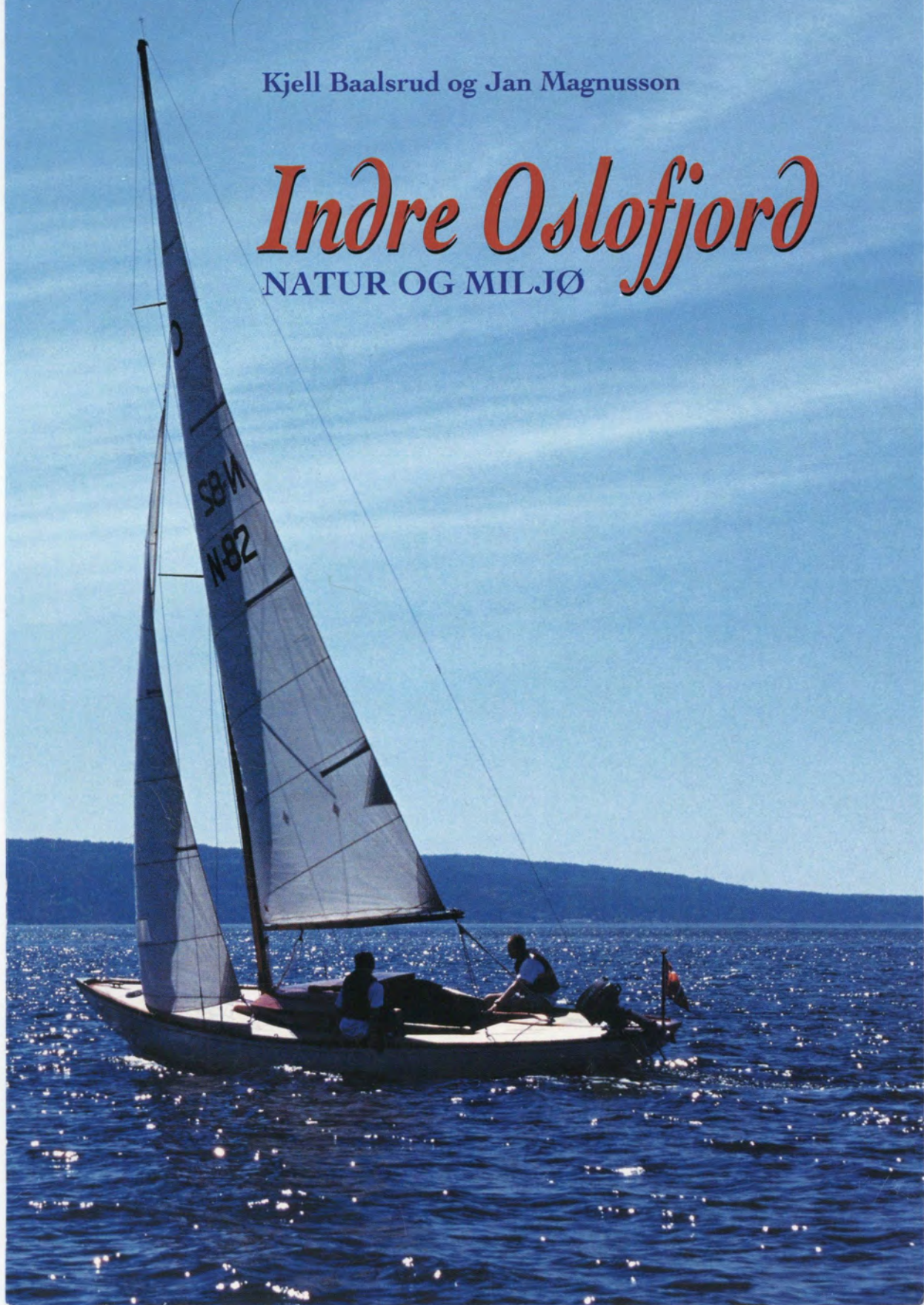


Kjell Baalsrud og Jan Magnusson

Indre Oslofjord

NATUR OG MILJØ



Kjell Baalsrud og Jan Magnusson

INDRE OSLOFJORD

Natur og miljø

Oslo 2002

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord

ISBN 82-996325-0-1

Indre Oslofjord - Natur og miljø

Tekst: Kjell Baalsrud og Jan Magnusson

Grafiske fremstillinger: Petter Wang, Jan Magnusson, med flere

Grafisk produksjon: Oluf Rasmussen AS, Skien

Utgiver: Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord

www.indre-oslofjord.no

Papir: 115 gram G-Print

Innbinding: Bokbinderiet Johnsen AS, Skien

Omslagsbilde: B. Faafeng

Baksidebilder: Ingjerstrand bad, L. Traaen,

Gutt med fiskestang, J. Magnusson

INNHold

FORORD

FORFATTERNES FORORD

Kap. 1 Innledning	s. 7
Fjorden som vi møter den og bruker den	s. 7
Friluftsmennesket	
Sjømannen	
Fiskeren og fangstmannen	
Alt er ikke så bra som det kan se ut	s. 14
Kap. 2 Oslofjordens naturforhold	s. 15
Fjordbassengets form	s. 15
Klima	s. 19
Geologi	s. 20
Fysiske forhold og vannutskiftning	s. 23
Oslofjorden som en del av Nordsjøen/Skagerrak og	
Østersjøen/Kattegat	
Oslofjordens "vannklima"	
Dypvannsfornyelsen	
Vannstandsvariasjoner	
Estuarin sirkulasjon	
Temperatur- og saltholdighetsvariasjoner over året	
To bassenger omgitt av øyer	
Biologiske forhold	s. 39
Algene	
Dyrelivet	
Næringskjeden	
Livsmønsteret til noen dyr	
Kap. 3 Oslo-områdetets vekst	s. 49
Befolkningsutviklingen	s. 49
Industriveksten	s. 50
Trafikk	s. 52
Kap. 4 Oslofjordens forurensningsproblem	s. 55
Utslippenes virkninger på fjorden	s. 55
Helseproblemene	
Næringssaltene	
Begrensende faktorer	
Overgjødsling	
Oksygenforholdene	
Mer om overgjødslingens virkninger	s. 64
Giftige alger	
Publikums reaksjoner	s. 70
Oslofjordens Friluftsråd	
Aksjonsutvalget mot Oslofjordens forurensning	
Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i	
indre Oslofjord	

Norsk institutt for vannforskning	
Oslofjordens forurensningshistorie i dekadere	
Forskning og utredning	s. 75
Overvåkning og undersøkelser	s. 83
Overvåkingsprogrammet	
Miljøgifter	
Oslofjordmodellen	
Kap. 5 Utviklingen mot dagens avløpsanlegg	s. 95
Avløpssystemet, fra rennestein til rør	s. 95
Innføring av wc	
Avløpssystemets videre utvikling	
Dagens avløpssystem	
Renseanlegg	s. 103
Generelt	
Nitrogenfjerning	
Utviklingen i Osloområdet	
Tre store renseanlegg	
Slamdisponering	
Kap. 6 Fjorden friskner til	s. 113
Den restaurerte fjorden	s. 113
Nye trusler mot indre Oslofjord	s. 123
Kap. 7 Avsluttende bemerkninger	s. 127
ETTERORD	s. 131
Aktuell litteratur og internett adresser	s. 132

FORORD

Indre Oslofjord er et av de viktigste rekreasjonsområdene for befolkningen i kommunene som sogner til fjordområdet, men fjorden er også viktig i ervervsøyemed, særlig for transportvirksomhet og fiske.

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord har siden opprettelsen i 1977 arbeidet for en renest mulig fjord. Fagrådets viktigste oppgave i disse årene har vært å overvåke forholdene i fjorden og å kartlegge tilførsler av forurensninger til fjorden.

De siste 10-15 årene har det skjedd en vesentlig reduksjon i utslippene av avløpsvann til fjorden. Dette har resultert i positiv forbedring av forholdene, spesielt i overflatelaget. Man har også fått bedre kunnskaper om fjorden.

Boka "Oslofjorden, vårt nærmiljø" ble gitt ut i 1987, den har vært utsolgt i flere år. I forbindelse med Fagrådets 25 års jubileum ønsket derfor Fagrådet å gi ut boka på ny. Det har resultert i en vesentlig bearbeiding av materialet, og en ny bok som har fått tittelen "Indre Oslofjord, Natur og Miljø". Kjell Baalsrud som var forfatter av den første boka har fått med seg Jan Magnusson som medforfatter ved denne nyutgivelsen.

Fagrådet vil takke forfatterne for det store arbeidet de har lagt ned. Vi håper den nye boka vil være både til hygge og nytte.

April 2002

Lloyd Lilleng
Fagrådets leder

Arne Rosendahl
Sekretær



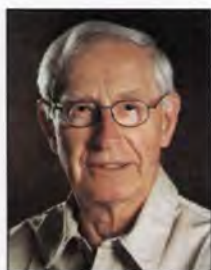
Lloyd Lilleng
og Arne Rosendahl

FORFATTERNES FORORD

Fagrådets 25 års-jubileum gir en fin anledning til å presentere historien om indre Oslofjord på nytt. Ser vi tilbake på den situasjon som rådet i 1950-60-årene og sammenligner den med dagens, er det som to verdener med to forskjellige kulturer. Fjorden var den gang i rask utvikling mot å bli totalt forurenset. Samtidig rådet det en tafatthet blant besluttende myndigheter om hvorledes dette problemet kunne angripes. Det er ikke nok å ville gjøre noe, man må vite hva man skal gjøre. Etter hvert skjedde det en kunnskapsmessig og mental endring blant forskere, teknologer, byråkrater og politikere. Men det tok to tiår å få alt på plass. Dette har vi søkt å belyse i denne boken.

Vi har lagt vekt på å gi en bred innføring i de fysiske og biologiske prosessene som bestemmer miljøtilstanden i indre Oslofjord. Det har medført noe overlapping og gjentakelser mellom kapitlene. Prosessene er meget kompliserte. Det er lagt vekt på å trekke opp de store linjene. Den interesserte leser kan finne mere utfyllende stoff i annen litteratur, noen forslag står bakerst i boken.

I 1987 ble boka "Oslofjorden, vårt nærmiljø" publisert. I de årene som har gått, har observasjonsmaterialet blitt vesentlig forbedret og avløpsvannet har fått en mer vidtgående behandling. Det er bygget et helt nytt Bekkelaget renseanlegg i fjellet innenfor det gamle. De tre store renseanleggene ved indre Oslofjord er blitt utstyrt med nitrogenfjerning. Med det er et nytt stadium i utviklingen mot kontroll av forurensningsproblemene nådd.



Kjell Baalsrud

Siden Oslo vann- og kloakkvesen ble opprettet for 125 år siden, har det hvert eneste år vært store oppgaver i Oslofjordregionen som måtte løses. Slik vil det nok fortsatt være, men oppmerksomheten mot miljøet i indre Oslofjord, kompetansen hos de involverte partene og de teknisk-økonomiske mulighetene har neppe noen gang vært bedre enn i dag.

Denne utgaven bygger på den forrige. Under arbeidet ble det klart at store deler måtte bearbeides på nytt. Bortsett fra innledningskapitlet er denne utgaven nesten som en ny bok. Fagrådets representant i arbeidet med denne utgaven har vært rådets sekretær, overingeniør Arne Rosendahl. Han har deltatt i alle redaksjonsmøtene, og har dessuten yttet viktige bidrag til arbeidet, med et hovedansvar for kapittel 5. Vi takker ham og hans organisasjon for det gode samarbeidet.



Jan Magnusson

Vi vil også takke mange kollegaer på NIVA som har deltatt med opplysninger, bilder og kommentarer til enkelte deler av manuskriptet.

Norsk institutt for vannforskning, NIVA, April 2002

Kjell Baalsrud

Jan Magnusson

Innledning

Fjorden slik vi møter den og bruker den

Fra Færder fyr strekker Oslofjorden seg 100 km inn i landet. Hele fjorden, med sine holmer, sund og sidefjorder, og særlig området innenfor Drøbak, er et populært og mye brukt område. Det er neppe noe annet sted i Norge hvor så mange mennesker søker avkobling og rekreasjon. I sommertiden når sola skinner og badevannet frister, er fjorden på sitt aller beste. Det formelig kryr av folk og båter. Det er området innenfor Drøbak, det vi kaller indre Oslofjord, denne boken først og fremst handler om.

For noen er fjorden også et arbeidssted. Det er mange som møter den i sitt yrke. Det er sjøfolk på fergene og i varetransporten som kommer fra nære og fjerne steder, det er fiskere og andre som har sin virksomhet knyttet til det maritime miljøet.

Friluftsfolk, sjøfolk og fiskere møter fjorden hver på sitt vis:

Friluftsmennesket søker til Oslofjorden og trives godt der. Fjorden ligger som et midtpunkt i landets tettest befolkede område. Rundt en tredjedel av den norske befolkningen bor rundt fjorden, og de fleste av disse igjen bor rundt indre Oslofjord. Det sies om oss nordmenn at vår trang til friluftsliv er en del av vårt lynne, så å si en del av folkesjelen.

Det er godt og stabilt klima, mange vil si det beste i landet. Fjorden ligger lunt og beskyttet av de store fjellene i vest. Sommerstid er det vanlig med varme, lange, lyse dager med solgangsbris eller stille vær. Den typiske sommerdagen kan nok utfordringene være ganske beskjedne, og det passer vel egentlig de fleste av oss godt. Hvor barske vi enn gjerne vil være, er det godt å føle seg trygg når man er ute.

Allikevel vet man aldri helt sikkert hva værgudene pønser på. Man må lære seg til å lese skyenes språk, trærnes bevegelser, barometret og månens stilling, og føle på gikta. Man bør også høre på værmeldingen. Oslofjorden kan nemlig vise seg fra helt andre sider og opparbeide et riktig voldsomt temperament. Når vinden pisker opp sjøen i krappe bølger, når regnet høljer ned, eller når lyn og torden fyller rommet mellom åsene, da trekker fornuftige mennesker på land.

Landskapet rundt fjorden er avvekslende, fra nakne forblåste skjær til lune viker med skog helt ned i fjæresteinene. Alt ettersom hva slags friluftsliv man er interessert i, kan man lett finne et passende sted. Om man ferdes i båt eller man søker til fjorden fra landsiden, er det stadig nye steder å finne. Knappt noen person er kjent i alle sund og viker.

Noen velger å være på badestranden sammen med tusenvis av andre mennesker, noen oppsøker steder hvor man kan streife omkring i strandlandskapet, og atter andre vil kose seg på knauser og svaberg, ofte i selskap med fiskestangen i håp om fersk torsk til middag. Om sommeren må man stadig være mer og mer oppfinnsom for å finne den beroligende ensomhet, men også det er mulig. En kyststi åler seg fram langs stranden og blir brukt for turer store deler av året.

Landskapets karakter bestemmes av geologi og biologi. Mange vil gjerne bli kjent med planter, trær og dyr i fjordområdet. Denne kontakten med naturen er med å øke interessen for friluftslivet.

Oslofjorden har mange tiltrekkende egenskaper. Mange familier har anlagt sine fritidshus langs strendene og på øyene. Det begynte med sommerhus nær Oslo. Nå finnes de nær sagt alle steder hvor det har vært mulig å få plassert dem. Ifølge Plan- og bygningsloven er det forbud mot utbygging i 100 meters beltet i strandsonen. Dette forbudet har eksistert siden 1965. Gjennom Rikspolitisk retningslinjer for planlegging i kyst- og sjøområdene i Oslofjordregionen av 1993 skal naturverdier, kulturminneverdier og rekreasjonsverdier innen et nærmere avgrenset område langs kysten forvaltes som en ressurs av nasjonal betydning. Mange mener at det ved dispensasjon fra loven allerede er satt opp alt for mange hytter og hus. De hindrer mange steder fri ferdsel langs strendene og reduserer allmennhetens adgang til gode friarealer.

Fritidsflåten er stor. Det antas å være nærmere 200 000 båter med smått og stort i hele Oslofjorden. Omlag en tredjedel av disse hører til innenfor Drøbak. De som investerer i båt istedet for hytte, kan i dag få seg en båt som er sjødyktig og samtidig romslig og komfortabel for en familie. Gamle sjøulker er riktignok fulle av engstelse når typiske landkrabber legger utpå. Men antagelig ligger sjølivet oss i blodet. De aller fleste lærer nemlig forbausende fort hvorledes man skal mestre vær og vind og oppføre seg på sjøen.

Badelivet i fjorden florerer. Særlig i de mer avstengte delene av fjorden, og det gjelder hele indre Oslofjord, vil badetemperaturen holde seg høy og stabil gjennom det meste av sommeren. Det var noen tiår da folk allikevel holdt seg på land. Stranden og vannet var forurenset. Forbedringene av vannkvaliteten gjennom 1980-årene har nå gitt publikum ny tillit til at vannet er tilfredsstillende for bading, og badelivet utfolder seg som aldri før.

Oslofjorden er først og fremst et friluftsparadis for folk som bor rundt den. Men mange er tilreisende fra andre og kaldere strøk av landet. Utlendinger kommer fra mange land. Fjorden er en av Oslos attraksjoner. Om ikke annet tar turistene en sightseeingtur, eller de leier en av de mange charterbåtene og nyter fjorden sammen med venner, reker og hvitvin.

Det er ikke langt fra friluftsliv til sport. Indre Oslofjord er et sportseldorado. Mest kjent er fjorden som arena for seilregattaer. Kongelig Norsk Seilforening, som er Norges største seilforening, har sitt sete og seilersentrum her; den startet i 1883. Da var Frognerkilens Båtforening av 1860, som navnet sier, allerede etablert i det samme området.

I sommersesongen er det ofte en eller flere regattaer på fjorden, hverdager som helligdager. Seilingen begynte som en sport for entusiastene, men er i dag en folkesport. Kongefamiliens deltagelse og norske bragder i internasjonale konkurranser har bidratt til å gjøre seiling til en nasjonal sportsgren. Seilsporten har også fått sine turløp. Enkelte årvisse turseilaser, som Færderseilasen, hvor over 1000 båter starter utenfor Aker Brygge, tar det meste av hele Oslofjorden i bruk og er blitt meget populære. Her deltar alle slags seilbåter, fra skarpseilere til skøyter.

Rosporten preget Oslofjorden tidligere. De ærverdige klubbene Christiania Roklubb og Studentenes Roklubb holdt begge til i Frognerkilen. Idag er roerne stort sett borte fra indre Oslofjord, jaget bort av de øvrige båtbrukerne. En og annen konkurranse holdes ennå, og det er nå reservert bestemte områder i indre Oslofjord for trening og konkurranseroing. En del kajakkpadlere holder ennå stand.

Racerbåtkjøring er også en sportsgren som nyter godt av Oslofjorden. Bruken av fartsbåter er lite populær blant de andre båtbrukerne, og farten er ikke uten faremomenter. På båtmessene reklameres det med større og hurtigere båter. Tiltagende fartsjøring er et alvorlig problem.

Sjømannen som kommer inn Oslofjorden opplever en av verdens vakreste innseilinger. Oslo er Norges største havn, enten man regner antall skip, mengden gods eller antall passasjerer. Et stort antall båter kommer og går hver eneste dag, mange cruiseskip anløper Oslo hvert år. Det er godstrafikk fra utlandet, ofte med store båter, og godstrafikk til og fra andre steder og byer rundt norskekysten.

Pappabåtene setter ut fra Pipervika. Mannskapet kappes om å komme først ut. Middagsbåtene lørdag etter arbeidstid brakte pappene ut til sine ferierende familier på øyene i Oslofjorden og til Bunnefjorden, Nesoddlandet og Vestfjorden. De hadde med seg aviser, ukeblader og noe ekstra godt til en hyggelig aften.





Utenom badesesong og ferietid kan fjorden virke stille. Men trofaste Rigmor er stadig på farten.

K. Baalsrud

Til tross for at veiforbindelsene til kyststrøkene er blitt vesentlig bedre i senere år, øker fremdeles båttransporten innenlands. Når tyngden av bosetting, både i Oslo-området og ellers, ligger så nær kysten, kan det henge sammen med at båter fremdeles gir god og billig transport.

Persontrafikken med skip til og fra Oslo er fremdeles stor, tross fly og biler. Mange av bilistene velger nettopp å bruke bilferge det første stykket når de skal utenlands.

I mange år var det et stort antall rutebåter som gikk i lokaltrafikk fra Pipervika i Oslo. Med sin svarte kullrøyk var de lette å få øye på. Hver båt hadde sitt karakteristiske utseende, og var godt kjent av store og små. For den eldre garde er de ennå et kjært minne.

Stemningen i Pipervika lørdag ettermiddag når pappabåtene la ut, var uforglemmelig. Alle båtene lå med dampen oppe; det var om å gjøre å komme først ut fra brygga. Nå er det bare Nesoddbåtene som er igjen i full trafikk året rundt. De går til gjengjeld som skytler fram og tilbake. Om sommeren har Oslo og Bærum noen mindre rutebåter som bringer folk til og fra øyer og badeplasser. De lever godt opp i fjordbildet.

Båtlivet på fjorden kan være meget intenst. Skip med passasjerer og last må komme seg gjennom svermen av alle fritidsbåtene. Det kan være enerverende for styrmann og mannskap ombord. Regelen sier riktignok at de kommersielle båtene skal ha rett til å holde sin kurs. Småbåtene har vikeplikt. Men når en vågal båtfører kommer inn under større skip, og er ute av synet for styr-

mannen, da er det ikke nok å ha rett. Sjøfolk sier rett ut at de ofte står med hjertet i halsen når de ferdes på indre Oslofjord.

Fiskeren og fangstmannen var de første brukere av fjorden. Ingen vet når de kom, men antagelig var det ikke lenge etter at isen forsvant for ca. 10 000 år siden.

I dag utgjør fiskerne en liten, men viktig brukergruppe i indre Oslofjord. Det er flere helårsfiskere som hører hjemme innenfor Drøbak, og som delvis driver sitt fiske i indre Oslofjord. De har adgang til å selge sine fangster direkte til publikum. Det skjer i Pipervika like ved Aker brygge. I forhold til den samlede omsetning av fisk til Oslos befolkning, utgjør dette salget en meget liten del. Men i en bytilværelse som ellers blir mer og mer regulert og effektivisert, er synet av disse små rekestrålerne og folkelivet rundt dem et kjær og trivelig innslag.

Av og til kommer det større og moderne fiskebåter inn i fjorden. Det er gjerne når det kommer brisling eller sild inn i fjorden. Disse båtene bruker lyskastere for å lokke fisken til overflaten nær båten. Lysfisket har vært en kontroversiell fiskemetode, og har skapt heftige diskusjoner.

Fritidsfiske har stort omfang. En god del av småbåtfolket prøver seg fra tid til annen med snøre eller garn. På gode dager når vinden ikke er for sterk, kan man se båter drive over hele fjorden med snøret ute. Det fiskes også fra land, og om vinteren er isfiske meget populært. Stort sett er det forbausende mye som blir fisket opp. Det er mest torsk og hvitting som fanges, men sei, sild, lyr og makrell kan det også være mye av. Som alltid når man fisker i sjøen, er det spennende hva som kommer over rekka. Er man heldig, kan man kanskje også få flyndrefisk, ål eller sjørøret.

Områdene rundt indre Oslofjord er til dels sterkt urbanisert. Men skogen ned til sjøkanten preger ennå landskapsbildet de fleste stedene. (Bildet fra Kalvøya)

K. Baalsrud





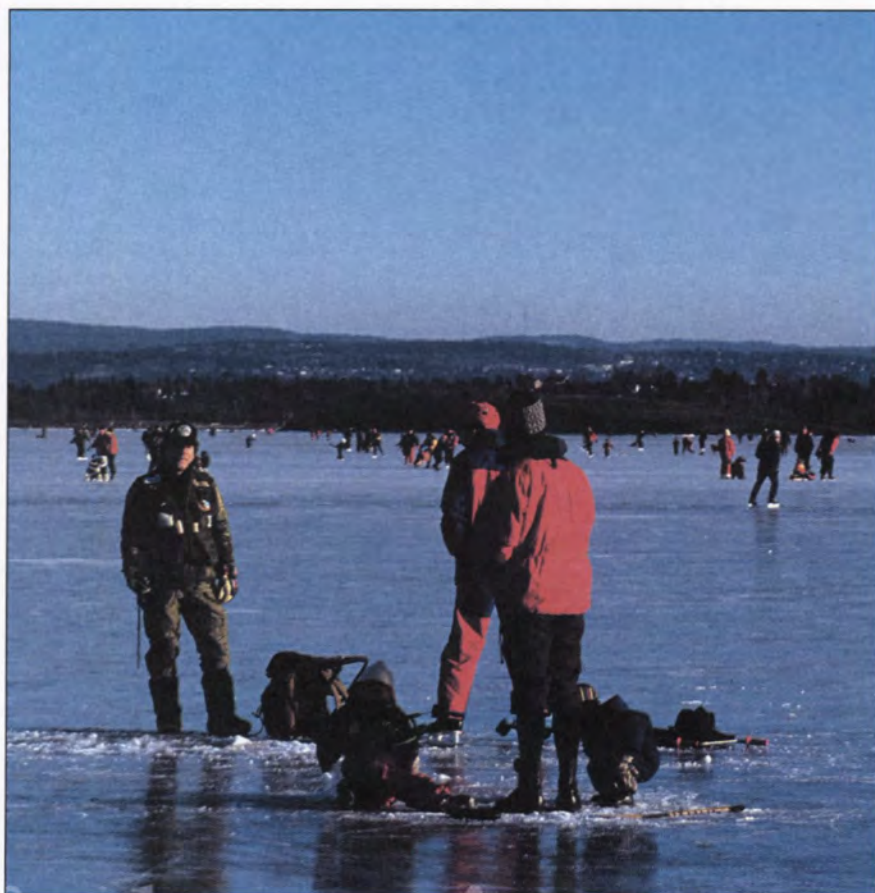
Badelivet florerer sommerstid. I noen tiår var vannet og strendene så forurensat at de fleste holdt seg på land. Fagerstrand, Nesodden.

A. Rosendahl



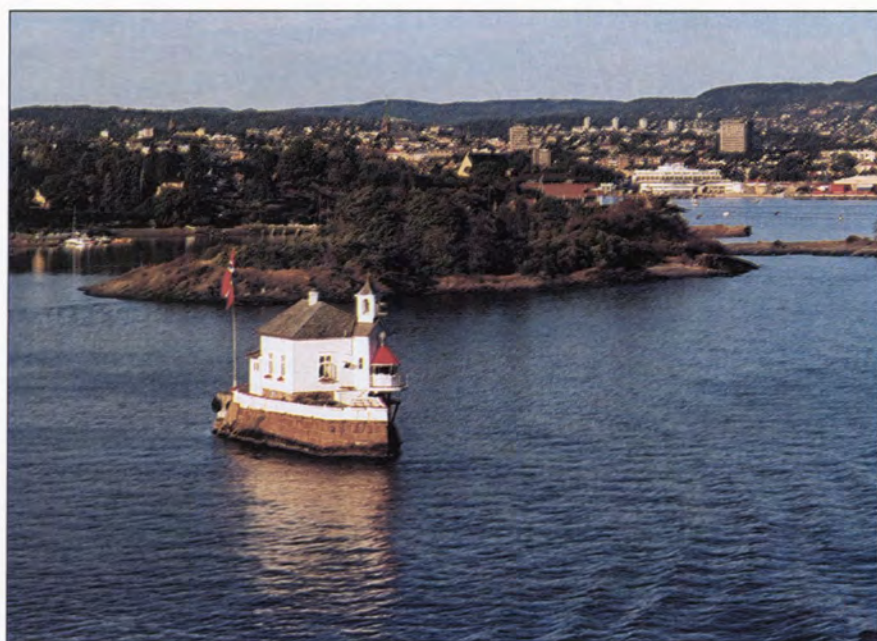
Norges største regatta – "Færder" starter ved Aker Brygge i begynnelsen av juni hvert år. Over 1000 båter pleier å delta, derfor kan det være trangt i starten. Nærmeste båt bauter for styrbords start.

A. Rosendahl



Vintrene er alltid forskjellig. I gamle dager var ofte større deler av indre fjord dekket av is enn det som nå er vanlig. De første skøyteøp i Norge ble arrangert i 1863. Fram til 1890 gikk alle mesterskap på sjøis. Verdensmesterskapet 26.februar 1885 ble holdt på Frognerkilen. Det er historisk, da vant Axel Paulsen en knusende seier over nederlenderen van der Zee. Paulsen hadde allerede 1880 satt ny verdensrekord på 5000m med 11.11. Det var i Pipervika. Men ennå er det populært å utfolde seg på isen. Her på Bærumsbassenget trives skøyteøpere og isfiskere med hver sine hobbyer.

B. Faafeng



Dyna Fyr ved innseilingen til Oslo havn.

J. Magnusson



Svelvikstrand i Asker.

L. Traaen

Alt er ikke så bra som det kan se ut

Beskrivelsen av friluftsmenneskets, sjømannens og fiskerens møte med indre Oslofjord kan virke som en ren solskinnhistorie. Det har det ikke alltid vært.

