen inneholder også noen variable som brukes i forbindelse med vinddrevet overflateblanding. Siden det skjer som en endelig blandingsprosess ved slutten av hvert integrasjonsskritt er det behov for akkumulerte verdier pr. tidsskritt av blandingsenergi og tilført oppdrift. Disse verdsettene er definert slik, i begge tilfelle som verditabeller med en verdi pr. basseng. Til forskjell fra de integrerte dataene som ble beskrevet ovenfor er disse verdiene altså ikke integrert over kommunikasjonsintervallet, men over et som regel mye kortere integrasjonstidsskritt:

Øyeblikksverdi	Enhet:	Integral over tidsskrittet	Hjelpeverdi, skal alltid være =0	Fysisk betydning av øyeblikksverdi:
BFX	m ² /s ³	BFXINT	BFXZ	Tilførsel av oppdrift til overflaten
UFRIC3	(m/s) ³	FR3INT	FR3NTZ	u* ³ , med u*=friksjonshastighet for vind

Oksygenutvekslingen gjennom vannflaten er influert av disse dynamiske variablene:

OXSAT(NBI)	(ml/l)	Metningskonsentrasjon for overflaten, beregnet for gitt temperatur og saltholdighet.
OXEXCF	(m/dag)	Utvekslingshastighet for oksygen som funksjon av vind og temperatur. Bare verdien for det siste bassenget er definert i denne variabelen, den vil vanligvis ikke variere merkbart fra basseng til basseng.

8.4. Variable som beskriver tilstand og prosesser i vann og på bunn

Endel av variablene nedenfor angir verditabeller (*arrays*) med en verdi for hvert lag i modellbassengene eller på randen. Adresseringen av slike variable er definert i indekstabeller: **INDXI**, **INDXE** og **INDXC** beskrevet ovenfor.

I ACSL-kommandoer må de adresseres med en enkel heltallsverdi som indeks *i*, f.eks. **SAL(i)**. I versjon 9 av ACSL er det dessverre ikke mulig å angi lag nr. ved uttrykk, f.eks. **SAL(INDXI(3)+2)** for å velge salinitet i lag 2 ovenfra i basseng 3. Den som kjører modellen må selv regne ut indeksen til de lag som f.eks. ønskes plottet eller skrevet ut, og angi den med en enkel tallverdi. Eksemplet ovenfor kan eventuelt utføres slik:

```

D INDXI(3)          gir utskrift:
                                13
Brukeren må nå regne ut indeks 13+2,
og resultatet angis som et enkelt heltall i neste kommando:

D SAL(15)

```

Ved beskrivelsen nedenfor vil det fremgå i hvert tilfelle hvilken indeks som skal brukes til å adressere de forskjellige variablene.

8.4.1. Fysiske variable og næringsstoff i vann

Modell-bassengene <i>i</i> =1,...NLI, betydning ifølge INDXI	Ytre randområder <i>i</i> =1,...NLE betydning ifølge INDXE	Betydning	Måleenhet
SAL	SALEX	Salinitet	‰
TEMP	TEMPEX	Temperatur	°C
OXYG	OXYGEX	Oksygen	ml/l
NO3	NO3EX	Nitrat	µgN/l
NH4	NH4EX	Ammonium (+urea?)	µgN/l
PO4	PO4EX	Fosfat	µgP/l
SIO2	SIO2EX	Silikat	µgSi/l
DOC	DOCEX	Oppløst organisk karbon, skilt ut av fytoplankton.	µgC/l

8.4.2. Fytoplankton.

Fytoplankton er delt i to grupper:

1. Diatoméer som krever silisium,
2. Annet fytoplankton.

Hver gruppe er beskrevet med mengde- eller tilstandsvariable som er *arrays* med ett element pr. lag, etter samme struktur som konsentrasjonsvariablene ovenfor. Listene over verdier for de to fytoplankton-gruppene er imidlertid lagt etter hverandre i samme variable, slik at vi har variable (*arrays*) av dobbel lengde.

For de interne bassengene inneholder de fleste fytoplanktonvariable 2·MLI elementer. For et *array* x vil da element $x(i)$ med $1 \leq i \leq NLI \leq MLI$ beskrive et mengdemål eller en egenskap for gruppe 1, *diatomeer*, i det laget som har global indeks i (bassengtilhørighet er definert i INDXI). Elementet $x(i+MLI)$ beskriver den tilsvarende mengde eller egenskapen for gruppe 2, *annet fytoplankton*, i det samme laget. I ACSL versjon 9B kan en ikke adressere arrays med flere indekser i kommandoene.

Fytoplankton-konsentrasjonene er også definert for de ytre randområdene. Hvordan disse verdiene blir satt som inndata er beskrevet i den faglige rapporten. Datastrukturen er tilsvarende som for de indre bassengene, med NLE,MLE og INDXE i stedet for NLI, MLI og INDXI.

Listen over de variable som beskriver fytoplankton er gitt nedenfor. De fleste er arrays av dobbel lengde som beskrevet ovenfor. Unntaket er SFYT og SFYTEX, som bare finnes for diatoméer, og derfor bare har enkel lengde (1,...,NLI) (1,...,NLE).

CFYT	CFYTEX	Karbon i fytoplankton	µgC/l
NFYT	NFYTEX	Nitrogen i fytoplankton	µgN/l
PFYT	PFYTEX	Fosfor i fytoplankton	µgP/l
CHL	CHLEX	Mål for klorofyll-innhold i fytoplankton	Se beskrivelse i rapport 2.
AGEF	AGEFEX	Mål for hvor langsomt fytoplanktonet har vokst ("alder")li foregående periode.	dag ⁻¹
SFYT	SFYTEX	Silisium i fytoplanktongruppe 1, diatoméer	µgSi/l

8.4.3. Oppløst organisk C, bakterier og zooplankton

Andre pelagiske organiske komponenter:

DOC	DOCEX	Oppløst organisk karbon, skilt ut av fytoplankton.	µgC/l
BACT	BACTEX	Bakterier, målt som organisk karbon.	µgC/l
CZOO	CZOOEX	Zooplankton, målt som organisk karbon	µgC/l

8.4.4. Blåskjell

Blåskjellbestanden beskrives primært med et sett av tilstandsvariable som gir summer eller gjennomsnitt delt opp på basseng, lag og årsklasser. Det er disse variablene som integreres i tid. De er i modellen definert som tredimensjonale verditabeller (arrays) $X(N_{alder}, N_{lag}, MBI)$, hvor dimensjonene i utgangspunktet er satt til:

N_{alder} = 10 er antall aldersklasser

N_{lag} = 3 er antall lag i hvert basseng med blåskjell.

MBI =maksimalt antall bassenger modellen er satt opp for.

Arraydimensjonene kan forandres i programkoden, men ikke under bruk av programmet.

Når en skal skrive ut eller plote enkeltelementer fra disse tabellene må det angis en enkelt indeks i PLOT eller DISPLAY kommandoer eller lignende, dvs. $X(k)$, hvor k er et heltall som angir nummeret på elementet i tabellen. Dette er dessverre nødvendig pga. en begrensning i ACSL, tabeller kan ikke adresseres ved flerdimensjonale indekser. Ved denne omregningen er det de første indeksene varierer raskest. Verdien for aldersklasse i , lag nr. l og basseng nr. b finnes derfor med indeks

$$k = [(b-1) \cdot N_{lag} + (l-1)] \cdot N_{alder} + i.$$

Fire slike integrerte tilstandsvariable er definert:

MUSLNR(k)		Antall skjell
MUSLMT(k)	mgC	Total vekt (summert) av bløtdeler M_t - akkumulert ved assimilering av føde fra vannet - inngår i massebalansen.
MUSLMA(k)	mgC	Total vekstaktiv biomasse (summert) M_a = (M_t - gyttemateriale) for eldre skjell, = reell vekt, med start fra individvekt > 0 for yngel.
MUSLGT(k)	cm	Gjennomsnittlig skall-lengde

Det beregnes også endel andre variable, delvis som summer av tilstandsvariable, delvis som hjelpevariable til bruk ved vurdering av hvor godt blåskjellmodellen fungerer.

Biomassemålene er summert i tabeller $X(b)$, hvor b = basseng nr., disse variablene inneholder da en sum over alle lag med blåskjell i hvert basseng, noen også summert over aldersklasser. Disse variablene gir mer lettvis oversikt over mengden blåskjell for plott og utskrifter:

CTMUSL(b)	mgC	Total vekt av bløtdeler = $\sum_{lag \text{ og aldersklasser}} (M_t)$. Dette er den variabelen som egentlig brukes i massebalansekontrollen.
CAMUSL(b)	mgC	Total vekstaktiv biomasse = $\sum_{lag \text{ og aldersklasser}} (M_a)$
C0MUSL(b)	mgC	Total bløtdelsvekt for yngel = $\sum_{lag} (M_{a,1})$, hvor indeks 1 angir aldersklasse. NB! Annet tegn i variabelnavnet er tallet 0 (alder 0+)
CMUSDV(b)	mgC/dag	Tidsderivert av CTMUSL - hjelpevariabel for kontroll av massebalanse Gjennomsnittlig skall-lengde

Indeksert på samme måte er også en hjelpevariabel som kan brukes til å sjekke at begrensningene på tilgjengelig filteringsvolum fungerer rimelig:

MVRED(b) = Mål på begrensning i tilgjengelig vannvolum for filtrering i overflatelaget i hvert basseng. Variabelen gir verdi på reduksjonsfaktor i konsentrasjon ved full pumpeaktivitet hos blåskjellbestanden, og beregnes av modellen som:

$$E_v = \frac{V_{lim}}{V_{lim} + V_{\Sigma}} \leq 1 \text{ (se faglig beskrivelse i rapport 2)}$$

For å kunne bedømme størrelsesutviklingen på individnivå er det også definert to enkle tabeller $X(i)$ med i =aldersklasse, som inneholder individ-vekt innen hver aldersklasse som gjennomsnitt over alle bassenger og lag:

MUSLWT(i) mgC/individ Gjennomsnittlig total individvekt for aldersklasse nr.i

MUSLWA(i) mgC/individ Gjennomsnittlig vekstaktiv individvekt for aldersklasse nr.i

I tillegg til dette beregnes en tabell med dimensjoner (N_{lag} , MBI) som hjelpevariable uten direkte sammenheng med de andre blåskjell-variable:

MUSLWM(i) mgC/individ Verdi nr. $i=(b-1)*N_{lag}+1$ inneholder tidsintegert verdi på største individvekt for yngel i lag nr.1, basseng nr.b. Verdiene har bare reelt innhold dersom antall individer i aldersgruppe 1 er >0, det vil stort sett si i siste halvdel av hvert kalenderår. Verdiene skal vise størrelsesvekst på tidligst bunnslåtte skjell, og er bare ment som en kontroll på om vekstfunksjonen er realistisk. Det kan ellers være vanskelig å bedømme ut fra gjennomsnittsvekt, fordi ny rekruttering i løpet av sesongen bidrar til å holde gjennomsnittsvekten nede.

8.4.5. Dødt organisk stoff - nedsynkning og nedbrytningsprosesser

Konsentrasjon av dødt organisk partikulært materiale i vannet:

CDET(i)	mg C /m ³	Organisk karbon.
NDET(i)	mg N /m ³	Nitrogen.
PDET(i)	mg P /m ³	Fosfor
SDET(i)	mg Si /m ³	Silikat
RDET(i)	(mg C/dag) /m ³	Nedbrytningspotensiale

Nedsynkning av dødt organisk partikulært materiale som mengde pr. areal og tid:

CDFLUX(i)	mg C /(m ² dag)	Organisk karbon.
NDFLUX(i)	mg N /(m ² dag)	Nitrogen.
PDFLUX(i)	mg P /(m ² dag)	Fosfor
SDFLUX(i)	mg Si /(m ² dag)	Silikat
RDFLUX(i)	(mg C/dag) /(m ² dag)	Nedbrytningspotensiale

Konsentrasjon av tilgjengelig organisk materiale på bunn og i sediment:

CSED(i)	mg C /m ²	Organisk karbon.
NSED(i)	mg N /m ²	Nitrogen.
PSED(i)	mg P /m ²	Fosfor
SSED(i)	mg Si /m ²	Silikat
RSED(i)	mg C/dag /m ²	Nedbrytningspotensiale
XSED(i)		Del av konsentrasjon ved start av simulering som er igjen ved gjeldende tidspunkt.

8.5. Massebalanser, import og eksport av grunnstoffer og varme

Modellen inneholder en internkontroll av massebalansen for salt, varme, og grunnstoffer. Massebalansen håndteres ved hjelp av variable med navn på den generelle formen Yx hvor Y er navnet på det stoffet eller egenskap som kan regnes konservativt, og x er en bokstavkombinasjon som sier hva slags variabel det dreier seg om.

De "stoffene" som det regnes massebalanse for er:

Indeks i MBPRT(k)	Y=stoff-navn:	Forklaring:
1	SALT	Saltemenge (volumintegral av salinitet)
2	HEAT	Varmemenge (volumintegral av temperatur)
3	OXYG	Oksygen (inkludert oksygen i nitrat)- oksyngjeld (som sulfid eller organisk C).
4	NITR	Nitrogen ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+ + \text{organisk N}$)
5	PHOS	Fosfor ($\text{PO}_4^{3-} + \text{organisk P}$)
6	SILIM	silikat ($\text{SiO}_2 + \text{Si}$ i diatomé-skall)

For hver av disse stoffene er det lagt inn tre variable Yx i modellen, hvor x kan stå for følgende bokstavkombinasjoner:

$x=\text{MZ}$	Innhold i modellen ved start av simulering, eller ved siste tidspunkt for $\text{REINTG}=\text{.true}$.
$x=\text{MI}$	Kontrollverdi på innhold= Startinnhold + integral av eksport og import
$x=\text{B}$	Relativt avvik mellom faktisk innhold (summert over modelltilstand) og kontrollverdien.

Modellen kontrollerer altså massebalansen ved å sammenligne den akkumulerte virkningen av import og eksport med de faktiske endringene av innholdet i modellen ut fra integerte konsentrasjons- og mengdevariable internt i modellen. For å sjekke nøyaktigheten kan en altså se på følgende variable:

SALTB, HEATB, OXYGB, NITRB, PHOSB, SILIB

9. Beregning og utskrift av massebudsjett

Modellen vil akkumulere endel transportverdier som kan brukes til å beregne massebudsjetter midlet over utvalgte tidsperioder. Pr. idag ser budsjettet slik ut, vist med et eksempel fra indre Oslofjord, med oppdeling i to bassenger:

End Time (year)	13.404				
StartTime (year)	2.0000				
T interval (year)	11.404				
C input:					
From land t/yr	1: 5370.44	2: 3125.74	Σ:	8496.19	
N budget:					
+ From land t/yr	1: 2743.99	2: 1203.99	Σ:	3947.98	
- Perman. sed. t/yr	1: 21.0928	2: 28.9421	Σ:	50.0349	
- Denitrified t/yr	1: 312.183	2: 243.989	Σ:	556.172	
+ N-fixation t/yr	1: .000000	2: .000000	Σ:	.000000	
- Increase t/yr	1: -3.43477	2: 25.3061	Σ:	21.8713	
= Exported t/yr	1: 2414.15	2: 905.757	Σ:	3319.90	
= Within model Tons	1: 1011.32	2: 2261.88	Σ:	3273.20	
P budget:					
+ From land t/yr	1: 415.621	2: 120.835	Σ:	536.456	
- Perman. sed. t/yr	1: 4.67306	2: 12.5250	Σ:	17.1980	
- Increase t/yr	1: -3.86678	2: -.707482	Σ:	-4.57426	
= Exported t/yr	1: 414.815	2: 109.018	Σ:	523.832	
= Within model Tons	1: 256.552	2: 488.728	Σ:	745.280	
Sediment flux (C,N,P,S) in tons/year:					
Basin :	1				
Layer: 2, depth: 2.0m:	2854.89	345.69	56.466	208.65	
Layer: 3, depth: 4.0m:	4296.73	545.12	88.245	342.58	
.....					
Layer: 20, depth: 128.4m:	91.3639	11.901	2.0375	7.3217	
Basin :	2				
Layer: 22, depth: 2.0m:	6442.50	706.12	89.204	773.42	
Layer: 23, depth: 4.0m:	10652.2	1180.3	148.92	1238.5	
.....					
Layer: 39, depth: 107.0m:	155.902	19.240	4.4645	17.855	
Mean sediment flux (C,N,P,S) in g/m ² /year:					
Basin :	1				
Layer: 2, depth: 2.0m:	68.7262	8.3219	1.3593	5.0228	
Layer: 3, depth: 4.0m:	105.132	13.338	2.1592	8.3823	
.....					
Layer: 20, depth: 128.4m:	27.1558	3.5374	.60560	2.1762	
Basin :	2				
Layer: 22, depth: 2.0m:	52.4933	5.7534	.72683	6.3018	
Layer: 23, depth: 4.0m:	88.7534	9.8340	1.2408	10.319	
.....					
Layer: 39, depth: 107.0m:	22.7669	2.8096	.65196	2.6074	

Som det fremgår av eksemplet vil budsjettet vise midlere tilførsel fra land av C,N og P som tonn/år. For N og P er det også vist hvordan det totale massebudsjettet ser ut, med fordeling på permanent sedimentering og eksport til (eller import fra) randområdene, for N er også nitrogenfiksering og denitrifisering med som henholdsvis kilde og sluk i budsjettet. Budsjettet er gitt delt opp pr. basseng og samlet for hele fjorden. I tillegg er midlere partikkelfluks i vannmassene vist for alle lag, gitt som transport av C, N og P. Dette er dels gitt som tonn/år integrert over horisontalt tverrsnitt for sammenligning med budsjett-tallene, og dels som mengde pr. areal og tid, beregnet på å sammenlignes med sedimentfellemålinger.

Utskrift av massebudsjetter kontrolleres av bruker ved følgende ACSL-konstanter:

- REINTG** *.false.* Hvis denne verdien settes = *.true.* vil de integrerte verdiene som brukes til å beregne massebudsjett bli nullstilt av neste **CONTIN**-kommando. Aktuelt tidspunkt vil deretter utgjøre startpunktet for den perioden budsjettet beregnes over. Konstanten **REINTG** settes deretter automatisk tilbake til *.false.* Nullstilling gjøres automatisk ved kommando **START**.
- REPORT** *.false.* Hvis denne verdien settes = *.true.* vil det bli skrevet ut et beregnet massebudsjett for perioden siden siste nullstilling av det integerte massebudsjettet og frem til gjeldende tidspunkt. Beregningen skrives ut ved etterfølgende kommando **CONTIN**.