Allerede tidlig på 1900-tallet var det enkelte mindre lokale områder som var sterkt forurensset. Akerselva var "gammel og grå", som det heter i visa, allerede sist på 1800-tallet. Omkring 1860 måtte byens vanninntak flyttes fra Myra til Maridalsvannet. Men hvis man dro et stykke vekk fra Oslos havneområde, fant man fine badeforhold. Da den siste store byveksten tok til, etter sammen slutningen av Oslo og Aker i 1948, ble de dårlige områdene større og omfattet til slutt store deler av indre fjord.

For friluftslivet gikk det mot en katastrofe etter hvert som forurensningene gjorde seg mer og mer gjeldende. Vannet ble farget og grumset, og det luktet ubehagelig. Strendene ble dekket av slam, og svabergene med grønske, slik at det var lite hyggelig å bade fra land. Det er ikke sikkert at den reelle helsefaren var så stor, men alene det at vannet virket uestetisk og uhygienisk, gjorde sitt til at rekreasjonsverdien av badelivet gikk tapt.

Historien om hvorledes fjorden nesten ble ødelagt av forurensninger, men nå er på god vei til å bli ren igjen, er hovedinnholdet i denne boken.

Oslofjordens naturforhold

Fjordbassengets form

Oslofjorden har sitt særpreg. Det er mange bukter og odder, store og små øyer, trange sund og åpne partier. Fjorden ligger i et landskap som er skogrikt, men allikevel har vekslende natur med markerte åser. Strendene kan være slake eller stupe rett ned i dypet. Det er sandstrender, steinete strender og glatte svaberg. Det var under istidene, de siste ca. 2 millioner år, fjorden og terrenget fikk den form vi ser i dag. Senere har vassdragenes og sjøens krefter pyntet på detaljene.

På kartet har fjorden form som en svane. Kroppen dannes av Breiangen, og svansen er Sandebukta. Drøbaksundet blir svanens lange hals, og Bunnefjorden hode og nebb (fig. 2). I 1953 ble det dannet et "Aksjonsutvalget mot Oslofjordens forurensning", det brukte svanen som et symbol på fjorden og den renhet den burde ha. En fjord så vakker som en svane er noe vi alle ønsker å holde ren.

Det er Drøbaksundet som mest av alt gir fjorden karakter. Her gir innsnevringen av fjorden mellom bratte åser hele landskapet et særpreg. Sundet er ikke bare langt og smalt som en bred kanal, det er også dypt med et grunt parti i den nordlige enden. Som vi senere skal se, har sundets grunne parti, terskelen som vi kaller det, avgjørende betydning for renheten av vannet i indre fjord. Terskelen går tvers over fjorden like nord for Drøbak. Syd for og nord for terskelen er det dypt vann. Over selve terskelen er det snau 20 meter på det dypeste.

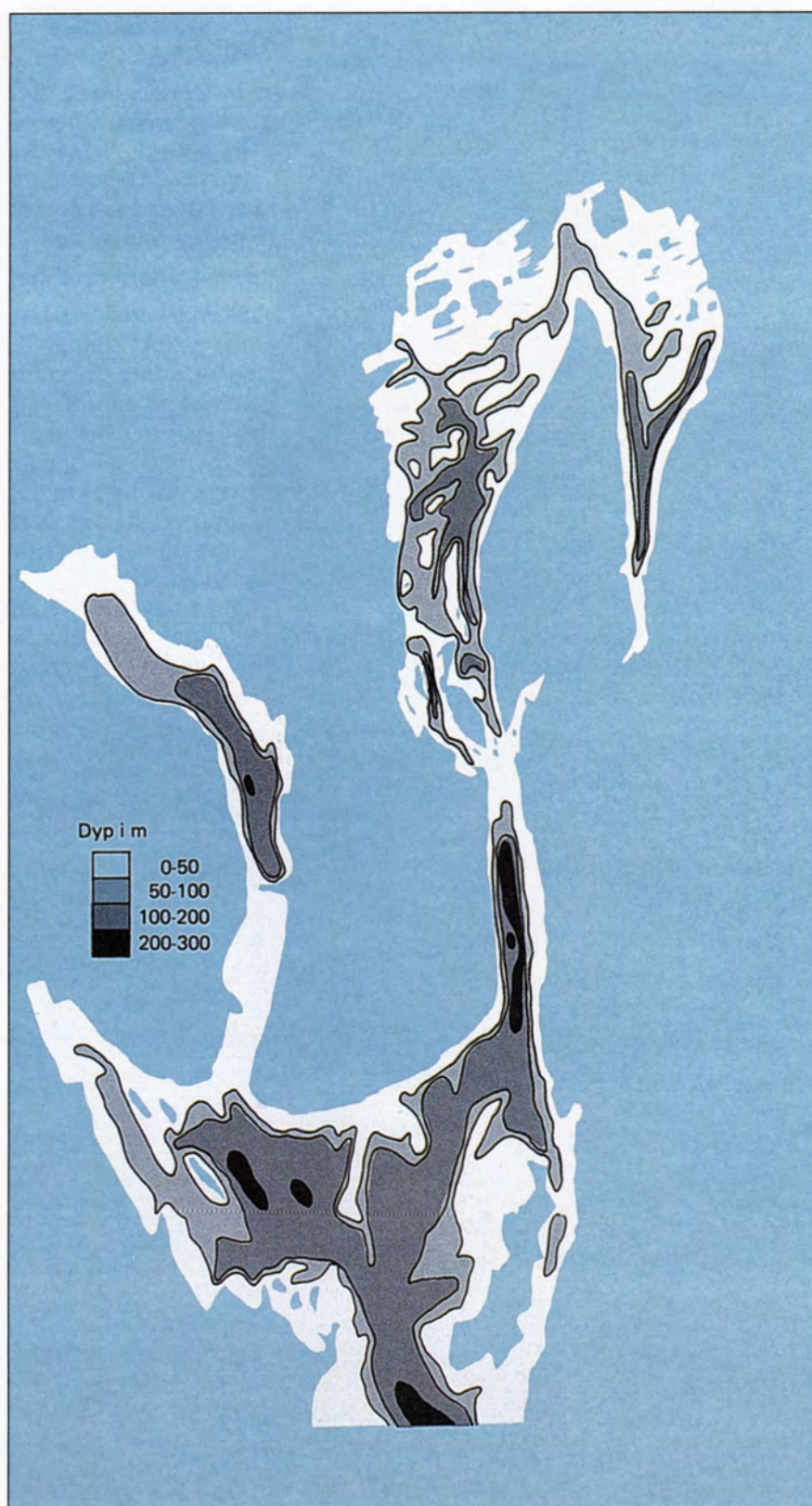
Det er ofte slik at landskapsformen rundt en innsjø eller fjord fortsetter under vannflaten. Slik er det også i indre Oslofjord. Det oppdelte terrenget vi finner i Oslo, Bærum og Asker fortsetter ut under vannet og preger bunnen i den vestre og nordlige delen av fjorden. På den andre siden stuper Nesoddlandet bratt ned i fjorden. Dybdeforholdene varierer sterkt. Det er korte avstander mellom grunner og dyp helt ned til 164 meter.

Den innerste del, Bunnefjorden, ligger mellom to jevne åsrygger og ligner mer på vanlige norske fjorder og innsjøer. Den er som en nedsenket dal, en relativt jevn og dyp revne, og har en viss likhet med et badekar. Strendene er bratte og bunnen flat og jevndyp. Bunnefjorden er atskilt fra Vestfjorden med en bred terskel, som er ca. 50 meter dyp, mellom Nesoddungen og Bygdøy.

På dybdesnittet langs fjorden fra innerst i Bunnefjorden og ut gjennom Drøbaksundet ser vi hvor ujevn bunnen er, og at Drøbakerskelen er ganske grunn og skarp (fig. 3). Fra Småskjær og over til Storesand på vestsiden av fjorden er det et ganske grunt parti (fig. 9). Som ledd i forsvaret av Oslo, ble det her for vel hundre år siden fylt opp med stein til ca. 1 meter under lavvann.

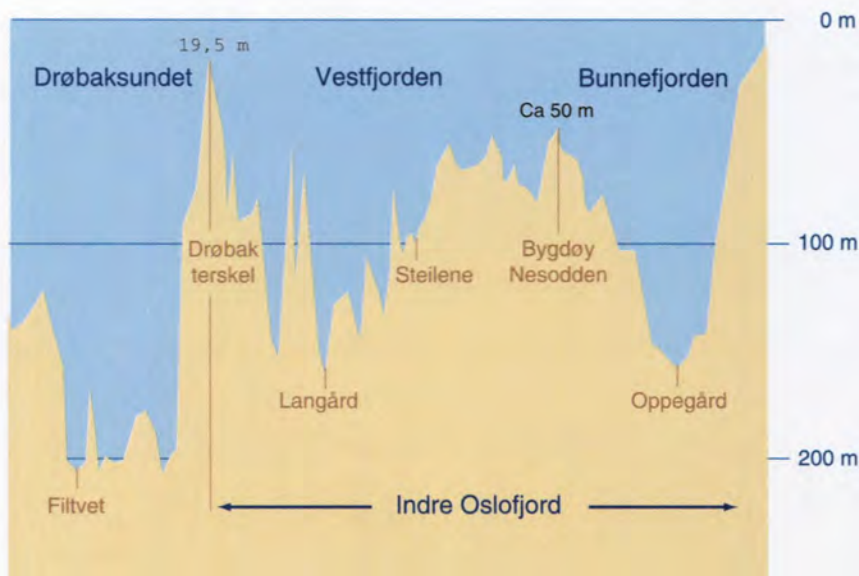


Figur 1.
Indre Oslofjord.

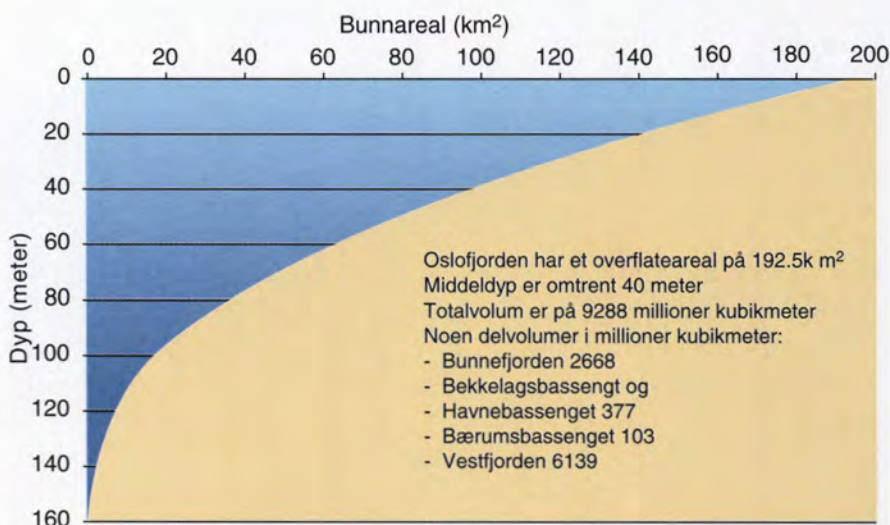


Figur 2.
Kart som viser
dypdeforholdene i
indre Oslofjord,
Breianger og
Drammensfjorden

Figur 3.
Dypbdesnitt hvor
Bunnefjorden er
lagt i linje med
Lysakerfjorden og
Vestfjorden.
Vertikalskalaen er
overdrevet i forhold
til horisontal-
skalaen. De viktige
terskelene ved
Drøbak og mot
Bunnefjorden er
markert.



Figur 4.
Fordeling av bunn-
arealer med dypet.
På tross av at vi
syns at indre
Oslofjord er dyp,
utgjør volumet av
vann mellom
100-160 meters dyp
bare 4% av fjor-
dens totalvolum.
Full dypvann-
utskiftning betyr
alt vann under
20 m dyp, det vil si
5940 millioner m³.



Dette er sjetéen i Drøbaksundet, og den er anlagt for å hindre fiendtlige fartøyer i å trenge inn fjorden langs vestsiden. Det finnes to porter i sjetéen hvor mindre fartøyer kan ta seg igjennom. Først i senere år er de blitt markert med sjømerker.

Drøbaksundet er en flaskehals for sjøgående trafikk. Fra tid til annen dukker det opp spørsmål om å fjerne sjetéen. Da ville det kunne gå trafikk med større båter på begge sider av Håøya. Til nå har forslagene om å fjerne sjetéen ikke ført frem. Det foreligger derimot planer både om å utbedre seilingsleden i øst, og om å lage en større åpning for fritidsbåter i sjetéen over det vestre løpet. For vannmassene som strømmer ut og inn gjennom Drøbaksundet, har sjetéen og terskelen stor betydning. Dette kommer vi tilbake til nedenfor. Syd for Drøbaksundet blir hovedfjorden dypere etter hvert som den går over i Norskerenna rundt Sørlandet og Vestlandet mot Norskehavet.

Som følge av de varierende dybdeforholdene, de mange øyene og oddene, er indre Oslofjord vannmessig delt opp i en rekke bassenger. Mellom disse bassengene er vannutskiftningen begrenset, særlig for de dypere delene av fjorden. De viktigste bassengene og største dypene er:

Bunnefjorden	154 m
Bekkelagsbassenget	72 m
Lysakerfjorden	82 m
Bærumsbassenget	30 m
Vestfjordens hovedbasseng	164 m

I tillegg kommer en rekke kiler og sund hvor vannmassene kan være ganske avstengt.

Det er overraskende store dyp i indre Oslofjord. Både Bunnefjorden og Vestfjorden går ned til vel 150 meter. Siden istiden har landet hevet seg vel 200 meter, og det stiger fremdeles omlag 3 millimeter hvert år. I vikingetiden lå terrenget 3-5 meter lavere enn i dag. Flere steder så landskapet anderledes ut, med større bukter og et anderledes øy-landskap. Enkelte navn kan forklares ved at områder som i dag er landfaste, før var øyer. Eksempler er Bygdøy (den bebygde øy) og Snarøya.

Klima

Klimaet i Norge er i alt vesentlig bestemt av vind og havstrømmer. Golfstrømmens varme vann holder kysten vår isfri. Bare de innerste fjordbassengene kan bli isdekket om vinteren. Områdene rundt indre Oslofjord og det indre Østlandet er preget av rolig vær med varme somre og kalde vintre. De fysiske og biologiske forholdene i Oslofjorden er i stor grad bestemt av klimaet.

For det sønnafjelske Norge har det vært en grei forenkling å bruke monsunbegrepet om vinden. Statistisk sett har sommerhalvåret vært preget av vind fra syd-sydvest som bringer med seg varme og fuktighet, og vinterhalvåret med vind fra nord. Nordavinden om vinteren har ofte i lengere perioder preget både Oslofjorden, Skagerrak og Nordsjøen. Da har det oppstått forhold i sjøen som har begunstiget vannutvekslingen i indre Oslofjord.

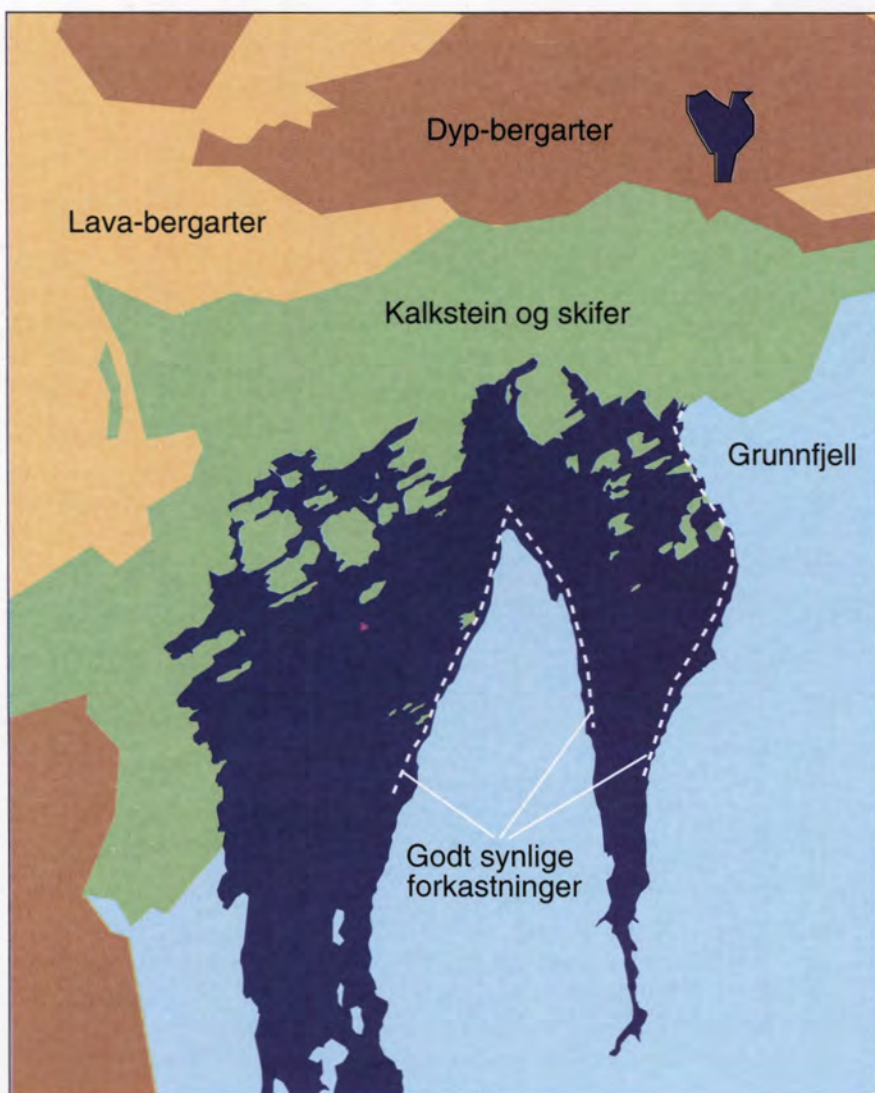
Som regel kommer et større vassdrag ut innerst i en norsk fjord. Fjorden er en forlengelse av en dal. Slik sett er Oslofjorden en variant. Nedbørfeltet rundt indre Oslofjord er lite og ferskvannstilførselen tilsvarende liten. Drammenselva kommer ut midt i fjorden og Glomma ytterst. Dette er Norges to vannrikste elver. Ferskvannsinblandingen påvirker vannets saltholdighet og derved lagdelingen. Dette har stor betydning for vannutskiftningen både i overflatelaget og dyplagene. Variasjoner i nedbør og temperatur gir også variasjoner i avrenning og dermed i forholdene i fjorden.

Klima er blitt et av de store spørsmål i miljødebatten. Den angår også forholdene i Oslofjorden. Klima må tas med som en ny faktor når vi tolker langtidsvariasjoner i vannkvaliteten i Oslofjorden. Mye tyder på at det skjedde en endring mot slutten av 1900-tallet, muligens forårsaket av mennesket. Vintrene har de senere årene gjennomgående vært preget av at periodene med nordavind har vært mindre dominerende. Mere om dette i kap. 6.

Geologi

Fjorden har en geologisk historie som vi kan føre minst en milliard år tilbake i tiden. Indre Oslofjord ligger midt i det geologene kaller Oslofeltet, som strekker seg fra Mjøsa til Bamble i Telemark. Oslofeltet er godt kjent blant geologer verden over, fordi man her kan se fjell i dagen med interessante trekk fra jordens utvikling over en lang periode. Selv om den geologiske historien går meget langt tilbake, er det de siste par hundre millioner år, og særlig istidene de siste to millioner år, som har gitt fjorden den form den har i dag.

En full innføring i Oslofjordens geologi ville langt på vei være en innføring i jordens historie. Om vi ikke skal gå helt tilbake til dannelsen av jorden for ca. 4600 millioner år siden, kan vi i hvert fall feste oss ved at noe av fjellet vi ser rundt fjorden er fra jordens urtid, og er mer enn en milliard år gammelt. Andre steder er alderen på fjellet 200-500 millioner år.



Oslofeltet strekker seg fra Grenlandsfjorden til Mjøsa. Her vises den midtre del av feltet hvor selve fjorden og landet nord og vest for inngår i dette geologiske området (alt unntatt grunnfjellet).

I grove trekk er historien følgende:

For ca. 500 millioner år siden, mellom kambrium og silur, lå området som Norge er en del av, mye nærmere ekvator. Oslo-området lå under vann og mange lag sedimenter ble avsatt oppå grunnfjellet. Dels var det sand og leire og dels var det kalk fra kalkalger, skjell og andre dyr. Dette foregikk over lang tid, 1 millimeter sedimentdannelse kunne ta 1 million år. Sedimentene er rike på fossiler, og fossilene ble tidlig tatt i bruk i vitenskapen til en nærmere datering av de enkelte lagene. Disse avvekslende lyse og mørke sedimentlagene preger øyene og de lavere delene av Oslo, Bærum og Asker. Dette er kalkkrikt fjell som forvitrer ujevnt. Det kan være vondt å gå barbeint på dette fjellet, enda verre å legge seg ned for å sole seg.

For snaut 400 millioner år siden skjedde det store geologiske endringer i Norge. Fjellkjeder fra vest presset seg inn over mot Norge og forårsaket store forskyvninger. Det er kalt det kaledonske skyvedekket etter et tidligere navn på Skottland. Dette førte blant annet til at de gamle sedimentlagene i Oslo-området bokstavelig talt ble krøllet sammen, slik som vi kan se dem på øyene og i terrenget rundt den vestre del av indre fjord. I Sverige kan man finne igjen de samme sedimentlagene, som der fremdeles ligger horisontalt, slik de ble avsatt.

For ca. 250 millioner år siden sprakk et stort landområde fra Mjøsa til Grenlandsfjorden opp. Området sank dypt ned. Sprekkene ble glideflater,



Bilde av kalkskiferfjell i Snarøysundet. Lagene ble avsatt horisontalt og er senere krøllet sammen ved store forskyvninger av landmassene.

K. Baalsrud



Typisk strand med kalkskiferfjell fra kambro-silurtiden.

B. Faafeng.

noen av dem kan vi se i dagen, og de utgjør kjente landskapselementer. Nesoddens vestsida og Bunnefjordens østsida er slike glideflater. Her er det grunnfjellet som står igjen.

Senere kom det vulkaner flere steder i sprekken. Selve vulkanene er borte, men tilførselsrørene og rester av lavastrømmene finnes mange steder. Det nærmeste kjente tilførselsrøret ved indre Oslofjord ligger i Ullernåsen. Den røde Nordmarkitten og rombeporfyren er vulkanske bergarter. Rombeporfyren er særlig synlig i øvre del av Kolsås. De lyse, rombelignende, centimeterstore krystallene av feltspat ligger i en rødlig lavamasse. Dette er en meget sjelden bergart. En del av det nedsunkne området som ikke ble dekket av vulkanske masser, finnes i bunnen av indre Oslofjord, dels ser vi det som øyene i fjorden og de lavere områdene i Oslo, Bærum, Asker og Røyken. Dette er altså en del av Oslofeltet.

Den siste store forandringen ble forårsaket av istidene de siste to millioner år. Da ble fjellet slipt ned mange hundre meter og de løse massene som isen tok med seg, finnes nå igjen andre steder, tildels i Danmark og Nordtyskland. Selve indre Oslofjord, de lavere områdene av selve Oslo og områdene vest- og sydover ble ikke dekket av vulkanske masser. De ble heller ikke nevneverdig slipt bort av isen. Den kilometertykke isen trykket landet ned. Rundt indre Oslofjord gikk havet opp til 220 meter høyere enn i dag. I daler og sprekker i landskapet og på de dypeste områdene ble sedimenter avsatt. Store flater preges av meget fine sedimenter som leire. Da isen ble borte for ca 10 000 år siden, lettet trykket og landet steg igjen, til å begynne med raskt, etter hvert stadig langsommere. Under den rykkvise tilbaketrekkingen avsatte isen store mengder grus og stein som endemorener. Etter hvert som landet ble tørt, satte vassdragene sitt preg på landskapet. Bekker og elver skar seg ned i løsmassene til fjellet stoppet videre graving. Det oppstod bratte raskanter. Akerselvas løp gjennom Nydalen er et eksempel.

Slik kan det forklares at vi i området rundt indre Oslofjord, som er en typisk del av Oslofeltet, kan vandre rundt i terrenget og se grunnfjell, vulkanske bergarter og kalkrike sedimenter støte mot hverandre. Mellom ryggene med bart fjell ligger løsmasser med stein, grus og leire. Alle steder i uberørt terreng kan vi finne store steiner og blokker som isen var i ferd med å bringe videre da den smeltet. Disse flyttblokkene er kanskje det mest synlige tegnet på at isen har dekket hele landet.

Fysiske forhold og vannutskiftning

Oslofjorden som en del av Nordsjøen/Skagerrak og Østersjøen/Kattegat

Vannet i Oslofjorden kommer fra ytre Oslofjord og Skagerrak. Disse områdene fornyes i sin tur av vann fra bl.a. Atlanterhavet, som er nært forbundet med de andre verdenshavene via havområdene rundt Nordpolen og Sydpolen. Verdenshavenes vannkvalitet er ensartet, den kjemiske sammensetning er den samme når vi ser bort fra noen få mikroelementer som inngår i de biologiske omsetningene. Golfstrømmen (Atlanterhavsstrømmen) er en av de globale hovedstrømmer. Den krysser det nordlige Atlanterhav fra Florida mot Nordeuropa, forbi De britiske øyer, videre mellom Norge og Island og ender opp i Norskehavet/ Barentshavet. En liten gren, stor nok i seg selv, bøyer av nord for Skottland og går inn i Nordsjøen.

Her strømmer vannet videre inn i Skagerrak, møter Jylland-strømmen som bringer vann fra Den engelske kanal og Tyskland. Fra den sterkt ferskvannspåvirkede Østersjøen føres brakkvann nordover via Kattegat langs den svenske vestkysten. De tre strømmene forenes og danner starten på den norske kyststrømmen i området utenfor Jomfruland. Den svinger videre langs den norske sørlandskysten og nordover mot Lofoten. (Se figur 5)

Strømsystemet i nordre Skagerrak mellom Danmark, Sverige og Norge går rundt i en stor ring mot klokken. Denne strømvirvlen er forårsaket av landmassenes fordeling og jordrotasjonen. Det at jordrotasjonen fører til at havstrømmer på den nordlige halvkule bøyer til høyre og på den sørlige til venstre, kalles Coriolis-effekten. Denne varierer i styrke med breddegraden og er størst ved polene og minst ved ekvator. Den første som satte Coriolis-effekten i forbindelse med havstrømmer var den svenske oseanografen V. W. Ekman. Men det var Fridtjof Nansen som kunne konstatere at "Fram" ikke drev i vindens retning men omlag 30° til høyre. Han sendte observasjonene til Ekman i Lund, som deretter utviklet en forklarende matematisk modell. Dette ble et av 1900-tallets store gjennombrudd i forståelsen av sammenhengen mellom vind og strøm.

Strømmene i Skagerrak varierer i størrelse og styrke, men den største transporten kommer ofte fra Atlanteren. I Skagerrak transporteres store mengder vann, totalt fra en halv til en million kubikkmeter per sekund. Vannet mellom overflaten og terskeldypet har en oppholdstid på ca. 100 døgn. Hovedtransporten består av atlantisk vann. Jyllandstrømmen, som fører vannmasser fra Tyskebukta, transporterer bare 10-20% av den transporterte vannmassen i Skagerrak. Av og til kommer vann fra nordre Skagerrak inn i ytre Oslofjord. Derfor får også indre Oslofjord i blant tilført vann fra Atlanteren.

Figur 5.
Havstrømmene i
Nordsjøen. Den
mektigste vanntrans-
porten inn i
Nordsjøen og
Skagerrak utgjøres
av Atlantisk vann
(Golfstrømmen). En
del av denne ström-
men forener seg i
Skagerrak med vann
fra Tyskebukta
(Jyllandstrømmen)
og vann fra
Østersjøen/Kattegat.
Slik dannes den
Norske kystström-
men som går langs
Sørlandet forbi
Lista, langs den
Norske vestkysten,
og opp mot Lofoten.
Normalt går ström-
mene i nordre
Skagerrak mot klok-
ken, men vindene
kan gi store varia-
sjoner i dette møn-
steret.

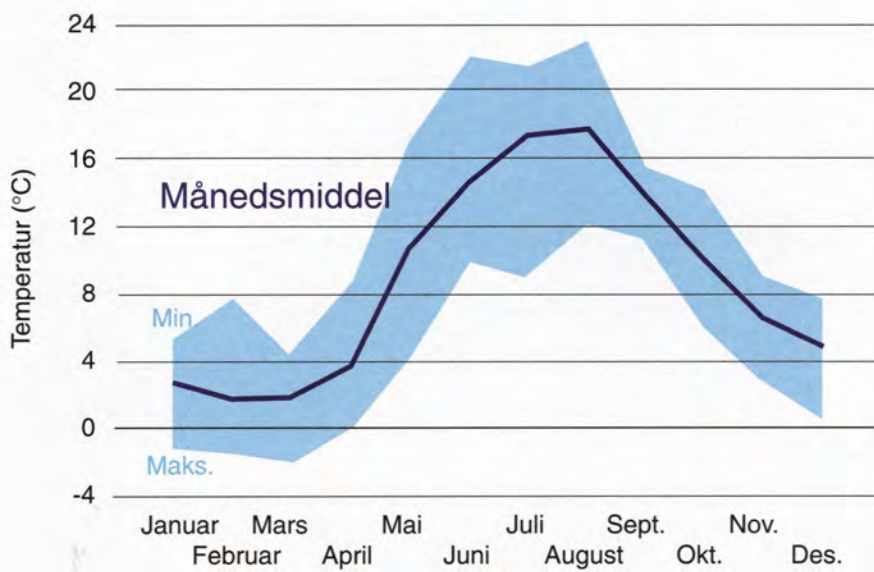
Kilde: Fisker og Havet



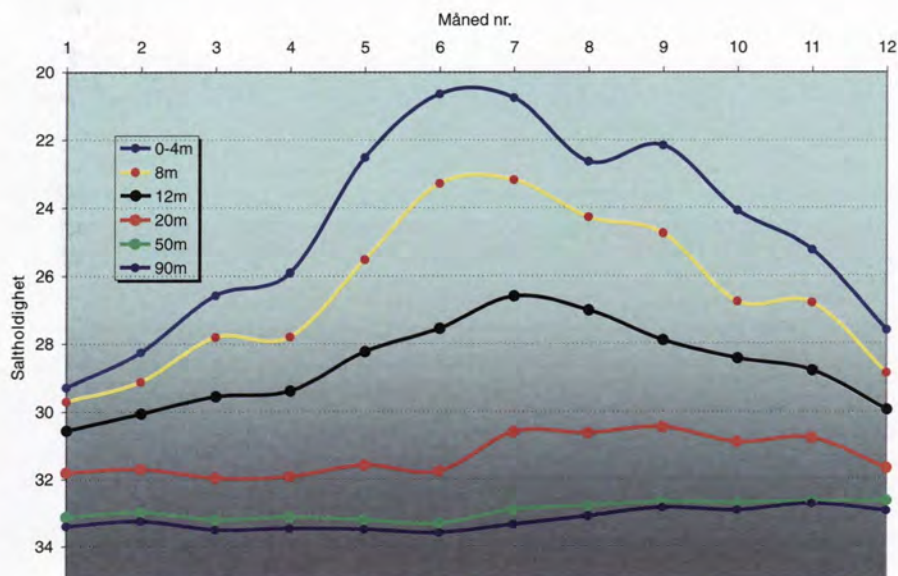
Oslofjordens "vannklima"

Har havet og fjorden et klima? Hva mener vi i så fall med "klima"? Regelmessig hører vi meteorologen melde om variasjoner og tilpasser oss tålmodig både regn og ruskevær. Dette er vi vant til, men fordi de fleste av oss er mindre berørt av tilstanden i havet, hører vi sjelden om tilsvarende rapporter derfra. Allikevel har havet et klima, med samme mekanismer som i atmosfæren. Lavtrykk og høytrykk kan også oppstå i havet. Temperaturvariasjoner kjenner alle badende til. Vinden har sitt motstykke i havstrømmene. I luften er klimaet bestemt av temperaturen, vinden og fuktigheten. Havets klima er bestemt av temperatur, vannstrømmer og saltholdighet.

Alt sjøvann er salt. Med saltholdighet mener vi konsentrasjonen av oppløste salter i vannet. I åpent hav er det 34-35 gram oppløste salter per liter vann. Den største delen er vanlig salt, natriumklorid. Saltholdigheten avgjør i stor grad hvilke planter og dyr som trives i de enkelte områdene. Saltholdigheten var tidligere grovt definert som g salt/kg havvann. Dette ble kalt promille. Saltholdigheten bestemmes ikke lenger kjemisk, men måles som ledningsevne og har siden 1982 fått en annen definisjon. Når det heretter står at saltholdigheten f.eks. er 35, er det meget nær 35 promille, men promillebetegnelsen er ikke brukt.



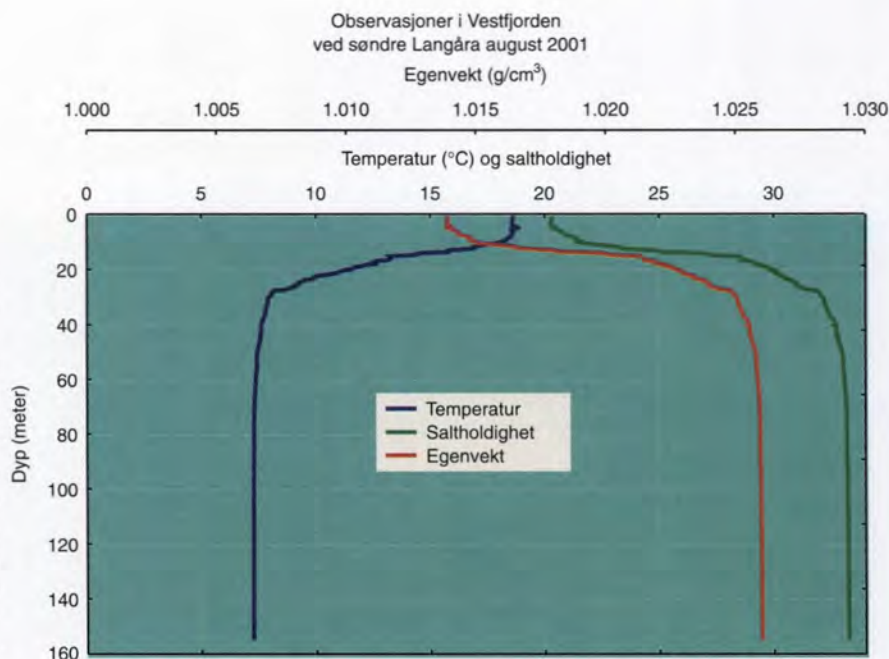
Figur 6. Overflatetemperatur i fjorden gjennom året. Normalt holder vannet temperaturer mellom 2 og 18 grader, men om vinteren kan det bli -2°C og om sommeren 23°C . Ved stille vær og i grunne bukter kan vannet bli ennå varmere. Feltet viser laveste og høyeste observerte temperatur i hver måned.



Figur 7. Midlere saltholdighet på ulike dyp i Vestfjorden. Saltholdigheten i de øvre vannlag er størst om vinteren og lavest om sommeren. Den er gjennomgående så høy gjennom hele året at indre Oslofjord har et marint preg. I dypvannet er saltholdigheten mindre variabel og bestemmes av saltholdigheten på innstrømmende vann (dypvannsfornyelsen). Den er høyest etter en dypvannsfornyelse. Utover sommer og høst avtar saltholdigheten langsomt ettersom dypvannet blandes med mindre salt vann fra vannlagene over.

Men saltholdigheten er også avgjørende for vannets egenvekt, og vannmassene vil stabilisere seg slik at egenvekten stiger mot bunnen. Når det blir forskjeller i det mønsteret, oppstår det havstrømmer som kan gå ned til store dyp. Likesom for havstrømmer som vinder skaper, vil tetthetsstrømmers retning være påvirket av jordrotasjon og topografi.

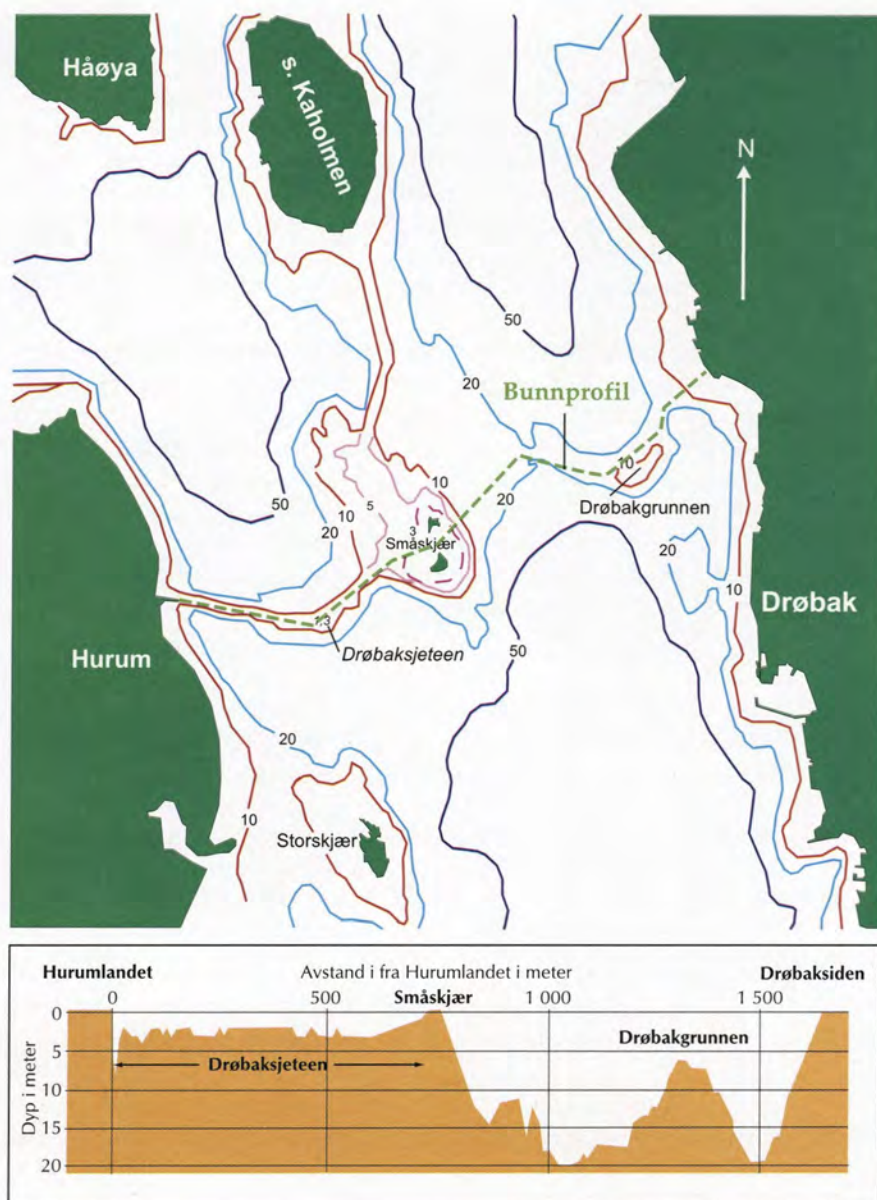
Figur 8.
Temperatur, saltholdighet og egenvekt.
Kurven for egenvekt følger saltholdigheten gjennom hele vannmassen. Den viser at det er saltholdigheten som er avgjørende for sjøvannets egenvekt. Dette er karakteristisk for fjorder og kystfarvann. Men i noen områder kan temperaturen bli bestemmende for egenvekten.



Forskjellen mellom klima i luften og havet er at alt går så mye langsommere for seg i havet. Variasjonene er heller ikke så store, men de kan likevel være av stor betydning. Mens lufttemperaturen kan variere fra minus 20 til pluss 30 grader i Oslo, varierer vanntemperaturen i fjorden bare fra ca. minus 1 grad til pluss 20 (fig. 6). Det er imidlertid saltholdigheten som har størst betydning for vannets bevegelser i fjorden.

Det salteste vannet er tyngst og ligger mot bunnen, det ferskeste og letteste i overflaten. Figur 8 viser en vertikalprofil av saltholdigheten i indre Oslofjord sammen med vannets egenvekt. De to kurvene følger hverandre. Egenvekten på sjøvann bestemmes i mindre grad av temperaturen, som figuren viser. Hvor salt vannet er, bestemmes i sin tur av hvor mye ferskvann som tilføres et havområde, dvs. om det er påvirket av store elveutløp. Saltholdigheten i Oslofjorden, Skagerrak og Kattegat varierer stadig, men innen visse grenser, og er bestemt av strømmer og tilførsel av ferskvann.

I indre Oslofjord varierer saltholdigheten og temperaturen i vannet over året. Som på land er det solens energiinnstråling som er den egentlige drivkraften. Klimavariasjonene i atmosfæren har stor betydning for fjordens eget klima. De årlige variasjonene i temperatur, vind og ferskvannsavrenning er helt avgjørende for overflatevannets variasjoner, med lav temperatur og høy saltholdighet om vinteren og omvendt om sommeren. Hvor lav saltholdighet vi kan få i indre Oslofjord, er som oftest avhengig av i hvor stor grad Drammenselva og Glomma forårsaker et brakkvannslag i hele ytre Oslofjord, et lag som tidvis kan strømme inn gjennom det trange Drøbaksundet. Den lokale elvetilførselen er liten og ville alene ikke påvirket indre Oslofjord i særlig grad. Unntaket fra dette er ved intense og langvarige perioder med regn. Da kan saltholdigheten i fjorden bli meget lav (ned mot 10).



Figur 9. Kart og profil over Drøbakområdet. Som en del av det militære forsvaret av fjorden ble den naturlige moreneryggen mellom Oscarsborg via Småskjær og Hurumlandet påbygget for å tvinge en inntrengende fiende til å velge østsiden av sundet. Der hadde Oscarsborg og fortet i Drøbak god kontroll, slik som den dramatiske senkningen av "Blücher" natten til 9. april 1940 viste. Sjetéen ble bygget 1876 – 79. Den består av grus og stein og er opp til 3 m høy. Den grønne, strekede linjen viser hvor tverrsnittet er tegnet. Hovedstrømmen av vann går mellom Småskjær og Drøbaksiden. Det har vært foreslått å øke tverrsnittsarealet for å bedre vannutskiftningen, men beregninger har vist at sundet, som det er i dag, nærmest er perfekt utformet for å begunstige dypvannsfornyelsen i indre Oslofjord.

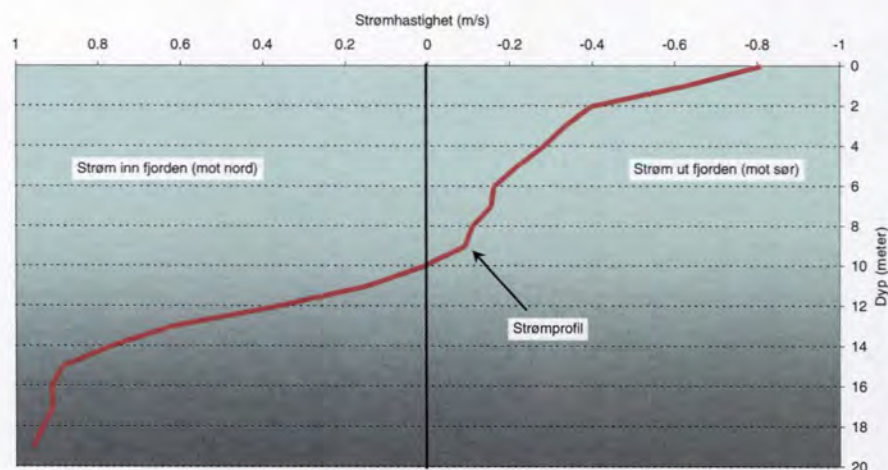
Det er imidlertid ikke bare overflatevannets egenskaper som varierer over året. Dypvannet i fjorden gjennomgår også store forandringer.

Dypvannsfornyelsen

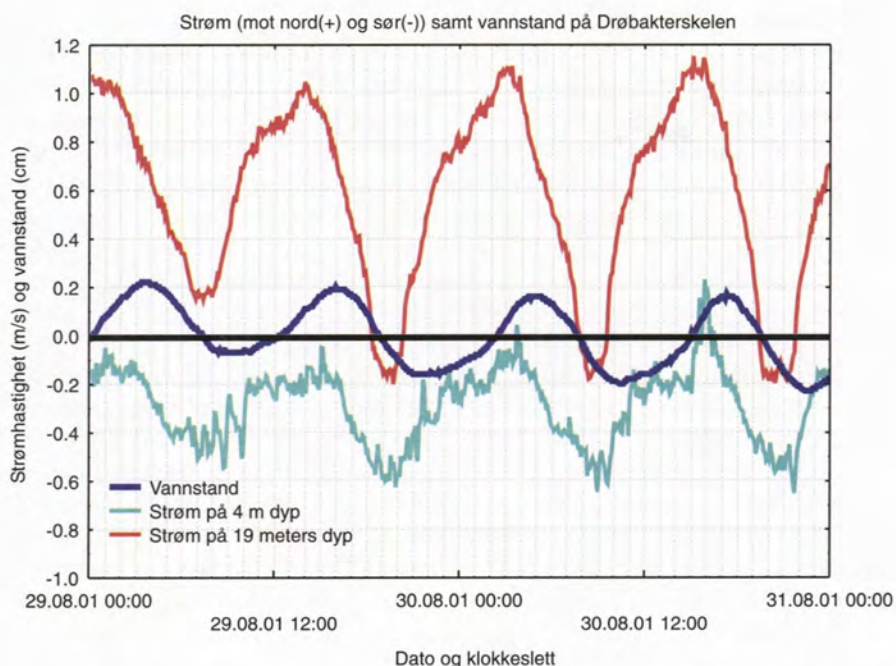
En vinterdag med sol i Oslo har vi ofte en kald nordavind. Fisket på isen i Bærumsbassenget er i full gang. Lite aner fiskerne at det foregår en storstilt prosess i fjorden. Kanskje er de litt forbauset over at ikke hele fjorden er islagt. I det smale Drøbaksundet kan de som ser utover sundet fra Drøbak havn imidlertid se at noe hender i fjorden. Frostrøyk og en sterk overflatestrøm ut gjennom sundet er et klart signal. En dypvannsfornyelse er på gang. I løpet av noen uker med stabilt kaldt vintervær kan store deler av indre Oslofjords dypvann bli skiftet ut med vann fra ytre Oslofjord.

Ser vi på dybdeprofilen til fjorden, er terskeldypet ved Drøbak 19,5 meter (fig. 3 og 9). Det smaleste tverrsnittet er på 10.900 m². Som det vil framgå nedenfor er Drøbaksundet med terskelen av avgjørende betydning for forholdene i indre Oslofjord. Videre innover fjorden finnes det flere dypområder, bassenger, med grunner eller terskler mellom. De mest markerte tersklene ligger mellom Vestfjorden og Lysakerfjorden og mellom Lysakerfjorden og Bunnefjorden, begge er ca. 50 meter dype. Bærumsbassenget (ca 30 meter dypt) er avskåret fra Vestfjorden med en terskel på ca. 16 meter. Bekkelagsbassenget (ca. 70 meter dypt) er avskåret fra Bunnefjorden med terskler på ca. 40 meter.

Vi får en total dypvannsfornyelse når alt vann mellom terskelnivå ved Drøbak og bunnen i hele fjorden innenfor byttes ut med vann utenfra. Dette er et vannvolum på 5.900 millioner m³. Ved full dypvannsutveksling skal denne vannmengden inn gjennom Drøbaksundet og like mye "gammelt vann" skal samtidig ut samme vei. Dette kan skje i løpet av 3-4 uker, men iblant skjer det i løpet av flere perioder over lengre tid. Hvis vi antar en utskiftning over 4 uker, vil fjorden i gjennomsnitt bli tilført ca. 2.400 m³/s nytt vann fra ytre fjord. Denne transporten kan sammenlignes med vannføringen i Glomma, hvor den normale vårflommen er på 1.500-2.000 m³/s, mens storflommen i 1995 var på vel 3.600 m³/s.



Figur 10. Observert strømprofil august 28.8.2001 klokken 12:10. I dette tilfelle går overflatestrømmen ut fjorden mens det er en innstrømming av vann til fjordens mellomlag (20-30 meters dyp) like over terskelen. Hastighetene er store, opp mot 1 m/s.



Figur 11. På terskelen i Drøbaksundet ble det i 2001 satt ut en strømmåler (ADP, fig.12). Måleren observerer strøm på ulike dyp og nivået på vannoverflaten. Figuren viser at strømhastigheten på 4 og 19 meters dyp varierer med tidevannet (vannstandsforandringen). Strømmen på 4 meters dyp går mot sør og på 19 meters dyp mot nord. I denne perioden er det således en nettotransport av overflatevann ut av fjorden og en nettotransport av dypvann inn i fjorden. Dette var en situasjon hvor det skjedde en fornyelse i mellomlaget i indre Oslofjord.



Figur 12. Strømmåler av type ADP (NORTEK) på bunn. Den fungerer omtrent som et ekkolodd hvor lydsignaler sendes ut og reflekteres av partikler på ulike dyp. Derved kan hastigheten beregnes (Dopplereffekten). De gule skivene øverst (3 stykker) på måleren er svingehodene som sender ut lydimpulser med jevne mellomrom.

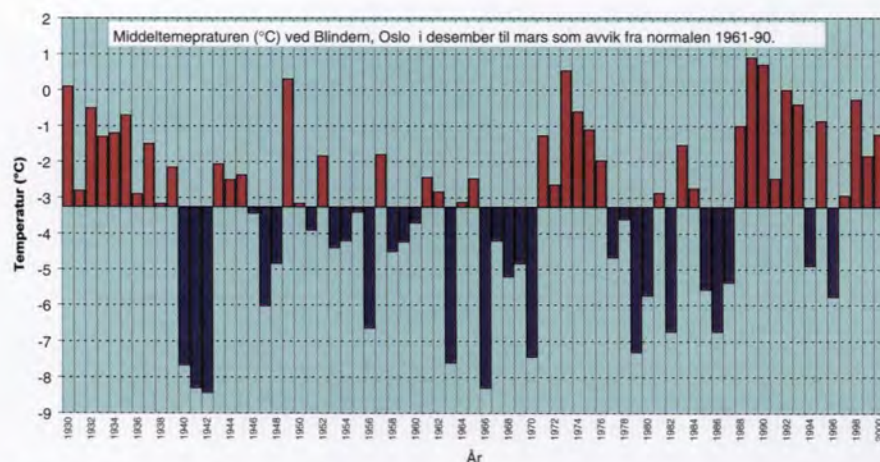
M. Walday

Hvilke krefter kan forårsake så store vanntransporter i fjorden? Svaret på dette må søkes i ytre Oslofjord og Skagerrak.

Det er relativt lett vann i det øvre vannlaget i havet utenfor munningen av Oslofjorden, sammenlignet med det tunge vannet under terskeldyp i indre Oslofjord. Det skyldes ferskvannsholdige strømmer fra Østersjøen/Kattegat, samt de store elvene som munner ut i ytre Oslofjord. For å få tungt vann inn gjennom Oslofjorden mot Drøbaksterskelen og tilstrekkelig høyt opp så det kan renne videre innover, må det lette overflatevannet utenfor transporteres vekk og tyngre vann komme høyere opp.

En uttransport av overflatelaget i ytre Oslofjord og en svekkelse av den normale sirkulasjonen i Skagerrak skjer når vi får nordlige, eller helst nordøstlige, vinder over sør-Skandinavia. Nordavinden blåser ut overflatevannet. En vedvarende vind genererer en vannstrøm som er omtrent 3 % av vindhastigheten. Den tverrgående strømmen med ferskvannspåvirket blandingsvann i munningen av ytre Oslofjord vil bli svekket og flyttet sørover. Dette vannet erstattes av saltere og tyngre atlantisk preget vann fra dypere lag som vil strømme innover mot Drøbak. Hvis nordavinden holder seg tilstrekkelig lenge, vil tungt og salt havvann trenge helt inn og komme høyere enn Drøbaksterskelen. Der vil det støte mot og fortrenge det lettere vannet på innsiden og kan danne nytt vann helt til bunns. I Oslofjorden er denne vær-situasjonen mest vanlig om vinteren.

Sommerstid vil vanligvis vindene være sørlige til sørvestlige. Dessuten vil ferskvannstilførslen være stor både fra Glomma og Drammenselva, og fra Kattegat, som mottar en stor brakkvannsstrøm fra Østersjøen. Vinterstid er det derimot vanligere med nordlige vinder og mindre ferskvannstilførsel. Derfor skjer dyspvannsførnelser i indre Oslofjord om vinteren.



Figur 13. Vintertemperaturer i Oslo (Blindern) 1930 – 2000. Fra 1988 har det vært milde vintre. Det er bare to år med litt kaldere vær (1994 og 1996). Noen år var middeltemperaturen t.o.m over null grader. Normaltemperaturen er $\pm 3,2$ grader.

Meteorologisk institutt

Men hva med de varme vintrene de siste tiårene? Ser vi på lufttemperaturen vinterstid i Oslo-området over tid, skiller perioden 1988 –2000 seg ut med bare to år med kalde vintre. Dette var i 1994/95 og spesielt i 1995/96. Denne siste vinteren var det en stor dypvannsfornyelse i fjorden. De andre årene var vannutskiftningen betydelig mindre. Det viser seg også at, bortsett fra vinteren 1995/96, var det mindre nordlige vinder over Sør-Norge vinterstid. Dette er en del av det mønsteret vi forventer oss ved en global klimaforandring. Normalt vintervær med høytrykk over Skandinavia og kaldt vær med nordlige vinder erstattes med økt lavtrykksaktivitet og sørvestlige milde vinder med mye nedbør og dårligere dypvannsfornyelse i indre Oslofjord.

En dypvannsfornyelse er et mektig fenomen hvor altså tungt, kaldt vann fra ytre Oslofjord strømmer inn over Drøbaksterskelen og ned i dypområdet ved Oscarsborg og Håøya. Det blandes litt med "gammelt dypvann", men skyver i hovedsak dette vannet foran seg innover og oppover i fjorden. Når det nye vannet har fylt opp det første dypområdet øst for Håøya, flyter det over neste terskel og videre innover fjorden. Det søker seg frem hvor det er minst motstand og følger de dypeste stedene i fjorden. Når det nye vannet har fylt opp Vestfjorden til 50 meters dyp, kan det strømme over terskelen til Lysakerfjorden. Når denne er fylt opp til 50 meter kan det strømme videre inn i Bunnefjorden. Hvis vannet er tyngre enn det gamle dypvannet i Bunnefjorden vil det strømme ned mot dypet og fortrenge det. Det gamle dypvannet løftes opp og vil til slutt strømme ut av fjorden, via Vestfjorden og Drøbaksundet. Men ofte er ikke denne utskiftningen fullstendig. Det kommer ikke så mye nytt vann inn i fjorden at alt det gamle dypvannet transporteres ut. Noe blir liggende igjen, litt oppblandet med det nye vannet. Ofte ligger det "gammelt vann" mellom 20 og 50 meters dyp fra innerst i Bunnefjorden og ut mot Vestfjorden (fig. 15).

Isfiskerne i Bærumsbassenget vil ikke merke mye til denne dypvannsfornyelsen, men hadde de vært i Bunnefjorden ville det ikke vært uten risiko. Det gamle dypvannet i Bunnefjorden holder en temperatur på 6-8 grader og når det kommer opp mot overflaten og erstatter det kalde overflatevannet kan isen forsvinne på kort tid. Slike vertikalstrømmer kan være ganske lokale og kan gjøre isen usikker på enkelte steder, også i Bærumsbassenget og Vestfjorden.

Som beskrevet ovenfor starter et år med nytt vann i Oslofjorden om vinteren når været er gunstig. Etter mai hender ikke så mye i dypvannet, bortsett fra en langsom påvirkning fra vannlagene ovenfor. Det tunge vannet ligger i ro over sommeren til neste vinter.