Et eksempel:

TSTART = 0
DTTERM = 730

START *Starter ny simulering fra T=0. Massebudsjettet blir automatisk nullstilt. Simulerer 2 år*

REPORT = .T.

CONTIN *Beregner og skriver ut skriver ut massebudsjett for de to årene, men beregner ikke videre, fordi sluttidspunkt ikke er endret. REPORT blir automatisk satt tilbake til .false.*

DTTERM = 1095

CONTIN *Simulerer ett år til*

DTTERM = 1460
REINTG=.T. *NB! Rekkefølgen her er uten betydning*
REPORT = .T.

CONTIN *Skriver ut massebudsjett for alle tre år pga. at REPORT=.true., deretter nullstilles de integrerte verdiene pga. at REINTG =.true. Deretter simuleres to år til, frem til nytt slutt-tidspunkt.*

REPORT = .T.

CONTIN *Skriver ut massebudsjett for de to siste årene, dvs. siden siste nullstilling.*

10. ACSL-konstanter: Modellparametre som kan settes av bruker

I dette kapitlet beskrives endel vannfaglig relaterte modellkonstanter, dvs. prosesskonstanter som representerer faglige antagelser eller tilnærmelser. De har alle standardverdier innebygd i programmet, slik at modellen skal kunne kjøres uten at det er nødvendig å tenke på disse verdiene, dvs. uten å se på dette kapitlet. De er imidlertid tilrettelagt for å modifiseres av bruker ved SET-kommandoer, dvs. de er definert som ACSL-konstanter. Slike konstanter vil stort sett ikke blir endret underveis i simuleringen av programmet selv, de blir stående med den verdi de sist ble gitt ved en SET-kommando.

De fleste konstantene har direkte virkning på hvert tidsskritt med gjeldende verdi i øyeblikket. Hvis slike konstanter endres underveis i simuleringen får det straks virkning på det videre forløpet, og virkningen varer til konstantene blir endret på nytt.

Noen konstanter har derimot bare virkning ved starten av hver simulering. Slike konstanter kan selvsagt også endres av brukeren når som helst, men det har ingen virkning før en ny simulering startes. Det er også noen konstanter som bare virker på start av 1. simulering, da må de endres før første START-kommando. Der dette forekommer blir det beskrevet spesielt for hver konstant.

For noen konstanter vil avvik fra standardverdien bare ha virkning i forbindelse med første etterfølgende START- eller CONTIN-kall, deretter settes de tilbake til standardverdi. De fungerer altså som brytere som virker en gang og deretter skrur seg tilbake. Dette er også spesielt beskrevet i hvert tilfelle.

Konstantene er beskrevet på tabellform som beskrevet på side 22. De fleste av koeffisientene inngår i modellbeskrivelsen i rapport 2. Da er det symbolet som er brukt i den rapporten gjengitt til høyre for variabelnavnet sammen med standardverdi og eventuelt enhet. I andre tilfeller er gjengitt symbolet fra den supplerende matematiske beskrivelsen som er gitt i rapporten her. Endel dimensjonsløse konstanter er bare lagt inn som justeringsfaktorer i EDB-modellen, de har ikke noe tilknyttet symbol, men betydningen vil fremgå av forklaringen i tabellene.

De verdiene som oppgis, er i hovedsak de som ble brukt for indre Oslofjord i de simuleringene som presenteres i rapport 1. Endel av modellkonstanter ble justert ved SET-kommandoer uten at selve programkoden ble endret. I slike tilfeller er det verdien i modellkoden som står i tabellene. Bakerst i rapporten er gjengitt det settet med konstanter som ble lest inn fra en .CMD-fil med SET-kommandoer og brukt under kjøringen. For dokumentasjon av kjøringene som presentas i rapport 1 henvises dit.

Det er sannsynlig at videre erfaring med modellen kan gjøre at en kommer frem til litt andre verdier, eller at de må modifiseres for tilpasning til andre fjorder, og de kan ikke uten videre sees som anbefalte verdier, og vil kunne bli endret i senere modell-versjoner.

10.1. Horisontale transportere mellom bassenger

De horisontale transportene mellom bassengene er i hovedsak styrt av trykk-forskjeller, men det er også lagt inn en enkel mekanisme for å la vinden influere på strømmen nærmest overflaten. Dette er generelt omtalt i rapport 2, og en nærmere beskrivelse finnes i rapport 4.

De modellkonstantene som inngår i dette er:

DPEFF(MC)	$MC*0.5$	Angir hvor effektivt horisontale trykkgradienter omsettes i kinetisk energi. Verdien angir forholdet mellom kinetisk energi i strømmingen mellom bassengene og den potensielle energi pr. volumenhet pga. horisontal trykkforskjell, Verdi 1.0 tilsvarer friksjonsfri strømning uten tap. En verdi 0.5 har i praksis vist seg å være realistisk ved dominerende tolagsstrøm. (Stigebrandt 1989)
HTRMIX(MC)	$MC*0.5$	Angir i hvor stor grad strøm fra et basseng til et annet som går i samme retning fordelt over to eller flere sammenhengende lag blir homogenisert ved innbyrdes blanding mellom delstrømmene. Verdi =0 betyr ingen blanding, verdi =1 betyr full blanding, og mellomliggende verdier vil lineærinterpolere mellom disse to situasjonene. Homogeniseringen omfatter alle vannkonsentrasjoner.
WVFAC(MC)	$MC*0.03$	Forhold mellom vindhastighet og bidrag til strømhastighet i overflaten. Strømhastigheten fra vinden blir kvadratsummert til den strømsprofilen som settes opp av trykkfeltet, dvs. det antas at bidraget til kinetisk energi er det samme uavhengig av trykkdrevet strøm.
WVDIR(MC)	70., 0.0	Den retning vinden virker i (0: N→S, 90 Ø→V etc.), dvs. retningen for den vindkomponenten som gir strøm fra basseng 1 til basseng 2 i forbindelsen
WVHMIN(MC)	$MC*3.0$	Minste dyp for hvor langt ned vinden påvirker strømbildet, med en triangulær fordeling.

10.2. Vertikalblanding

Den normale vertikale blanding i modellbassengene er satt sammen av tre bidrag:

$$K = K_t + K_s + K_g \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (15)$$

alle knyttet til tetthetsgradienten bestemt ved Brunt-Väisälä frekvensen N som har enhet s^{-1} , se mer om det i de faglige rapportene..

Det første leddet er den antatt tidevannsgenererte blandingen, gitt av ligningen:

$$K_t = w_K \cdot K_0 \left(\frac{N}{N_0} \right)^{-\alpha} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (16)$$

hvor koeffisientene K_0 og N_0 i utgangspunktet er bestemt ved empirisk analyse av tidsutvikling i stagnerende dypvannmasser, dvs. i perioden mellom dypvannsinnstrømninger. Faktoren w_K er en tidsvariabel størrelse som beregnes av modellen som et mål på energien i det kortperiodiske tidevannet (med tidskonstant omkring 12.5 timer), avhengig av om de ulike komponentene er i fase eller motfase. Dette er nærmere beskrevet i kap.5.4.1. i sammenheng med vannstanden på randen.

Koeffisienter i disse ligningene spesifiseres ved følgende modellkonstanter:

MIXCF(NBI)	K_0 (m ² /s)	Bunnefjorden: 0.25 · 10 ⁻⁴ Vestfjorden: 1.26 · 10 ⁻⁴	Midlere verdi på empirisk vertikal blandingskoeffisient ved gitt stabilitet N_0 , antatt å være et mål på blandingsenergi fra tidevannsgenererte indre bølger.
N2SCAL	N_0^2	6.3 · 10 ⁻⁵ (s ⁻²)	Skalerende verdi på stabiliteten (Brunt-Väisälä frekvens) som verdiene i MIXCF gjelder for.
MIXEXP	α	1.6	Eksponent for sammenheng med tetthet.

Anvendelsen av disse koeffisientene modifiseres av følgende ACSL-konstanter:

N2LIM	10 ⁻⁷ s ⁻²	Nedre grense for effektiv stabilitet i ligningen ovenfor. Hindrer beregningsmessige problemer hvis det skulle oppstå små tetthetsinversjoner pga. beregningsunøyaktigheter.
MIXFAC	1.0	Multiplikasjonsfaktor for tidevannsgenert vertikalblanding, felles for alle bassenger. Dette gjør det enklere å variere vertikalblandingen eller skru den helt av, uten å måtte holde orden på de reelle verdiene når en vil tilbake til utgangssituasjonen.

Det andre leddet K_s er vertikal blanding konsentrert til overflaten, gitt av ligningen:

$$K_s(z) = N^{-2} \cdot E_{s,0} \frac{\eta(z)}{\eta(z)+1} \quad ; \quad \text{hvor} \quad \eta(z) = e^{-(z-z_s)/h_s} \quad (17)$$

Koeffisientene i denne ligningen defineres ved følgende ACSL-konstanter:

SFMIXC(NBI)	$E_{s,0}$	$NBI \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}^3$	Blandingsenergi fastsatt uavhengig for hvert basseng.
SFMIXZ(NBI,2)		(i,1) = 8 m (i,2) = 4 m	Fastsetter hvordan overflateblandingen skal reduseres med dypet. For basseng nr. i: (i,1) = z_s , (i,2) = h_s

Det siste leddet K_g er knyttet til den potensielle energien som frigjøres når tungt vann strømmer over terskelen og synker ned på større dyp i det bassenget det strømmer inn i. Den potensielle energien fra hver enkeltstrømstrømning antas primært å bli utløst i det dyp z_i hvor det innstrømmende vannet innlagres: $E(z_i)$, men blir så fordelt oppover og nedover i vannmassene ifølge disse ligningene:

$$K_g = f_{g,\text{mix}} W(z) N^{-2} \quad \text{hvor} \quad W(z) = \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} \frac{X(\eta, z) \cdot E(\eta)}{\int_{z_{\min}}^{z_{\max}} X(\eta, z) dz} \cdot d\eta = \text{blandingsenergi i dyp } z$$

hvor fordelingsfunksjonen X er bestemt av ligningen:

$$\frac{dX(z_i, z)}{dz} = \delta_i(z_i, z) \cdot a_K \cdot N^{b_K} \cdot X(z_i, z) \quad (18)$$

med: $N =$ stabilitet gitt som Brunt-Väisälä frekvens

$a_K, b_K =$ empiriske konstanter > 0 .

$$\delta_i(z_i, z) = \begin{cases} -1 & \text{for } z > z_i \\ 1 & \text{for } z < z_i \end{cases} \text{ slik at } X \text{ avtar til begge sider av } z_i$$

Mekanismen er nærmere beskrevet i et appendiks i rapport nr. 4 (fysikkrapporten).

Koeffisientene i ligningene ovenfor fastsettes i disse ACSL-konstantene:

GMIXFR(MBI)	$f_{g,mix}$	NBI*0.05	Andel fra 0 til 1 av den potensielle energien frigjort ved innstrømming og nedsynking av tyngre vann som brukes til vertikalblanding, dvs. til blandingsarbeid mot gravitasjonsfeltet. I kjøringene for indre Oslofjord ble verdiene tilslutt endret til 0.01 i Bunnefjorden og 0.10 i Vestfjorden.
GMIXDC	a_K	1.25	Koeffisient i ligningen for vertikal spredning av blandingsenergi. I kjøringene for indre Oslofjord ble mekanismen tilslutt skrudd av, og verdien satt = $1.0 \cdot 10^{20}$.
GMIXDX	b_K	0.4	Eksponent i ligningen for vertikal spredning av blandingsenergi. I kjøringene for indre Oslofjord ble verdien tilslutt satt = 0

10.3. Påvirkning via overflaten

Påvirkning via overflaten er beskrevet i detalj i rapport 4 om fysikken i modellen. Her opererer modellen i utgangspunktet med faste innebygde konstanter i ligningene, som beskrevet i fysikkrapporten, men for uttestings- og justeringsformål er det lagt inn noen ACSL-konstanter som kan brukes til å variere i forhold til disse konstantene. endel av hensikten med dette er å kunne gjøre følsomhetsanalyser, og også å gjøre feilsøking lettere ved at endel mekanismer kan skrues av og på. De fleste konstantene er multiplikatorer, dvs. at verdi=1 gir de verdier som er bygd inn i modellen.

CDFAC	1	Justeringsfaktor for vindfriksjon i overflaten
CEFAC	1	Justeringsfaktor for fordampning og varmeutveksling gjennom overflaten
ICEFAC	1	Justeringsfaktor for lys ned i vannmassene om vinteren, anvendes når temperaturen i overflatelaget går ned til frysepunktet ved gitt saltholdighet. Kan hjelpe til å gi en indikasjon om det er noe poeng å modellere islegging.
OSXFAC	1	Justeringsfaktor for diffusiv utveksling av oksygen mellom atmosfære og overflatelag.
RADFAC(3)	3*1	Justeringsfaktorer på lys- og varmevirkningen av <ol style="list-style-type: none"> 1. synlig direkte solstråling 2. synlig diffus stråling 3. infra-rød stråling

Modellen inneholder også noen ACSL-konstanter som inneholder fysiske antagelser:

OXBUBL	b_{ox}	1 (dag ⁻¹)	Spesifikk rate for avgivelse av overskuddsoksygen fra overflatelaget til atmosfæren, antatt å skje ved bobledannelse.
IRFRAC	--	0.4	Andel infrarød stråling i sollyset (0..1). Denne andelen antas å bli absorbert i overflaten, og bidrar ikke til fotosyntese.
ATTNCF(2)	(1): $k_{I,1}$	0.25 (m ⁻¹)	Lyssvekningskoeffisient uten organiske partikler.
	(2): $k_{I,2}$	0.00025 m ⁻¹ /(µg C/l)	Økning i lyssvekningskoeffisient pr. mengde organisk partikulært C.

10.4. Parametre som regulerer innvirkning fra ytre randområder.

Tilstanden i randområdene genereres som tidsserier ut fra spesifikasjoner lagt inn som en del av programkoden i programmet. Hvordan randbetingelsene spesifiseres i programkoden er beskrevet i kap.5.4. Måten tidsserier genereres på kan imidlertid justeres på noen punkter under bruk av modellen, ved hjelp av modellparametrene nedenfor.

NSEED	-1	Heltallsverdi som brukes til å starte generatoren for "tilfeldige" tall, dvs. en tallrekke som ser ut som en tilfeldig tallrekke. Tilfeldige tall brukes til å generere tidsserien for tilstanden i randområdene. Dette er foreløpig det eneste stedet hvor "tilfeldige" eller stokastiske variasjoner inngår i modellen. Hvis NSEED har samme verdi hver gang vil randbetingelsene variere likt i tid, også uavhengig av forskjeller i oppdeling i tidsskritt. Ved å variere NSEED mellom kjøringene kan en generere ulike serier.
TIDFAC	1.0 (m)	Faktor for variasjon i vannstand i randområdene i forhold til normale variasjoner. Ved å sette TIDFAC=0 kan vannstandsvariasjonene i ytre rand skrues helt av, det kan brukes til å teste betydningen av vannstandsvariasjoner for transportene. Virker på all vannstandsvariasjon, også lufttrykks-induserte variasjoner.
FIXTMP	.true.	Logisk variabel som styrer hvordan temperaturer i ytre randområder genereres. Standard virkemåte er at temperaturen i ytre rand genereres ut fra empirisk/statistisk modell som funksjon av årstiden. Dersom FIXTMP settes = .false. vil temperaturen i overflatelaget i stedet bestemmes som et gjennomsnitt av overflatetemperaturen i modellbassengene, se kommentar nedenfor.
EXTBIO(2)	(1)=0.9, (2)=0.0	Regulerer fordelingen av næringsstoff (N P og Si) mellom uorganisk oppløst form og næringsstoff bundet i levende eller dødt organisk materiale som beskrevet nedenfor. <i>EXTBIO(1)</i> regulerer materiale med C:N:P-sammensetning. <i>EXTBIO(2)</i> regulerer oppløst organisk karbon (DOC).

Hensikten med konstanten **FIXTMP** er å gi en mulighet til å undersøke om varmeutvekslingen gjennom overflaten virker rimelig. Hvis **FIXTMP**=.false. vil overflatetemperaturen både inne modellbassengene og på randen bare bestemmes av varmeutvekslingen gjennom overflaten i

modellbassengene og eventuell ferskvannstilførsel, uten noen selvstendig påvirkning fra randen. Om nødvendig kan også ferskvannstilførselen skrues av, se kap. 5.3.4.

Virkingen av EXTBIO er slik:

- Hvis $EXTBIO(1) \leq 0$ vil innstrømmende vann bare inneholde næringssalter og ha konsentrasjon=0 av alle biologiske komponenter.
- Hvis $EXTBIO(1) \geq 1$ blir næringsstoffene fordelt mellom de uorganiske formene og alle de biologiske komponentene proporsjonalt med arealmidlet fordeling i modellbassengene på samme dyp. Den samlede mengden er spesifisert som randbetingelse, men den prosentvise fordelingen blir som inne i modellen.
- Hvis $0 < EXTBIO(1) < 1$ blir alle de organiske komponentene vektet ned likt med faktoren $EXTBIO(1)$ i forhold til uorganiske stoffer når næringsstoffene skal fordeles.

I de to siste tilfellene, med $EXTBIO(1) > 0$, vil mengden organisk karbon for hver komponent (fytoplankton, zooplankton, bakterier, detritus) beregnes i forhold til nitrogenmengden, etter samme forholdstall C:N som i modellbassengene.

Den andre verdien har bare virkning dersom $EXTBIO(1) > 0$. Isåfall vil $EXTBIO(2) \geq 1$ føre til at innstrømmende vann fra randen inneholder DOC i samme konsentrasjon relativt til den samlede mengden karbon i fytoplankton som i modellbassengene på samme dyp. Ved å redusere $EXTBIO(2)$ vil mengden DOC på randen reduseres tilsvarende, og for $EXTBIO(2) \leq 0$ vil innstrømmende vann ikke inneholde noe DOC i det hele tatt.

Ved å sette verdiene på EXTBIO i nærheten av 1.0 kan en unngå den urealistiske tilnæringsen at innstrømmende vann virker som rent fortynningsvann biologisk sett. For indre Oslofjord har det neppe særlig stor virkning i vekstperioden, men det kan tenkes å ha betydning for vinterperioden, når gjennomsnittlig veksthastighet er liten. Verdier nøyaktig =1.0 vil lett gi ustabiliteter, fordi utslag inne i modellen blir forsterkt via randen, spesielt for DOC. De valgte standardverdiene er satt etter erfaring med modellen. §

10.5. Startverdier for biologiske tilstandsvariable og næringsstoff

Når en ny simulering startes blir startkonsentrasjoner på salinitet, temperatur og oksygen, og totalinnholdet av næringsstoffene N, P og Si i vann vanligvis satt ut fra randbetingelsene ved starttidspunktet $T=TSTART$.

I denne versjonen av modellen brukes samme sett av dybdeprofiler for alle randområder dersom det er flere, og de felles dybdeprofilene for randområdene ved $T=TSTART$ brukes til å initiere alle modellbassengene.

Den totale startkonsentrasjonen av N, P og Si i modellbassengene blir fordelt på ulike tilstandsformer etter en fordelingsnøkkel gitt av konstantene nedenfor. Det gir samtidig grunnlag for å sette startverdier på karbon-konsentrasjon for de ulike biologiske komponentene. Alle konstantene har standardverdier, men kan endres av bruker for simulering startes. Bare

§ Problemene kan ha hatt å gjøre med en programfeil som er rettet senere.

det relative forholdet mellom verdiene har egentlig betydning, men standardverdiene nedenfor er tenkt å representere konsentrasjoner i $\mu\text{g N, P, Si}$ eller C pr. liter vann. Modellen inneholder følgende konstanter:

NO3IN	200	Startkonsentrasjon av fritt NO_3 i vann
NH4IN	100	Startkonsentrasjon av fritt NH_4 i vann
PO4IN	20	Startkonsentrasjon av fritt PO_4 i vann
SiO2IN	200	Startkonsentrasjon av fritt SiO_2 i vann
CFYTIN(2)	2*7.0	Startkonsentrasjon for de to fytoplanktongruppene som C pr. vannvolum
NFYTIN(2)	2*1.0	Startkonsentrasjon av N pr. vannvolum i de to fytoplanktongruppene
PFYTIN(2)	2*0.014	Startkonsentrasjon av P pr. vannvolum i de to fytoplanktongruppene
SFYTIN	1.0	Startkonsentrasjon av Si i fytoplanktongruppe 1 - diatoméer
DOCIN	0.0	Startkonsentrasjon av oppløst organisk stoff som er skilt ut av fytoplankton, målt som mengde karbon pr. vannvolum.
BACTIN	10.0	Startkonsentrasjon av bakterier, målt som mengde karbon pr. vannvolum, konstant for alle lag. Verdi = 0 vil bety at bakteriekonsentrasjonen blir stående =0 gjennom hele simuleringen
CZOOIN	1.0	Startkonsentrasjon av zooplankton, målt som mengde karbon pr. vannvolum, konstant for alle lag. Verdi = 0 vil bety at zooplanktonkonsentrasjonen blir stående =0 gjennom hele simuleringen

Konsentrasjonen av N og P bundet i bakterier og zooplankton bestemmes av den spesifiserte mengden karbon og de fikserte C:N og C:P-forhold for disse komponentene, se nedenfor. Sammen med den direkte spesifikasjonen av N og P som uorganisk stoff og i fytoplankton som er beskrevet ovenfor gir dette grunnlag for å fordele total startkonsentrasjon av N og P mellom uorganisk næringsstoff og de biologiske komponentene. På tilsvarende måte fordeles total mengde Si mellom løst SiO_2 og silikat bundet i diatoméer.

For fytoplankton er C:N:P-forholdet gitt direkte ut fra konstantene ovenfor, og startkonsentrasjonen av C i fytoplankton kan derfor settes proporsjonalt med tildelt kvote av N og P. For bakterier og zooplankton kan tildelt startmengde N eller P regnes direkte om til mengde C, som er det som inngår som tilstandsvariabel i modellen.

Dersom BACTIN eller CZOOIN settes lik 0, blir vedkommende komponent inaktivert. Det vil si at den vil ha konstante konsentrasjoner = 0 gjennom hele simuleringsforløpet, og vil være uten virkning på stoffomsetningen. Fytoplankton kan gjøre seg gjeldende selv om CFYTIN settes = 0, fordi effektiv konsentrasjon m.h.t vekst og opptak alltid er $>10^{-12}\mu\text{gC/l}$ dersom CFYT blir ≤ 0 . Dette ble lagt inn ut fra erfaring som en sikring mot at små "tilfeldige" avvik pga. begrensninger i regnenøyaktigheten skulle kunne gi løsninger som skar ut mot negative verdier. Det er mulig at behovet oppsto pga. små feil i programkoden som nå er fjernet, slik at det ikke lenger er nødvendig.

Modellen inneholder også en logisk konstant INITC, som styrer hvordan starttilstanden settes. Den er vanligvis =.true., da initieres modellen som beskrevet ovenfor. Hvis den settes =.false.

blir alle hydrofysiske, hydrokjemiske og biologiske konsentrasjoner satt til 0, slik at forløpet blir definert av påvirkningen fra randen og fra land, og uten pelagisk biologi. Det er vesentlig et middel til rent teknisk uttesting av modellen, se kap. 11.1.

Konsentrasjoner av dødt organisk materiale i vann og sediment settes = 0 i alle lag (variable `_DET` og `_SED`, hvor `_` betyr bokstav C,N,P og S), dvs. at organisk materiale til nedbrytning akkumuleres fra starten av simuleringen. Det er imidlertid mulig å få modellen til å ta hensyn til at en mengde organisk materiale må forventes å befinne seg i systemet når simuleringen starter. Hvordan det isåfall gjøres er beskrevet i et appendiks i rapport 2. Mekanismen aktiveres med konstanten:

XSEDZ 1.0 Verdi som bestemmer hvordan modellen beregner akkumulert organisk stoff i sedimentet i startfasen av en simulering, som beskrevet i appendiks 1 i rapport 2. Verdi=1 betyr full kompensering, dvs. at modellen prøver å estimere og korrigere for det som befant seg i sedimentet da simuleringen startet.
Verdi =0 betyr at modellen starter med "rent" sediment, og bare regner med det organiske stoffet som akkumulerer under selve simuleringen.

Blåskjellbestanden initieres ved hjelp av ACSL-konstanter. Bare den totale blåskjellmengden og største dyp spesifiseres, og dette fordeles internt i modellen på årsklasser, bassenger og lag etter en fremgangsmåte som tar hensyn til tilgjengelige arealer i ulike bassenger, og til forventet aldersfordeling ut fra spesifisert dødelighet. For en nærmere beskrivelse av dette henvises til programkoden for subroutine MSINIT i modul MUSLINIT.FOR. De ACSL-konstantene som styrer dette er:

CMUSIN 1.2·10¹² (mg C) Total mengde blåskjell ved start av simuleringen, blir fordelt på bassenger, dypintervaller og årsklasser som forklart i beskrivelsen av blåskjellmodellen i den faglige modellbeskrivelsen.

MUSLDP 6 (m) Dypubredelse for blåskjell i meter. Blåskjellbestanden i starten, spesifisert av CMUSIN, vil innenfor hvert basseng fordeles på alle lag som omfatter dyp \leq MUSLDP, proporsjonalt med den del av bunnarealet som ligger i det aktuelle intervallet. (Hvis avsatte array lengder i blåskjellmodellen er for små, vil MUSLDP bli redusert ved start av simulering.) Under simulering vil bestanden i hvert lag utvikle seg uavhengig av hverandre ut fra fødetilgang og temperatur, men innenfor den dypgrensen MUSLDP som gjaldt i starten.

De biologiske komponentene blir bare satt hvis logisk konstant BIOOFF har verdien *false*. idet simulering startes. Hvis BIOOFF=*true*. blir alle biologiske komponenter i modellen satt = 0, og modellen vil da bli kjørt bare som ren fysisk modell med vanntransporter som eneste prosesser. Denne konstanten har også virkning hvis den blir satt senere under simuleringen, det er beskrevet i kap. 11.1., da blir biologiske komponenter behandlet som inaktive, og endrer seg bare som funksjon av vanntransporter og blandingsprosesser.

10.6. Fytoplanktonprosesser

Endel modellparametre her har separat verdi for (1): diatomeér (2): annet fytoplankton. Det er angitt ved at ACSL-variablene er *arrays* (2) og at tabellene har to verdi-kolonner med overskrift (1) og (2). Noen variable som er *arrays* (2) gjelder begge grupper, men inneholder to ulike (beslektede) variable. Dette fremgår av tabellene nedenfor.

10.6.1. Primærproduksjon

		(1)	(2)		
GMX20(2)	μ_{20}	2.5	1.9	dag ⁻¹	Maksimalt oppnåelig brutto spesifikk veksthastighet ved 20°C ved rikelig næringstilgang. (Litt mindre enn asymptotisk veksthastighet, se rapport 2 og 5)
FTRESP(2)	$k_{T,fty}$	0.05	0.063	(°C) ⁻¹	Koeffisient (°C ⁻¹) for eksponensiell økning av veksthastighet, næringsopptak og dødelighet hos fyttoplankton som funksjon av temperatur.

Modellparametre med felles verdi for diatomeér og annet fyttoplankton:

EXCRF(2)	(1)= $p_{DOC,1}$	0.2			Forhold mellom utskilt og assimilert karbon hos fyttoplankton ved gode næringsforhold.
	(2)= $p_{DOC,2}$	0.3			Økning i forholdet mellom utskilt og assimilert karbon hos fyttoplankton ved sterk næringsstoffbegrensning av veksten.

10.6.2. Krav til næringsstoff-innhold

		(1)	(2)		
NCMIN(2)	(N:C) _{min}	0.06	0.06	gN/gC	Minste cellekvote N:C i alger
NCOPT(2)	(N:C) _{opt}	0.18	0.18	gN/gC	Optimal cellekvote N:C i alger
PCMIN(2)	(P:C) _{min}	0.0027	0.0027	gP/gC	Minste cellekvote P:C i alger
PCOPT(2)	(P:C) _{opt}	0.027	0.027	gP/gC	Optimal cellekvote P:C i alger
SCMIN	(Si:C) _{min}	0.09	-	gSi/gC	Minste cellekvote Si:C i diatomeér
SCOPT	(Si:C) _{opt}	0.16	-	gSi/gC	Optimal cellekvote P:C i diatomeér

10.6.3. Næringsstoff-opptak

		(1)	(2)		
VMNH4(2)	$V_{Nutr,max}$	0.9	0.6	gN/gC/dag	Maksimalt, umettet opptak av ammonium
VMNO3(2)		0.6	0.4	gN/gC/dag	Maksimalt, umettet opptak av nitrat
VMPO4(2)		0.2	0.13	gP/gC/dag	Maksimalt, umettet opptak av fosfat
VMSiO2		0.5	-	gSi/gC/dag	Maksimalt, umettet opptak av silikat
KSNO3(2)	K_{Nutr}	7	7	µgN/l	Halv-metningskonsentrasjon av nitrat
KSPO4(2)		3	3	µgP/l	Halv-metningskonsentrasjon av fosfat
KSSiO2		90	-	µgSi/l	Halv-metningskonsentrasjon av silikat
KSNH4(2)	" , K_{NH4}	7	7	µgN/l	Halv-metningskonsentrasjon av ammonium
NH4EXP(2)	β_{NH4}	3.0	3.0		Eksponent i funksjon for hemming av nitrat-opptak ved høye ammoniumkonsentrasjoner, se rapport 2.

Felles verdi for diatoméer og annet fytoplankton:

PLUXUS	P_{luxus}	2.0	Evne til lagring av P ut over optimal kvote for vekst, som forhold mellom optimalt og maksimalt P-innhold. Virker som faktor på begrensning av P-opptak ut fra behovet. Gjelder begge grupper
---------------	-------------	-----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10.6.4. Nitrogenfiksering for fytoplanktongruppe 2

NFIXRR	r_{Nfix}	1.0 år ⁻¹	Øvre grense for evne til nitrogenfiksering, relativt til optimalt N-innhold. (=relativ rate for reduksjon av nitrogen-underskudd.) Gjelder ikke diatoméer. Standardverdien innebærer at alger med sterk N-begrensning, men rikelig P-tilgang ville ha en nitrogenfiksering som tilsvarer nitrogenbehovet ved veksthastighet 1 år ⁻¹ , altså svært lite.
---------------	------------	-------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10.6.5. Dødelighet som ren fytoplankton-prosess

		(1)	(2)		
FDEATH(2)	$D_{r,20}$	0.0	0.5	dag ⁻¹	Maksimal spesifikk taps-rate for fytoplankton, uavhengig av beiting, som dødelighet hos fytoplankton (dag ⁻¹) ved $T=20^{\circ}\text{C}$. Er funksjon av bestandstetthet
FDCSAT(2)	$CFYT_D$	10000	500	µC/l	Halvmetningsverdi for fytoplanktonkonsentrasjon i forhold til dødelighet som funksjon av bestand.
FDNUTR(2)	FD_{Nutr}	0	0.2		Koeffisient [0,1] i dødelighetsfunksjon F_r for fytoplankton, angir hvor stor del av næringsstoff (N,P) som remineraliseres ved forhøyet dødelighet. Det resterende beholdes i fytoplanktongruppen, dvs. at lav FD_{Nutr} er uttrykk for at dødeligheten er en intern konkurranse om N og P innenfor det som her betegnes som fytoplankton.

Modellparametre med felles verdi for diatoméer og annet fytoplankton:

RESP20	$RESP_{f,20}$	0.04	(dag ⁻¹) Spesifikk respirasjonsrate for fytoplankton ved 20°C.
---------------	---------------	------	----------------------------------------------------------------------------

10.6.6. Utsynkning av diatoméer

DSRATE(2)	$r_{sed,i}$ $i=1,2$	0.04, 0.6 (dag ⁻¹)	i=1: Nedsynkingsrate uten næringsstoffbegrensning. i=2: Nedsynkingsrate med sterk næringsstoffbegrensning.
DSNINV	$\frac{1}{NUTFAC_S}$	2	Invers verdi av den relative vekstbegrensning $NUTFAC_S$ som gir utsynkingsrater opp mot maksimum.
DSNEXP	γ_s	2.5	EkspONENT som justerer hvor raskt nedsynkingsrate hos diatoméer øker med næringsstoffbegrensning av veksthastigheten. Høye verdier (>1) gir brå respons.
DSCLIM	C_S	10 (µgC/l)	Terskelverdi for diatomé-konsentrasjon som kan gi økt utsynkning, lavere konsentrasjoner vil alltid gi minste utsynkingshastighet uansett vekstbegrensning.

10.6.7. Vertikal egenbevegelse hos flagellater

F2SINK	$v_{fl, ned}$	5 m/dag	Maksimal vandringshastighet nedover (når næringsbegrensning dominerer)
F2RIZE	$v_{fl, opp}$	10 m/dag	Maksimal vandringshastighet oppover (når lysbegrensning dominerer)

10.7. Planktoniske bakterier

NCBACT	$(N:C)_{bact}$	0.18 (gN/gC)	Fiksert forhold mellom N og C bundet i pelagiske bakterier
PCBACT	$(P:C)_{bact}$	0.027 (gP/gC)	Fiksert forhold mellom P og C bundet i pelagiske bakterier
GMX20B	$g_{b,20}$	0.5 (dag ⁻¹)	Øvre grense for veksthastighet hos pelagisk bakteriepopulasjon ved $T=20^{\circ}\text{C}$.
BTRESP	$k_{T,R}$	0.06 ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	Koeffisient for eksponensiell økning av vekst og omsetning hos pelagiske bakterier som funksjon av temperatur. Gjelder også for nedbrytning av dødt organisk materiale og for nitrifisering av fritt ammonium i vannmassene.
TTURNB	τ_{bact}	0.25 (dag)	Tidskonstant som angir en nedre grense for hvor raskt pelagiske bakterier kan ta opp og omsette det som finnes av fritt DOC, N eller P i vannmassene ("turnover").
BACDET	D_{bact}	0.05 (dag ⁻¹)	tapsledd for bakterioplankton, konstant spesifikk rate for overgang fra til dødt organisk materiale, dvs. at bakteriebiomassen "hektes" på partikulært dødt organisk materiale og deltar i nedsynkning og videre nedbrytning.

Hvis spesifiserte N:C eller P:C-forhold for bakterier NCBACT eller PCBACT endres midt under en simulering vil massebalansen bli forrykket, og en vil få feilmeldinger. Derfor bør massebalansen samtidig nullstilles.

10.8. Zooplankton.

10.8.1. Kjemisk sammensetning.

NCZOO	$(N:C)_{zoo}$	0.18	(gN/gC)	Fiksert forhold mellom N og C bundet i zooplankton
PCZOO	$(P:C)_{zoo}$	0.027	(gP/gC)	Fiksert forhold mellom P og C bundet i zooplankton

10.8.2. Temperatur- og oksygenavhengighet

ZTRESP	$k_{T,zoo}$	0.05	(°C ⁻¹)	Koeffisient for eksponensiell økning av zooplankton-aktivitet med temperatur.
ZOXMIN	$Ox_{min,zoo}$	1	(ml/l)	Nedre grense for oksygenkonsentrasjon som gir aktivitet og levestandard for zooplankton.
ZOXOPT	$Ox_{opt,zoo}$	2	(ml/l)	Halvmetnings-verdi for oksygenkonsentrasjon i forhold til aktivitet og levestandard for zooplankton, gir zooplankton-aktivitet på 50% av maksimum

Hvis spesifiserte N:C eller P:C-forhold for zooplankton NCZOO eller PCZOO endres midt under en simulering vil massebalansen bli forrykket, og en vil få feilmeldinger. Derfor bør massebalansen samtidig nullstilles.