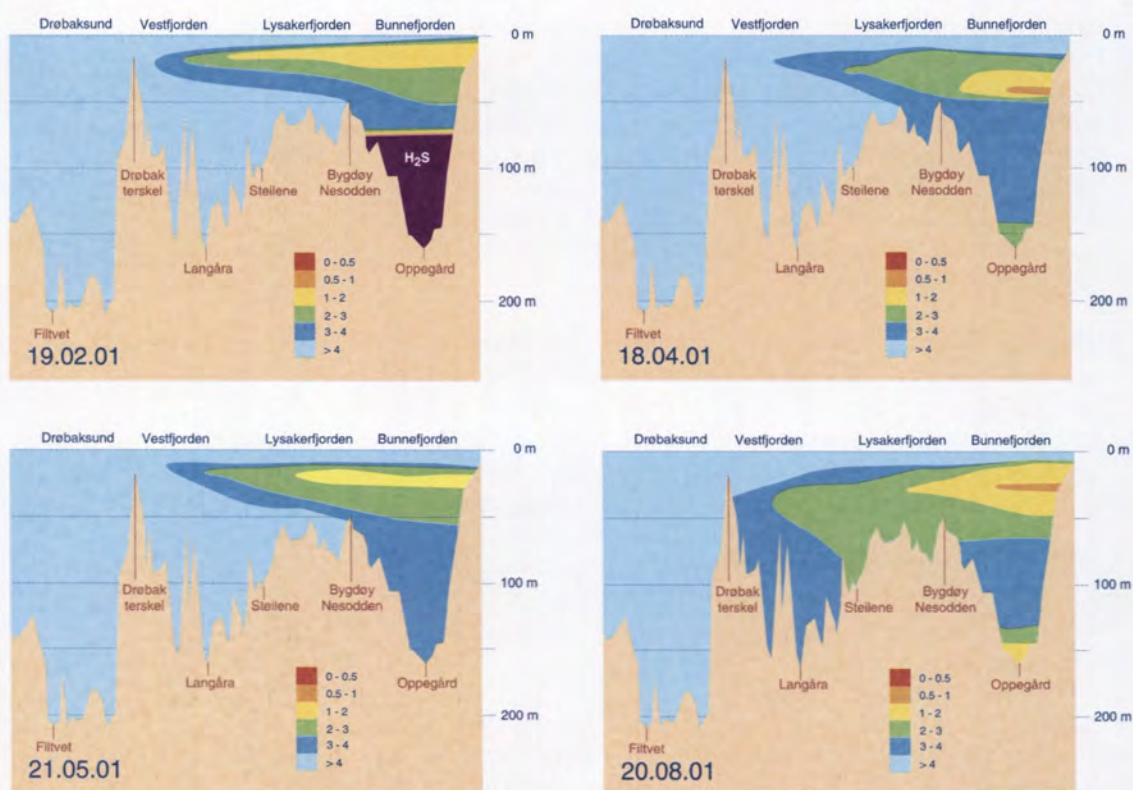
På 20 meters dyp utenfor Drøbaksterskelen pleier sørlige vinder i sommerhalvåret å holde det lette overflatevannet tilbake, men av og til kan litt mellomtungt vann strømme inn. Dette legger seg over det tunge dypvannet og vil sjelden trenge dypere ned enn til 30-40 meters dyp. Slik fornyes mellomlaget i varierende grad gjennom hele året. Vinden og tetthetsvariasjonen på vannet i Drøbaksundet bestemmer dette, men andre mekanismer bidrar også.

Erfaringene etter mange år er at Vestfjorden hvert år har delvis eller full utskiftning av bunnvannet, mens det i Bunnefjorden kan gå 3-4 år mellom hver gang. Men hvorfor er det slik forskjell?



Figur 14. Prinsippskisse for vannfornyelse i en fjord med flere bassenger.

Vannmassene under terskeldyp ved Drøbak (ca. 20 meters dyp) i indre Oslofjord fornyes når tyngre vann fra ytre Oslofjord/Skagerrak strømmer opp over terskelen og ned i Vestfjorden. Når Vestfjordens dyp er fylt opp med nytt vann, kan ytterligere tilførsel av nytt, friskt vann strømme videre over terskelen på ca. 50 meters dyp og ned i Bunnefjorden. En fullstendig dypvannsfornyelse vil gi nytt bunnvann i hele indre Oslofjord. Ofte er utskiftningen ikke fullstendig, og noe gammelt vann kan ligge igjen på 20-50 meters dyp fra innerst i Bunnefjorden og utover mot Vestfjorden. Dette kan man se på oksygenfigurene (fig.15).

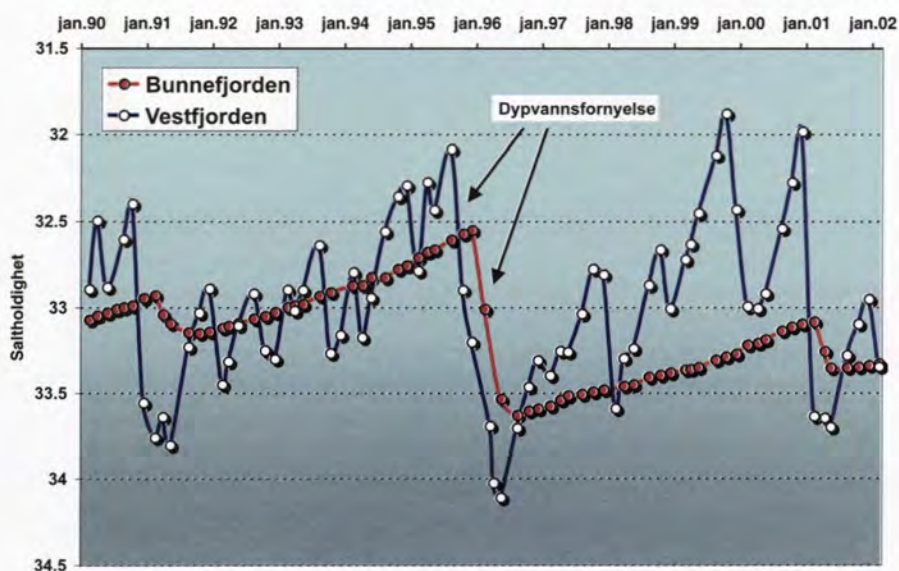


Figur 15. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i fjorden før- under og etter en større dypvannsfornyelse. Den 19.2.2001 var det råttent vann i Bunnefjorden, men en dypvannsfornyelse hadde startet i Vestfjorden så her var oksygenforholdene bra. I april var også dypvannet i Bunnefjorden skiftet ut, men litt gammelt vann ble liggende igjen mellom 20-50 meters dyp. I mai var utskiftningen ferdig, men den var ikke fullstendig. Etter mai startet på ny reduksjonen av oksygen i det stillestående dypvannet og allerede i august var oksygeninnholdene lavere enn de var i april.

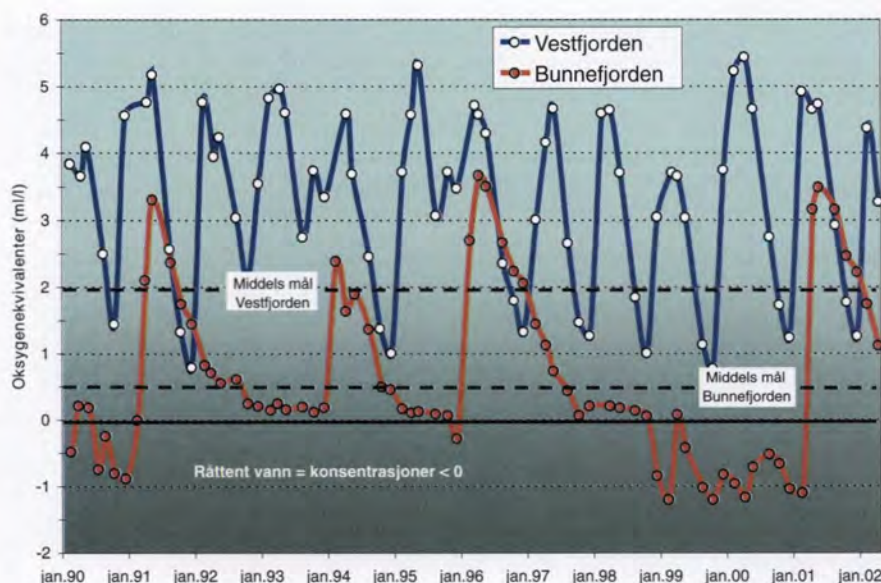
I sommerhalvåret når bunnvannet ligger i ro, skjer det en langsom blanding med vann som ligger over. Saltholdigheten synker slik at egenvekten på dypvannet minker. Men den minker ca. 5 ganger raskere i Vestfjorden enn i Bunnefjorden (fig. 16). Derved trengs det ikke like tungt vann utenfor Drøbak neste år for å fornye dypvannet i Vestfjorden sammenlignet med Bunnefjorden. Sannsynligheten for fornyelse i Vestfjorden hvert år er tilsvarende stor.

Det er åpenbart at det finnes en mekanisme i Vestfjorden som blander lettere overflatevann med tyngre dypvann, og det er like klart at denne mekanisme ikke finnes i Bunnefjorden. Av fig. 16 fremgår også at dette skjer regelmessig slik at blandingskraften må være til stede hele tiden. Vinden og skipstrafikken bidrar til en slik blanding. Det gir nok bedre blanding i Vestfjorden enn i Bunnefjorden, men det alene kan ikke forklare denne forskjellen. Det er derfor nærliggende å tro at det er nærheten til Drøbakerskelen som er årsaken. Tidevannet strømmer fram og tilbake og noe av overflatevannet kan virvle ned og bli blandet med vannet dypere nede. Dette kan imidlertid heller ikke forklare alt. Den viktigste årsaken til blandingen i Vestfjorden finner vi i måten tidevannet strømmer inn over terskelen.

Tidevannet kommer som en lang bølge inn fjorden. Ved terskelen presses vannet gjennom med økt hastighet. Praktisk talt alt tidevannet kommer inn, og med en så stor fart at det oppstår bølger på innsiden av terskelen.



Figur 16. Variasjoner i saltholdigheten i Vestfjordens og Bunnefjordens dypvann. Synkende kurve viser økende saltholdighet som følge av innstrømming og dannelse av nytt bunnvann. I disse periodene er kurvene bratte i begge fjordavsnittene. Stigende kurve viser synkende saltholdighet som følge av blanding med mindre salt vann ovenfor. Denne påvirkningen er stor i Vestfjorden og fører til årlig utskifting av bunnvannet der. I Bunnefjorden er påvirkningen liten og forklarer hvorfor dette bunnvannet er så sårbart. Saltholdighetsøkningen i Bunnefjorden, som viser dypvannsfornyelsene, skjer bare 4 ganger i tidsrommet som figuren dekker (en av utskiftingene, våren 1994, vises nesten ikke på figuren). Den store utskiftingen i 1996 brakte ekstra salt (tungt) vann til Bunnefjorden, noe som ofte gir lengre stagnasjonsperioder og dårligere oksygenforhold.



Figur 17. Her er oksygenvariasjonene i dypvannet for samme tidsrom som fig. 16, men på 80-90 meters dyp. Den årlige tilførselen av oksygenrikt vann i Vestfjorden vinterstid er innlysende. I Bunnefjorden har det bare vært 4 større utskiftninger i tidsrommet og lange perioder med råttent vann. De stiplede linjene viser middels mål som er foreslått for konsentrasjonen i Bunnefjorden og Vestfjorden (se figur 32). Disse målene vil gi grunnlag for dyreliv i Bunnefjordens bunnvann og sikre rekebestanden i Vestfjorden. Det er de naturlige forutsetningene for dypvannsfornyelse som gjør at minstemålet for Bunnefjorden er satt lavere enn for Vestfjorden.

Forholdet mellom Drøbaksundets tverrsnittsareal og dybde, tidevannstrømmens hastighet og sjiktningen i fjorden er nærmest perfekt for at det skal dannes bølger ved terskelen. Dette er ikke overflatebølger, men bølger omtrent på terskeldyp, dvs. på ca 20 meters dyp. Akkurat som for overflatebølger kan tetthetsforskjellen mellom to vannmasser skape grunnlag for bølgebevegelser på grenseflaten mellom tyngre og lettere vann. Disse bølgene kaller vi indre bølger. De forplanter seg inn hele Vestfjorden til de treffer en hellende bunn, f.eks. utenfor Asker og Bærum. Der vil de bryte, akkurat som en bølge bryter mot en sandstrand. Det skapes turbulens som blander lettere overflatevann med tyngre dypvann og resultatet blir minkende saltholdighet og egenvekt på dypvannet. På utstrømmende tidevann dannes det tilsvarende indre bølger som har betydning for vannblandingen utover i Drøbaksundet

Det er observert indre bølger i Vestfjorden, men ikke i Bunnefjorden. Energien fra tidevannsstrømmingen brukes opp i Vestfjorden hvor den bidrar til å blande vannmassene. Dette forklarer hvorfor saltholdigheten i dypvannet avtar langt raskere i Vestfjorden enn i Bunnefjorden.

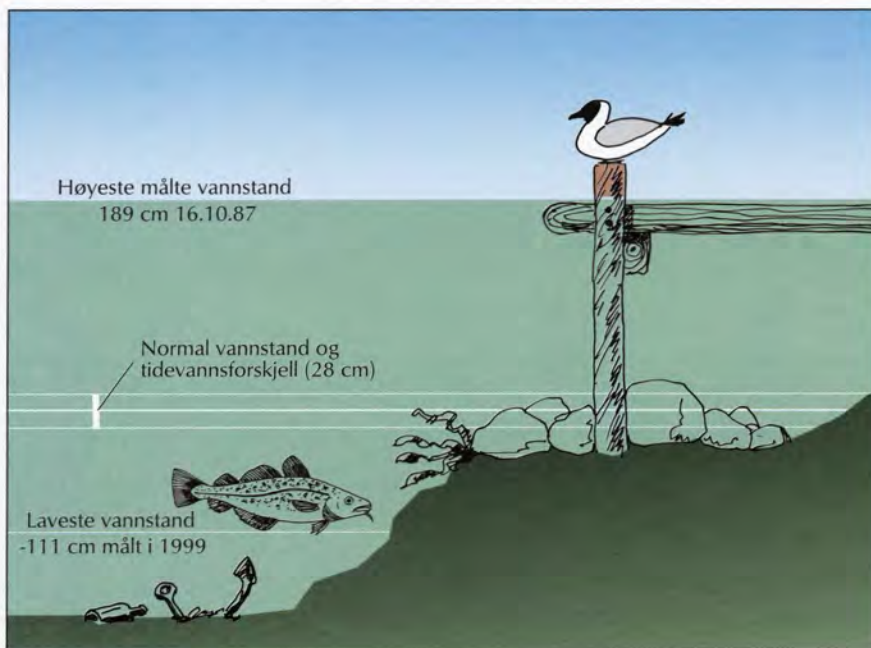
Det har vært foreslått å fjerne sjetéen i Drøbaksundet for å øke terskeltverrsnittet og derved bedre vannutskiftningen i fjorden. Et økt tverrsnittsareal fra overflaten til 20 meters dyp vil øke vannutskiftningen i fjordens overflatelag. Viktigere er det at de nåværende tverrsnittsareal og dybdeforhold synes å være optimale for å generere interne bølger, dvs. sikre egenvektsreduksjon i Vestfjorden og derved den årlige dypvannsfornyelsen. Både en minskning og

en økning av terskelarealet ventes å ha negative effekter. Derfor bør det ikke foretas noen større inngrep i området som kan føre til redusert strømhastighet i Drøbaksundet.

Vannstandsvariasjoner

Tidevannet er en bølge som er drevet av solens og månens relative tiltrekningskraft. Det fører vann ut og inn fjorden to ganger per døgn. Denne transporten er nesten helt begrenset til vannmassene over terskeldyp dvs ned mot ca. 20 meters dyp. Vannstanden stiger og synker med omlag 28 cm i gjennomsnitt i indre fjord. Det er store vannmasser som på denne måten transporteres ut og inn fjorden. Det er omtrent samme vann som føres ut og inn fjorden, bare en mindre del tilføres eller forlater fjorden for godt. Større vannstandsvariasjoner oppleves av og til, spesielt om høsten og tidlig vinter (ekstremt høyvann), mens tilsvarende for lavvann er mer vanlig om våren. Det er en kombinasjon av luft-trykksvariasjoner og vind som sammen med tidevannet kan gi de meget lave eller meget høye vannstander i indre Oslofjord. En lufttrykksforandring på 1 millibar gir normalt en vannstandsforandring på 1 cm.

Ved tidevannssinnstrømmingen skal en vannmengde på 28 cm x 192 km² transporteres inn i fjorden (fra lavvann til høyvann). Dette utgjør nesten 54 mill. m³ vann, eller en gjennomsnittlig transport på 2500 m³/s. Men i ekstremisituasjoner, med raske lufttrykksforandringer, kan vannstanden endre seg med et par meter i løpet av 5-6 timer. Slike episoder inntreffer når kraftige lavtrykk sveiper inn over Skandinavia. Kraftig regnskyll og sørlige vinder opp mot orkans styrke kan da gi oversvømmelse av lavtliggende områder, spesielt når tidspunktet sammenfaller med at tidevannet er på sitt høyeste. Det er anslått transporter gjennom Drøbaksundet på opp mot 40 000 m³/s, dvs. 10 ganger større enn storflommen i Glomma 1995. Hittil høyeste målte vannstand var i 1987, da ble selve Rådhusplassen oversvømmet.

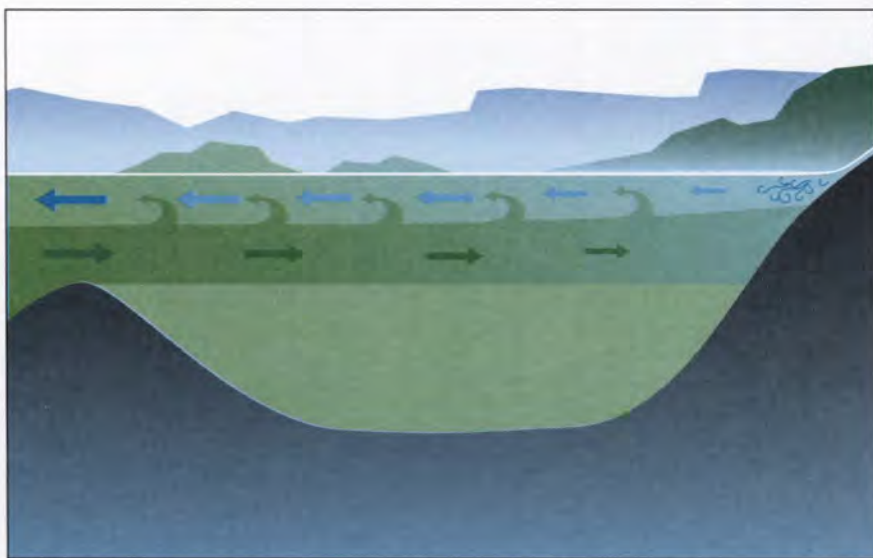


Figur 18.
Vannstanden i fjorden varierer med tidevannet (f.eks. månefasen, egentlig månens og solens innbyrdes posisjoner i forhold til jorden), samtidig som lufttrykk og vindforhold øker variasjonene betydelig. På figuren er lagt inn høyeste og laveste observerte vannstand i Oslo havn (en differanse 3,00 m). Alle tall er i forhold til middelvannstand.

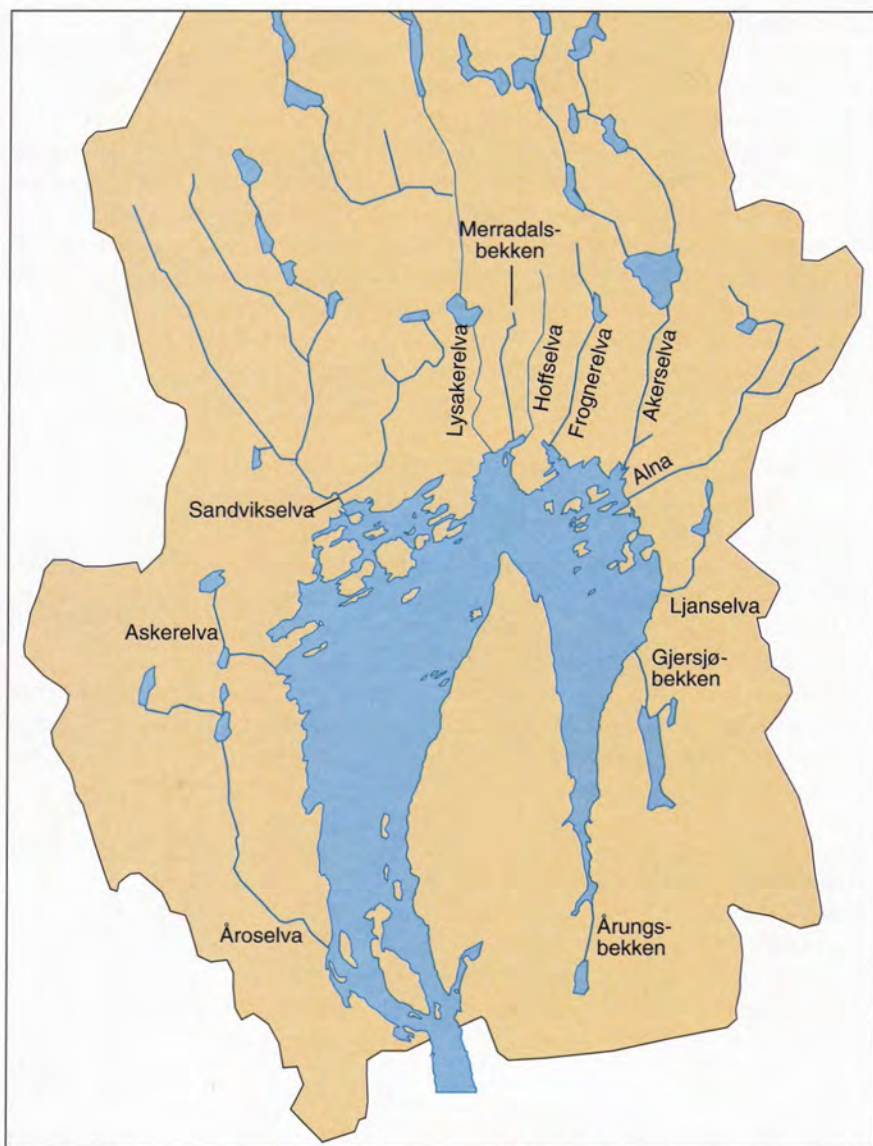
Estuarin sirkulasjon

En annen transport som forekommer året rundt i fjorden, er den estuarine transporten. Estuarium betyr elvemunning mot havet. Indre Oslofjord kan betraktes som en elvemunning. Når en elv renner ut i havet, vil det lette ferskvannet flyte oppå og etter hvert bli blandet med sjøvannet. Ferskvannet vil bli brakkvann og tilslutt vil ferskvannsandelen bli så liten at vi snakker om havvann. I en fjord som Oslofjorden, vil blandingsprosessen foregå helt til fjorden munner ut i havet. Elvene og bekkene til indre Oslofjord vil altså føre til en transport av sjøvann ut av fjorden. Sjøvannet som ferskvannet tar med seg, må erstattes ved at det dypere nede i vannet blir en motgående strøm av saltere vann inn fjorden, altså under det utstrømmende brakkvannet, se figur 19. Dette kalles den estuarine sirkulasjonen og er et permanent strømsystem som bidrar til vannfornyelse av overflatelaget; størrelsen lar seg beregne ved å måle saltinnholdet i overflatelaget ved utløpet av fjorden og hvor mye ferskvann som tilføres.

Ferskvannstilførselen til indre Oslofjord er liten, i middel ca. $27 \text{ m}^3/\text{s}$ på årsbasis. Men det er mange vassdrag som munner ut i ytre Oslofjord, blant annet Glomma (årsmiddel på ca. $720 \text{ m}^3/\text{s}$) og Drammenselva (ca $330 \text{ m}^3/\text{s}$). Derfor er saltholdigheten til tider lavere i overflaten i ytre fjord enn i indre Oslofjord. Derved kan den estuarine transporten snu slik at vi får en inngående brakkvannstrøm i overflaten og en utgående strøm under denne. En slik omvendt estuarin sirkulasjon er vanlig sommerstid når Glomma og Drammenselva har stor vannføring, mens vårflommen i elvene til indre Oslofjord er over. Det kan også skje hvis det er varmt vær med stor fordampning og lite nedbør over flere uker. Hvis fordampningen fra indre Oslofjord er større enn den lokale ferskvannstilførselen kan overflatevannet over lengre tid få en netto innstrømning gjennom Drøbaksundet.



Figur 19. Den estuarine sirkulasjonen. Når ferskvann tilføres innerst i fjorden fra et vassdrag, blandes det på vei ut fjorden med underliggende sjøvann og blir gradvis saltere. Som kompensasjon for det sjøvannet som føres ut av fjorden, oppstår det en dypere motstrøm inn fjorden. Dermed opprettholdes saltbalansen i fjorden.



Figur 20. Nedbørfeltet til indre Oslofjord utgjør 1384 km². Dette gir en midlere årlig avrenning på 27 m³/s. Av dette tas ca. 6 m³/s ut som drikkevann og kommer ut i fjorden som renset avløpsvann.

Temperatur og saltholdighetsvariasjoner over året

Den sammenlagte effekten av de ulike transportmekanismene er utgangspunktet for vannkvalitet og miljø i indre Oslofjord. Overflatevannets temperatur påvirkes av solvarmen, lufttemperaturen og fordampningen. Bølger og vind vil blande overflatelaget, men i lukkede farvann som indre Oslofjord, vil bare de øverste meterne bli godt blandet og ha samme temperatur. Uansett hvor kaldt det er vinterstid, vil ikke sjøvannet i indre Oslofjord bli kaldere enn noen få minusgrader. Da legger isen seg. Ferskvann fryser ved nullpunktet, mens sjøvannet som følge av saltholdigheten ikke fryser før vannet har temperaturer litt lavere enn null. Derfor legger isen seg tidlig nær elvemunninger.

Så snart et isdekke er etablert vil vannmassene bli isolert mot luften og bli rolige slik at transport av varme eller kulde mot dypet går langsomt. Når indre Oslofjord er islagt vil allikevel temperaturen i de underliggende vannmassene kunne få lavere temperaturer ved at kaldt vann fra ytre Oslofjord fortsatt transporteres inn under isdekket i indre fjord. Slik kan sjøvannet få minusgrader helt ned til 10-20 meters dyp, noe som kan gi negative effekter for deler av plante og dyrelivet som ikke er tilpasset så lave temperaturer. I eldre tider hendte det ofte at hele indre Oslofjord ble islagt. Det har ikke hendt i nyere tid. Som regel vil størsteparten av Bunnefjorden og hele Bærumsbassenget være islagt, ellers er det ikke vanlig med andre, store sammenhengende isflater. Dette kan dels henge sammen med at vintrene er mildere enn før, særlig de siste par tiårene, og dels at den store båttrafikken stadig virvler opp varmere vann.

I de dypere lagene, fra 50 meters dyp til bunnen, varierer temperaturen lite, fra 5 til 12 grader. Her er det dypvannsfornyelsen som bestemmer temperaturen, dvs. temperaturen på det vannet som tilføres fjorden i vinterhalvåret fra ytre Oslofjord og Skagerrak. Når dypvannsfornyelsen skjer tidlig om høsten, blir temperaturen høyere, og når den skjer senere ut mot våren, blir den lavere.

På tilsvarende måte varierer saltholdigheten i fjordens vannmasser. I overflatevannet er saltholdigheten høyest om vinteren når ferskvannstilførsleene er små, mens den er lavest fra våren til ut på høsten når tilførsleene er store. I dypvannet varierer saltholdigheten mindre og bestemmes i stor grad også av dypvannsfornyelsen.

To bassenger omgitt av øyer

De store trekkene i fjordens klima som her er beskrevet, har små men viktige variasjoner i de ulike delene av fjorden. De lokale forskjellene er nesten helt bestemt av topografien, dvs. variasjoner i bunn- og strandlinjer og avstand fra havet. Dette, sammen med lokal ferskvannstilførsel, skaper forskjellig vannklima, selv innenfor et lite geografisk område.

Sandvikselva løper ut i Bærumsbassenget. Med små åpninger ut i Vestfjorden og med terskler på ca. 16 meters dyp er bassenget relativt innelukket. Bassenget er bare 30 meter dypt, har mange øyer og skjær og store gruntvannsområder. Dette bassenget er derfor betydelig påvirket av Sandvikselva. Derfor legger isen seg så raskt. Selv om vannfornyelsen er begrenset, fornyes dypvannet omtrent en gang pr. år. Saltholdigheten i dypvannet varierer mellom 30 og 33. I overflatevannet er det store horisontale forskjeller. Der Sandvikselva renner ut, er det meget lav saltholdighet, mens det ute i selve hovedbassenget er normalt med saltholdigheter mellom 20 og 27, dvs. forholdsvis marint. Lokale flommer kan imidlertid lett påvirke hele bassenget og saltholdigheten kan i korte perioder bli meget lav i det øverste vannsjiktet.

Bekkelagsbassenget er et annet stort basseng i fjorden. Det er vel 70 meter dypt og har terskler på ca. 40 meter. Også dette bassenget har årlige dypvannsfornyelser, men er ikke islagt like ofte som Bærumsbassenget. Det kan henge sammen med at skipstrafikken i Bekkelagsbassenget er stor året rundt. Bassenget er dessuten også mer åpent og mindre ferskvannspåvirket.

Biologiske forhold

Oslofjorden er et stykke hav og har havets mangfold av levende vesener. Det synes hevet over tvil at de første levende organismene på jorden utviklet seg i havet. Ennå i dag finner vi langt flere varianter av liv i havet enn på landjorden og i luften.

Livet i havet er, som på landjorden, avhengig av at plantene gjennom fotosyntesen omdanner karbondioksid til organisk stoff. Dette blir mat for dyr og mikroorganismer. Prosessene som styrer dannelsen og nedbrytingen av organisk materiale i biosfæren, er grunnleggende for den biologiske balansen og for de økologiske forholdene.