10.8.3. Filtrering og fødeopptak.

GRZBAC	g_{bact}	1.0		Beitekoeffisient, angir hvor effektivt zooplankton får tak i bakterier som næring.
GRZFYT(2)	$g_{fyt,i}$	0.1, 1.0		Beitekoeffisient, angir hvor effektivt mikro-zooplankton får tak i fytoplankton av gruppe nr. i som næring: (1): diatoméer, (2): annet fytoplankton
ZFMX20	FZ_{20}	1.5 (dag ⁻¹)		Spesifikk filtreringsrate for zooplankton ved 20°C, gode oksygenforhold og rikelig med føde, enhet: (g C føde)/(g C zooplankton)/tid
ZCFMIN	$CP_{f,Z}^{min}$	10 (µgC/l)		Terskelverdi for partikulær del av fødekonsentrasjon for zooplankton, beiting opphører ved lavere totalkonsentrasjoner.
ZCFSAT	$C_{f,Z}^{sat}$	2000 (µgC/l)		Halvmetningsverdi for total fødekonsentrasjon når det gjelder zooplankton-beiting på fytoplankton og bakterier, dvs. som gir 50% av maksimal rasjon
ZFCOMP	ω_Z	0.5		EkspONENT [0,1], regulerer i hvor stor grad zooplankton kompenserer for føde fattig på N og P ved å filtrerer større mengder: =0: ingen kompensering, =1: full kompensering.
ZOOEFF(3)				Maksimal assimileringseffektivitet for filtrert/beitet materiale hos zooplankton:
	(1): $E_{Z,C}$	0.6		(1): andel assimilert C
	(2): $E_{Z,N}$	0.8		(2): andel assimilert N
	(3): $E_{Z,P}$	0.8		(3): andel assimilert P.
ZGCYCL		0.3		Andel av filtrert, men ikke assimilert materiale som regnes å remineralisere direkte, og frigjøres som oksygenforbruk, ammonium og fosfat. Resten antas å inngå i detritus som fekaliepartikler, og synke og nedbrytes gradvis.

Beitekoeffisienter g_{bact} og $g_{fyt,i}$ fungerer som korreksjonsfaktor på konsentrasjonene ved beregning av total effektiv fødekonsentrasjon og derved også som korreksjonsfaktor på beitehastigheten.

10.8.4. Vertikal vandring.

ZMIGRV	$v_{Z,m}$	10 (m/dag)	Maksimal vertikal vandringshastighet for zooplankton mellom modell-lag, se rapport 2.
ZMIGRH	$h_{v,zoo}$	5 (m)	Vertikal avstand som dimensjonerer virkning av en gradient i zooplanktons levevilkår på vertikalt "vandringstrykk", se rapport 2.

10.8.5. Dødelighet og remineralisering.

ZRESP	$r_{0,Z}$	0.05 (dag ⁻¹)	Spesifikk respirasjon hos zooplankton ved 20°C og høyt oksygeninnhold i vannet.
ZODR(2)	$DR_{Z,i}$ $i=1,2$	0.03 1.0 (dag ⁻¹)	Maksimal spesifikk dødsrate for zooplankton, ved 20°C: (1): pga. beiting på zooplankton, fra høyere nivåer utenfor eller innenfor zooplankton-gruppen i modellen, som funksjon av zooplankton-konsentrasjon, og zooplankton-aktivitet. (2): pga. lavt oksygeninnhold.
ZCCRIT(2)	$C^*_{Z,i}$ $i=1,2$	10, 1000 (µgC/l)	$C^*_{Z,1}$ Terskelverdi for konsentrasjon av zooplankton som gir dødelighet pga. beiting (maks. $DR_{Z,1}$) $C^*_{Z,2}$ Halvmetningsverdi for konsentrasjon av zooplankton - terskelverdi ($C_{zoo}-C^*_{Z,1}$) for dødelighet pga. beiting.
ZDCYCL		0.3	Andel (0 til 1) av dødt zooplankton som regnes å remineralisere direkte, og frigjøres som oksygenforbruk, ammonium og fosfat. Resten vil inngå i detritus, og synke og nedbrytes gradvis.

10.9. Blåskjell-prosesser

10.9.1. Kjemisk sammensetning

NCMUSL	$(N:C)_{Myt}$	0.18	gN/gC	N:C-forhold i vevet hos blåskjell.
PCMUSL	$(P:C)_{Myt}$	0.027	gP/gC	P:C-forhold i vevet hos blåskjell.

10.9.2. Fødeopptak

GRMBCT	e_{bact}	0.1		Effektivitetskoeffisient for blåskjell ved filtrering av bakterier.
GRMFYT(2)	$e_{fyt,i}$ $i=1,2$	2*1.0		Effektivitetskoeffisient for blåskjell ved filtrering av fytoplankton-gruppe i: (=1: diatoméer, 2: annet fytoplankton)
GRMZOO	e_{zoo}	0.2		Effektivitetskoeffisient for blåskjell ved filtrering av zooplankton.

MCFMIN	$C_{f,min}$	20	$\mu\text{gC/l}$	Terskelverdi for partikulær fødekonsentrasjon $C_{f(D)}$ (bakterioplankton unntatt) for blåskjell hvor pumpingen opphører på individnivå, se rapport 2.
MSVC	V_c	0.2	(l/h)	Maksimal filtrering pr. individ hos blåskjell med vekt av aktivt vev W_c (bløtdel tørrstoff).
MFILTM(i) i=1,NBI	$k_{v,1}$	NBI*2. 0		Minste grense på hvor stor andel nytt vann blåskjellene får tilgang på når de filtrerer, velges uavhengig for hvert basseng.
MFWFAC	$k_{v,2}$	1		Justeringsfaktor for forholdet mellom vindsirkulasjon og tilgjengelig nytt vann for blåskjellenes filtrering. Normal verdi=1. (Se rapport 2.)
MSCREQ	$C_{opt,1}$	300	$\mu\text{gC/l}$	Optimal fødekonsentrasjon som karbon pr. vannvolum for et skjell med vekt $W=1\text{g}$ bløtdel tørrstoff.
MSCWXP	λ	0.15		EkspONENT i responsfunksjon for optimal fødekonsentrasjon C_{opt} hos blåskjell som funksjon av individ-vekt ($C_{opt} \propto W^\lambda$).
MSEASS(1)	1: $E_{a,C}$ 2: $E_{a,N}$ 3: $E_{a,P}$	0.6, 0.8 0.8		Øvre grense for assimilasjonseffektivitet hos blåskjell: (1) for karbon, (2) for nitrogen, (3) for fosfor
MXDETR		1.0		Andel av fekaliepartikler fra blåskjell som adderes til detritus-fraksjon i vannmassene (variable xDET). Resten legges direkte inn som sedimentert materiale (variable _SED).

10.9.3. Vektavhengighet.

MSINDW(2)	1: W_c 2: W_m	0.007 0.35	(g tørr-vekt bløtdel)	W_c : Kritisk blåskjellvekt (tørrstoff aktivt vev), definerer knekkpunkt i funksjonen for pumping og respirasjon som funksjon av vekt. W_m : Blåskjellvekt hvor pumpekapasiteten slutter å øke med vekt.
MSQW(2)	q_1 q_2	1.0 0.677		EkspONENTER for sammenhengen mellom filtrering og vekt for individvekter hhv. $W < W_c$ og $W > W_c$.
MSBW(2)	b_1 b_2	1.3 0.677		EkspONENTER for sammenhengen mellom respirasjon og vekt for individvekter hhv. $W < W_c$ og $W > W_c$.

10.9.4. Respirasjon.

MRSP15	$r_{m,15}$	$8.6 \cdot 10^{-6}$	l O ₂ /h	Sult-respirasjon som forbrukt mengde oksygen pr. tidsenhet for blåskjell med tørrvekt av aktivt bløtdel $W=W_c(MSINDW(1))$ ved temperatur 15°C
MTRESP	$k_{T,rm}$	0.065	°C ⁻¹	Koeffisient for eksponensiell økning av sultrespirasjonen hos blåskjell som funksjon av temperatur.
MRASSF	r_G	0.15		Andel av netto assimilering hos blåskjell som respireres som tilleggsrespirasjon til sultnivået ved oppbygging av nytt vev.

10.9.5. Reproduksjon, rekruttering og dødelighet.

MSERMX	$E_{r,max}$	0.9		Maksimalgrense for andel av vekst til reproduksjon (E_r)
MSREXP	γ_r	0.33		Eksponent for hvordan reproduksjonskoeffisienten E_r hos blåskjell avhenger av individvekt.
MSWR	W_r	3.0	g tørrstoff	Den individvekt (bløtdel tørrstoff) hvor øvre grense $E_{r,max}$ for reproduksjonskoeffisienten E_r blir nådd
TMSPWN	τ_{Sp}	15.0	dager	Tidskonstant for forbruk av lagret gytemateriale under gyting hos blåskjell.
MCOVER(i) i=1,NBI	B_{max}	NBI*0. 1	-	Maksimalt bunnareal som er egnet for blåskjell. Dette er ingen absolutt begrensning, men overskridelser minsker rekrutteringen og øker dødeligheten.
TMSETL	$\tau_{b,M}$	2000	dager	Tidskonstant for oppfylling av ledig areal ved bunnslåing av blåskjellyngel, angir hvor raskt ledige bunnarealer besettes: $Areal/tid = (Ledig\ areal)/TMSETL$
MUSLDR(4)	DR_k $k=1,\dots,4$	1, 1, 0.5, 1	år ⁻¹	Spesifikke dødsrater for i ligningene for dødelighet. (1): Koeffisient for dødelighetsrate på grunn av arealbegrensninger (2): Konstant bidrag til dødelighetsrate for blåskjellyngel. (3): Konstant bidrag til dødelighetsrate for blåskjell fra fjoråret og eldre. (4): Koeffisient for dødelighetsrate for blåskjell på grunn av alder, oppnås ved alder $I_{max,y}$
MSAGMX	MG_{max}	10	år	Maksimal alder i dødelighetsfunksjon

10.10. Nedsynkning, sedimentering og nedbrytningsprosesser

De modellkonstantene som beskrives her kontrollerer hvordan dødt organisk materiale (detritus) i vannet synker ned gjennom vannlagene og sedimenterer på bunnen, og hvordan det brytes ned og remineraliseres mens det synker og etter at det har sedimentert. Overgangen fra levende biologiske komponenter til dødt organisk materiale er beskrevet andre steder.

10.10.1. Nedsynkning og sedimentering, overdekning av organisk stoff

SEDVEL(2)	(1): u_0	4.0	m/dag	Verdi på synkehastighet u for dødt organisk materiale i vann nær overflaten.
	(2): a_u	0.5	m/dag/m	$\partial u / \partial z =$ økning i synkehastighet u for dødt organisk materiale pr. dybdeenhet.

Synkehastigheten beregnes som en lineær funksjon av dyp: $v = \text{SEDVEL}(1) + \text{SEDVEL}(2) \cdot z$ ut fra en tankegang om at sedimenterende organisk stoff samler seg i større partikler på vei ned.

RESUSP	<i>RESUSP</i>	0.1		Resuspensjonsfaktor som skal uttrykke i hvor stor grad avsetningen på bunnen blir redusert fordi det skjer en oppvirvling av materiale som deretter kan bli transportert videre nedover. Dersom $\text{RESUSP} > 0$ blir effektivt bunnareal redusert med en faktor $(1 - \text{RESUSP})$, dvs. at en større andel går videre til større dyp.
---------------	---------------	-----	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BURIAL(NBI)	b	<i>NBI*</i>	år ⁻¹	Overdekningsrate for sedimentert materiale (tid ⁻¹) angir hvor raskt organisk materiale i bunnsedimentet blir utilgjengelig for nedbrytning og utveksling av reaksjonsprodukter med vannmassene.
		0.08		

10.10.2. Variasjon i nedbrytningsrater etter opprinnelse og nedbrytningsgrad for det organiske stoffet.

DGRATE(3)	$r_{0,j}$		dag ⁻¹	Initiell oksisk nedbrytningsrate for "nytt" organisk materiale under definerte standardbetingelser (20°C, rikelig med tilgang på oksygen):
		0.3		($j=1$): dødt fytoplankton og zooplankton
		0.05		($j=2$): døde blåskjell (bløtdel)
		0.01		($j=3$): partikulært organisk C tilført fra land
ACCLRC	a_R	2.0		Empirisk koeffisient i ligningen for hvor raskt spesifikk nedbrytningsrate for dødt organisk stoff reduseres som funksjon av hvor mye som er nedbrutt. Med $a_R > 0$ vil nedbrytningspotensialet reduseres raskere enn gjenværende mengde organisk karbon uten nye tilførsler.
ACCLXP	β_R	0.0		EkspONENT i ligningen for hvor raskt spesifikk nedbrytning for dødt organisk stoff reduseres som funksjon av hvor mye som er nedbrutt. Hvis $\beta_R > 0$, vil <u>reduksjonen</u> i nedbrytningsraten etterhvert gå langsommere.

10.10.3. Nedbrytning som funksjon av temperatur, dyp og lokalisering i vann eller på bunn.

BTRESP	$k_{T,R}$	0.063	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	Koeffisient for eksponensiell økning av nedbrytning av dødt organisk materiale og nitrifisering av fritt ammonium i vannmassene med temperatur. Brukes også for vekst og omsetning hos pelagiske bakterier.
DGDETZ	z_r	0.1	m	Halvmetningsdyp i funksjonen for nedbrytning som funksjon av dyp regnet fra overflaten for detritus i vannfasen. Kan brukes til å en grov modellering av tidsforsinkning i nedbrytning av organisk stoff som synker ned.
DGWSF	K_{sed}	0.5		Reduksjonsfaktor for oksygen-konsentrasjon og nitratkonsentrasjon i fri vannmasser i forhold til aerob nedbrytning og denitrifisering av materiale på bunnen. Brukes også for å angi reduksjon i virkning av sulfid i sedimentet på fana-nedbrytning i vannmassene.
ASOXTL	K_{Asox}	300	dag/m	Forhold mellom reduksjon i effektiv oksygenkonsentrasjon ved nedbrytning på bunnen og sulfidutlekking $U_{A_{sed}}$ fra sedimentene (som oksygenekvivalenter).

10.10.4. Oksidasjonstilstand for organisk C, differensierte rater for nedbrytning av C, N, P og Si

OXCFAC	$\gamma_{ox:C}$	1.2	gO/gC	Vektforhold mellom forbrukt O_2 og nedbrutt mengde C ved aerob nedbrytning av organisk karbon. I Oslofjorden ble tilslutt verdien justert til 1.1
DGNFAC	$f_{N:C}$	1.		Forhold mellom spesifikk remineraliseringsrate av N og C.
DGPFAC	$f_{P:C}$	1.		Forhold mellom spesifikk remineraliseringsrate av P og C.
DGSFAC	$f_{S:C}$	2.		Forhold mellom spesifikk remineraliseringsrate av Si og C.

10.10.5. Grenser for nedbrytning pr. volum og pr. bunnareal

DGCMAX(2)	-	1000. 10000. (Inaktivt)	mgC/m ³ /dag mgC/m ² /dag	Absolutt øvre grenser for nedbrytning av organisk C, (1): av detritus i vannmassene, pr. vannvolum (2): av avsatt materiale på bunn, pr. flateenhet
-----------	---	-------------------------------	----------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10.10.6. Aerob nedbrytning

DOXBRR	$r_{ox,b}$	0.3		Maksimal aerob nedbrytningsrate uten fauna, relativt til maksimal nedbrytning under gode oksygen-forhold og full fauna-aktivitet.
DOXKB	$K_{Ox,b}$	0.2	ml/l O_2	Halvmetningskonstant i uttrykket for antatt rent bakteriell aerob nedbrytning $f_{ox,b}$. En oksygen-konsentrasjon $Ox=K_{Ox,b}$ gir halvert rate for ren bakteriell nedbrytning i forhold til asymptotisk maksimum.

DOXKM	$K_{O_x,f}$	0.5	ml/l O ₂	Halvmetningskonsentrasjon på den delen av oksygenkonsentrasjonen som overstiger nedre grense $O_{x_{l,f}}$, dvs. 50% av full rate nås når $[O_2]=O_{x_{l,f}}+K_{O_x,f}$.
DOXKS	$k_{ox,S}$	20.0	m ² /l O ₂	Det inverse av den verdi på sulfidinnhold $ASED$ i sedimentet som gir halvering av fauna-aktiviteten når det gjelder nedbrytning på bunnen.
DOXLIM	$O_{x_{l,f}}$	0.1	ml/l O ₂	Nedre terskelverdi for oksygenkonsentrasjon som gir faunarelatert nedbrytning

10.10.7. Nedbrytning ved denitrifisering

DNITRR	r_{denitr}	1.0		Forholdet mellom spesifikk nedbrytningsrate ved denitrifisering med ubegrenset tilgang på nitrat, og maksimal rate for aerob bakteriell nedbrytning.
DNITKS	$K_{Nitr,d}$	80	µg N/l	Halvmetningsverdi for effektiv nitratkonsentrasjon mht. forbruk av fritt nitrat ved dominerende denitrifisering, dvs. ved oksygenkonsentrasjon=0, se rapport 2.
KOXM	$k_{ox,N}$	300	µg N/l	Maksimal økning i halvmetningsverdi $K_{Nitr,d}$ for nitratkonsentrasjonen mht. forbruk av fritt nitrat til denitrifisering pga. transportbegrensninger gjennom en dominerende oksisk sone i partikler eller sediment, se rapport 2. (I den modell-versjonen som ble brukt til kjøringene i rapport 1 var formlene her litt annerledes, og denne konstanten var da ikke med.)
DNOXFR	$FR_{D,Nitr}$	1.0		Maksimal andel av nitrifisert nitrogen fra aerob nedbrytning som vil kunne diffundere inn til anoksisk sone og derved kan bli brukt til denitrifisering direkte, uten å ha gjort seg på nitratkonsentrasjonen i de frie vannmassene.
FDNH3	F_{d,NH_3}	1.0		Konstant som angir hvor stor andel [0,1] av denitrifiseringen som skjer med direkte denitrifisering av frigjort remineralisert NH ₄ ⁺ til N ₂ , se rapport 2.
DNITF	k_{nitr}	0.1		Dimensjonsløs koeffisient, angir en nedre grense for omfang av aerob bakteriell nedbrytning $f_{ox,b}$ som gir vesentlig grad av nitrifisering av lokalt remineralisert ammonium, se rapport 2. Virkningen avhenger av eksponent α_{nitr} .
DNITXP	α_{Nitr}	0.333		Eksponent i responsfunksjon for hvordan mengde lokalt nitrifisert ammonium fra aerob nedbrytning avhenger av omfanget av aerob bakteriell nedbrytning.

10.10.8. Nedbrytning ved sulfat-reduksjon

SULFRR	r_{sulf}	1.0	d^{-1}	Asymptotisk maksimum for spesifikk nedbrytning ved sulfatreduksjon i forhold til rent bakteriell aerob nedbrytning.
SULFOX(2)	(1): $Ox_{s,lim}$	0.05	ml/l	Øvre grense for effektiv oksygenkonsentrasjon som kan gir nedbrytning ved sulfatreduksjon. Ved lavere oksygenkonsentrasjoner vil sulfatreduksjon komme gradvis igang, og øke lineært mot maksimum som nås når effektiv oksygenkonsentrasjon =0. Funksjonsform er gitt av $Ox_{s,sat}$ og
	(2): $Ox_{s,sat}$	0.2		Koeffisient i responsfunksjon for sulfatreduksjon som funksjon av oksygenkonsentrasjon, angir omtrent hvor mye lavere enn $Ox_{s,lim}$ den effektive oksygenkonsentrasjon må være for å få vesentlig nedbrytning ved sulfatreduksjon.
SULFXP	α_s	2.0		Eksponent i uttrykk for raten for sulfatreduksjon som funksjon av oksygenkonsentrasjon, små avvik $x=Ox_{s,lim}-Ox$ gir sulfatreduksjon $\propto x^{\alpha_s}$ se rapport 2.

10.10.9. Nitrifisering av fritt ammonium i vannmassene

RAMMOX	I_{Nitr}	1.0	d^{-1}	Maksimal spesifikk nitrifiseringsrate for fritt ammonium i vannmassene ved høye oksygenkonsentrasjoner
KAMMOX	$K_{Ox,Nitr}$	0.2		Halvmetningskonsentrasjon for oksygen når det gjelder nitrifiseringsrate for fritt ammonium i vannmassene

10.10.10. Binding og utløsning av sulfid og fosfat i sedimentene

ASEDMX	$ASED_{max}$	300	l/m^2	Kapasitetsgrense for utfelt mengde sulfid i tilgjengelig del av sedimentet, gitt som O_2 -ekvivalenter. Mengder ut over dette lekkes ut til vannmassene med endret rate.
ASEDLR(2)	$u_{Aged,k}$ $k=1,2$	0.05	$år^{-1}$	Spesifikke rater utløsning av sulfid lagret i sedimentet til vannmassene: (1): For mengde $ASED \leq ASEDM_{max}$ (2): For overskytende del av $ASED$
		0.5		
ASEDOX	$K_{Aged,ox}$	0.1	m	Forholdet mellom oksygenkonsentrasjon i vannet og likevektsverdi for mengde oksygen i sediment.
PPAMAX	$PP_{a,max}$	0.8	$\frac{mg}{m^2dag}$	Maksimal utfelling av fosfat adsorbert til partikler fra oksisk vann, som absolutt mengde pr. areal og tid.

PPRMAX	$PP_{r,max}$	0.5	m/dag	$PP_{r,max}$ = Maksimal synkehastighet for fosfat adsorbert til partikler i vannmassene pga. utfelling, som spesifikk utsynkingshastighet (lengde/tid) fra konsentrasjonen av fritt ortofosfat.
PPOXEX	α_{pp}	0.5		Eksponent i uttrykket for responsfunksjon for fosfatutfelling som funksjon av oksygenkonsentrasjon.
PPOXMX	$Ox_{pp,max}$	5	ml/l	Terskelkonsentrasjon av oksygen for utfelling av fosfor, utfellingsraten synker når oksygenkonsentrasjonen blir lavere.
PADRET	r_{PADS}	0.2		Andelen av remineralisert P i sedimentet som holdes tilbake ved adsorpsjon til partikler under oksiske forhold.
PADMAX	PAD_{max}	5000	mg/m ²	absolutt øvre grense for fosfatlagring i sedimentet ved adsorpsjon til uorganiske partikler i sulfidfritt oksisk sediment.
PADRLS	u_{PADS}	0.01	dag ⁻¹	Spesifikk utlekkingsrate for den fosfatmengden som overstiger grensen $PADS_{lim}$, se rapport 2.
PADASD	$ASED_P$	10	l/m ²	Den mengde lagret oksyngjeld $ASED$ i sedimentet som gir grensen for fosfatadsorpsjon i sedimentet = 0.
PSBURF	$r_{b,SP}$	1.0		Faktor på overdekningsraten b anvendt på utfelt sulfid og fosfat i sedimentet, ut fra at kjemisk utfelte forbindelser kan tilgjengelig ned til større sedimentdyp ved skiftninger mellom oksiske og anoksiske forhold.

11. ACSL-konstanter: Hjelpeverdier til verifisering og følsomhetsanalyse.

Modellen inneholder også endel konstanter som kan brukes til å variere hvordan modellen fungerer. Disse konstantene er i hovedsak logiske variable, og er lagt inn som en hjelp til utprøving av modellen. De skrur av og på ulike deler av modellen, slik at en kan teste ut hvilke deler som eventuelt gir problemer, og aktiverer/undertrykker de muligheter for testutskrifter som er inkludert i koden.

11.1. Av/på-brytere til hjelp ved testing og justering av modellen

Verdier som bør settes før START:

LFYT	2	<p>Øvre grense for antall fytoplanktongrupper det beregnes for.</p> <p>LFYT=1 betyr at det bare opereres med en fytoplanktongruppe, dvs. diatoméer (silisiumavhengighet, nedsynkning).</p> <p>LFYT=0 medfører at fytoplankton generelt blir kuttet ut fra modellen.</p> <p>NB! Dette påvirker ikke lengden av de verditabellene (arrays) som er definert i modellen for å beskrive fytoplankton, men bare hvor stor del av tabellene som har meningsfylte verdier. Uansett hvordan LFYT settes vil FYTGRP settes = det antall fytoplanktongrupper som faktisk er aktivt (0 er nedre grense, øvre grense er gitt av dimensjonen satt i programmet).</p>
C1XTRN	1.0	<p>Bestemmer hvordan tilstandsvariabelen C1 skal fungere. C1 er en tilstandsvariabel for konsentrasjon i vann på linje med salt, temperatur etc.</p> <p>Dersom C1XTRN =1.0 vil C1 være et mål på volumkonsentrasjonen, dvs. at den skal være identisk =1 for alle lag og gjennom hele simuleringen. Den vil da fungere som ytterligere kontroll på volumbevaring.</p> <p>Dersom C1XTRN =0.0 vil C1 være en slags gjennomsnittsalder på vannet i hvert lag, med enhet dager, dvs. et mål på hvor lenge vannet i gjennomsnitt har oppholdt seg i modellbassengene siden det kom inn gjennom randen eller ble tilført fra land eller via nedbør. Variabelen C1 vil da være et hjelpemiddel i utprøving av modellen og i tolkning av resultater for andre variable.</p>
INITC	.true.	<p>Angir om startverdier for salt, temperatur og stoff-konsentrasjoner i vannmassene skal settes ut fra randen. Hvis INITC = .false. blir simuleringen kjørt igang fra en starttilstand hvor alle konsentrasjonene settes = 0. Det medfører at forløpet blir en ren funksjon av tilrenningen fra land og utvekslingen fra randen, og at det ikke blir noen pelagisk biologi i starten. (Fytoplankton vil ha en minste-verdi for aktiv konsentrasjon selv om den er satt = 0 og vil derfor komme etterhvert, men de andre biologiske komponentene vil ikke opptre med konsentrasjoner >0, dersom det ikke settes verdier >0 senere).</p>

Verdier som kan endres frem og tilbake underveis i en simulering:

ITRZ	<i>.true.</i>	Hvis <i>.false.</i> : Skru av den iterative beregningen av vannstandsvariasjoner, som beskrevet i fysikk-rapporten. Dersom vannstandsvariasjonene har rask respons kan der gi problemer.
HTROFF	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Skru av horisontale vanntransporter og blandingsprosesser. Det vil ikke være noen vertikaldiffusjon, og ingen strøm mellom bassengene drevet av trykkgradienter i dybdeprofilen. Det eneste som gjenstår er en strøm i overflaten for å opprettholde vannstanden, dvs. som kompensasjon for ferskvannstilførsel og nedbør, minus fordampning. Virkningen på de horisontale transportene er som om det ble satt ned skillevegger opp til det øverste laget i alle forbindelser, slik at det bare kunne transporteres vann over kanten på skilleveggene.
TROFF	<i>.false.</i>	Som HTROFF , men vil i tillegg også skru av vertikalblandingen innenfor hvert basseng.
BIOOFF	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Biologiske prosesser, inkludert partikkelnedsynking, blir inaktivert. Videre tidsforløp for biologiske og hydrokjemiske variable blir bestemt bare av vanntransporter. Når de biologiske prosessene skrur av vil modellen gå en del raskere. Det kan være nyttig hvis det er den kan den fysiske delen av modellen som skal prøves ut, og kan også være til hjelp for å finne ut om en feil i f.eks. massebalansen skyldes biologiske prosesser eller transport.
ACTION	0	Heltallsverdi. Har vært brukt til å aktivere spesielle kodesekvenser som er lagt inn for testformål, ikke aktiv for øyeblikket ?

11.2. Aktivisering av testutskrifter

NPRINT	1	Antall integrasjonsskritt mellom hver loggutskrift på skjerm og/eller diagnostikk-fil. Loggutskriften er en kvittering for utført tidsskritt, og ser ut som vist på side 18.
DBGDEV	999	Fil-nummer som brukes for diagnostikk-utskrifter. Hvis $DBGDEV=6$ blir utskriftene sendt til skjermen. Hvis $DBGDEV>6$, og ikke lik nummeret på noen annen brukt fil, vil programmet stoppe og spørre om filnavn første gang det skal skrives til filen. En kan da oppgi navnet på en ny eller en eksisterende, men uåpnet fil (tidligere innhold blir skrevet over), evt. gi teksten CON for å utskrift på skjerm. $DBGDEV$ kan eventuelt settes til samme verdi som PRN eller DIS, men pass på å unngå nummeret på andre åpne filer. Ofte antall skritt: Nytt spørsmål om filnavn etter at antall skritt er gjennomløpt. Kan gi CTRL/C for å avbryte simulering, og deretter svare på spørsmålene.
TTRIG	1.0E30	Kontrollutskriftene som er nevnt ovenfor blir bare aktivert (trigget) for $T \geq TTRIG$.
TRACE	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Skriver ut en melding hver gang en av hovedrutinene kalles, med navnet på den rutinen som kalles. Dette kan gjøre det lettere å finne ut hvor feil oppstår. Meldingen skrives ut via subrutinen HELLO.

EXTEST	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Aktiverer testutskrift av beregningen av eksterne konsentrasjoner, altså vannkonsentrasjoner i ytre rand, dersom subrutine filen BOUNDARY.FOR er kompilert med testutskriftene på. Dette utføres uavhengig av TTRIG.
MXTEST	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Aktiverer testutskrift av beregningen av vinddrevet overflateblanding dersom subrutine SURFBF og SIRFMX er kompilert med testutskriftene på. Dette utføres uavhengig av TTRIG.
DGTEST	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Kontrollutskrift av nedbrytningsprosessene (" degradation ") skrives ut på diagnostikk-fil dersom $T \geq TTRIG$. i den grad subrutinen DGRADE.FOR er kompilert med testutskrifter på.
TRTEST	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Kontrollutskrift av vanntransport-beregningen skrives ut på diagnostikk-fil dersom $T \geq TTRIG$, i den grad de aktuelle subrutinene er kompilert med testutskrifter på, dvs. Program-moduler TRANSP*.FOR
VPRT	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Kontrollverdier fra beregning av volumendringer og volumbevaring skrives ut på diagnostikk-fil. Beregningen utføres for hvert beregningsskritt, og resultatet er tilgjengelig i variable beskrevet i kap. 13.1. men resultatet skrives ut på diagnostikkfil bare hvis $T \geq TTRIG$ og i den grad subrutinen VOLCHK i EUTROSUB.FOR er kompilert med testutskrifter på.
MDEBUG(6)	<i>6*.false</i>	Kontrollerer kontrollutskrift av beregningen av massetransporter knyttet til vanntransportene dersom $T \geq TTRIG$, i den grad de aktuelle subrutinene er kompilert med testutskrifter på. MDEBUG(I)= <i>.true.</i> fremkaller utskrift slik: [§] <ul style="list-style-type: none"> I= 1: Kontrollvariabel C1 2: Salinitet, temperatur 3: Oksygen 4: Næringsstoffer 5: Biologiske komponenter i vannet, unntatt 6: Zooplankton.
PPTEST	<i>0</i>	Heltall som styrer kontrollutskrifter fra beregning av omsetning knyttet til fytoplankton og zooplankton. Har bare virkning dersom $T \geq TTRIG$, i den grad subrutinen PRPROD er kompilert med kontrollutskrifter inkludert <ul style="list-style-type: none"> =0: Ingen utskrifter >0: Skriver ut for lagene fra overflaten ned til lag PPTEST, telt lokalt innenfor hvert basseng. <0: Skriver ut fra og med lag nr. PPTEST etter lokal nummerering innenfor hvert basseng og ned til dypeste lag. Se ellers eget avsnitt om kontrollutskrifter fra PRPROD.
MSTEST	<i>.false.</i>	Hvis <i>.true.</i> : Kontrollutskrift av blåskjellmodellen skrives ut på diagnostikk-fil dersom $T \geq TTRIG$, i den grad subrutinene MUSLINIT.FOR eller MUSLINTG.FOR er kompilert med testutskrifter på.

[§] I den utgaven som er arkivert etter bruken på for indre Oslofjord i rapport 1 er oppdelingen annerledes.

DBGRNF *false.* Hvis *.true.*: Kontrollutskrift av tilrenningsberegningen sendes ut på diagnostikk-fil, i den grad subrutinen RUNOFF i modul RUNOFF.FOR er kompilert med testutskrifter på.

11.3. Styring av bruken av testvariabel DGRV

LDGRV 19 Angir hvilket lag nr (indeks i =1..NLI) det ønskes at testarray DGRV skal brukes til å beskrive. Dette testarrayet vil inneholde endel dynamiske variable som beskriver nedbrytningsprosessene og de forhold som regulerer dem mer i detalj. En mer detaljert beskrivelse er gitt i programkoden i modul DGRADE.FOR

11.4. Kontroll av beregningsnøyaktighet

Modellen vil automatisk kontrollere om massebalansene stemmer underveis i simuleringen. Det gjøres ved å se om endringer i innholdet i hvert basseng, summert over alle lag i bassenget, stemmer med netto import, beregnet ut fra tilførsler fra land utveksling via overflaten, i randområdet eller mot bunnsedimentene. Det er også lagt inn variable som kan brukes til å kontrollere mot unøyaktigheter og feil i volum-balansen i modellen, se kap. 13.1.

Omfang og hyppighet av denne kontrollen og av utskrifter i tilknytning til det kan reguleres ved hjelp av følgende konstanter:

MBPRT(6) 6*0 Kontrollerer utskrift av massebalanse-beregning for de 6 konservative komponentene i modellen:

- 1:Salt,
- 2:Varme(temperatur),
- 3:Oksygen (-H₂S og organisk karbon),
- 4: Nitrogen (eksklusiv molekylært N₂) ,
- 5:Fosfor,
- 6:Silisium.

Utskriften vil vise hvordan de forskjellige bidragene summerer seg opp til en totalsum, og hvordan massebalansen fremkommer.

MBPRT(i) = 0: ingen utskrift, unntatt varsel om avvik på skjermen, med venting på respons fra bruker 1.gang

1:Summarisk utskrift, dvs. bare for hvert basseng

2:Detaljert utskrift for hvert lag.

<0: undertrykker krav om respons fra bruker 1. gang ved eventuelt varsel på skjermen.

ACCUR 2.0e-5 Øvre grense for relativt avvik i massebalansene nevnt ovenfor. Overskridelser varsles ved utskrift på skjermen under simuleringen.

MBINTV 0.0 Regulerer hvor ofte kontroll av massebalansen utføres. Konstanten angir en nedre grense for avstand i tid (dager) mellom hver kontroll. Som standard, med verdi = 0, blir den utført for hvert integrasjonsskritt. Ved kjøring av en godt uttestet modell kan intervallet økes til f.eks. 1 dag, det vil øke beregningshastigheten noe.

MBRSET	<i>.false.</i>	Verdi =.true. vil medføre at kontrollen blir nullstilt ved neste START eller CONTIN-kommando, dersom det ble valgt å kontrollere integrerte massebalanser ved bygging av programmet (se kap.13.4.) Nullstillingen innebærer at de mengdene som befinner seg i modellbassengene noteres som ny startverdi, og integrerte netto importverdier nullstilles. Dette kan være nyttig dersom det i forbindelse med testing av modellen gjøres inngrep som ødelegger massebalansen, f.eks. ved å endre noen av tilstandsverdiene i modellen. MBRSET blir alltid satt tilbake til <i>.false.</i> etter at nullstillingen er utført.
VDINDEX	1	Velger mellom to forskjellige måter å beregne variasjoner i dynamisk volum, som inngår i beregning av kontrollvariable på volumbalansen, se kap. 13.1. =1: ved hjelp av variasjoner i vannstand, =2: ut fra oppsummering av transporter.

12. Modellens oppbygging, EDB-tekniske spesifikasjoner

12.1. Skisse av filstruktur i kildekoden og gangen i oppbyggingen av et ferdig EDB-program ut fra kildekoden.

Dette avsnittet er ikke noen fullstendig beskrivelse av strukturen til kildekoden eller hvordan programmet genereres. Det gis her bare en overordnet skisse av hovedpunktene, for detaljer henvises til kildekoden selv, samt et sett av DOS batch-filer som finnes arkivert og er tilgjengelig for interesserte. Avsnittet forutsetter kjennskap til terminologien i MS-FORTRAN og ACSL.

Hovedmodellen ligger i en fil **EUTRO.SRC** (*source*), som er ACSL(9.0)-kode, men med spesiellagede makroer for å få justerbare dimensjoner på arrays, som beskrevet nedenfor i kap.14.1.