For Oslofjorden vil det neppe være mulig å forstå de problemene som forurensningene etter hvert har skapt, hvis vi ikke først får en oversikt over de store linjene i de biologiske prosessene. Fra naturens side har Oslofjorden hatt et rikelig utvalg av de organismene som trives innen de eksisterende temperatur- og saltholdighetsvariasjonene. Livet i Oslofjorden er en fascinerende del av dens natur.

Algene

Plantene, det vil i det alt vesentlige si algene, er Oslofjordens livsgrunnlag. Langs stranden sitter tang og tare og ute i sjøen gror frittselevende alger eller planteplankton. I havet er det underlig nok de mikroskopiske, frittselevende planktonalgene som betyr mest for veksten av fisk og andre dyr. Tar man opp et glass friskt sjøvann i veksttiden og holder det mot lyset, vil det være blakket og kanskje kan man ane en sky av ørsmå partikler. Det kan være de encellede algene vi med en felles betegnelse kaller planteplankton eller planktonalger. Det er et stort antall forskjellige arter. Er det mange planktonalger i sjøen, vil vannet være svakt farget. Planktonet kan farge sjøen grågrønn til rødlig eller brunlig, alt etter hvilke arter som dominerer. Et mikroskop må til for å se hvordan disse algene ser ut. De har vakre former med fantastiske detaljer.

Man kan forstå den norske og internasjonale pioner på klassifisering av planteplankton, professor H.H.Gran, som på sin 80-års dag i 1954 sa at den som en gang hadde sett disse organismene i mikroskopet, måtte bli fristet til å vie resten av livet sitt til dem.

Planktonalgene har skall eller hud, laget av kisel, kalk eller pektin og cellulosestoffer. De vokser ikke ved å bli store, men ved å dele seg. De kan også formere seg kjønnet. Noen har små tråder, flageller, som de kan svømme med.

De fastsittende algene tang og tare er det også mange arter av. I fjæra dominerer brune og grønne tangarter. Dypere dominerer rødalger og de store, brune tarene. Vokseplassen til de forskjellige artene bestemmes av en rekke forskjellige miljøfaktorer, men det viktigste er at det finnes fjell eller steiner de kan feste seg til.



Ceratium tripos.

SEM-grafi: G. R. Hasle



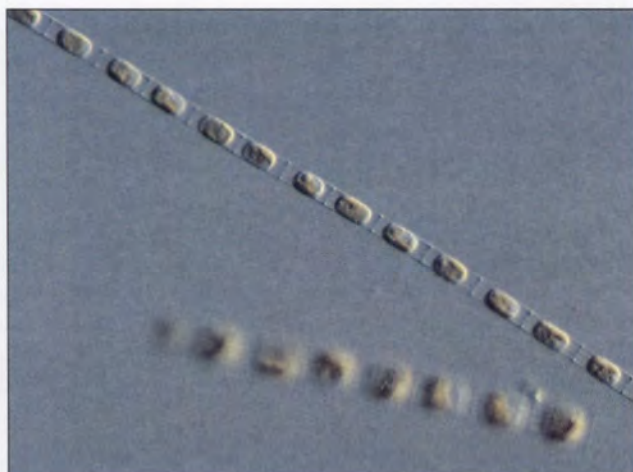
Emiliana huxleyi.

SEM-grafi: E. Paasche



Dinophysis acuta.

Foto: J. Throndsen



Skeletonema costatum.

Foto: W. Eikrem

Figur 21. Fire vanlig forekommende planktonarter i Oslofjorden. Dinoflagellaten *Ceratium tripos* er en relativt stor art (20–80 mikrometer eksklusive hornen, dvs. nesten 0,1 mm) og det var nok derfor den ble oppdaget og beskrevet av dansken O.F.Müller allerede i 1777. Planteplanktonets betydning i den marine næringskjeden ble erkjent så sent som på midten av 1800-tallet. En annen vanlig art i Oslofjorden er *Emiliana huxleyi*. Det er en meget liten alge (3–5 mikrometer) som kan opptre i store mengder (ca. 30–40 millioner celler per liter vann) og gjør overflatevannet i fjorden grønn-hvitt. Det er lysbrytningen i algens kalkplater som forårsaker denne fargen. En mindre hyggelig art er *Dinophysis acuta* (30–100 mikrometer), som i stort antall kan gi blåskjellene farlig høyt giftinnhold. Diatomeen *Skeletonema costatum* (2–21 mikrometer i diameter og 2–60 mikrometer i lengde) er vanlig i fjorden, spesielt vinter og vår. I store mengder kan den farge vannet rød-brunt.



Planteplanktonet *Emiliana huxleyi* kan forekomme i så store mengder at vannet i fjorden farges grønn/hvitt. Slike oppblomstringer forekommer ikke bare i forurensede områder men er også observert i større mengder på Vestlandet. Å stupe er ikke å anbefale når sikten i vannet er så dårlig at bunnen blir borte.

J. Throndsen

I fjæra er vannstanden en viktig faktor. Noen arter tåler å bli tørrlagt ved lavt vann, som for eksempel blæretang, andre er avhengig av alltid å være under vann. Lyset er en annen faktor. Algene kan ikke vokse dypere enn lyset gir dem energi og livsmulighet til.

Mange er i stand til å vokse høyt oppe hvor sollyset kan være meget kraftig. Andre har spesialisert seg på å utnytte det svake lyset dypere nede. Rødalgene er en slik gruppe som omfatter de dypere voksende algeartene.

Bølgebevegelsene er viktige. Noen av de fastsittende algene har et svakt feste, og kan bare greie seg der hvor vannet er rolig. Ved bølgebevegelse kan de bli revet løs og drive av gårde. Dette er det mange eksempler på i Oslofjorden om sommeren. Andre arter, blant annet de robuste og seige tarene, er avhengig av at vannet stadig er i bevegelse for en effektiv fotosyntese.

Temperatur og saltholdighet er med å bestemme hvilke arter som vokser godt. De aller fleste av de algene vi møter i Oslofjorden, vil vokse godt fra ca 0 til 20 grader celsius. Saltholdigheten er også så høy at de fleste marine artene trives her. Sist, men ikke minst, må nevnes at tilgangen på næringssalter er viktig. For veksten og utbredelsen av alger i indre Oslofjord er næringstilgangen, spesielt tilgangen på nitrogen og fosfor, den mest interessante og viktigste enkeltfaktor. Det er med planter i sjøen som med planter på land, jo mer næring jo større vekst. Samtidig vil artssammensetningen endres slik at de artene som til en hver tid kan nyttiggjøre seg forholdene best, vil dominere. For mye næringssalter, spesielt i områder som har lite bølgebevegelse, gir dårlige levevilkår for de fleste arter unntatt grønske.

Mer om dette i kapittel 4.



Ulike tangarter.
Gjelvtang og sagtang dominerer.

T. Bokn

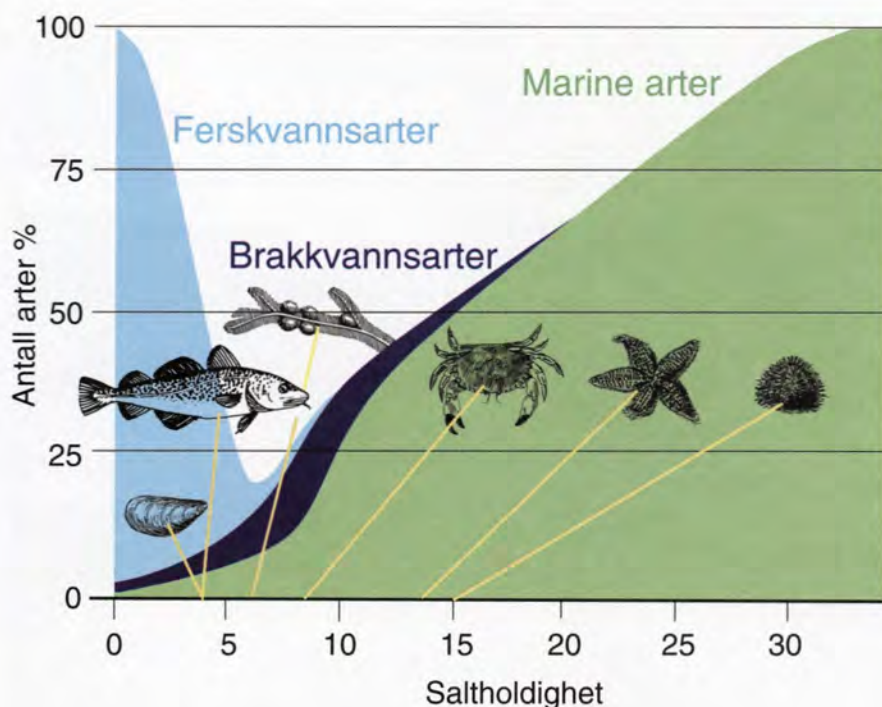
Eksempel på vertikale soner av ulike alger. Øverst blågrønnalger fulgt av et belte spiraltang. Nederst ved vannflaten, tarmgrønske.

T. Bokn



Historien om en tangart

I slutten på 1800-tallet ble det observert en ny tangart i indre Oslofjord, gjelvtangen. Den skulle egentlig ikke vært der, da arten hører hjemme i arktiske farvann. Hvordan den kom til Oslofjorden er uklart, kanskje med skip, muligens med havstrømmer. Gjelvtangen er en brunalge som hører til samme slekt (*Fucus*) som de vanlige artene blæretang og sagtang. Den finnes fra Trondheimsfjorden og nordover langs norskekysten. Den som kom til indre Oslofjord, tror man har kommet fra Færøyene. Den begynte å etablere seg der hvor miljøet var dårlig for de andre tangartene, samtidig som den likte seg godt i næringsrikt vann. I 1960-årene tok gjelvtangen over og dominerte strandsonen sammen med grønnalgene. Men også gjelvtangen hadde miljøkrav. Der hvor vannkvaliteten var for dårlig, kunne den ikke vokse, som f.eks. i Frognerkilen. Når den derfor i senere år er observert i Frognerkilen betyr det at forholdene der har forbedret seg. De opprinnelige tangartene har nu også gjenerobret områder hvor miljøet tidligere passet best for gjelvtangen. Nyinnvandringen er på denne måten ansett som en interessant miljøindikator.



Figur 22. Saltholdigheten i havet bestemmer hvilke arter som kan leve der. Her vises nedre grense for saltholdigheten som blåskjell, torsk, blæretang, strandkrabbe, sjøstjerne og kråkeboller kan tolerere. I indre Oslofjord er saltholdigheten nesten alltid over 20, noe som har gitt grunnlag for et rikt marint liv. Fjorden er fra dette synspunkt således begünstiget fra naturens side sammenlignet med mange andre fjorder.

Planktonalgene er første ledd i næringskjeden. Livets rundgang fører til at næringsstoffene før eller senere føres tilbake til sin opprinnelige form. Vi snakker om mineralisering. Algene spises, døde eller levende, av store og små dyr. Bakterier og andre mikroorganismer fullfører nedbrytningen. Mineraliseringen kan foregå i overflatelaget hvor algeveksten fant sted. Da vil nye alger plukke opp de frigjorte næringsstoffene. Dette kan foregå dypere nede i vannet hvor det ikke er lys nok for algene til å nyttiggjøre seg næringsstoffene. I vekstsesongen vil det foregå en forflytning av næringsstoffene mot dypet. Både alger og andre organismer eller organiske partikler kan synke ned og gå i oppløsning. Noe vil synke helt til bunns og bli mat for det varierte dyrelivet som holder til der.

Dyrelivet

Oslofjorden har et mangfoldig dyreliv. I luften er det et myldrende fugleliv, dominert av måkene. Langs strendene og på grunne områder finnes strand-snegl, rur, blåskjell, østers, krabber, hummer, sjøstjerner, tanglopper, strand-reker og mange, mange flere arter. I de fri vannmassene er det hjuldyr, hoppekreps, rødåte, krill, fisk og en sjelden gang hval og sel. Langs og på bunnen finnes børstemark, muslinger, sjøpølser, reker og fisk, og i selve bunn-sedimentet lever det også mange arter. Utviklingen av livet i havet har ført til et utrolig mangfold av livsformer.

Selv om Oslofjordens indre del kan virke avstengt, er den i biologisk såvel som i fysisk forstand også en del av det store havet. Besøk av stimfisk som makrell og sild viser det. Utvalget og antallet av de enkelte artene varierer



Delfiner er ikke noe vanlig syn i indre Oslofjord, men her har de tatt seg helt inn til Aker Brygge. Av og til får fjorden besøk av "fremmede" arter, men besøkene er gjerne kortvarige.

Aftenposten, juli 1998

med hvordan de kan utnytte forholdene i fjorden. Besøk av sel, delfiner og spekkhoggere kan også forekomme.

Fordi de dype områdene i fjorden har et kaldt og relativt avstengt vann, var det tidligere noen arter der som ellers normalt holder til på langt nordligere breddegrader, men som ble tilbake etter at isen forsvant. Disse artene er dessverre blitt borte i løpet av det siste hundreåret på grunn av forurensningen.

Næringskjeden

I havet er det planteplanktonet som er den viktigste produsenten av organisk stoff, det vil si mat for alle andre livsformer. Bare i meget grunne områder kan tang og tare og andre fastsittende planter være hovedprodusenter. Grunne, gjørmete bukter og vikar er f.eks. meget produktive og verdifulle for dyrelivet, om enn vi ikke syns at de ser spesielt hyggelige ut.

Dyr, sopp og bakterier lever av å bryte ned igjen det organiske stoffet som plantene har bygget opp. Innen dyreverdenen kan man stort sett si at alle spiser hverandre, døde eller levende. Noen arter er nærmest altetende, mens andre er meget kresne i matveien. Det er en komplisert og ubarmhjertig verden. Først og fremst spiser de store de små. Noen er utpreget rovfisk som torsken. Den spiser så å si alt den greier å svelge, også sine egne. Andre som sild og makrell kan filtrere smådyr ut av vannet.

Forenklet snakker vi allikevel om en næringskjede. Hovedmønsteret i de fri vannmassene er at transporten av organisk stoff foregår i denne rekkefølgen:

Planteplankton

Næringsdyr

Små fisk

Stor fisk, fugl, pattedyr

Mennesket

I hvert trinn utnyttes noe organisk stoff til vekst og formeringsprodukter og noe til energi for bevegelse. Resten skilles ut og brytes videre ned av andre organismer, og til slutt går enkeltkomponentene tilbake i prosessen.

Det er interessant å følge fiskens matseddel under dens utvikling. Når egget er klekket, kommer fiskelarven ut festet til det som er igjen av egget, plommesekken med næring. Etter noen dager er plommesekken brukt opp og fiskelarven blir avhengig av å skaffe seg mat. Dette er en kritisk fase i livet fordi det bare er visse små organismer den kan nyttiggjøre seg. Ofte er larvene avhengige av tidlige utviklingsstadier av krepsdyrene. Dette har vi et eksempel på ved kunstig klekking og oppdrett av fiskeyngel, hvor en viktig ting har vært å finne den rette maten i den kritiske tiden når plommesekken er borte. Vellykket formering av fisk er altså avhengig av vellykket gyting og klekking, av at de riktige foringsorganismene er tilstede, og endelig at ikke andre dyr spiser opp alle larvene.

På bunnen, selv på de største dyp, lever det spesielt utviklede dyresamfunn. Bunnedyrene lever av det som synker til bunns fra livet i vannmassene over. De utgjør et fenomenalt renovasjonsvesen. Men de er, som andre dyr, først og fremst avhengige av at vannet er friskt, det vil si at det inneholder nok oksygen. I syke fjorder med råttent bunnvann, lite eller ikke noe oksygen, dør dette renovasjonsvesenet ut, og organisk slam kan bygge seg opp. Bare noen spesielle mikroorganismer kan leve der. Livet i sjøen er i sannhet komplisert.

Livsmønsteret til noen dyr i indre Oslofjord

Hver dyreart har sitt livsmønster. Det gjelder hvor i fjorden dyrene holder til, hvor mye de beveger seg, om de har regelmessige vandringer, hva de spiser og hvorledes formeringen skjer. Stimpfisk som brisling, sild og makrell kan vokse opp lokalt, eller komme på besøk til visse tider av året og bli gjenstand for kommersielt fiske.

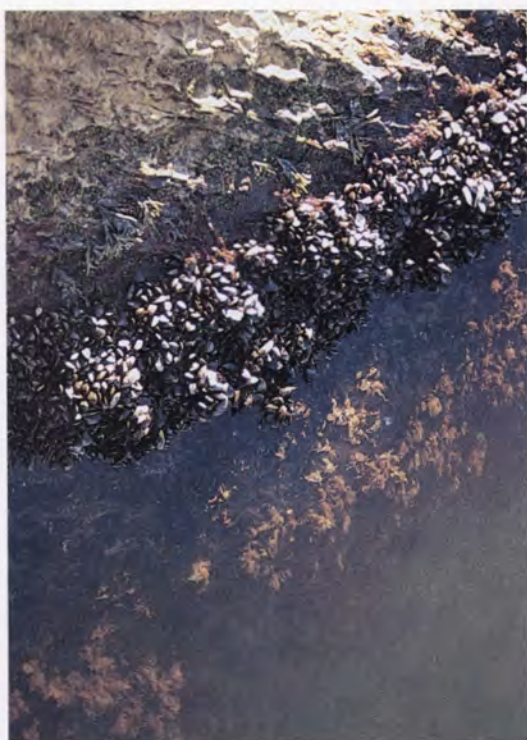
Flyndrefisk er for det meste stasjonære arter. Næringsdyrene og bunnedyrene har liten mulighet for å bevege seg langt, og de kan ses på som stedbundne. Men innen sitt lokalområde kan noen ha viktige vandringsmønstre. Gjennom døgnet kan de vandre mellom overflaten og dypere lag. Eller de kan tilbringe vinteren dypt nede i en slags dvale, og holde seg høyere oppe hvor det er mere næring i sommerhalvåret.

De aller fleste sjødyr formerer seg kjønnnet. Noen vil feste de befruktede eggene til materiale på bunnen eller grave dem ned. Andre vil, som rekene, bære eggene med seg. Men de fleste vil la eggene drive med vannet, så å si "seile sin egen sjø". Det gjelder for eksempel blåskjellet.

Blåskjell, rur,
strandsnegl og tang i
fjordens fjærebelt.

Bildene er fra Vollen
i Asker, mars 2002.

K. Baalsrud



Blåskjell og tang.



Fjærerur og spiraltang.

Blåskjellet gyter egg og melke ut i det fri vannet. Når eggene klekkes, kommer det ut små frittsvømmende larver. Svømmedyktigheten er ikke så stor, men larvene kan drive langt med strømmen før de slår seg ned og utvikles til skjell. Ganske mange arter, som vi oppfatter som sterkt stedbundne eller direkte festet til underlaget, tilbringer en del av sitt liv i de fri vannmassene. Vi sier de har et pelagisk stadium. Takket være livsmønstre av denne typen, vil enkelte arter kunne spre seg over store avstander på kort tid.

Blåskjellene lever av det som svever fritt i vannet. De pumper vann inn gjennom et filter som samler opp partiklene, først og fremst planteplankton. Det er store mengder blåskjell i indre Oslofjord. Sjøstjernene elsker blåskjell.

Sjøstjernen legger seg over blåskjellet, sprøyter fordøyelsesveske inn i skjellet så det åpner seg, vranger magesekken inn i skjellet og fordøyer det. En hel armada av sjøstjerner kan vandre som et teppe over et skjellområde og etterlater bare tomme skall. Så blir sjøstjernene også borte. Nye blåskjellarver kan igjen slå seg ned. Skjelldyrking foregår på tau som henger under bøyer, der kan ikke sjøstjernene komme til.

Hvis vi, som et dramatisk eksempel, skulle tenke oss at alt liv i et fjordavsnitt ble drept, ville de fleste artene komme tilbake i løpet av få år etter at forholdene er blitt bra igjen. Vi vet nå at hvis årsaken til et miljøproblem i en fjord fjernes, vil problemet, i hvert fall delvis, kunne løses relativt raskt. Artenes spredningsmåter og vandringsmønstre særpreger havet, og avviker fra dem vi finner på landjorden.

Men det finnes også negative sider, f.eks. spredning som skyldes menneskelig aktivitet. Introduksjon av uønskede arter kan f.eks. skje ved at de forekommer i ballastvann fra andre havområder som slippes ut fra skip, eller ved utsetting av fremmede arter. Hvis de er konkurransedyktige, kan nye arter spre seg raskt over store kystområder og påvirke det naturlige miljøet artsmessig.

Stranden er ofte rik på snegler og rur. Strandsneglen krafser på sin vandring i seg belegg på stein og fjell. Det kan være alger eller andre organismer. Rur er et krepsdyr. Det har, som blåskjellet, et pelagisk stadium. Likesom blåskjellet lever det også av partikler i vannet. Det kan åpne seg på spissen og sende ut noen fangarmer som plukker partiklene ut av vannet. Fangarmene er egentlig bena på krepsdyret inni rurskallet. Snegler og rur har det til felles at de kan lukke seg tett inne slik at de tåler å bli tørrlagt, selv midt på sommeren under sterk sol.

Kråkeboller fins langs hele kysten vår, også inne i Oslofjorden. Det finnes flere arter. En meget vanlig art i indre Oslofjord heter *Strongylocentrotus droebachiensis* etter Drøbak, stedet den først ble påvist og beskrevet.



Dødningehånd
(*Alcyonium digitatum*)
E. Fjeld



Sjöstjerne
(*Crossaster papposus*).

E. Fjeld

Sjøstjernen er et rovdyr.
Kråkebollen er planteeter.



Kråkebolle
(*Echinus esculentus*).

M. Walday

Kråkebollene lever i stor grad av tang og tare. I senere år har kråkebollene opptrådt i meget stort antall flere steder langs kysten, blant annet i Oslofjorden. Resultatet er at de fastsittende algene er spist opp over store strekninger. Dette er dramatisk fordi tang- og tareskogene er viktige oppvekstområder både for fisk og andre viktige organismer. I indre Oslofjord har nå kråkebollene beitet ned de fastsittende algene så mye at det nesten ikke finnes alger under 5 meters dyp. Det har klar negativ virkning på alle dyr som har gruntvannsområdene som tilholdssted.

Forholdet mellom bestandene av blåskjell og sjøstjerner og mellom tang og kråkeboller er illustrerende eksempler på de svingningene som kan forgå i naturen. Vi snakker om balanse i naturen, men det gjelder ikke den enkelte art, det gjelder bare innen større økosystemer, og ikke alltid der heller. Men det hender stadig oftere at menneskelig virksomhet er årsak til bestandsvariasjoner. Her har naturforskere en stor utfordring når de skal lete etter årsaken til endringer i naturen. Det kan lett trekkes forhastede slutninger.

Oslo-området i vekst

Befolkningsutviklingen

Byen Oslo har hatt flere navn. Etter storbrannen i 1624 ble byen flyttet til området innenfor Akershus med navnet Christiania. I tiden fra 1877 til 1924 ble det skrevet Kristiania, og brukt slik av statsmyndighetene og folk flest. Fra 1925 har byen igjen heit Oslo som var navnet på den opprinnelige byen ved Alnaelvas utløp. Vi har valgt å bruke Oslo for hele perioden.

I 1814 hadde Oslo ca. 10 000 innbyggere og Akershus ca. 50 000. Før sammenslåingen med Aker i 1948 var befolkningstallet for Oslo ca. 250 000. Etter det steg tallet til 450 000 og holdt seg lenge der, inntil en ny økning startet etter 1990.

Befolkningsutviklingen i Fagrådets 11 kommuner siden 1875 er vist i tabellen nedenfor.

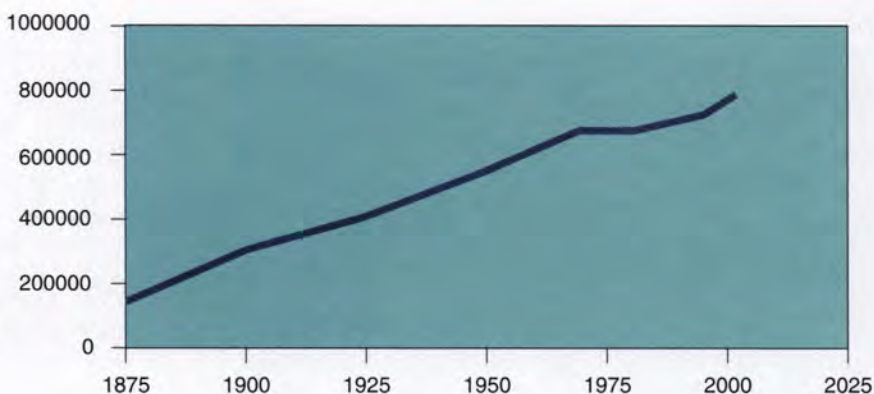
År	Hurum	Røyken	Asker	Bærum	Oslo	Oppegård	Ski	Ås	Frogn	Nesodden	Vestby
1875	2 912	2 832	3 676	5 704	107 834	559	2 997	2 697	3 952	1 177	4 147
1900	3 549	4 060	4 655	9 046	250 687	571	3 157	2 990	4 544	1 536	3 795
1920	5 726	5 514	7 856	19 411	312 062	4 043	4 989	3 580	4 429	2 540	4 125
1946	6 576	5 923	12 616	32 543	417 238	5 217	6 751	4 405	4 357	3 965	4 336
1970	6 338	10 548	31 519	75 942	477 966	13 376	15 370	9 360	7 741	9 179	5 696
1980	7 470	12 883	35 941	80 253	452 299	16 245	19 851	11 013	8 810	9 890	9 626
1991	7 933	14 414	41 973	90 579	461 644	20 683	22 367	11 935	10 297	13 222	11 217
2001	8 445	16 589	49 661	101 340	508 726	23 006	25 536	13 838	13 020	15 534	12 241

Den totale befolkning i Fagrådets 11 kommuner var 787 936 i 2001, av disse anslås 760 000 avløpsmessig å sogne til indre Oslofjord .

Det framgår av tabellen at veksten i Oslo-området har vært bestemt av Oslo bys vekst. Etter hvert som kommunikasjon og annen infrastruktur har gjort det mulig, har bebyggelsen spredt seg ut fra Oslo, og har nådd stadig lenger ut. Det er først gjennom de siste 170 årene at Oslo har vokst fram til å bli landets største bysamfunn. De økonomiske og kulturelle sidene av denne utviklingen skal vi la ligge. Vi skal holde oss til hva byutviklingen har betydd for vannhusholdningen i Oslofjordregionen, og spesielt hva det har betydd for Oslofjorden selv.

I hele sin 1000 år lange historie har Oslo hatt vann- og avløpsproblemer. I middelalderens Oslo ble det rapportert vannforsyningsproblemer på grunn av

Figur 23.
Befolknings-
utviklingen i de 11
kommunene rundt
indre Oslofjord.



utslipp til Alna og Hovindbekken. Etter bybrannen i 1624 ble byen flyttet til området bak Akershus festning. Der vokste dagens Oslo fram. Fra først av ble regnvann og vann fra husene samlet i en avløpsrenne midt i gaten. Så kom det en renne på hver side, men fremdeles åpen. Deretter ble det anlagt et avløpsnett i rør som gikk under bakken. I tiden 1860 til 1900 ble det i gjennomsnitt anlagt 3 km drikkevannsledninger og 3,5 km kloakkledninger hvert år. Det skjedde med meget enkle redskaper (hakke, spade og brett) og primitive materialer. Det står respekt av den innsatsen.

Utslipp av forurensninger økte i takt med befolkningsutviklingen. Vi har bare data for de siste ca. 50 år, men det er gjort anslag over utslippene før den tid.

Det er ikke vanskelig å forestille seg at den raske veksten i Oslo etter ca 1830 må ha medført en rekke tekniske problemer. I løpet av de neste snaut 100 årene ble alle de tekniske funksjonene i et moderne bysamfunn opprettet. Utviklingen var på mange måter parallell i alle større bysamfunn i den vestlige verden og i stor grad styrt av den internasjonale utviklingen innen teknologi og ingeniørutdanning. Oslo kunne derfor bygge på erfaringer og kunnskaper fra store byer i andre land. Avløpsproblemene var tilstede i byutviklingen fra første stund og utviklingen skjedde i mange trinn. Fra 1857 ble arbeidet ledet av en stadsingeniør. Den endelige administrative form kom ved opprettelsen av Kristiania vand- og kloakvæsen i 1874. Stort sett besto arbeidet i å løse allerede eksisterende problemer. Planlegging for den framtidige utviklingen var av nærliggende grunner meget beskjeden. Det er den for så vidt ennå, noe for eksempel bekkelukkingen rundt i Norge de siste 50 årene er et godt bevis på.

Industriveksten

Oslos og Oslo-området vekst faller sammen med industriutviklingen, både i antall personer og arealutnyttelse. Det første tilløpet til industrialisering i Norge skjedde på 1500-tallet. Oppgangssagen skapte ny mulighet for å bruke trevirke. Gruvedrift kom i gang flere steder. Sagflis og gruveavløp havnet i vassdragene og representerte våre første alvorlige vannforurensninger. Det var en rekke sager og møller ved vassdragene til indre Oslofjord. Vi vet lite om graden av vannforurensning dette førte til.