Hovedmodellen kjøres gjennom en egenutviklet makro-oversetter skrevet i PDC-PROLOG, og det genererer en ordinær ACSL-modell i filen **EUTRO.CSL**.

Filen EUTRO.CSL blir oversatt av ACSL-oversetteren, resultatet er to filer med FORTRAN-kode: **COMPILE.FOR** og **COMPILE.CMN**.

Disse filene blir compilert og lastet sammen med en rekke filer med FORTRAN subrutiner (*.FOR), samt endel tilhørende *INCLUDE*-filer:

- *.INC,
- *.CMN Beskrivelse av COMMON-blokker.
- *.ITF *INTERFACE*-filer, for kontroll av grensesnitt ved subrutinecall.

Strukturen ligger beskrevet i en FORTRAN NMAKE-fil **EUTRO.MAK**.

Fremgangsmåten for å bygge opp programmet fremgår ellers av følgende batch-jobber:

- C.BAT Genererer et ferdig program fra EUTRO.SRC, via ACSL-oversetter og FORTRAN NMAKE.

ACSLCG.BAT	Egen utgave av systemfil som følger med ACSL, brukes ac C.BAT
M.BAT	Genererer ferdig program fra COMPILE.* og andre filer med FORTRAN kildekode. Brukes når hovedmodellen EUTRO.SRC ikke er endret.

Disse filene, samt filen EUTRO.MAK er gjengitt i appendiks 4.

12.2. Noen programmeringstekniske detaljer

I den faglige beskrivelsen av modellen er det gitt formler som bare kan brukes for meningsfulle eller fysisk lovlige verdier av variablene. Funksjoner for tilvekst ved primærproduksjon som funksjon av mengde fytoplankton har f.eks. bare mening når mengden fytoplankton gitt som konsentrasjon er ≥ 0 . Dersom konsentrasjonen ved en feil skulle bli satt < 0 , blir også veksten < 0 , og det er for det første meningsløst, og vil dessuten bidra til at feilen kan forsterkes og kan gi svært merkelige løsninger. Det samme gjelder næringsopptak som funksjon av ytre næringskonsentrasjon, ulike beittingsledd etc.

Ofte vil slike ting ikke være noe problem, fordi ulovlige verdier aldri opptrer. Så langt som mulig er det sikret mot at modellen f.eks. tar for store tidsskritt slik at en negativ gradient gir negative verdier på variable som begrepsmessig må være ≥ 0 . Det kan likevel ikke garanteres helt mot at små negative verdier på slike variable. Programkoden er derfor bygget for å sikre best mulig mot slike tilfeller. F.eks. er vekstfunksjoner gitt som funksjon av $\max(0, \text{Konsentrasjon})$, slik at små negative verdier her behandles som verdi 0.

Det er også i mange tilfeller lagt inn tilsvarende skranker der det er nødvendig matematisk, f.eks. for å unngå å dele på 0, eller ta kvadratroten av et negativt tall.

Det betyr at programmet er ganske robust, men medfører også at koden blir endel mer kompleks enn det som fremgår av den faglige beskrivelsen.

12.3. Hvor lang tid tar det å kjøre modellen?

Hvor raskt simuleringene går, avhenger av hvilke deler som er aktive, og av hvor mye testutskrifter og internkontroll av koden som er satt på ved kompilering av programmet (MS FORTRAN Debug-oppsjon). Hvis programmet er compilert uten slike kontroller og det kjøres på en 486DX (66 Mhz), vil en simulering av 2 bassenger med 10+19 lag kreve ca. 17 minutter pr. simulert år. Dvs. at en 20 års simulering tar 5 timer og 34 minutter.

Hvis de biologiske prosessene skrues av (BIOOFF=.true.), og en bare vil se på fysikken, tar en tilsvarende kjøring litt over 10 minutter pr. simulert år. Ved testing av de biologiske delene av modellen kan en få den til å gå endel raskere ved å skru av de fysiske transportene (TROFF=.true.).

13. Verifisering - kontroll av EDB-modellen i forhold til modell-beskrivelsen

Regnenøyaktigheten til programmet for enkeltoperasjoner ligger i området $10^{-7}10^{-6}$, og avvik må vurderes i forhold til dette.

13.1. Volumbevaring, kontroll av fysiske transporter.

Modellen summerer netto import av vann til hvert basseng, pga.:

- 1) vanntransporter mellom bassenger og mot ytre rand
- 2) utveksling med atmosfæren
- 3) tilrenning fra land.

Modellen har innebygd kontroller på at denne importen integrert over tid stemmer overens med endring i beregnet volum for hvert basseng. Avvik vil indikere at det er noe galt med den totale vannbalansen i modellen som helhet, eller mellom bassengene.

Det er er lagt inn en spesiell konsentrasjon **C1** i modellen som bl.a. kan brukes til kontroll av massebevaring. Denne funksjonen aktiveres ved å sette ACSL kontrollvariabel **C1XTRN=1**, se kap. 11.1. Variabelen **C1** har da verdi = 1 i utgangspunktet og den samme verdien i all import og eksport av vann. Dersom den integrerte tilstands-variabelen avviker signifikant fra 1, er det indikasjon på at det er noe galt med transportberegningene internt i bassenget.

Modellen inneholder også noen variable som gir en viss kontroll på om mekanismen med buffervolumer fungerer riktig (se rapport 4 for en nærmere beskrivelse). Variablene viser om beregningen av volumforskyvninger innenfor buffervolumer er konsistent med beregning av hvilke volumer som tilhører hvert basseng, beskrevet i kap.8.1. Alle variablene nedenfor har **NBI+1** verdier, og verdi $k=1, \dots, \text{NBI}$ gjelder modellbassengene, mens verdi nr. $k=\text{NBI}+1$ er en sum for randområdene. Verdiene i kolonne to er tidsintegraler av verdiene i kolonne 2.

Integerert verdi (m^3)	Endring/tid (m^3/dag)	Betydning:
VBFSI(k)	VBFSDV(k)	Netto sum av volumforskyvninger innenfor buffervolumer: + volum av vann som tilhører basseng nr.k, men som nå finnes på andre siden av forbindelser til andre bassenger - volum av vann som tilhører andre bassenger, men som nå befinner seg i buffervolumene i basseng nr.k. <i>VBFSDV</i> beregnes ved å summere deriverte av buffervolumer <i>VBUFDV</i> .
DVT2I(k)	DVT2DV(k)	Dynamisk volum ($\text{VDYN}(i,k)$ + volumforskyvning ($\text{VBFSI}(k)$), skal være = beregnet volumavvik ($\text{DVTOT}(k)$). Beregningen gjøres med en av to alternative verdi-sett av VDYN (se side 52): $i=1$ (ut fra vannstandsvariasjon), $i=2$ (ut fra dynamiske vanntransporter). Hvilket alternativ som brukes avgjøres av ACSL-konstanten $\text{VDINDX}=i$, standardverdi er 1 (se side 86).
VTDI(k)	VTDDV(k)	Forskjell hhv. $\text{DVTOT}-\text{DVT2I}$ (integrert) og $\text{VTOTDV}-\text{DVT2DV}$ (derivert). Verdiene skal være $\cong 0$.

13.2. Innblanding av dykkede utslipp

Subrutinen for dette kontrolleres ved å sammenligne resultatene med et eksisterende program JETMIX med samme utgangsdata.

Dette er gjort for et testsett av data, og resultatene viser tilfredsstillende overensstemmelse.

13.3. Test-utskrifter.

Programkoden for de subrutinene som er skrevet direkte i FORTRAN inneholder en stor mengde testutskrifter, som en kan velge å ta med eller utelate ved kompilering av programmet. Hvilke testutskrifter som skal med, styres av meta-kommandoer (\$DEFINE, \$IF ... \$ELSE) lagt inn i kildekoden. Som regel står kontroll-variable definert med standard-verdi=0, det betyr at testutskriftene utelates, mens verdier $\neq 0$ tar med testutskrifter i forskjellig omfang. Koden inneholder nærmere dokumentasjon på dette.

De fleste slike utskrifter utføres bare dersom de aktiveres via ACSL-kommandoer, se kap. 11.2. For å få dem utført må de altså for det første være inkludert i programmet ved å sette \$DEFINE-variable $\neq 0$, dessuten må respektive ACSL-variable settes under kjøring av programmet slik at de også utføres.

Utskriftene går stort sett til et filnummer som er satt i DGBDEV, se kap. 11.2.

13.4. Kjemiske massebalanser.

Modellen vil underveis i simuleringen kontrollere om massebalansen for konservative komponenter stemmer. Dette er en kontroll på at vertikale transporter og biologisk omsetning ikke ved en feil fjerner eller skaper stoff eller varme.

Som konservative komponenter regnes:

Saltinnhold	dvs. volumintegrert salinitet
Varmeinnhold	dvs. volumintegrert temperatur
Oksygeninnhold	= oppløst fritt oksygen + oksygen bundet som nitrat, dvs. den mengde som vil frigjøres ved reduksjon til ammonium, - mengden organisk karbon i ulike former omregnet til oksygen
Nitrogen Fosfor Silikat	Biotilgjengelig del, summert over alle komponenter

Kontrollen skjer ved at modellen med visse mellomrom sammenligner om endringer i innholdet i hvert basseng, summert over alle lag i bassenget, stemmer med netto import, beregnet ut fra tilførsler fra land utveksling via overflaten, i randområdet eller mot bunn-sedimentene.

Kontrollen kan foretas på to måter. Den ene måten er at endringen i innhold siden et gitt tidspunkt blir sammenlignet med tidsintegralet av netto import. Eventuelle avvik vil da

akkumulere over tid. Den andre måten er at endringen pr. tidsenhet i hvert tidsskritt sammenlignes med netto import pr. tidsenhet.

Hvilken av disse to metodene som skal brukes må bestemmes før det kjørbare programmet bygges. Det velges med en meta-konstant `MASS_BALANCE_MODE` i FORTRAN kilde-koden for subrutine `COMCLC`, i modulen `EUTROSUB.FOR`.

Tidsintervall mellom kontrollene og krav til relativ nøyaktighet kan settes av bruker via ACSL-konstanter, som beskrevet i kap. 11.4.

Den relative nøyaktigheten er i begge tilfeller tilgjengelig for utskrift/plotting gjennom variable `SALTB`, `HEATB`, `OXYGB`, `NITRB`, `PHOSB` og `SILIB`, som beskrevet i kap.8.5.

14. Vedlikehold og endringer av modellen

14.1. Forandre modelldimensjoner

De array-dimensjoner modellen settes opp med kan endres i kildekoden til filen `EUTRO.SRC`. Dette er hovedprogrammet til modellen. Det er i hovedsak et ACSL-program, men syntaksen er utvidet med en enkel **makro**-mekanisme som gjør det enkelt å endre dimensjoner. Ved hjelp av en spesiallaget preprosessor `MACROEXP.EXE` transformeres programmet til et rent ACSL-program `EUTRO.CSL` som deretter håndteres videre av ACSL-oversetteren.

Makromekanismen består rett og slett i at det er anledning til å definere symbolske konstanter på separate linjer på denne formen:

ϖ Navn = Innhold

Tegnet ϖ først på en linje sammen en tekststreng etterfulgt av likhetstegnet angir at resten av linjen definerer en makro. En slik linje leses som en definisjon av strengen ϖ Navn og medfører at tekststrengen ϖ Navn når den påtreffes senere blir erstattet av *Innhold*. Navn og *Innhold* er tekststrenger som kan bestå av bokstaver, tall og understrekningstegnet `_`, eller utgjøre en lovlig numerisk verdi. Navn avsluttes av første blanke eller av likhetstegn, mens *Innhold* avsluttes av første blanke tegn. Eventuell tekst etter det blir ignorert. Hvis linjen er tom etter likhetstegn blir *Innhold* en tom tekst. NB! Spesialtegnet ϖ må være med for at navnet skal gjenkjennes. Arraydimensjonene er definert av følgende makroer:

ϖ MD	21	Maks. antall dyp. Må være > største antall lag i noe basseng
ϖ MBI	2	Maks. antall bassenger topografien kan definere
ϖ MBIPLUS	3	Må være = ϖ MBI+1
ϖ MLI	40	Maks. antall lag summert over modellbassengene
ϖ MLIPLUS	41	Må være = ϖ MLI+1
ϖ MBE	1	Maks. antall eksterne "bassenger", dvs. antall randområder
ϖ MBEPLUS	2	Må være = ϖ MBE+1

α MLE	10	Maks. antall lag summert over randområdene.
α MC	2	Maks. antall forbindelser mellom to bassenger eller mellom basseng og randområde.
α MCPLUS	3	Må være = α MC+1
α MLC	30	Maks. antall lag summert over alle forbindelser, ned til terskeldyp.
α MS	6	Maks. antall tilførselskilder programmet kan håndtere.
α MFYTG	2	Maks antall fytoplanktongrupper programmet kan håndtere.
α MUSLAGES	10	Antall årsklasser som skilles fra hverandre i blåskjellmodellen.
α MUSLAYERS	3	Maksimalt antall lag i hvert basseng som kan inneholde blåskjell
α DDPMIN_value	3.2	Initiell verdi på konstanten DDPMIN
α DPFACT_value	1.2	Initiell verdi på konstanten DPFACT
α NLIMAX_value	4.0	Initiell verdi på konstanten NLIMAX

Makro-konstantene på formen α ...PLUS er nødvendige på grunn av begrensninger i makromekanismen, og fordi ACSL/FORTRAN-kompilatoren ikke kan håndtere uttrykk som arraydimensjoner.

Programkoden inneholder endel alternative sett av verdier på konstantene ovenfor, de ligger som kommentarer til høyre for gjeldende definisjon. Med en tekst-editor som kan kopiere rektangulære blokker kan en lett velge inn ulike alternativer som aktivt konstantsett.

Nyere ACSL-versjoner har en PARAMETER-mekanisme som i FORTRAN. Det vil gjøre denne makromekanismen overflødig. Dersom modellen tilpasses et annet bruker-grensesnitt kan en eventuelt også bruke ALLOCATE-mekanismen i FORTRAN og derved kunne variere arraydimensjoner dynamisk i programmet, ut fra spesifisert topografi og krav til dypinndeling etc. Den nye FORTRAN 90-standard vil gi nye muligheter.

14.2. Tilpasse modellen til andre fjordområder

For å tilpasse modellen til et nytt fjordområde må følgende ting gjøres rent teknisk:

- Topografien må beskrives på en datafil som beskrevet i kap. 5.1., og dimensjonene i modellen må justeres tilsvarende om nødvendig, som beskrevet i kap. 14.1.
- Meteorologiske data må tilrettelegges på en fil som beskrevet i kap. 5.2.
- Tilførslene må legges inn i modul RUNOFF.FOR, som beskrevet i kap.5.3. Det kan også her være nødvendig å endre modell-dimensjoner, se kap. 14.1.
- Randbetingelsene må tilpasses ved å gjøre endringer i modul BOUNDARY.FOR, se kap.5.4.

Ut fra faglige grunner kan det selvsagt være ønskelig å gjøre andre justeringer og tilpasninger, men det er ingen andre krav som stilles rent teknisk.

Hensikten er å lage senere versjoner av modellen slik at det bare er nye inndatafiler som skal til for tilpasse modellen til andre fjordområder, dvs. at modelldimensjonene justeres automatisk av programmet selv, og at tilførsler og randbetingelser leses inn fra filer i stedet for å ligge i programkoden.

14.3. Tips om verifisering - feilkontroll og feilretting

Kontroll av massebalanse:

Dette utføres av subrutinen COMCLC som ligger i modulen EUTROSUB.FOR, ved hjelp av kall til subrutine MBALAN i fil MBALAN.FOR og MACCUR i modulen EUTROSUB.FOR. Valg mellom å kontrollere integrert massebalanse eller endringsrater gjøres med en MS-FORTRAN metakonstant MASS_BALANCE_MODE i modul EUTROSUB.FOR.

LITTERATUR

(Se også rapportoversikt på innsiden av rapportforsiden).

ACSL Ref. Manual: Advanced Continuous Simulation Language - Reference Manual.
Mitchell and Gauthier Associates, Concord. Mass., U.S.A, 1987.

Horne, R.A. (1966): *Marine Chemistry. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons.*

Johannesen. O.M. (1968): Some current measurements in the Drøbak sound, the narrow entrance to the Oslofjord. *Hvalrådets skrifter: Scientific Results of Marine Biological Research. Utgitt av Det Norske Videnskaps-akademi i Oslo på Universitetsforlaget, 1968.*

Priestley, M.B. 1981: *Spectral Analysis and Time Series.*
Academic Press. ISBN-0-12564922-3.

Stigebrandt, A. 1989: *Kompendium i Marin Systemanalys: Nr.1 Strømning i sund.*
Göteborgs Universitet, Oceanogr. Inst.

Appendiks 1. Vertikalprofiler for salt, temperatur, oksygen og næringssalter på randen, dvs. utenfor Drøbaksundet.

Vertikalprofilene for fysiske og kjemiske variable i randområdene settes opp som tidsvariable profiler ved hjelp av en sjikttingsmodell som beskrives nedenfor. Vi betegner nå generelt verdien av en disse variablene ved gitt dyp z og tid t med $Y(z,t)$. Denne funksjonen settes opp ved hjelp av to tidsserier:

$$Y_0(t) = \text{konsentrasjon i overflaten}$$

$$Y_d(t) = \text{konsentrasjon på stort dyp.}$$

Konsentrasjonen som funksjon av dyp bestemmes i modellen ved formelen

$$Y(z,t) = (1 - f(z,t))Y_0(t) + f(z,t)Y_d(t) \quad (19)$$

hvor $f(z,t)$ er en funksjon som går fra verdi 0 i overflaten til 1 for dypt vann. Denne funksjonen er den samme for alle konsentrasjonsvariable, og er tenkt som et mål på hvor mye vannet i det aktuelle dypet er dominert av innflytelse fra dypvann. Vi betrakter altså vannsøylen som sammensatt av to homogene lag i utgangspunktet, men med en gradvis overgang mellom de to lagene pga. vertikal blanding.

Funksjonen $f(z,t)$ er parametrisert som en kontinuerlig funksjon av dypet z , bestemt av to sjikttingsparametre som varierer i tid:

$z_1(t)$ = tykkelse av overflatesjiktet, dvs. dyp for overgang mellom overflatelag og sprangsjikt.