Den andre store industrialiseringsbølgen begynte omtrent midt i det 19. århundre. Ser vi bort fra mer spredte virksomheter som gruvedrift, sagbruk og båtbyggerier, er det fristende å si at det første allsidige industrimiljøet i Norge vokste fram langs Akerselva. Dette vassdraget har tyve fossefall fra Maridalsvannet til fjorden, en strekning på 8 kilometer med et fall på 149 meter. Lenger oppe har elvesystemet mange innsjøer med gode muligheter for regulering av vannføringen. Forholdene lå derfor godt til rette for bruk av fossekraft året rundt.

I 1836 fikk Bentse møller landets første papirmaskin, i 1858 og 1870 de to neste. I 1863 startet Bentse Bruk produksjon av slipemasse. Bruket ble nesten eneleverandør av boktrykkerpapir i landet. Bedriften ble nedlagt i 1898, antagelig pga. at Akerselva var blitt så forurenset at det ødela for produksjonen. Granfoss bruk ved Lysakerelva startet i 1869 og Hamang papirfabrikk ved Sandvikselva i 1907. Fra disse bedriftene var utslippene rike på forurensende fiber.

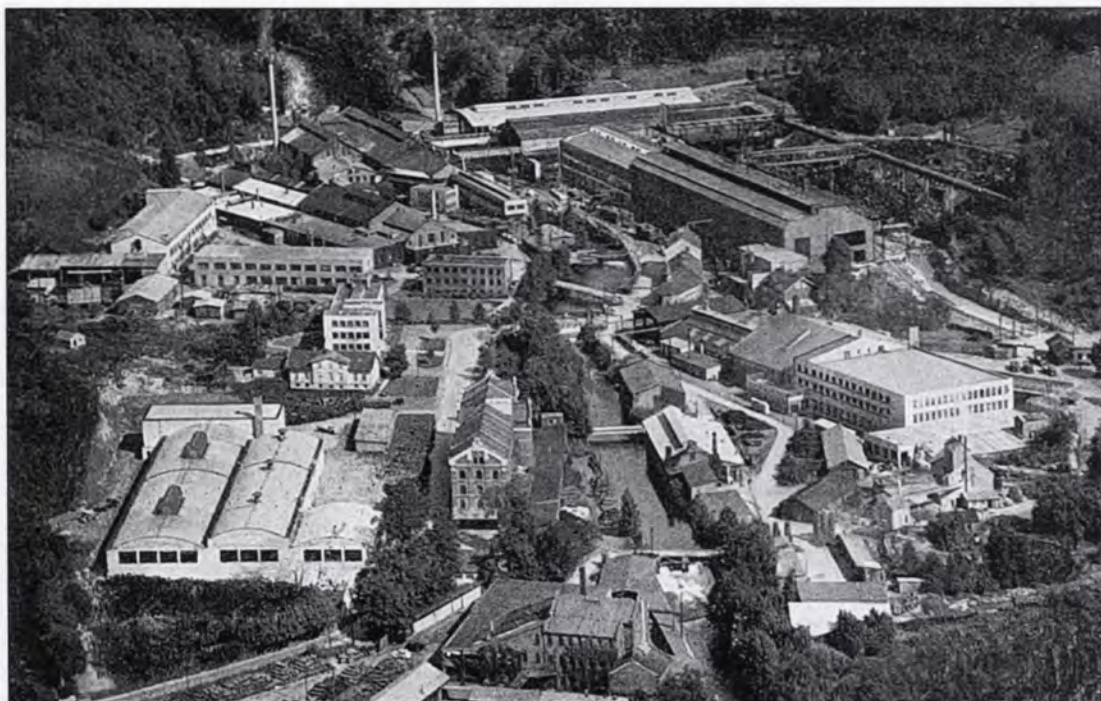
Tekstilindustrien fikk i tiden 1845 til 1849 et stort omfang: Bedriftene Nydalen Compagnie, Nedre Vøien Spinneri (Graah), Ellendalen spinneri, Halvor Schous veveri (senere Hjula) og Christiania Mekaniske Veveri ble opprettet. Christiania Seildugsfabrik fra 1856 hadde den største bygningen i Christiania med omegn nest etter Slottet. Opplysninger om vannutslipp fra disse bedriftene, har vi lite av.

Flere bryggerier startet produksjon omkring 1850. I 1875 var det 7 bryggerier med ialt 615 ansatte i Oslo, 20 år senere var det 9 bryggerier med 860 personer i arbeid. Oslo Slakteshus startet omkring 1910. Fra disse bedriftene var det store utslipp av organisk stoff. Christiania Spigerverk, som ble anlagt i 1855, startet med å lage varmsmidde spiker. Det ble etter hvert et stort stålverk. Det hadde store utslipp til luft og vann, bl.a. utslipp av sterkt sure beisevæsker. Blant kjemiske fabrikker kan nevnes Dyno Industrier i Sætre etablert 1846 og Christiania bys gassverk startet 1848. Litt senere startet Lysaker Kjemiske Fabrik. Lilleborg Fabriker hadde allerede i 1830 startet med såpeproduksjon. Bedriftene hadde utslipp til vann av organisk stoff og forskjellige kjemikalier.

I tillegg til sanitært avløpsvann kom det betydelige mengder vannforurensninger som hadde med prosesser og produksjon å gjøre, fra bedriftene rundt indre Oslofjord. Langs Akerselva fra Brekke til Bjørvika lå det bedrifter tett i tett. Elva var som en åpen kloakk. Revyvisen som begynner "Akerselva du gamle, du grå" var ingen tilfeldighet.

Det var også industriutvikling med store utslipp til Lysakerelva og Sandvikselva. Industrien førte med seg mye forurensning av ulike slag, som fra starten av gikk direkte i vassdragene og ut i fjorden. Det var minimalt med rensetiltak.

I løpet av de siste ca 50 årene er det meste av denne industrien nedlagt. Det var først da industrien måtte betale for størrelsen på vannuttaket at den begynte å se nøye på forbruket og utslippene sine. Noen storforbrukere flyttet ut av byområdet. I dag har kun én industri, Dyno sprengstoff-fabrikk ved Sætre i Hurum, eget direkte utslipp til indre Oslofjord. All annen større og mindre industri og næringsvirksomhet har utslipp via kommunale nett og renseanlegg.



Industri ved Akerselva vokste etter ca 1840 fram som en viktig del av det nye, norske industrisamfunnet. Christiania Spigerverk ble anlagt ved fossene i Nydalen, som i denne fasen av industrialiseringen dannet energigrunnlaget for bedriftene. Bildet er tatt på 1950-tallet.

Den første vassdragsloven kom i 1887. Den hadde 5 paragrafer med forbud om utslipp som kunne forvolde skade. Den neste vassdragslov kom i 1940 med 7 paragrafer om utslipp. Begge var kun laget for vassdrag og ikke for sjøvann. For eksempel ble det sterkt forurensede Nordåsvannet ved Bergen sett på som sjø og derfor ikke beskyttet av loven. Det var først vannforurensningsloven av 1970 som ga klare bestemmelser om utslipp av avløpsvann fra bebyggelse og industri til ferskvann og til sjøvann.

Trafikk

Oslofjorden er Norges viktigste transportvei, Norges viktigste område for friluftsliv og båtsport, og er omgitt av Norges mest trafikkerte veinett. Nyttetraffikk av gods og mennesker er meget stor, i tillegg kommer all den trafikken som turismen og friluftslivet forårsaker. Det følger tildels store miljøproblemer med trafikken. Utslipp av forbrenningsgasser omtales ikke her. Med båttrafikken følger støy, opproting av sjøens øverste lag og bølger. Båtbølgene kommer i alle retninger og kan toppe seg slik at det kan være ubehagelig å være i en liten lett båt.

For alle som bruker fjorden til fiske, friluftsliv og båtsport, har støynivået mye å si. Rekreasjonsverdien for de mange tusener som ferdes på fjorden eller bruker strendene rundt, kan bli sterkt redusert. Fornebu flyplass var den største



støykilden. Friluftfolkets bruk av Bærumsbassenget og sundene i Bærum og Asker har på grunn av Fornebu vært tildels sterkt redusert. Når flyene nå er borte (oktober 1998), er dette området blitt mye mere populært. Badelivet på Kadettangen og langs Høvikstranda har fått et helt annet omfang.

For livet på og ved fjorden har støy fra motorveiene stort sett liten betydning. Et viktig unntak er E18 forbi Sandvika. Der bærer bilstøyen langt utover vannet. Både synet og lyden av trafikken fjerner følelsen av virkelig å være ute i naturen. Det samme gjør seg gjeldende for Mosseveien fra Bekkelaget og sydover. Den stadig økende trafikk og behovet for å utvide veikapasiteten er et problem både for trafikantene og for friluftsfolk. Handelsbåter, ferger og cruiseskip medfører lite støy. Charterbåtene med sine sterke høytalere kan representere en plage for mange.

Mye kan tyde på at betydningen av støy fra båter, biler og fly på de biologiske forholdene i fjorden betyr lite. Vår evne til å observere slike skader er imidlertid sterkt begrenset. Lyden forplanter seg hurtig og langt gjennom vann, og mange dyr i sjøen kommuniserer ved hjelp av lyder. Vi kan derfor ikke avvise at trafikken på fjorden kan ha skadelige virkninger på livet i sjøen og utgjøre en stressfaktor for mange dyr.

Problemene som skipstrafikken medfører, er stort sett avgrenset til propellstrømmene og utslipp av avløpsvann, olje og søppel, foruten restutslipp av drivstoff. En totaktsmotor bruker bare 60% av bensinen, resten går ut med eksosen. Det meste havner i vannet. Når store båter kan overholde de meget strenge bestemmelser som gjelder for de store sjøene i USA og Canada, burde problemet være lett å kontrollere i Oslofjorden. Et viktig punkt er imidlertid at det blir anlagt mottaksordninger på land, og at de er operative.

Fra fritidsbåtene kommer det lite søppel, informasjonsopplegget har stort sett virket. For båttoalett er det foreslått et forbud mot utslipp i hele indre Oslofjord, men det støter på praktiske problemer å gjennomføre det.

Oslo får ofte besøk av cruiseskip.

S/S NORWAY, august 1999.

Det er såvidt spirene på Akershus festning rager over båten.

A. Rosendahl

Propellstrømmene har hittil fått liten oppmerksomhet. Mange organismer i fjorden, kanskje særlig de større, kan bli drept eller alvorlig skadet. De største båtene stikker ganske dypt og har en betydelig maskinkraft som roter opp sjøen ned til 10-15 meters dyp. Ved kaiene er det kort avstand ned til bunnen, og propellvannet vil virvle sedimentene opp og reaktivisere miljøgiftene i vannmassene. Dette forholdet er til nærmere granskning. I Oslo havn virvles det opp betydelige mengder partikler og miljøgifter, ettersom sedimentene her er sterkt forurensset. Også andre deler av indre fjord har slike problemer.

Friluftslivet preger livet langs strendene og på fjorden i sommerhalvåret. Kommunene har adgang til å planlegge bruken av sjøarealene innen sine områder. Badelivet er beskyttet ved å avgrense med bøyer en sone hvor båttrafikk er forbudt. Det er lovbestemte fartsgrenser innen visse soner, i tillegg til at sjøfartsreglene har detaljerte bestemmelser om sikkerhet, utstyr og atferd ved bruk av fritidsbåter. De største problemene er knyttet til båtsport. Ved konkurranser for padlere, roere og racerbåter blir det reservert egne områder hvor annen trafikk blir stoppet. Regattabaner for seilerne lar seg ikke avgrense på tilsvarende måte. Andre båtførere vil bestrebe seg på å unngå å komme i veien for dem.

Friluftslivets båttrafikk utgjør en støykilde. Ofte skal det ikke stort til før man reagerer. Om man overnatter i båten eller på stranden kan selv en liten påhengsmotor forstyrre natteroen betraktelig. Med den utstrakte småbåttrafikken som nå gjør seg gjeldende hele sommeren, er det ikke til å unngå at de forskjellige formene for friluftsliv og båtsport kan sjenere hverandre. Det gjelder selvfølgelig ikke bare støy. Den som har vandret langs strendene utenom sesongen, gjerne midt på vinteren, vet hvilken ro og fred det da kan være. Den eneste lyden er bølgene som slår mot stranden. Slik kunne det altså være også om sommeren i gamle dager.

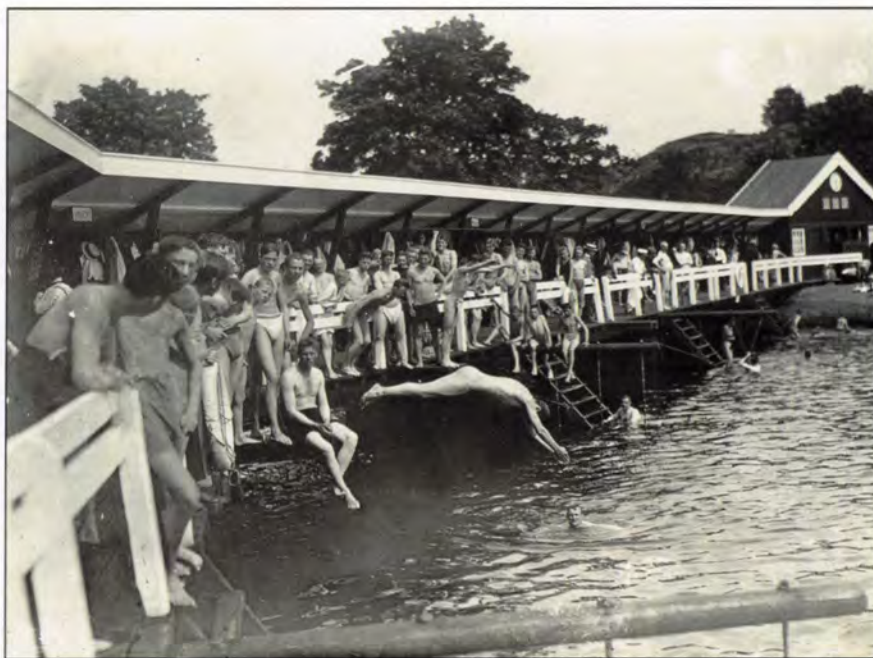
Oslofjordens forurensningsproblem

Utslippenes virkning på fjorden

Som beskrevet i kapittel 2 har fjorden fra gammelt av vært rik på fisk og annet plante- og dyreliv. Forholdene varierte med vær og vind, og med de variasjonene i plante- og dyrelivet som hører naturen til. Vi bruker ofte uttrykk som naturens balanse og naturens harmoni. Det er uttrykk som egentlig ikke dekker virkeligheten, i den hører variasjoner og langsiktige endringer med. Nå har mennesket etablert seg med byer og industri rundt indre Oslofjord. Med alle menneskene, deres aktiviteter og tiltak er området rundt fjorden blitt sterkt endret. Selve fjorden er blitt belastet med store utslipp av forurenset vann. Det har oppstått ulemper og skader for plante- og dyrelivet i fjorden og for dem som bor rundt fjorden. Det har vært en stor utfordring for naturforskere å avgjøre konsekvensene av utslippene, og å fastlegge hvor grensen går mellom det som skjer som en del av naturens eget spill, og det som er menneskeskapt.

Helseproblemene

Helse representerer ett av de alvorligste problemene som fulgte bydannelsene de siste århundrene. Fremskaffing av smittefritt vann til alle boliger og forsvarlig oppsamling og behandling av søppel og avløpsvann ble et stadig



På Hovedøya var det i sin tid både herrebad og damebad, godt atskilt og med et tett plankejerde rundt hver. Bildet antas å være fra 1920-tallet.

større problem. Flere alvorlige sykdommer ble overført via avføring. Det ble et stort og økende behov for at behandling av alt avløp fra boligene skjedde på en betryggende måte.

Utviklingen i Oslo førte til at bekker og elver førte smittefarlig vann og at de bynære områdene av fjorden ikke egnet seg for bading og friluftsliv. I tillegg til den direkte helsefaren ble forholdene sterkt uestetiske. Den viktige avløpskommisjonen som ble nedsatt i år 1900, hadde dette som bakgrunn. (Kap.5). Installeringen av wc førte til at pudretinnsamlingen stadig fikk mindre omfang og at behandlingen og disponeringen av avløpsvannet fikk størst oppmerksomhet.

I begynnelsen av 1900-tallet var kloakkutslippene til indre Oslofjord først og fremst et hygienisk problem. Badelivet tok seg opp i tiden før og etter første verdenskrig. Badeanlegg, med særskilte anlegg for kvinner og menn, ble anordnet flere steder. De måtte senere i tur og orden legges ned fordi tarmbakteriene fra kloakken ga helsefarlig badevann. Det ble iblant påvist sykdom hos de badende, noen ganger alvorlige tilfeller. Oslo Helseråd fulgte med i utviklingen og hadde myndighet til å ta endelige avgjørelser. Derfor ble de mest påvirkede badeplassene stengt.

Sjøvannet, spesielt i kombinasjon med sollys, har en spesiell evne til å uskadeliggjøre smittestoffer. Etter noen timers opphold i sjøvann vil den overveiende del av smittefarlige bakterier bli drept, men enkelte bakterier og virus kan ha en lengere levetid. I indre Oslofjord er vannstrømmene normalt langsomme og derfor kan ikke smittefaren rekke å bli spredd til større deler av fjorden. Når noen badeplasser måtte nedlegges, viser det hvor massive forurensningene var.

Næringssaltene

Alle planter må ha en rekke mineralske næringsstoffer eller byggestener for å kunne vokse. Foruten hovedkomponentene i alt levende vev: Karbon, oksygen, og hydrogen (C,O,H) inneholder plantene 15-20 andre mineralske stoffer. Det er nok at ett av de nødvendige stoffene mangler, for at veksten skal utebli. I sjøvann vil i alminnelighet de fleste stoffene være til stede i rikelige mengder. Det gjelder for eksempel kalium, kalsium, magnesium og svovel. Derimot kan ofte fosfor, nitrogen og silisium være mangelvare og begrense veksten.

Silisium forekommer som oppløst silisiumdioksid (SiO_2), og er byggemateriale for de encellede kiselalgenes silikatskall. Når forrådet av silikat er brukt opp, vil veksten av kiselalger stoppe opp. Det skjer ofte i mai/juni. Andre alger vil imidlertid fortsatt kunne vokse og vil overta plassen gjennom sommersesongen. Med regnvær på ettersommeren og høsten får fjorden nye tilskudd av silisiumdioksyd og kiselalgene kommer igjen. Kiselalgene er vel tilpasset det marine miljøet. Når lyset gjør seg gjeldende tidlig om våren, vil det som regel være kiselalger som først gror opp i store mengder. Etter vinterens mørketid og tildels kraftig omrøring av vannmassene, er det godt med næringsstoffer i overflatelaget. Under slike forhold er det kiselalgene, eller diatomeene som de også kalles, som raskest gjør seg nytte av vekstmulighetene. Dette kan skje så tidlig som i februar/mars i indre Oslofjord. Fagfolk kaller det våroppblomstring.

I Oslofjorden vil andre alger overta etter kiselalgen. Ofte kan en art dominere en stund, for deretter å bli avløst av en annen art. De kan følge hverandre i suksessjoner. Er bestanden tett nok, vil den farge vannet. Fargen er bestemt av den enkelte art som dominerer. I den varme tiden kan det ofte bli god vekst av fureflagellater. Disse har et skall av pektin. Det er mange arter diatomeer, fureflagellater og andre slags planktonalger. Det er et stort mangfold både i størrelse og form.

Fosfor og nitrogen er de to næringsstoffene som oftest begrenser veksten. Fosfor forekommer som fosfat, som kan forekomme i forskjellige uorganiske og organiske forbindelser. Nitrogen forekommer i havet mest som nitrat. Det nitrogenet som tilføres med avløpsvannet forekommer i alt vesentlig som ammoniakk eller organiske nitrogenforbindelser. I sjøen blir det oksydert til nitrat ved forbruk av vannets oppløste oksygen. I alger og dyr vil nitrogenet igjen forekomme som organiske forbindelser. Når biologiske omsetninger foregår i stor stil, vil nitrogenet kunne forekomme som ammonium, nitritt, nitrat og urea i vannet. Fosfor- og nitrogen-forbindelser kan finnes som oppløste stoffer i vannet, eller de kan være i levende og døde partikler. På grunn av at næringsstoffene kan forekomme på mange måter, er det ikke lett å redegjøre for næringstilstanden bare ved analyser av vannprøver. Det gjør det ikke lettere at fagfolkene bruker forskjellige betegnelser. Vi skal her stort sett holde oss til "løst fosfor og nitrogen".

I sjøen finnes det også oppløst atmosfærisk nitrogen. Men dette nitrogenet inngår ikke som næring for de algen som betyr noe i Oslofjorden, og holdes utenfor våre betraktninger. I brakkvannsområder med betydelig lavere saltholdighet enn i Oslofjorden, kan blågrønnalger nyttiggjøre seg luftens nitrogen.

De aller fleste stedene i havet og i fjordene vil begrensningen i næringssalttilgangen føre til at veksten av planteplankton reduseres sterkt eller stopper opp i løpet av sommeren. Om høsten kan det igjen forekomme algeoppblomstringer.

Begrensende faktorer

Gjennom millioner av år har næringssaltsituasjonen i havet og planteplanktonet tilpasset seg hverandre slik at algenes relative innhold av nitrogen og fosfor (7:1 vektforhold) svarer omtrent til forholdet mellom disse stoffene i sjøvannet før vekstsesongen starter. Under veksten vil de derfor i upåvirkede områder forsvinne omtrent samtidig. Når sjøen tilføres forurensninger som inneholder næringssalter, kan forholdet mellom fosfor og nitrogen bli forskjøvet.

Når det, som i Oslofjorden, er aktuelt å få kontroll over algeveksten, er spørsmålet om hvilken faktor som til slutt begrenser veksten, og som lettest lar seg kontrollere, høyst aktuelt. Dette spørsmålet var sentralt i analysen av forurensningssituasjonen og ved valg av strategi for restaureringen av Oslofjorden, som omtalt nedenfor.

Fra befolkningen kommer det avløpsvann som er rikt på næringsstoffer, ikke minst de to viktigste, fosfor og nitrogen. For mennesker som er utvokst vil alt det vår mat inneholder av disse stoffene, skilles ut i feces og urin. Fra hver

person kommer det totalt omlag 1,6 g fosfor og 12 g nitrogen per dag. I hus med vannklosett ender stoffene i avløpsvannet. Nitrogen og fosfor kommer også ut i avløp fra bad, vask og rengjøring, men i betydelig mindre mengder. Lenge var fosforforbindelser en viktig del av syntetiske vaskemidler. I løpet av 1970-årene ble det stort sett erstattet av andre stoffer. For områder hvor alt avløpsvannet passerer kjemiske renseanlegg, spiller i dag fosfatene fra vaskemidlene liten rolle.

Fra landbruk, spesielt åkerbruk, husdyrbruk og hagebruk, er det en betydelig avrenning av næringsrikt avløpsvann. I mange tilfeller brukes det mer kunstgjødsel enn det jorden krever for å gi god avling. Drensvann og overflateavløp kan derfor være rikt på næringssalter. Fra industrien kan det også være betydelige utslipp av næringssalter, helt avhengig av industriens art og prosesser.

I naturlig, upåvirket avløp fra skog og fjell finnes også næringsstoffer, men i meget små mengder. Fordi disse arealene er meget store, kan totalmengden allikevel bli betydelig. Da vil imidlertid også vannmengden i regelen være stor, slik at konsentrasjonene blir lave.

Overgjødsling

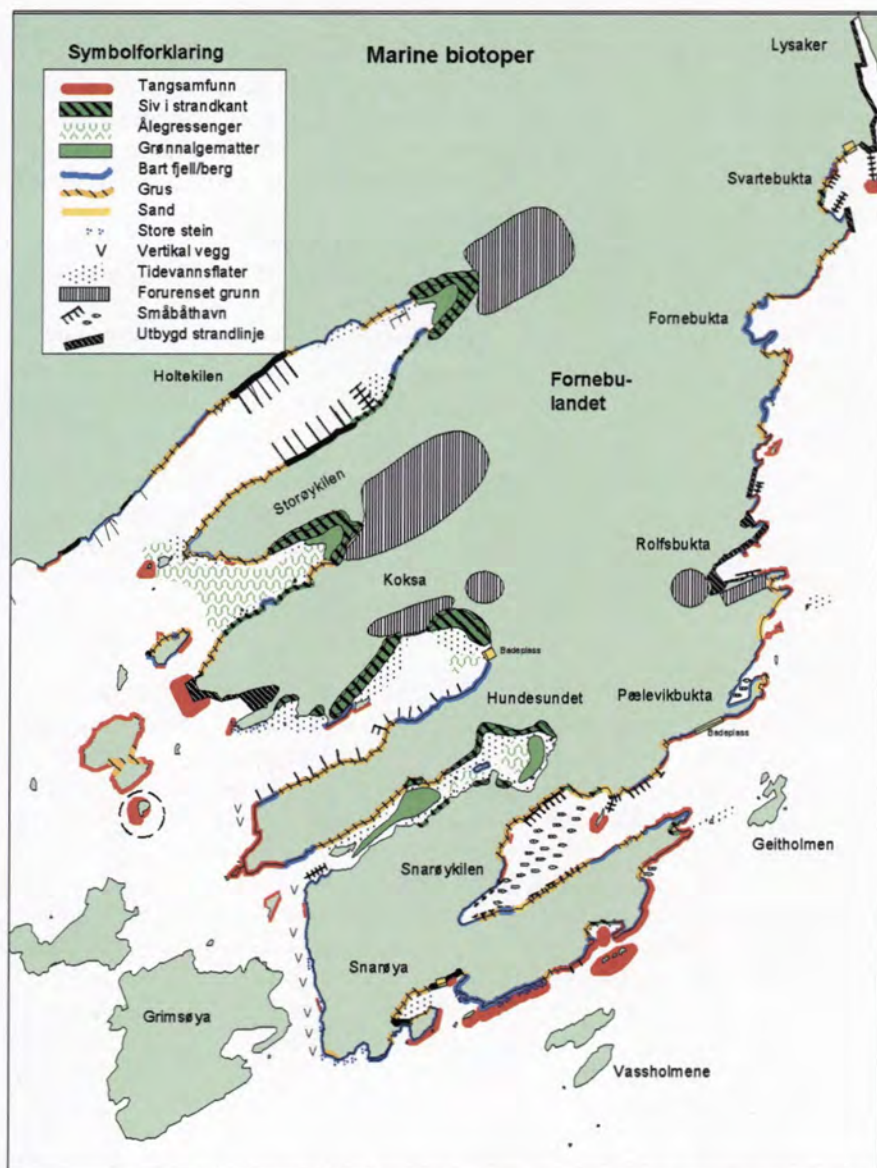
Økt algevekst knyttes til økte tilførsler av næringssalter, overgjødsling. I fagspråket omtales overgjødsling som eutrofiering (eu=god, trofi=næring). Begge begrepene brukes ofte upresist og tillegges forskjellige betydninger. Gjødsel-begrepet stammer fra jordbruket hvor husdyrgjødsel, og i nyere tid kunstgjødsel, brukes for å få større avlinger. Nitrogen og fosfor er hovedkomponentene også her.

Overgjødslingen ble tidlig observert som sterk plantevekst og gjengroing av små dammer og vassdrag i jordbruksområder og nær tettsteder. Etter hvert som tilførselen av næringsstoffer har fått større omfang, har overgjødslingens virkningene spredt seg mer og mer, og ansees nå som et av de alvorligste forurensningsproblemene i ferskvann og sjøvann. Fordi vann stadig er i bevegelse, har utslipp av gjødselstoffer til vann kunnet spre seg til store områder og hatt virkninger for hele vassdrag og store fjordsystemer.

Økt produksjon av planteplankton ga mer mat og fisket ga større utbytte. Imidlertid viser fangstdata at med tiden avtok fangsten av fisk. Noe av dette skyldtes nok bedre redskap og overfiske, men forurensningsbelastningen var også blitt så stor at negative effekter slo ut.

Oslo bys vekst hadde også andre konsekvenser enn dette, bl.a. at de arktiske artene som ble tilbake i Bunnefjorden etter istiden, ble utryddet. Spesielt viktige var de ikke, neppe av kommersiell interesse heller, men vi er idag opptatt av biologisk mangfold, dvs. at vi ikke skal utrydde arter som naturlig forekommer i vårt miljø.

Oppfatningene av gjødselvirkningene i havet er omdiskutert. På den ene side vil økt biologisk produksjon kunne føre til økt avkastning av spiselige marine produkter. På den annen side kan endrede næringsforhold føre til at artssammensetningen endres og ikke ønskelige organismer overtar. Livet kan bli



Figur 24. Biogeografisk kart hvor livet under vann er kartlagt. I viktige områder, som f.eks. områder med ålegress og siv, bør det ikke planlegges aktiviteter som begrenser eller skader livet i disse områdene.

F. Moy

påvirket ved at det naturlige, biologiske systemet gjennomgår uønskede forandringer. Hyppigere forekomster av giftige alger i de senere år kan være eksempel på dette.

Overgjødningen fører til at en økt mengde algemateriale synker ned mot bunnen. Her vil det bli omsatt, dels av de spesielle dyreformer som lever på bunnen eller i sedimentene, dels av mikroorganismer. Felles for disse prosessene, både i de øvre vannlag og dypere nede, er at de krever oksygen og reduserer innholdet av løst oksygen i vannet.

Oksygenforholdene

Alt fritt oksygen på jorden, (surstoff er den gamle betegnelsen som noen ennå bruker) både i luften og i vannet, er et resultat av plantenes fotosyntese. Før det ble liv på jorden for ca. 4 milliarder år siden, fantes det ikke fritt oksygen, heller ikke i havet. Havet var anoksisk og fritt oksygen ville vært et giftstoff for de organismene som levde der. Da de første fotosyntetiserende organismene, antagelig blågrønnalger, utviklet seg i havet, begynte miljøet langsomt å endre seg. Planktonet produserte oksygen og havet ble langsomt oksisk. Planktonet produserte etter hvert så mye oksygen at det ble tilført atmosfæren. Etter mange hundre millioner år forekom det fritt oksygen både i havet og i luften. Mesteparten av oksygenet i atmosfæren var produsert av planktonet i havet. Dermed var forutsetningene for utviklingen av oksygenkrevende mikroorganismer og dyr til stede. Dyrene på jorden har en historie kortere enn en milliard år.

Friskt vann vil, likesom luften, inneholde oksygen. Mens oksygenet i luften forekommer som gass, er det tilstede i vannet i oppløst form. Dyr i vannet, med unntak av pattedyr, trekker oksygenet ut av vannet gjennom gjeller eller andre organer. Pattedyrene fanger opp luftens oksygen gjennom lungene og må derfor regelmessig opp for å puste. Mengden oksygen i vannet er et meget viktig mål for vannkvaliteten. Det måles som milliliter oksygen per liter vann. Normalt gode oksygenforhold i sjøvann er mellom 5 og 6 ml/l.

Oksygentilstanden i sjøvannet bestemmes av de biologiske forholdene. Plantene, altså algene, vil gjennom fotosyntesen produsere oksygen når det er lys nok til det. Dyr og mikroorganismer vil forbruke oksygen. Er det stor algetetthet, kan det i overflatelaget bli overmetning på oksygen i løpet av en dag. Dypere nede, hvor lyset ikke slipper til, kan det bli for lite oksygen for de organismene som er der. Oksygeninnholdet er den viktigste miljøfaktoren i Oslofjordens dypere vannmasser. Ved å måle det kan vi avlese fjordens helse-tilstand. Vi skal derfor se litt nærmere på sammenhengen mellom tilførselen av næringsstoffer og oksygeninnholdet.

Når Oslofjorden får ekstra tilførsler av fosfor og nitrogen til overflatelaget, skapes det grunnlag for god algevekst. Gjødslingen fører til økt vekst av tang og grønske langs land og planktonalger i sjøen. Veksten av planteplankton i sjøen blir lett så sterk at sjøen farges av det. Lyset stoppes av algene slik at vannet blir ugjennomsiktig. Ved å senke en hvit, standardisert skive ned i vannet kan vi måle dypet hvor den ikke lenger er synlig. Vi kaller det siktedypet. Målingen er kanskje primitiv, men den er meget illustrerende for forholdene og derfor til stor praktisk nytte. Grovt kan vi si at plantene ikke kan nyttiggjøre seg lyset mer enn 2 ganger dypere ned enn det målte siktedypet. Lenger nede er det mørke og alle organismer som oppholder seg der, også algene, vil forbruke oksygen.

Sterk algevekst vil føre til at ekstra mye organisk stoff synker ned fra overflatelaget. En stor del vil bli spist og nedbrutt mens det synker, slik at næringsstoffene resirkuleres og kan gi ny algevekst. Resten vil synke videre ned og dels nå helt til bunns. Dette nedfallet blir mat for alle de organismene på og i bunnen som har spesialisert seg på å leve av slikt nedfall. All denne biologiske aktiviteten fører til oksygenforbruk. Etter hvert som oksygeninnholdet i vannet synker, vil livsforholdene bli vanskeligere og vanskeligere. Fisken blir borte først, etter hvert også andre dyreformer. Til slutt vil alt dyreliv kunne dø ut.

Fiskedød i fjorden

Den 7. oktober 1976 ble det funnet 15-20 døde skrubbeflyndrer foruten døde kutlinger og strandreker langs stranden i Holtekilen. Flyndrene lå med snuten mot land og så ut til å ha svømt opp mot overflaten. Måkene i området hadde et festmåltid. Det ble tatt en rekke prøver den dagen i Holtekilen for å forstå hva som hadde inntruffet. Miljøgifter kunne raskt avkreftes som årsak, men oksygenmålinger i vannmassene i Bærumsbassenget viste at det nylig hadde vært en vannfornøyelse i bassenget. Det råtne og giftige dypvannet var blitt utskiftet. Tynge oksygen-

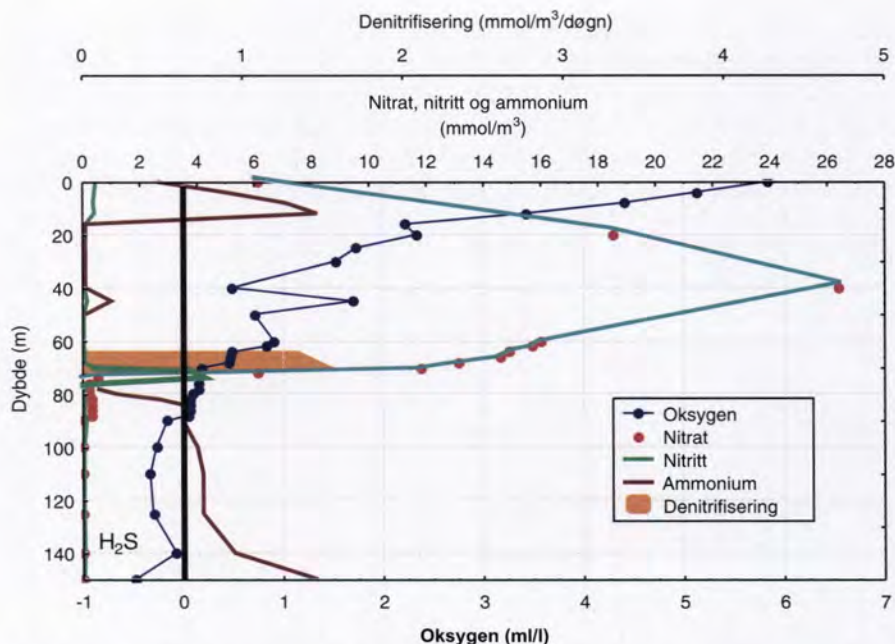
rikt vann hadde strømmet ned i bassenget og løftet det gamle, råtne vannet opp på høyere nivå. Her hadde det overrasket fisken som normalt vil unngå slike vannmasser. Skrubben hadde forsøkt å svømme vekk, men lyktes ikke. Den døde i Holtekilen. Slike situasjoner er et særlig alvorlig problem for fisk som står i ruser eller kummer. De kan ikke unnsnippe når oksygeninnholdet blir for lavt. Et år kunne fiskerne rapportere problemer på vestsiden av Vestfjorden. Også da var det en vannutskiftning som var årsak til problemene.

Nedbrytningen av organisk stoff fullføres av bakteriene. De bruker oksygen som energikilde. Sammen med de øvrige konsumentene i dypvannet, gir dette lavere oksygenkonsentrasjoner. Når oksygeninnholdet blir så lavt som ca 0,5 ml/l, begynner bakterier som har evne til å benytte oksygenet i nitrat å overta prosessen. Nitrat blir da omdannet til ammonium. Når også forrådet av nitrat og oksygen i vannet tar slutt, er det bare en liten gruppe spesialiserte bakterier som kan leve. De bruker oksygenet i sulfat, som det er rikelig av i sjøvann. Da dannes hydrogensulfid, H_2S , en dødelig gift for de aller fleste organismene. Dette vannet lukter omtrent som råtne egg, og kalles også for råttent vann. Råttent vann inneholder både ammonium og hydrogensulfid (fig. 25).

Mengden hydrogensulfid i vannet vil vise hvor langt prosessen har kommet. Oksygenfrie eller råtne forhold oppstår gjerne først i og like over bunnen på de dypeste områdene. Her har blant annet dypvannsreka sitt oppholdssted. Den lever derfor et usikkert liv i indre Oslofjord. Fisk vil kunne svømme unna.

Ulike arter av fisk, reker og bunndyr har forskjellige krav til vannets oksygeninnhold. Vi kjenner ikke nøyaktig hvor disse grensene går. Børstemarkene som lever på bunnen eller i sedimentene har meget lavt krav og kan også overleve kortere perioder med råttent vann. Rekene setter noe høyere krav, mer enn 1 ml/l oksygen, og fisk enda høyere. Torsken bør ha over 3,0 ml/l oksygen for å trives. Store områder går tapt for alt dyreliv når vannet blir råttent. Bunnslam i områder med hydrogensulfid får et svart utseende. Dette skyldes hovedsakelig utfellinger av jernsulfid. Etter hvert som situasjonen utvikler seg, vil stadig mer av vannet bli råttent. Jo høyere opp vannet er råttent, jo alvorligere er situasjonen.

I indre Oslofjord har det opprinnelig ikke forekommet råttent vann over lengre tid. Vi ville i så fall sett det fra de dype og eldre sedimentene på bunnen. Det er først i de siste omlag hundre års sedimentavsetninger vi kan se tegn til oksygensvikt (fig. 26).



Figur 25. Den 21. September 1998 ble det foretatt en omfattende analyse av forholdene i Bunnefjorden. Det øvre vannlaget er oksygenrikt. Oksygenverdiene avtar nedover og blir null på ca. 90 meters dyp. Videre nedover er det stigende konsentrasjon av hydrogensulfid, her omregnet til negative oksygenverdier.

Nitrogen forekommer som nitrat, nitritt og ammonium. Overflatelaget er relativt rikt på nitrogen i form av nitrat (og noe ammonium). Ved grensesjiktet til hydrogensulfidholdig vann blir nitraten borte, nitritt påvises en kort stund og under der er alt nitrogen ammonium, slik det er i råttent vann. Nitritt forekommer bare der det er store nitrogenomsetninger, spesielt på grenseflaten til råttent vann. Det ble målt en betydelig denitrifikasjon like over grensesjiktet. Alle disse omsetningene av nitrogen er resultatet av mikrobiologiske omsetninger ved nedbrytningen av organisk stoff (f.eks. dødt planteplankton).

Ved denitrifikasjon omdannes nitrat til atmosfærisk nitrogen og tilbakeføres til atmosfæren. På denne måten blir mindre nitrogen tilgjengelig for ny planteplanktonproduksjon. Slik denitrifisering kan også skje i sedimentet. Det er den samme biologiske omsetning som blir brukt ved fjerning av nitrogen i renseanlegg. Denne prosessen forutsetter at nitrat-holdig vann støter mot en anoksisk grenseflate i vann eller sedimenter. Hvis indre Oslofjord skulle få oksygenholdig dypvann hele året ville denitrifikasjonen bli mindre og være begrenset til sedimentene.

S. Kristiansen og M. Schaanning

Figur 26. Dette er en sedimentkjerne fra Bunnefjorden. Den ble tatt i 1978 på 150 m dyp. Kjernen ble aldersdatert ved å måle aktiviteten til den naturlige blyisotopen (bly 210). Den gjennomsnittlige tilveksten av sediment i de øvre 20 cm ble beregnet til 4.8 mm pr. år. Øverst var sedimentet svart (sulfidholdig) og forteller at vannmassene i hovedsak har vært råtne, dvs. uten oksygen og uten muligheter for marint liv. Av kjernen fremgår at før midten av 1940-tallet var vannmassene i hovedsak oksiske, selv om det i korte perioder ble registrert råttent vann. Siden slutten av 1940-tallet frem til begynnelsen av 1960-tallet var periodene med oksygen i dypvannet så korte at sedimentet fortsatt var råttent. En kort periode på 1960-tallet var dypvannsfornyelsen så god og regelmessig at sedimentet også ble oksiskt. Sedimenthistorien forteller oss at Bunnefjorden en gang har vært bedre enn den er i dag.

J. Skei



Oksygenmangel i dypvannet er et meget alvorlig symptom. Det kan imidlertid like godt skyldes naturlige forhold som en forurensningseffekt. Selve fenomenet må derfor tolkes med forsiktighet. Det er nemlig ikke alltid et resultat av overgjødning på grunn av menneskelig påvirkning. Vi har en rekke fjorder i Norge med meget grunt innløp og stort dyp innenfor, hvor vannutvekslingen av dypvannet foregår sjelden eller nesten aldri. De er særlig sårbare og kan ha naturlig råttent vann. For å forstå det som observeres i en fjord, må vi derfor kjenne de fysiske forholdene, forstå hvorledes lagdelingen skifter gjennom året og hvorledes vannutskiftningen arter seg. Ved sedimentanalyser kan ofte utviklingen over tid avleses. Drammensfjorden har for eksempel hatt råttent bunnvann i mange hundre år.



Figur 27. Råtten vann i indre Oslofjord høsten 2000. Oksygenet er borte i store vannmasser og det er utviklet hydrogensulfid (råttent vann) som er sterkt giftig for de fleste organismer. Områder med råttent vann varierer fra år til år avhengig av hvor effektiv dypvannsfornyelsen er. Høsten 2000 var store deler av Bunnefjorden under ca. 50 meters dyp, og dypvannet i Bekkelagsbassenget og Bærumsbassenget "dødt". Et av miljømålene for restaurering av indre Oslofjord, er å unngå dannelsen av råttent vann i Bunnefjorden.

I indre Oslofjord er denne problemstillingen klar: Fjorden hadde aldri oksygenfritt dypvann i lengre perioder før den menneskelige påvirkningen gjorde seg gjeldende. I løpet av 1900-tallet endret dette seg dramatisk og betydelige dypvannsområder ble oksygenfrie. Selv om enkelte områder av dypvannet er blitt noe bedre de siste 20 år, var det så sent som i 2000 meget stort volum dypvann i Bunnefjorden, Bekkelagsbassenget og Bærumsbassenget som var råttent (fig. 27). Vinteren 2001 skjedde det en total dypvannsfornyelse i hele indre Oslofjord. Det er tvilsomt om den vil føre til en permanent forbedring. Slike vannutskiftninger har vi i senere tid hatt med 3-5 års mellomrom. Hver gang har det gått relativt kort tid før oksygenet ble brukt opp og det igjen var råttent bunnvann.

Ut fra vår nåværende kunnskap om ulike dyrs krav til oksygen, har Statens forurensningstilsyn (SFT) utgitt en klassifikasjon av kvalitetstilstanden i sjøvann, bl.a. basert på oksygen.

Statens forurensningstilsyns klassifisering av miljøtilstand i fjorder basert på oksygenkonsentrasjonen i dypvann:

Tilstandsklasser					
	Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
Oksygenkonsentrasjon (ml/l)	>4.5	4.5-3.5	3.5-2.5	2.5-1.5	<1.5

Mer om overgjødslings virkninger

Når næringstilgangen øker den samlede veksten av alger, blir det større mengde organisk stoff, det vi kaller biomasse. Dessuten vil det bli en annen artssammensetning. Den første endringen skjer umiddelbart, den andre over tid. Hvis f.eks. en art, pga av gjødslingen, kan vokse litt fortere enn en annen art, vil den etter en tid dominere over den andre arten. For planteplankton er det delingstiden som teller. Om den for en art er 12 timer, kan en annen art utnytte større næringstilgang bedre og bruke f.eks. 11 timer og 55 minutter. Det dreier seg altså om små forskjeller i veksthastighet som kan gi store utslag i algeartsammensetningen over tid.

Vi skal se på endringene i indre Oslofjord fra stranden og ut til dypet slik de var i tidsrommet 1950-1980.

I strandområdet var det de store tangartene som dominerte. Øverst i tidevannssonen var det mange steder blåretang og grisetang, som tålte å ligge tørt deler av døgnet. Gjødslingen av fjorden økte med befolkningsveksten og installasjon av wc, og førte bl.a. til at grønnealger spredte seg langs strendene. I årene etter krigen var store deler av strendene i indre Oslofjord preget av grønske. Grønsken består av flere arter. Felles for disse er at de ikke tåler mye bølgebevegelse, de er løse i strukturen og sitter dårlig festet til underlaget. Men når det er ekstra godt om næringsstoffer, vokser de allikevel. Det ble etter

hvert vanlig å se store klyser med grønske drive rundt i fjorden. Det heftet seg til tauverk som lå i sjøen slik at det ble ubehagelig å håndtere. Noen steder vokste det ikke tang i det hele tatt; fjellet i strandkanten ble dekket av et mørkt belegg, mikroskopiske alger og bakterier. Dyrelivet i strandkanten gikk sterkt tilbake, og bunnen ble dekket med et løst slam som ved berøring lett ble virvlet opp.

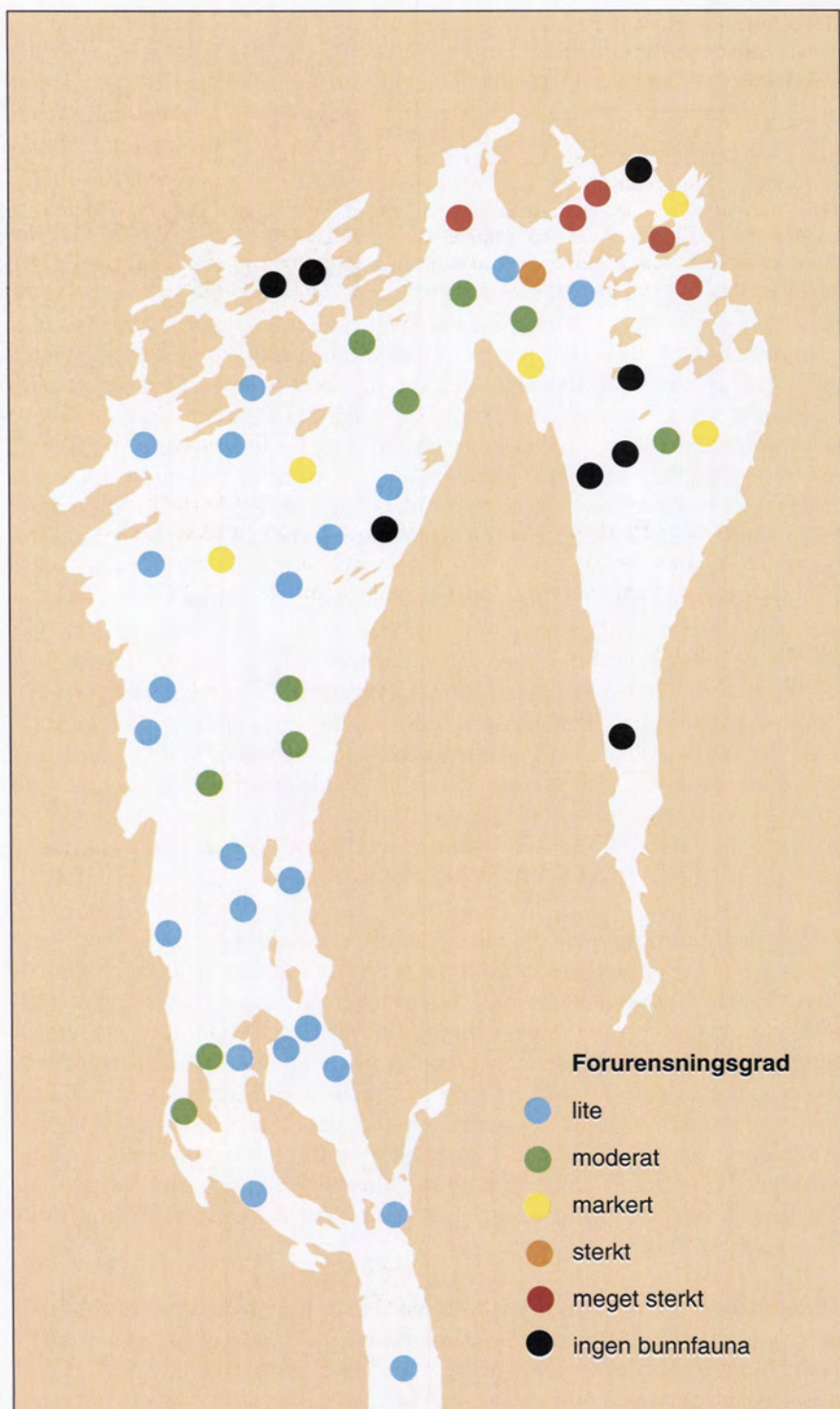
I de trange, grunne kilene i indre fjord, og dem er det mange av, skjedde det store endringer. Den klare, faste bunnen, stedvis dekket av tangkolonier og kanskje ålegress, ble tilført mer organisk materiale enn konsumentene kunne fortære. Dyrelivet i sedimentet og like over gikk tapt, og en forråtnelsesprosess startet i det organiske bunnslammet. Mange av de grunne, beskyttede områdene er blitt småbåthavner. Der var vannutvekslingen spesielt liten, og det samlet seg grønske og slam som skapte dårlige forhold. Disse områdene var opprinnelig viktige oppvekstområder for fisk og annet dyreliv, og fikk nå redusert betydning. Enkelte steder kom det et hvitt belegg på bunnen. Det var et teppe av bakterier som levde av svovel, som ble frigjort ved forråtnelsesprosessene i sedimentet. Det kunne også komme gassbobler opp fra bunnen.

I de fri vannmassene ble algeveksten så sterk at den farget vannet brunlig, rødlig eller melkehvitt, avhengig av hvilken algeart som dominerte. Sikten i vannet ble sterkt redusert, og man kunne merke lukt av vannet. Hvis de små næringsdyrene, som spiser planteplankton og som selv er føde for større dyr, også hadde økt i antall, kunne kanskje en ny likevekt ha oppstått. Slik gikk det ikke. Det ble et overskudd av planteplankton som langsomt sedimenterte mot dypere vannmasser. Det øverste vannlaget hadde tilstrekkelig kontakt med luften til at det ikke oppstod oksygenproblemer. I døgnetts lyse timer kan fotosyntesen her faktisk føre til en overmetning med oksygen. I døgnetts mørke timer vil både planter og dyr ha et forbruk av oksygen.

I de dypere vannmassene ble oksygeninnholdet holdt oppe gjennom fornying av vannet. I de midlere lag skjedde det så ofte at det sjelden ble problemer. Men i de dype områdene, hvor bunnvannet var avstengt over lengre perioder, ble oksygenreserven i vannet redusert, eller brukt opp. Den økte transporten av planteplankton og annet organisk stoff mot bunnen intensiverte nedbrytningsprosessene. Etter hvert som oksygenkonsentrasjonen i vannet sank under et visst nivå i enkelte dypområder, gikk det ut over dyrelivet. Først ble fisken borte, så forvant krepssdyr som reker og til slutt børstemark og andre bunndyr. Hvis det gikk så langt at alt oksygen ble brukt opp, overtok spesielle bakterier nedbrytningen av organisk stoff under dannelsen av hydrogensulfid, som er dødelig for alle dyr.

Bunnfaunaen ble også påvirket av gjødslingen. Da produksjonen av alger i det øverste vannlaget økte, ble det mere mat for dyrelivet på bunnen. Alle bunndyrene er oksygenavhengige, selv om enkelte kan overleve ved ganske lave konsentrasjoner.

Bunnefjorden, som alltid har hatt lavt oksygeninnhold i de dypere vannlagene, ble på 1950-tallet så dårlig at rekefisket opphørte. Det ble stadig større områder med rått bunn og større mengder råttent dypvann. Da utslippene nådde sitt største nivå på 1970-tallet ble det også dårlige forhold for rekene i de



Figur 28. I prøver av det øvre sedimentlaget er det blitt silt fra dyr ned til ca. 1 mm størrelse. Antall arter og antall individer av hver art ble bestemt, og ut fra det kan man avlese det biologiske manifoldet og dermed forurensningstilstanden. Her er fjordens forurensningsgrad klassifisert etter bunnfaunaens tilstand i 1983. Enkelte deler av fjorden var så dårlige at det ikke ble funnet dyr.

F. Olsgard

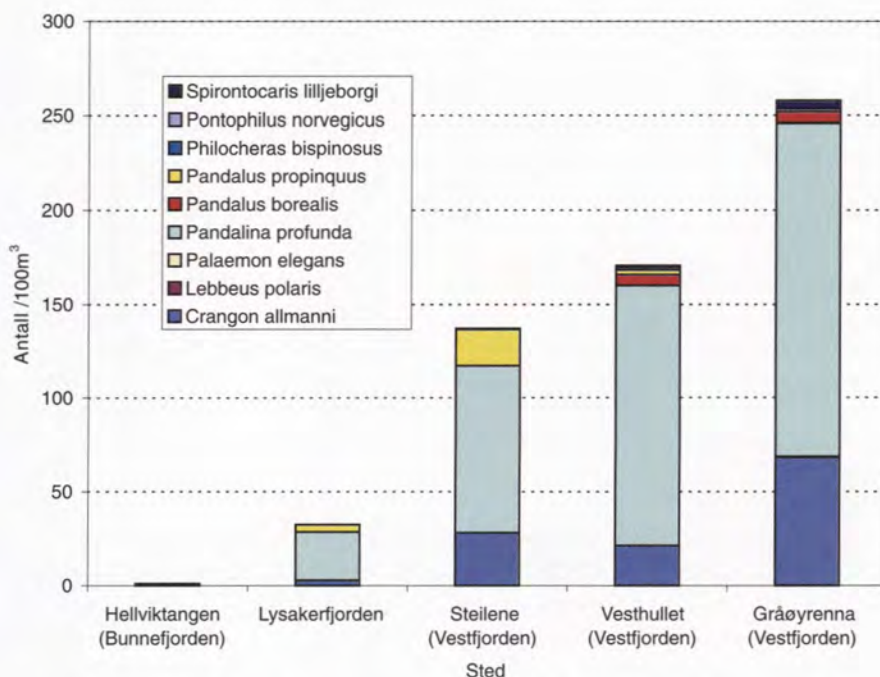
Reker kan bare forekomme når det er oksygen i vannmassene og helst når innholdet er over 1 ml/l. Reker har vært fanget i hele indre fjord- også i Bunnefjorden så sent som til omkring 1950. Siden da har det blitt tatt prøver av livet på og nær bunn med en bunnslede, Beyer-sleden, konstruert av førsteamanuensis Fredrik Beyer ved Universitetet i Oslo. Ved å slepe sleden en bestemt strekning på bunnen på bestemte steder til samme årstid gjennom flere år, kan antall arter bestemmes og endringer med tiden og fra sted til sted avsløres.

J. A. Berge



nordre delene av Vestfjorden. For å undersøke disse forholdene konstruerte førsteamanuensis Fredrik Beyer en spesiell slede. Ved å trekke sleden over en bestemt strekning av bunnen, fanget han de dyrene som levde på og like over bunnen, bl.a. dypvannsrekene. Første observasjon ble tatt i 1950.

Figur 29 viser fangsten av reker ved sledetrekking høsten 2001 og er et resultat av utviklingen i Vestfjorden og Bunnefjorden. Fra 1950 til 1970 ble fangsten



Figur 29. Høsten 2001 ble Beyersleden trukket i fjorden. Her er noen resultater av rekefangsten i fjorden. I Bunnefjorden, på stort dyp, ble det ikke funnet reker, mens antallet arter og mengden øker utover fjorden. *Pandalus Borealis* er den arten vi nyter til hvitvin. Situasjonen denne høsten var bra sammenlignet med tidligere, men så var det også en god dypvannsfornyelse i hele fjorden tidligere på året.

R. Amundsen, T. Andersen, J. A. Berge



Figur 30. Det er viktig at vannet som danner nytt dypvann i indre Oslofjord, har bra oksygenkonsentrasjon. Innstrømmende vann fra Drøbaksundet og ytre Oslofjord har saltholdighet over 33. Her er presentert middelverdier av alle årlige oksygenobservasjoner fra vannmasser utenfor terskelen med høyere saltholdighet enn 33. Oksygenkonsentrasjonen er jevnt over høy, sammenlignet med indre Oslofjord, men den har en nedadgående trend. En slik utvikling svekker effekten av de rensetekniske tiltakene i indre Oslofjord.

Havforskningsinstituttet og NIVA

gradvis dårligere. På 1970-tallet var det ingen fangst på enkelte stasjoner. Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet ble samtidig dårligere. Det forklarer utviklingen i rekefangstene.