$z_2(t)$ = dyp for nedre grense av sprangsjiktet, dvs. i overgangen til det underliggende mer homogene laget.

Som funksjonsform er valgt følgende formel:

$$f(z,t) = \frac{[1 - g(z,t) + h(z,t)]}{2} \quad (20)$$

hvor:

$$g(z,t) = \frac{a(t)}{\left(\frac{z}{z_1(t)} + a(t)^4\right)^{1/4}} \quad \text{med} \quad a(t) = \begin{cases} \left(\frac{z_2(t) - z}{z_2(t) - z_1(t)}\right)^2 & \text{for } z < z_2(t) \\ 0 & \text{for } z \geq z_2(t) \end{cases} \quad (21)$$

$$h(z,t) = \frac{b(t)}{(1 + b(t)^2)^{1/2}} \quad \text{med} \quad b(t) = \begin{cases} 0 & \text{for } z < z_1(t) \\ \left(\frac{z - z_1(t)}{z_1(t)}\right)^{1.5} & \text{for } z \geq z_1(t) \end{cases} \quad (22)$$

Alle symbolene f, g, h, a og b er altså funksjoner av de to dypvariablene z_1 og z_2 og derigjennom også av tiden t .

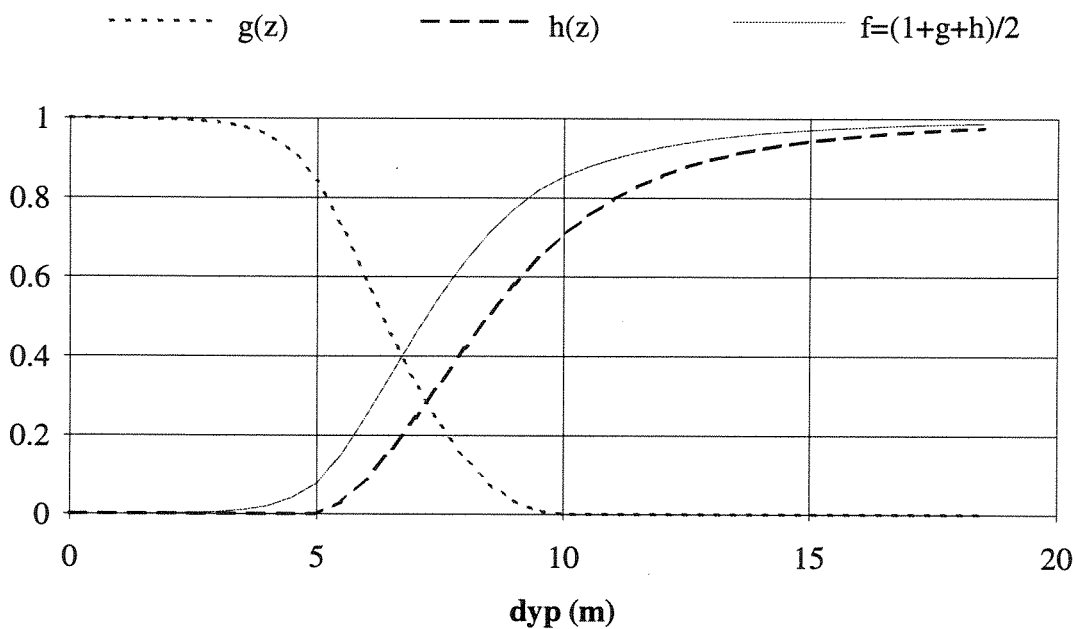
Funksjonen g har verdi = 1 i overflaten ved $z = 0$, avtar med økende gradient gjennom sprangsjiktet, og har verdi = 0 for store dyp.

Funksjonen h har konstant verdi = 0 i overflatelaget, dvs. for $z < z_1$, øker deretter gjennom sprangsjiktet, og nærmer seg asymptotisk verdien 1 for store dyp.

Når de to funksjonene g og h kombineres i f som rett og slett er gjennomsnittet av $(1-g)$ og f , får vi et ikke-symmetrisk sigmoid forløp, med en forholdsvis brå overgang mellom overflatesjikt og sprangsjikt og en mer gradvis overgang på undersiden av sprangsjiktet. Overflatesjiktet ned til dyp z_1 får en relativ variasjon på 10% av total variasjon med dypet, 75% skjer i sprangsjiktet fra dyp z_1 til z_1+h , mens de resterende 15% av den totale variasjonen ligger i dyplagene.

Dette er i rimelig overensstemmelse med det bildet vi har av de hydrografiske data fra Drøbakssundet.

Formelapparatet kan kanskje virke noe komplisert. Det er satt opp ved prøving og feiling ut fra en visuell vurdering av resultatet, og valget av koeffisienter i ligningene er valgt rent skjønnsmessig for å få frem ønsket kurveform. Figur 7 illustrerer hvordan sjiktningsmodellen ser ut for $z_1=5\text{m}$ og $z_2=10\text{m}$.



Figur 7. Sjiktningsmodell for Drøbakssundet

Appendiks 2. Datatabeller for årsvariasjon i vertikalprofiler for salinitet, temperatur, og næringsstoff på randen av indre Oslofjord.

I subrutinen BOUNDARY er det lagt inn datatabeller som brukes til å bestemme vertikalprofiler for salinitet, temperatur, og næringsstoff på randen, som beskrevet i avsnitt 5.4.2., side 40f. Slik modellen er satt opp for indre Oslofjord, med Drøbaksundet som randområde, er følgende verdier lagt inn:

Vannkvalitet basert på hydrokjemidata for stasjon IM2, 1973-1988:

Temperatur (°C):

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TEMPM(i,1,1)	2.7	2.3	1.8	5.8	11.6	15.7	19.2	17.4	15.4	10.0	5.9	6.3
TEMPM(i,2,1)	7.5	6.0	5.5	5.0	7.0	9.0	12.0	14.0	13.0	12.0	10.5	9.0
TEMPD(i,1,1)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
TEMPD(i,2,1)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Salinitet (‰):

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
SALM(i,1,1)	28.6	27.1	24.6	23.8	21.4	22.3	20.0	23.4	24.2	24.5	27.5	31.4
SALM(i,2,1)	33.0	33.5	33.5	33.5	28.0	29.0	29.0	29.0	29.0	30.5	32.5	33.0
SALD(i,1,1)	3.0	3.9	2.0	4.5	3.8	3.3	3.0	2.8	2.7	2.7	2.0	2.0
SALD(i,2,1)	1.0	1.5	1.5	2.0	4.5	3.0	1.0	1.5	1.5	2.0	1.0	1.0

Oksygen (ml/l):

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
OXYGM(i,1,1)	6.8	7.4	8.0	8.0	7.1	7.0	6.0	5.8	6.2	6.2	6.2	5.9
OXYGM(i,2,1)	5.4	5.6	5.3	5.3	5.2	5.0	4.9	4.7	4.0	4.6	4.7	5.2
OXYGD(i,1,1)	0.5	1.0	0.6	0.7	0.8	1.2	0.4	0.5	0.4	0.5	0.2	0.2
OXYGD(i,2,1)	0.4	0.4	0.3	0.6	1.4	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5

Total fosfor ($\mu\text{gP/l}$):

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TOTPM(i,1,1)	29.0	30.0	27.0	25.0	14.0	11.0	10.0	9.0	13.0	16.0	25.0	26.0
TOTPM(i,2,1)	29.0	29.0	29.0	29.0	25.0	17.0	24.0	12.0	13.0	18.0	20.0	28.0
TOTPD(i,1,1)	12.0	10.0	10.0	12.0	8.0	3.0	2.0	4.0	7.0	15.0	3.0	8.0
TOTPD(i,2,1)	4.0	4.0	4.0	4.0	10.0	3.0	5.0	8.0	6.0	6.0	6.0	6.0

Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$):

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TOTNM(i,1,1)	320	330	400	440	280	270	190	210	300	300	300	250
TOTNM(i,2,1)	240	240	240	260	260	260	210	210	210	210	210	210
TOTND(i,1,1)	80	80	80	80	80	80	50	50	100	100	100	100
TOTND(i,2,1)	30	30	30	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Silikat ($\mu\text{ Si/l}$):

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TOTSM(i,1,1)	1400	1400	1400	1400	1000	700	300	100	100	500	1000	1200
TOTSM(i,2,1)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
TOTSD(i,1,1)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
TOTSD(i,2,1)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Dyp og tykkelse på sprangsjiktet.

Basert på data for 1973, 1974, 1987 og 1988, korrigert for vind. Data er gjennomgått, og i hver dybdeprofil er det avmerket to observasjonsdyp som kan anses å definere knekkpunktene i profilen, dvs. øvre og nedre grense for sprangsjiktet. Disse verdiene er så analysert for å gi tabellen under.

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
DM(i,1,1)	9.0	9.0	18.0	4.5	2.5	2.5	11.0	6.0	7.0	11.0	9.0	8.0	z_1 (m)
DM(i,2,1)	1.3	1.3	1.3	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	1.3	$\log_{10}(z_1 - z_2(\text{m}))$

Standardavvik for tilfeldig variasjon i dyp:

DDEV(1)	St.avvik på z_1 (m)	6.0
DDEV(2)	St.avvik på $\log_{10}(z_1 - z_2(\text{m}))$:	0.4

Appendiks 3. Stokastisk variasjon i vertikalprofiler av salinitet, temperatur og næringsstoff på den ytre randen.

Som beskrevet i kap. blir vertikalprofiler av salinitet, temperatur og næringsstoff på den ytre randen generert ved å interpolere mellom månedsmidler, og overlappet en variasjon med tilfeldig preg, dvs. som ikke har noe regelmessig mønster eller er knyttet til noen åpenbar årsak.

Det "tilfeldige" elementet i randbetingelsene er lagt inn som autoregressive stokastiske prosesser med fordeling $N(\mu, \sigma)$, hvor gjennomsnitt μ og standardavvik σ er bestemt av observert dataserie. I tillegg til riktig gjennomsnitt og standardavvik vil en da også ønske at en slik simulering skal gi realistisk frekvens for typiske svingninger. Modellen skal kunne brukes for vilkårlige tidsskritt og må derfor formuleres slik at koblingen mellom tidspunkter er uavhengig av tidsskrittet for integrasjon. For en stasjonær, normalfordelt serie $Y(t)$ (med $\mu=0$) kan en få til dette ved følgende formel, som beskriver en såkalt Orstein-Uhlenbeck serie (ACSL ref. manual, Priestley 1981 s.167):

$$\varepsilon(t + \Delta t) = \varepsilon(t) \cdot \alpha_{\Delta t} + \omega(t) \cdot \sqrt{1 - \alpha_{\Delta t}^2} \quad (23)$$

hvor

$\varepsilon(t)$ = verdi som funksjon av t .

$\alpha_{\Delta t} = e^{-\Delta t/\tau}$ ($\rightarrow 1$ for $\Delta t \rightarrow 0$)

$\omega(t)$ = er en tilfeldig normalfordelt verdi $N(0, \sigma)$ ("hvit støy").

τ = tidskonstant, avgrenser tidsintervaller som har vesentlig autoregresjon.

For en serie x hvor middelveien μ varierer med tiden, slik det er tilfelle for randbetingelsene i eutrofimodellen, kan en enten addere middelveien til den stasjonære serien:

$$\begin{aligned} \varepsilon(t + \Delta t) &= \varepsilon(t) \cdot \alpha_{\Delta t} + \omega(t) \cdot \sqrt{1 - \alpha_{\Delta t}^2} \\ x(t) &= \mu(t) + \varepsilon(t) \end{aligned} \quad (24)$$

eller modifisere ligning (23) slik:

$$x(t + \Delta t) = x(t) \cdot \alpha_{\Delta t} + x_{\infty}(t)(1 - \alpha_{\Delta t}) + \omega(t) \cdot \sqrt{1 - \alpha_{\Delta t}^2} \quad (25)$$

hvor $x_{\infty}(t)$ er en asymptotisk verdi ut fra langsiktige endringer i øyeblikket. For randbetingelsene er det funnet mest praktisk å bruke det første alternativet.

Den empiriske verdien på ω som funksjon av tid kan defineres ved å interpolere i tid gjennomsnitt beregnet for hver måned av året. Estimat for den statistiske fordelingen av ω finnes også direkte ved å beregne

$$\tilde{\omega} = (Y(t + \Delta t) - Y(t)\alpha_{\Delta t}) / \sqrt{1 - \alpha_{\Delta t}^2} \quad (26)$$

og betrakte dette som et stokastisk datamateriale.

For randbetingelsene i Drøbaksundet er tidskonstanten τ satt til 7 døgn, og spredningen ω er funnet direkte som standardavvik for observasjoner innenfor hver måned, på tvers av alle år.

Dette er en nokså grov anvendelse av modellen, og for tidskonstanten mer en skjønnsmessig tilpasning enn et resultat av en stringent dataanalyse. Det finnes data fra NIVAs marin-økologiske forsøksstasjon Solbergstrand som har vært brukt i en viss utstrekning, men en mer omfattende analyse kunne være ønskelig.

Subrutinen BOUNDARY kalles av modellen for tidsskritt av ulik lengde. Hver tidsserie $x(t)$ får en verdi for tidspunkt t som er gitt ved formelen

$$x(t) = \mu(t) + \varepsilon(t_\varepsilon) \cdot \sigma(t) \quad (27)$$

hvor

$\mu(t)$ = lineærinterpolert middelverdi ut fra nærmeste månedsmiddel før og etter tidspunkt t . For dypene kommer også vindavhengighet inn her.

$\sigma(t)$ = lineærinterpolert standardavvik ut fra nærmeste månedsmiddel før og etter tidspunkt t .

$\varepsilon(t_\varepsilon)$ = stokastisk verdi ifølge ligning (24), med $\omega(t_\varepsilon)$ fordelt tilfeldig $N(0,1)$.

Den stokastiske verdien $\varepsilon(t_\varepsilon)$ oppdateres med faste tidsskritt $TSTEP$ ($=0.03$ døgn i nåværende utgave av modellen) uavhengig av integrasjonstidsskrittet i modellen. For anvendelse på tidspunkt t oppdateres ε til det tidligste tidspunktet $t_\varepsilon = TSTART + TSTEP \cdot n \geq t$, hvor n er et helt tall. Det gjør at forløpet av tidsseriene blir helt uavhengig av tidsskrittet i modellen, slik at tidsseriene i randbetingelsene blir de samme ved gjentatte kjøring, selv om det gjøres endringer internt i modellen som medfører andre integrasjonstidsskritt. Strengt tatt burde ligning (27) også inneholde en lineærintegrert verdi $\varepsilon(t)$, men det er ikke ansett å være av vesentlig betydning. Det som er viktig er å unngå at små variasjoner i integrasjonstidsskritt medfører store endringer i den randomiserte tidsserien for randbetingelsene, når en skal gjennomføre sammenlignbare kjøring for ulike situasjoner.

Den randomiserte rekken $\omega(t_\varepsilon)$ dannes for hvert tidsskritt $TSTEP$ som summen av tre påfølgende verdier fra en generator for randomiserte tall med rektangulær fordeling $[-1,+1]$, som hver har standardavvik $\sqrt{1/3}$. Summen har standardavvik 1 og har en tilnærmet normalfordeling, men med variasjonsområdet avgrenset til ± 3 .

Appendiks 4. Noen sentrale hjelpefiler ved produksjon av ferdig program.

C:\ACSL\C.BAT:

```
@echo off
if '%1'==' ' goto default
set acslprog=%1
:default
@echo on
acslclg %acslprog% /T
```

C:\ACSL\ACSLCG.BAT:

```
ECHO ON
REM ----- PREPOESSING ACSL SOURCE *.SRC - (MACRO EXPANSION) IF FOUND:
If exist %1.SRC macroexp %1.src %1.csl
REM ----- COMPILES AND LINKS ACSL MODEL,
REM          AND STARTS THE PROGRAM.
REM          MODIFIED VERSION, NORW. INST. FOR WATER RES. 1990
REM ----- Translates:
ACSL%2 %1,%1,COMPILE,COMPILE > TRNSLIST.OUT
BROWSE trnslst.out
ECHO Trykk ENTER for å kompilere, CTRL/BREAK for å avbryte
Pause
If Exist %1.Mak Goto NMake
REM ----- Compiles ACSL model:
FL /c /4Yb /Fpi /W1 COMPILE.FOR > COMPLIST.OUT
If Errorlevel 1 ERRLIST COMPLIST.OUT
rem =====
REM ----- Build Executable program:
If Exist %1.lin Goto Lnk2
REM ----- By standard LINK procedure, using temporary response file:
del %1.exe
LINK @C:\acsl\acslbbj.lnk >linklist.out
ren compile.exe %1.exe
GOTO LinkEnd
REM ----- Model customized LINK with response file
:Lnk2
LINK @%1.lin >linklist.out
Goto LinkEnd
REM ----- Model customized NMAKE with description file [model].MAK
REM          should include compilation
:NMake
del scratch*.lst
NMAKE /F %1.MAK /X SCRATCH1.LST
TYPE SCRATCH.LST >>SCRATCH1.LST
If NOT Errorlevel 1 GOTO RUN
    ERRLIST SCRATCH1.LST
goto Run
:LinkEnd
If not Errorlevel 1 GOTO run
    PAUSE
    ERRLIST LINKLIST.OUT
REM ----- Run program:
:run
%1 %1;
:Exit
```

C:\ACSL\M.BAT:

```
@echo off
if '%1'==' ' goto default
set acslprog=%1
:default
@echo on
del scratch*.lst
NMAKE /F %ACSLPROG%.MAK /X scratch1.lst
copy scratch1.lst+scratch.lst
type scratch1.lst|more
%ACSLPROG% %ACSLPROG%;
```

C:\ACSL\EUTROMOD\EUTRO.MAK:

```

# ----- NMAKE MS-FORTRAN File  EUTRO.MAK    %DATE  BBJ/NIVA
#           Invoked by ACSLCLG.BAT to compile and link ACSL model 'EUTRO'
#           under \ACSL\C.bat or \ACSL\M.bat

Link_option = /SE:160 /ST:4400 /E /M
C_option_main = /FPi87 /W2 /Ge /Ox
#           C_option_main=/4Yb /FPi87 /W2 /Ge /Od
C_option_sub=/4Yd /FPi87 /4Nt /Ge /Ox
C_option_dbg=/4Ydb /FPi87 /4Nt /Ge /Od

# ----- Macros defining dependence of linking on source files:
S0 = COMPILE.OBJ EUTROSUB.OBJ topogr.OBJ INIT.OBJ
S1 = SURFEXCH.OBJ SURF_MIX.OBJ RUNOFF.OBJ TRCALC.OBJ WINDCURR.OBJ
S2 = BOUNDARY.OBJ PHYT_ZOO.OBJ DGRADE.OBJ MUSLINIT.OBJ MUSLINTG.OBJ
S3 = TRANSP_1.OBJ TRANSP_2.OBJ JETMIX.OBJ TRHITR.OBJ EIGJACOB.OBJ
S4 = TRANSP_H.OBJ TRANSP_V.OBJ TRANSP_U.OBJ MBALAN.OBJ WRTREP.OBJ
# ----- Macros used in actual linking command:
OBJ1 = SURFEXCH SURF_MIX RUNOFF TRCALC WINDCURR
OBJ2 = BOUNDARY PHYT_ZOO DGRADE JETMIX MUSLINTG
OBJ3 = TRANSP_1 TRANSP_2 TRHITR EIGJACOB TRANSP_H TRANSP_V TRANSP_U
ITF1 =EUTROSUB.ITF MBALAN.ITF INIT.ITF BOUNDARY.ITF
ITF2 =TOPOGR.ITF TRANSP_1.ITF TRCALC.ITF RUNOFF.ITF
ITF3 =PHYT_ZOO.ITF DGRADE.ITF MUSL.ITF SURF_MIX.ITF SURFEXCH.ITF
CMN  =DEBUG.CMN STOCHIOM.CMN
CMN_D_C = DEBUG.CMN COMPILE.CMN
MUSL_CMN = MUSL.CMN MUSL_VAR.CMN
EUTROSUB_ITF = TRANSP_1.ITF EUTROSUB.ITF MBALAN.ITF
TRANSP_ITF = TRANSP_2.ITF TRANSP_H.ITF TRANSP_U.ITF TRANSP_V.ITF

# ----- link in the HPGL alternate plot driver
# MAINOBJ = COMPILE+C:\ACSL\HPCPLT
# ----- or link in the POSTSCRIPT alternate plot driver
MAINOBJ = COMPILE+C:\ACSL\PSCPLT
#           to use at runtime: DEVPLT = 99, PLT = 11

# ---- LINKING with responses file generation:
# INCLUDES ALTERNATIVE PLOTTER DEVICE HCPLT:
#           ***** subroutine TOPOGR in separate overlay *****
EUTRO.EXE: $(S0) $(S1) $(S2) $(S3) $(S4)
    del eutro.exe
    LINK @<<
$(MAINOBJ)+
(TOPOGR+MUSLINIT+wrtrep)+
(INIT+EUTROSUB+MBALAN+
$(OBJ1)+
$(OBJ2)+
$(OBJ3))+
$(Link_option)
EUTRO
EUTRO.MAP
C:\ACSL\ACSL;
<<

COMPILE.OBJ: COMPILE.FOR $(ITF1) $(ITF2) $(ITF3) $(CMN)
    DEL COMPILE.OBJ
    -Fl /c $(C_option_main) COMPILE.FOR >>scratch.lst

WRTREP.OBJ: WRTREP.FOR WRTREP.ITF compile.cmn
    DEL WRTREP.OBJ
    -Fl /c $(C_option_main) WRTREP.FOR >>scratch.lst

TOPOGR.OBJ: TOPOGR.FOR TOPOGR.INC TOPOGR.ITF DEBUG.CMN
    DEL TOPOGR.OBJ
    -Fl /c $(C_option_sub) TOPOGR.FOR >>scratch.lst

INIT.OBJ: INIT.FOR COMPILE.CMN INIT.ITF
    DEL INIT.OBJ
    -Fl /c $(C_option_sub) INIT.FOR >>scratch.lst

EUTROSUB.OBJ: EUTROSUB.FOR $(CMN_D_C) $(EUTROSUB_ITF)
    DEL EUTROSUB.OBJ
    -Fl /c $(C_option_sub) EUTROSUB.FOR >>scratch.lst

MBALAN.OBJ: MBALAN.FOR $(CMN_D_C) MBALAN.ITF

```

```
DEL MBALAN.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) MBALAN.FOR >>scratch.lst

SURF_MIX.OBJ: SURF_MIX.FOR SURF_MIX.ITF  DEBUG.CMN
DEL SURF_MIX.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) SURF_MIX.FOR >>scratch.lst

SURFEXCH.OBJ: SURFEXCH.FOR SURFEXCH.ITF  DEBUG.CMN
DEL SURFEXCH.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) SURFEXCH.FOR >>scratch.lst

RUNOFF.OBJ: RUNOFF.FOR RUNOFF.ITF  DEBUG.CMN SURFEXCH.ITF
DEL RUNOFF.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) RUNOFF.FOR >>scratch.lst

BOUNDARY.OBJ: BOUNDARY.FOR BOUNDARY.ITF  DEBUG.CMN boundary.cmn
DEL BOUNDARY.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) BOUNDARY.FOR >>scratch.lst

TRANSP_1.OBJ: TRANSP_1.FOR TRANSP_1.ITF $(TRANSP_ITF) DEBUG.CMN
DEL TRANSP_1.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) TRANSP_1.FOR >>scratch.lst

TRANSP_2.OBJ: TRANSP_2.FOR $(TRANSP_ITF) TRHITR.ITF DEBUG.CMN
DEL TRANSP_2.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) TRANSP_2.FOR >>scratch.lst

TRANSP_H.OBJ : TRANSP_H.FOR TRANSP_H.ITF TRANSP_U.ITF DEBUG.CMN
DEL TRANSP_H.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) TRANSP_H.FOR >>scratch.lst

TRANSP_U.OBJ : TRANSP_U.FOR TRANSP_U.ITF TRANSP_V.ITF DEBUG.CMN
DEL TRANSP_U.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) TRANSP_U.FOR >>scratch.lst

TRANSP_V.OBJ : TRANSP_V.FOR TRANSP_V.ITF TRANSP_U.ITF DEBUG.CMN
DEL TRANSP_V.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) TRANSP_V.FOR >>scratch.lst

TRHITR.OBJ : TRHITR.FOR TRHITR.ITF DEBUG.CMN WINDCURR.ITF
DEL TRHITR.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) trhitr.FOR >>scratch.lst

WINDCURR.OBJ : WINDCURR.FOR WINDCURR.ITF $(CMN_D_C)
DEL WINDCURR.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) WINDCURR.FOR >>scratch.lst

EIGJACOB.OBJ : EIGJACOB.FOR EIGJACOB.ITF
DEL EIGJACOB.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) EIGJACOB.FOR >>SCRATCH.LST

JETMIX.OBJ: JETMIX.FOR JETMIX.ITF
DEL JETMIX.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) JETMIX.FOR >>scratch.lst

TRCALC.OBJ: TRCALC.FOR TRCALC.ITF  DEBUG.CMN
DEL TRCALC.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) TRCALC.FOR >>scratch.lst

PHYT_ZOO.OBJ: PHYT_ZOO.FOR PHYT_ZOO.ITF $(CMN_D_C) STOCHIOM.CMN
DEL PHYT_ZOO.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) PHYT_ZOO.FOR >>scratch.lst

DGRADE.OBJ: DGRADE.FOR DGRADE.ITF $(CMN_D_C) STOCHIOM.CMN
DEL DGRADE.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) DGRADE.FOR >>scratch.lst

MUSLINIT.OBJ: MUSLINIT.FOR MUSL.ITF $(MUSL_CMN) $(CMN_D_C) STOCHIOM.CMN
DEL MUSLINIT.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) MUSLINIT.FOR >>scratch.lst

MUSLINTG.OBJ: MUSLINTG.FOR MUSL.ITF $(musl_CMN) $(CMN_D_C) STOCHIOM.CMN
DEL MUSLINTG.OBJ
-F1 /c $(C_option_sub) MUSLINTG.FOR >>scratch.lst
```

Appendiks 5. Modell-konstanter ved kjøringene på indre Oslofjord, definert av SET-kommandoer.

```

'Vertikalblanding'
S MIXEXP = 1.5
S MIXFAC = 1.0
S MIXCF = 1.5e-5, 1.2e-4
S SFMIXC = 1.e-9, 1.e-9
S SFMIXZ = 2*12.0, 2*5.0
S GMIXDC = 1.25, GMIXDX=0.4    $ 'Ifølge Gjersjømodell'
S DPEFF = 0.8, 0.5
S HTRMIX = 0.8, 0.8
S GMIXFR = 0.01, 0.05

'Vind-indusert horisontaltransport mellom bassengene:'
S WVFAC = 0.03, 0.03 $ 'Forhold mellom vindhastighet og strøm'
S WVDIR = 70.0, 0.0 $ 'Retning i grader for forbindelsene'
S WVHMIN = 5.0 , 5.0 $ 'minste-grense for virkningsdyp'

' ----- Påvirkning fra randen -----'
S EXTBIO = 0.9, 0.0 $ 'Ikke DOC utenfra'
S FIXTMP = .true.    $ 'Temperatur hentes fra tabeller.'

'----- Overflateutveksling -----'
S cefac=1.0 $ 'Øker koeffisient for varmeutveksling og fordampning...
              for å få lavere sommertemperaturer'

S IRFRAC    = 0.4, ICEFAC = 1.0
S RADFAC(3) = 0.5 $ '50% EFFEKTIV ABSORBSJON AV INFRARØD STRÅLING'
S ATTNCF(1) = 0.25 $ 'LYSDEMPNING'

'----- OKSYGENUTVEKSLING -----'
s oxsfac = 1.0
s oxbubl = 1.0

' ----- Oksygen_karbon forhold -----'
s OXCFAC = 1.1 $ 'Korreksjon til standard-sammensetning'

'----- Fytoplankton -----'
'Diatom sedimentation increase properties ...'
S DSRATE = 0.02, 0.8 $ 'Lower and upper limit on sinking rate'
S DSNINV = 2.0 $ 'Inverse of nutrient lim. giving full sinking rate'
S DSNEXP = 4.0 $ 'Exponent for nutrient limitation quotient'
S DSCLIM = 5 $ 'Threshold diatom C concentration for increased sed.'
S PLUXUS = 2.0
S F2SINK = 0, F2RIZE = 0 $ '(før 10,2) RASKERE NED ENN OPP'
S Pcopt = 2*0.027, pccmin=2*0.0027
S GMX20 = 2.5, 1.9
s FDEATH = 0, 1.2    $ 'Asymptotisk autogen dødsrate'
S FDCSAT = 10000, 400 $ 'Halvmetn. konsentrasjoner'
S FDNUTR = 0, 0.2    $ 'Andel nutr. som mistes ved FDEATH'
S FTRESP = 0.06, 0.06 $ 'Berører bare org. C'
S NFIXRR = 0    $ 'rates pr. year'

'----- Zooplankton -----'
S CZOOIN = 10.0
S ZRESP = 0.05, ZTRESP = 0.06
S ZOODR = 1.0, 0.1
S ZCCRIT = 10.0, 1000.0 $ 'Concentration limits for ...
                          within-group predator activity'
S ZOXMN = 1.0, ZOZOPT = 1.5 $ 'Oxygen tolerance: 0% and 50% activity'
s ZMIGRV = 10 $ '(10) netto vertikalvandring - m/dag'
S ZFMX20 = 1.4
S ZCFMIN = 10
S ZCFSAT = 500
s grzfyt = 0.1, 1.0, grzbac = 0.2
S ZOEFF = 0.5, 1.0, 1.0
S ZFCOMP = 0.0 $ 'Evne til kompensasjon i filtrering for ...
                  mangel på N og P i næring for zooplankton'
S ZDCYCL = 0.0, ZGCYCL = 0.0

```



```

'----- Blåskjell -----'
S CMUSIN = 1.0e12, MCOVER = 2*3.0 $ 'Øker kapasitet'
s grmfyt = 1.0, 1.0, grmbct = 0.2, grmzoo = 0.2
s mfwfac = 1, mfiltn = 0.3, 0.3 $ 'VERDI 2: NEDSATT KONS. CA. 0.7 (2/3)'
s MXDETR = 0.0 $ 'fraction of excreted material to detritus in water'
s MCFMIN = 20.0
s MUSLDR = 1.0, 0.0, 0.0, 1.0 $ 'Death rates 1/year: ...
      (1): at twice max. capacity by area,...
      (2): age 0 (3): age>0 (4): increasing with age '
s MSAGMX = 10.0 $ ' Age where MUSLDR(4) is realized'

'Specific data on blue mussel individuals:'
' Time constant for filling bottom area by settling (days):'
s TMSETL = 200
' Time constant for spawning:'
s TMSPWN = 15.0
' Upper limit to fraction of net growth used for reproduction.'
s MSERMX = 0.9

' Exponent of weight dependence for reproductive effort:'
S MSREXP = 0.33

' Weight relative to lgdW, (1): limits between ranges...
  for weight dependence of filtering and respiration,...
  (2) maximum weight in filtering relation,...
  (3) max. target weight in switching to reproduction'
S MSINDW = 0.007, 0.35

S MSWR = 3.0 $ 'gDw'

' Exponents of weight relation:'
S MSQW = 1.0, 0.7 $ 'on filtering'
S MSBW = 1.0, 0.7 $ 'on respiration'

' Maximum ingestion efficiency for carbon:'
S MSEASS = 0.5, 1.0, 1.0

' Max. filtering capacity for individual of weight MSINDW(1):'
S MSVC = 0.2 $ 'l/h'

' Food concentration where unrestricted effective filtering ...
  equals physiological needs for ingested material: '
S MSCREQ = 300 $ 'mgC/m3 for 1g DW individual'
S MSCWXP = 0.00 $ 'weight dependence value >=0, may prohibit ...
      new shells from growing up!!!!!! '

' Starving respiration for individual ...
  of weight MSINDW(1) At 15 deg.C'
S MRSP15 = 0.000007 $ 'l O2/day '

' Respiration of new tissue as fraction of gross growth value:'
S MRASSF = 0.15

' Temperature coeff. for exponent variation of respiration:'
S MTRESP = 0.065

'----- Sedimenterende materiale -----'

s RESUSP = 0.0 $ 'Skrur av resuspensjon brukt i PHYT_ZOO'
s sedvel = 3.0, 0.00 $ 'minimum synkehastighet + økning pr. m'
s BURIAL = 0.2, 0.15 $ 'Sedimentation rate (1/year='

'----- Pelagiske bakterier og DOC -----'
S BACTIN = 1.0, EXCRF=0.1, 0.2
S GMX20B = 0.5 $ 'Max. specific growth rate of bacteria'
S BACDET = 0.05 $ 'specific transit rate from bacteria into...
      detritus, NB ! gir lett for mye oksygen forbruk'

'----- Nedbrytning -----'
S DGNFAC = 1.5, DGPFAC = 1.0, DGSFAC = 1.0
S DGETZ = 0.10 $ 'depth dependency of degradation of detritus'
S DGRATE = 0.6, 0.1, 0.01
s ACCLRC = 2.0, ACCLXP= 0.0

```

```

s DGCMAx = 1000.0, 10000.0 $ 'øvre grense for oksisk nedbrytning ...
                                mgC/m3/dag og mgC/m2/dag, ...
                                satt ut av kraft'

S DGWSF = 0.5
S DOXBRR = 0.3, 0.5, DOXKB = 0.5, DOXKM = 1.0
S DOXKS = 0.05 $ 'inverse of oxygen. debt in sediment giving...
                    50% reduced fauna-related degradation'

S DOXLIM = 1.0
S DNITRR = 0.5, DNITKS = 50, DNO3TL = 60# , DNITF = 0.01, DNITXP = 1.0
S DNOXFR = 0.5 $ 'max. amount of oxic mineralized ammonium ...
                    that can be denitrified '
S FDNH3 = 0.9 $ 'degree of released-N removal in denitrification'

S SULFRR = 1.0, SULFOX = 0.1, 0.2, SULFXP = 1.0
                    'effektive oksygen-konsentrasjoner'

' ----- Sulfidbufring i sediment som O2-gjeld. -----'
s ASEDMX = 180 $ 'Max. sulfid i sedimentet, som liter O2-gjeld/m2 ...
'                'før utlekking fase 2'
s ASEDLR = 0.02, 20.0 $ 'Utlekkingsrate (1/år) fra sediment til vann ...
                    av det som er under/over max. grense'
s ASEDox = 0.2 $ 'Oksynggjeld i sediment l/m2 mot ...
                    oksygen i vann l/m3 , dvs. ca. dyp i m i sedimentet'
s ASOXTL = 0.0 $ 'Ratio between reduction of oxygen concentration ...
                    in sediment and leakage of oxygen debt from sediment...
                    i.e.: unit (l/m3)/(l/m2/day) = days/m'

' ----- Utfelling av P -----'
s PPAMAX = 0.8 $ 'mg/m2/day, hadde før 0.2, 0.8 = 300mg/m2/år'
s PPRMAX = 0.05 $ 'm/day, hadde før 0.05
s PPOXEX = 1.0 $ 'exponent for oxygenavhengighet'
s PPOXMX = 0.1 $ 'ml/l: max grense for oksygenavhengighet'

' ----- Fiksering/friggjøring av P fra sediment -----'
s PADRET = 0.5 $ 'Fraction of remineralized P retained ...
                    under oxic conditions'
s PADMAX = 3000 $ '5000' $ 'Max P retained (as mg/m2)'
s PADRLS = 0.002 $ 'Relative rate of release of excess P ...
                    retained in sediments (pr.day)'

s PADASD = 180 $ 'Sulphide in sediment giving P buffer capacity = 0'
                    'Heller knytte utlekking av P-buffer til oksygen i vannet?'

s PSBURF = 0.05
                    'Burial rate of phosphorus in sediments ...
                    relative to organic matter, can reflect ...
                    larger reaction depth of phosphorus release'

' ----- Nitrifisering/Denitrifisering av ammonium -----'
s RAMMOX = 0.02
s KAMMOX = 0.1
s NITRFR = 1.0

```

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2635-4