Dette var en katastrofe for det yrkesmessige rekefisket i fjorden. Gamle reke-trekk i Bunnefjorden kunne ikke lenger brukes, og i Vestfjorden var store deler av rekefeltene også tomme. De dårlige oksygenforholdene påvirket også forekomsten av andre arter negativt. Faunaen i Bunnefjordens dypere lag ble utryddet og fisket redusert. Oksygenkonsentrasjonen, som ved vannfornyelse økte hver vinter i Vestfjorden og ca. hver tredje vinter i Bunnefjorden, var ikke lenger tilstrekkelig. I tillegg ble det også registrert en nedgang av oksygenkonsentrasjonen om høsten i Drøbaksundet i det vannet som hver vinter strømmer inn og danner nytt dypvann i indre fjord, dvs. tilførselen av oksygen til fjordens dypvann ble gradvis redusert (fig. 30). Oksygenbalansen ble dårligere da tilførselene ble mindre, samtidig som forbruket var det samme.

Giftige alger. Effektene av overgjødningen i indre Oslofjord har vært tydelige, og nye effekter blir stadig oppdaget. For eksempel har oppmerksomheten mot giftproduserende alger tatt fart de siste 20 årene. Det skilles mellom miljøgifter som tilføres gjennom utslipp fra bebyggelse, landbruk og industri, og som er omtalt nedenfor, og toksiner som produseres av levende organismer. Her brukes "gift" om begge deler. Tidligere var det kjent at enkelte planktonalger produserte gift som av og til gjorde det farlig å spise blåskjell. I de fleste tilfellene vil konsum av befangte blåskjell gi tildels sterkt ubehag (diar-rer m.m.) og i noen tilfeller alvorlig forgiftning. Det siste skyldes gift som angriper nervesystemet og som kan medføre død. Oppblomstring av giftige

alger er også et naturlig fenomen og ikke nødvendigvis forårsaket av forurensning, men i forurensede områder øker muligheten for at de opptrer i så store mengder at det kan føre til problemer.

Blåskjellene lever av planteplankton. Professor Trygve Braarud holdt et foredrag i 1954 hvor han advarte mot konsum av blåskjell. Fra tid til annen forekommer det store mengder av giftproduserende alger som gjør blåskjellene giftige. Faren ved å spise blåskjell var på det tidspunktet lite påaktet. Senere har dette fått stor oppmerksomhet. Det er nå påvist flere nye arter av planteplankton som kan produsere gift. De forekommer nå nær sagt til alle årstider og er ikke noe spesielt fenomen for indre Oslofjord. Noen av disse algene har hatt masseforekomster i kystfarvannene og har medført dramatisk fiskedød i oppdrettsanlegg. Kanskje var de der hele tiden, og kanskje er det skader på fiskeoppdrett og mer intens overvåking som gjør at vi nå først har registrert dem.

Nå er det jevnlig overvåking både av algene og av blåskjellene. Helsevesenet opplyser om blåskjellene kan spises eller ikke. Det anbefales å bruke blåskjelltelefonen, hvor byveterinærer som følger situasjonen, kan advare når det er fare for giftige alger. Det tas jevnlig prøver av blåskjell for å se på forekomsten av gift, samtidig som det også foregår en overvåking av planteplankton i sommerhalvåret i skandinaviske farvann. Dette gjøres for å kunne advare oppdrettere langs kysten om forekomsten av giftige alger, men også fordi enkelte arter kan ha negative effekter om bare algemengden er stor nok. På Internett oppdateres algesituasjonen en gang i uken i sommerhalvåret for hele norskekysten.

Det er et viktig mål for forskningen å finne hvilke forhold det er som bidrar til produksjonen av algegift. En teori er at en ubalanse mellom nitrogen og fosfor fører til oppblomstring av giftige alger. Algene produserer flere forskjellige giftstoffer. Det er ikke noen som vet årsaken til denne produksjonen. Det kan være ledd i en overlevelsesstrategi eller rett og slett biprodukter i stoffskiftet.

Såvel masseoppblomstring av alger som forekomst av giftige alger er kjent i historisk tid på enkelte steder rundt omkring i verden. Dette er således ikke noe nytt fenomen. Men det synes som om nye arter, som vi ikke kan se har forekommet tidligere i våre farvann, nå gir problemer. De kan ha blitt ført til Norge med ballastvann fra skip. Ballastvann inneholder planteplankton og kan bli transportert fra fjerne farvann og tømt i norske farvann. Derved introduseres fremmede arter. Dette kan medføre store konsekvenser for dyre- og plantelivet. En annen spredningsmekanisme er de store havstrømmene som kan føre arter fra andre farvann til Norge. Et eksempel på dette fra indre Oslofjord er en japansk tangart som er kommet og kan konkurrere ut andre arter.

Publikums reaksjoner

Vi kjenner ikke så nøye til publikums reaksjoner fra den tid forurensningene begynte å gjøre seg gjeldende. Det er tydelig at det allerede i tiden før og etter år 1900 var betydelige ulemper forbundet med forurensningen av Oslofjorden i byens nærhet. Den komité som ble nedsatt av Kristiania formandskab år 1900 (se kap. 5) hadde vide fullmakter og betydelige ressurser til disposisjon. Det må ha vært alvorlige ulemper som førte til denne komitéopprettelsen. Vi vet at de folkebadene som senere ble anlagt, etter hvert måtte nedlegges av helsemessige grunner. Utenfor byens nærhet virker det som om endringene var mindre alvorlige. Det var først etter krigens slutt i 1945 at publikum oppdaget at noe var galt. Utover i 1950-årene økte reaksjonene. Det var vanlig med innlegg i avisene om ulemper og "stygt vann". Nyheter fra forskerne om negative endringer i fjorden ble presentert med fete overskrifter.

Reaksjonene skyldtes særlig ulemper ved bading, både de uestetiske forholdene og den helsemessige faren. Verdien av friluftslivet ble betydelig redusert. Også yrkesfiskerne klaget.

Oslofjordproblemet ble tatt opp på møter, bl.a. i Polyteknisk Forening og i Norske Sivilingeniørers Forening. Misnøyen med tilstanden kom sterkt fram. Det ble krevet rensing, og at bygging av renseanlegg måtte starte omgående. Mange forstod nok at det var næringssaltene i avløpsvannet som hadde hovedansvaret for problemene i fjorden, men dette var en ny problemstilling for teknologene. Oslos tekniske etat var innstilt på å ta i bruk de rensetiltakene som allerede var i gang i andre land, spesielt Tyskland og England, og hvor planktonoppblomstring i sjøvann ikke var i søkelyset. Tekniske tiltak krever en plan som kan føre til et gitt mål. Skal man bygge renseanlegg, kreves det at man vet hva slags rensing det skal være, hvor anlegget skal plasseres og hva slags avløpsvann det får til behandling. Alt dette var uklart. Det var på en måte gitt at diskusjonene ikke ville føre fram. Problemet var desto større ettersom det var klart at man stod overfor store tiltak som ville koste mange penger, og som ville bestemme utviklingen på dette området for lang tid framover.

Marinbiologene ved Universitetet i Oslo forsøkte å forklare hva problemet bestod i. Professor Braarud skrev om dette allerede på 1930-tallet, før man ble klar over hvor langt utviklingen kunne gå. Men fra en biologisk forståelse til en teknisk løsning er det vanligvis en lang vei. Det kan sies så enkelt som at biologene og teknologene ikke alltid forstod hverandres språk.

Bekymringen for fjordens utvikling var allerede i 1930-årene tatt opp av Oslofjordens Friluftsråd og i 1950-årene av Aksjonsutvalget mot Oslofjordens forurensning.

Oslofjordens Friluftsråd

I 1933 tok Holger Koefoed, Asker, initiativet til et interkommunalt samarbeid for å sikre friluftslivet i Oslofjorden. En fullsatt Aula hvor bl.a. kronprins Olav var til stede, støttet ideen varmt, det var 31 august. Stiftelsesmøtet ble holdt 23 november samme år. Fra 1934 var Oslofjordens Friluftsråd (OF) i full virksomhet. Fra starten var 18 herreder, 7 byer, et fylke og en rekke velforeninger og organisasjoner medlemmer. Etter hvert ble samtlige kommuner og alle 5 fylkene rundt Oslofjorden, fra svenskegrensen til grensen mot Telemark, medlemmer.

Det ble straks oppnevnt flere komiteer, bl.a. en til å ta seg av forurensningssaker.

O.F.s hovedoppgave var å sikre strandarealer og badeplasser for friluftsbruk. De ble merket slik at folk visste de hadde rett til å oppholde seg der. O.F. har etter hvert sikret 18 kvadratkilometer med strandarealer og dessuten bidratt til at de enkelte kommunene har sikret sine egne områder. Friluftsrådet har på denne måten fått et stort forvaltningsansvar, og har sørget for renovasjon, oppsetting av søppelkasser og doer. Siden 1998 har O.F. stått sentralt i et nyetablert renovasjonsopplegg, Skjærgårdstjenesten, for hele Oslofjorden og Telemark fylke. Det gjelder alle arealene som ikke kommunenes ordinære renovasjonsopplegg kan ta seg av, slik som øyer og vegløse områder.

Foruten sikringen av nye arealer for friluftslivet, var det en selvsagt sak at alt måtte gjøres for at fjorden skulle bli noenlunde ren. Interessen for dette har vært der hele tiden siden. Ettersom forurensningsproblemene stadig vokste og krevde mer og mer arbeid, var det naturlig at et eget organ ble dannet som kunne ta seg av det. Aksjonsutvalget mot Oslofjordens forurensning ble derfor stiftet i 1953 av en rekke interesserte organisasjoner, blant dem Oslofjordens Friluftsråd.

Aksjonsutvalget mot Oslofjordens forurensning

Aksjonsutvalget ble stiftet i 1953 av 24 større og mindre organisasjoner i Oslo og distriktene rundt Oslofjorden. Formålet var å få stanset den tiltagende forurensningen av fjorden og arbeide for å få renere fjordvann. Initiativet ble tatt av Hermann Lunde i Oslo Sportsfiskeres Forening. Utvalget ble dannet for å få kommunene til å intensivere arbeidet med mottiltak. Det ble ledet av disponent Reinholdt Isachsen med advokat Gunnar Mack som sekretær. Utvalget bidro til å spre informasjon om fjordens tilstand, om problemer med søppel og olje og om at fjorden ble brukt som søppelkasse. Det ble arbeidet for at slamdumping skulle bli flyttet til ytre Oslofjord. Utvalget fikk satt opp en transparent på Digerud fyr ved innseilingen til Oslo. Det hadde bildet av en svane og teksten: "Help us to keep the fjord clean". Da det nederlandske skipet Bloemendaal hadde spilt olje ved Søndre Langåra, reiste utvalget sak om erstatning. Saken ble vunnet og vakte berettiget oppsikt. Dette var en nyvinning på dette området. Utvalget skjønte imidlertid at problemene var større enn de kunne hanskes med. Utvalget vedtok i november 1959 å innstille sin virksomhet og ba innstendig Oslo kommune å ta forurensningsproblemene opp i full bredde. De henviste til Norsk institutt for vannforskning, NIVA. Aksjonsutvalget ble oppløst 23. mai 1966.

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord

I perioden 1972-76 var det egne fagråd og prosjektkomiteer for østre og vestre side av indre Oslofjord, styrt av folkevalgte. Årsaken til denne oppdelingen var at de vestre kommunene hadde gått sammen på et tidligere tidspunkt om et felles utrednings- og planleggingskontor, Oslofjordkontoret. Kontorets hovedoppgave var å utrede et felles avløpssystem for vestkommunene, men det var også ønskelig å se på mulighetene for felles tiltak på østsiden av Oslofjorden. I og med vedtaket om å bygge VEAS ble Oslofjordkontoret oppløst 31. desember 1976.

Etter drøftelser mellom østre og vestre fagråd ble "Fagrådet for kloakk-samarbeid i indre Oslofjord" stiftet 22. november 1977 som et kollegialt samarbeidsorgan mellom kommunenes tekniske etater. Teknisk rådmann i Oslo, U.F. Beichmann var sentral ved opprettelsen av et samlet fagråd for indre Oslofjord. Han ble også Fagrådets første formann. Senere har teknisk rådmann i Oppegård kommune, Odd Mellum, 1982-85, vannverkssjef i Bærum kommune, Kjell A. Thomassen, 1986-89, og kommuneingeniør i Asker kommune, Bjørn Orhagen, 1990-95 vært formenn. Siden 1996 er teknisk sjef i Ski kommune, Lloyd Lilleng formann. Overingeniør Arne Rosendahl har vært sekretær siden 1988. Sekretariatet har hele tiden ligget i Oslo vann- og avløpsverk, nå Vann- og avløpsetaten.

I 1986 ble samarbeidet utvidet til også å omfatte vannforsyning. Navnet ble endret til "Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord." Fagrådets primære oppgave har hele tiden vært å overvåke og å foreslå tiltak til forbedring av forholdene i fjorden.

I alt 11 kommuner rundt indre Oslofjord er medlemmer og betaler kontingent til Fagrådet i forhold til folketallet. Dessuten er Fylkesmannen og Fylkeskommunen i Oslo, Akershus og Buskerud, de interkommunale avløpsverkene, Oslo havnevesen, Oslofjordens Friluftsråd og Indre Oslofjord Fiskerlag assosierte medlemmer. Budsjettet er i 2002 på ca. 2,5 mill. kr. Av dette får Fagrådet et mindre tilskudd til overvåking av fjorden fra staten og fylkeskommunen.

Fagrådet skal bidra til å:

- Sikre indre Oslofjord som naturressurs, til bruk for nærbefolkningens rekreasjon, friluftsliv og fiske
- Overvåke fjorden, og kartlegge forurensningstilførsler
- Etablere gjensidig informasjon om pågående og planlagte VA-tiltak av betydning
- Ta initiativ til konkrete samarbeidsprosjekter
- Representere kommunene overfor overordnede myndigheter hvor det er hensiktsmessig
- Informere politikere og publikum om forholdene i fjorden

Fagrådet er et rådgivende organ for kommunene rundt fjorden. Det har ikke noen besluttende myndighet. Avgjørelser tas av de folkevalgte i kommunene på grunnlag av forslag fra Fagrådet.

Norsk instutt for vannforskning

Professor Trygve Braarud var den egentlige initiativtaker til opprettelsen av Norsk institutt for vannforskning, NIVA. Allerede på det forberedende Utvalg for vannrensnings første møte i 1955 ble Oslofjordproblemet diskutert. Ved etableringen i 1958 var det 10 personer i sving. NIVA var ett av instituttene under Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd. Instituttets styre var hentet fra Vassdragsdirektoratet (senere miljøvernadministrasjonen), helsemyndighetene, forskningssektoren, kommunaltekniske etater og industrien. NIVA ble fristilt som egen stiftelse i 1986. Norges Forskningsråd og Miljøverndepartementet eier instituttet og oppnevner styret. Behovet for instituttets bistand til forskning, overvåking og uttalelser om vannressursenes tilstand, forslag til tekniske rammeløsninger og andre spørsmål fra myndigheter, industri og private angående vann og vannkvalitet var, og er fremdeles, stort. Antall ansatte steg raskt til ca. 150 personer. I 2001 var 170 personer ansatt på NIVA.

Da NIVA sist i 1959 fikk en formell henvendelse fra Oslo kommune om å undersøke indre Oslofjord, var oppbyggingen av instituttet kommet så langt at det ble ansett forsvarlig å ta på seg denne store oppgaven.

Oslofjordens forurensningshistorie i dekaner

- 1900 – 1910 Vannklosettet ble innført i Oslo (eg. Kristiania). En komite utredet avløps-problemet i 1900-1904. Innstillingen ble trykket 1907. Ingen av forslagene ble fulgt opp.
- 1910 – 1920 Mer og mer vanlig med klosetter.
- 1920 - 1930 Fortsatt befolkningsvekst i Oslo, stadig flere klosetter.
- 1930 - 1940 Skarpsno renseanlegg ble tatt i bruk 1931. Klare negative biologiske endringer påvist i fjorden. Råttent dypvann påvist flere steder. Ennå ingen alarm.
- 1940 - 1950 Lite nytt om Oslofjorden under krigen. Oslo og Aker kommuner slått sammen i 1948. I 1949-50 ble det flere steder påvist store mengder råttent dypvann.
- 1950 - 1960 Klager fra friluftslivet. Store diskusjoner om hva som burde gjøres. Brev fra Universitetet i Oslo til Oslo kommune i 1953 om endringene i indre Oslofjord. Aksjonsutvalget mot Oslofjordens forurensning startet i 1953. Professor Trygve Braarud holdt foredrag i Polyteknisk Forening ,PF, om Oslofjorden som resipient i 1954. Professor Ernst Føyn holdt foredrag i PF om elektrolytisk rensing i 1955. Utvalg for vannrensing oppnevnt i 1955, NIVA etablert i 1958.
- 1960 - 1970 Den store Oslofjordundersøkelsen, NIVA, UiO, UiBergen 1962-67. NIVAs utredning om alternative tekniske løsninger 1965-70. En rekke små, biologiske anlegg ble bygget i Osloområdet. Bekkelaget renseanlegg startet i 1963, Aksjonsutvalget oppløst i 1966. Forskningsanlegg med kjemisk felling på Skarpsno renseanlegg startet 1968.
- 1970 - 1980 Oslofjordkontoret ble opprettet i 1970. En rekke midlertidige anlegg startet med kjemisk felling. Nordre Follo renseanlegg startet i 1972. Stortinget ga lovhjemmel for å kreve kloakkav gifter i 1974. Politiske vedtak om samarbeid Oslo, Bærum og Asker 1975-76. Vestfjorden Avløpsselskap opprettet i 1976. Fagrådet for indre Oslofjord opprettet i 1977. Bygging av VEAS renseanlegg og tilførselstunnel startet.
- 1980 - 1990 VEAS startet i 1982. Festningen og Skarpsno renseanlegg nedlagt i 1984. Avløpstunnelen forlenget østover til Fagerlia på Bryn i 1985. Stor forbedring av overflatevannet. Meget få klager på fjord-vannet.
- 1990 - 2000 Bekkelaget renseanlegg bygget om. Nitrogenrensing innført som følge av Nordsjødeklarasjonen av 1987. VEAS startet nitrogenrensing i 1997. Nitrogenrensing ved Nordre Follo renseanlegg fra 1997. Vedtak om nytt Bekkelaget renseanlegg i fjell i 1996, bygging startet, det ble satt i drift i 2001.

Forskning og utredning

På slutten av 1800-tallet kunne man se en mann ro i en liten pram i indre Oslofjord for å samle organismer fra fjorden. Det var den senere berømte marinbiologen G.O. Sars som fra datidens forskningsfartøy samlet materiale for å beskrive de artene han fant i fjorden. Dyrene ble møysommelig avtegnet og beskrevet slik at vi idag vet hvilke arter som den gangen var vanlige i indre Oslofjord. Fra slike tidlige observasjoner vet vi også at det var dyr i dypvannet av Bunnefjorden som ellers hører hjemme i nordlige hav, men som var blitt tilbake i det kalde dypvannet i Bunnefjorden da isen trakk seg tilbake fra Sør-Norge. Som følge av at oksygeninnholdet i lange perioder har vært borte i dypvannet, finnes disse artene dessverre ikke lenger i fjorden. Disse artene vil ikke komme tilbake. Blant annet fantes håkjerring i fjorden, en hai som kan veie flere tusen kilo. Den er det vel få som savner.

Oslofjorden har vært gjenstand for vitenskapelige undersøkelser siden det 19. århundre. Norges skipsfart og fiskerier var antagelig årsaken til at det Kongelige Frederiks Universitet tidlig orienterte seg mot utforskningen av det marine miljøet. Det unge universitet i Christiania var under oppbygging da det matematisk-naturvitenskapelige fakultetet ble etablert i 1860. Fremragende forskere som Georg Ossian Sars (1837-1927), Fridtjof Nansen (1861-1930), og Haakon Hasberg Gran (1870-1955) hentet mye av sitt biologiske materiale fra Oslofjorden. Grunnleggende studier om vannforholdene ble utført av Bjørn Helland-Hansen (1877-1957) og Harald Ulrik Sverdrup (1888-1957). Den biologiske stasjonen i Drøbak ble anlagt i 1894 med Fridtjof Nansen som den første bestyreren. Fra 1897 var det Johan Hjort (1869-1948) som ble bestyrer. Hjort var den sentrale personen i norsk fiskeriforskning i mange år. Han fikk bygget det første havforskningsfartøyet "Michael Sars" som ledd i Biologisk stasjons virksomhet. Det hadde sitt første tokt sommeren 1900 og ble et forbilde for senere forskningsfartøyer. Drøbaksundet var allerede da kjent for sitt rike dyreliv i terskelområdet. Michael Sars (1805-1869) beskrev i 1865 bl.a. korallene i sundet. Alle de nevnte forskerne har fremtredende plasser i den marine forsknings historie.

Oslofeltet er internasjonalt godt kjent blant geologer, ikke mange steder kan man se så mange trekk fra en lang periode av jordens liv. Tidlige kunnskaper om Oslofjordens topografi og geologi har vært verdifulle for å forstå fjordens biologi.

Oslofjorden er et stykke hav. Både fysisk, vannmessig og biologisk er fjorden en del av Skagerrak, Nordsjøen og Atlanterhavet. Vi har på enkelte områder meget lange observasjonsserier om forholdene i fjorden. Oslofjorden er et av de best undersøkte fjord- og havneområder i verden. Da utviklingen gjorde det nødvendig å vurdere tiltak for å stoppe forurensningen, var de tidligere observasjonene til stor nytte. Det er så store forskjeller fra år til annet, bl.a. i klima og vannutskiftning, at det er bare ved studier av lengre tidsserier vi kan se om utviklingen har en tendens, og ikke bare svinger om det samme middel.

Lenge var det imidlertid slik at de enkelte observasjonene ikke ble satt inn i en sammenheng og koblet til menneskelige påvirkninger. Vi ser da bort fra helt lokale problemer som at Akerselva tidlig ble preget av industrivirksom-

heten, eller problemer i nærheten av kloakkutløp. For indre Oslofjord som helhet var det først biologiske undersøkelser i 1933/34 som avdekket en utvikling som måtte skyldes øket tilgang på næringsstoffer, altså en begynnende eutrofiering.

Det var Trygve Braarud (1903-1985) og Johan T. Ruud (1903-1970) ved Universitetet i Oslo som viste at oppblomstringen av planteplankton var størst nær Oslo by og at dette måtte være en følge av at det der var størst utslipp av næringssalter. Dette måtte tilskrives de kommunale kloakkutslippene som dengang var nær byen. Endringene ble imidlertid ikke sett på som alarmende. I 1949/50 utførte universitetsforskerne Fredrik Beyer (1922-) og Ernst Føyn (1904-1984) målinger som viste at fjorden var kommet inn i en dramatisk forverret situasjon. De påviste at bunnvannet var oksygenfritt, dvs. råttent, over store områder i indre fjord. Der kunne ingen dyr lenger leve. Oslo kommune ble gjort oppmerksom på situasjonen. Den erkjente at dette var kommunens problem, og at kommunen måtte finne en løsning. Men hvilken?

Det har vært forskere ved Universitetet i Oslo og utenlandske gjesteforskere som siden midten av det nittende århundre har stått for forskningen. Også Havforskningsinstituttet i Bergen har bidratt med viktige observasjoner, særlig de som har betydning for vurdering av fiskeressursene. Uten disse betydelige bidragene, hadde utgangspunktet for forurensningsundersøkelsene som startet i 1962, vært et helt annet og det ville vært langt vanskeligere å trekke konklusjoner.

Oslo kommune henvendte seg i 1959 til NIVA, bl.a. på oppfordring fra Aksjonsutvalget, for å få utført en undersøkelse av forurensningssituasjonen i Oslofjorden. Etter avtale laget NIVA et program som en felles oppgave for Oslo og Bærum. Arbeidet startet i 1962. Senere sluttet Hurum, Røyken, Asker, Oppegård, Ski, Ås, Nesodden og Frogn seg til, og de 10 kommunene delte utgiftene til undersøkelsene mellom seg i forhold til folketallet.

Det store Oslofjordprosjektet (1962-67) som ble ledet av NIVA, hadde bred deltakelse fra universitetene i Oslo og Bergen. Det ble nedsatt et prosjektråd med tre professorer fra Universitetet i Oslo: Johan T. Ruud, Trygve Braarud og Ernst Føyn, og en professor fra Universitetet i Bergen: Håkon Mosby (1903-1989). Dette opplegget sikret sterk faglig assistanse. Over 20 forskere var engasjert, flere på heltid.

Basert på daværende kunnskap og metodikk, de instrumenter som var utviklet og de praktiske erfaringer som tidligere feltarbeid gjennom mange år hadde gitt, ble alle hovedelementene om fjordens fysiske og biologiske forhold undersøkt. I løpet av 4 år ble det gjennomført 60 hovedtokt til 15 stasjoner med vannprøver fra en serie dyp. I tillegg var det en rekke overflatetokt med hurtigbåt hvor det ble tatt prøver og målinger i overflatevannet i løpet av kort tid. Det ble mange prøver og et stort antall analyser som krevde en stor kapasitetsøkning i laboratoriene. Resultatet var et stort tallmateriale, som krevde både individuell og statistisk behandling. Dette var i en tidlig fase av EDB-alderen. Datamaskinene hadde liten kapasitet og programvaren for slike formål var meget lite utviklet. Det ble vurdert å innstille arbeidet i et helt år mens tallbehandlingen ble tilrettelagt. Programmet og tidspresset tillot imidlertid ikke det. Flere analyseresultater ble preget inn på hullkort og siden overført til



To generasjoner forskningsfartøy i Oslofjordens tjeneste.

"F/F H.H.Gran" – døpt etter den kjente marinbotanikeren (1870-1955) ved Universitetet i Oslo. Båten ble bygget for Oslofjordprosjektet og tatt i bruk i februar 1963. Den var i tjeneste ved NIVA fram til midten av 1980-tallet.

en av landets første datamaskiner (på Sentralinstitutt for industriell forskning, SI). Enkle datamodeller ble brukt for å analysere det omfattende tallmaterialet fra feltarbeidet og analysene.

Hovedrapporten og et tyvetalls underreporter forelå i 1967.

Det ble entydig konkludert at fjorden var forurenset i alle deler og alle dyp. Den sterke veksten av alger utgjorde hovedproblemet, og det var altså et resultat av overgjødning.

Arbeidet ble videreført i et teknisk prosjekt, hvor plassering av renseanlegg og alternative måter å samle avløpene på var sentrale. Alternativene inkluderte valget mellom få store, eller flere mindre renseanlegg, og om utslippene skulle være i indre eller ytre fjord, ev. begge deler. En første modell ble utviklet for å sammenligne omkostningene mellom ulike tekniske løsninger for transport og rensing. Det var hele tiden klart at rensingen skulle omfatte en kombinasjon av mekanisk og kjemisk rensing for fjerning av partikler og utflokking av fosfor. Det siste trinnet ville også fjerne storparten av det organiske stoffet.

NIVA ledet også dette arbeidet. Det foregikk i samarbeid med de berørte kommunene, institusjoner i Norge og Sverige og konsulentfirmaer. Et stort antall kombinasjoner av ledningsnett og renseanlegg ble vurdert. Det ble valgt å belyse i alt 16 ulike løsninger, basert på utslipp dels i indre Oslofjord, dels utenfor Drøbakerskelen. For hvert alternativ kunne avløpet fra Oslo deles på tre måter, slik at det i alt forelå 48 kostnadsberegnete alternativer. Kapitalkostnadene ble omgjort til årskostnader ved å bruke en rentefot på 10%. Denne måte å sammenligne kapital- og driftskostnader var den gang ny for kommunene. Rapporten forelå i 1970 og ble lagt til grunn for opprettelsen av et interkommunalt Oslofjord-kontor for videre planlegging (fig. 31).



"F/F Trygve Braarud" – døpt etter professoren som etterfulgte Gran i dennes nyopprettede professorat i marin botanikk. Denne båten er Universitetets forskningsfartøy og ble bygget i 1983. Den er nesten 22 meter lang, og er et moderne fartøy med utstyr som dekker behovet for de fleste aktuelle undersøkelser. Fartøyet brukes i dag regelmessig til overvåkingen av indre Oslofjord.

A. Rosendahl

Utsetting av utstyr for prøvetaking fra ulike dyp. Vannhenterne sitter øverst i en kran. Instrumentet under vannhenterne måler kontinuerlig vannets temperatur og saltholdighet.

A. Rosendahl





Våtlaboratoriet på «F/F T. Braarud». Her tappes vann fra vannhenterne i ulike mindre flasker for videre analyser.

B. Faafeng

Blant alternativene var det tre som skilte seg ut som de økonomisk mest fordelaktige; alle tre hadde utslipp til indre fjord:

- Alt.1.2B. Bekkelaget renseanlegg ble opprettholdt, avløp fra Oslo vest for Akerselva ført til Lysaker, og ytterligere 3 renseanlegg anlagt i Bærum og Asker.
- Alt, 1.4B. Bekkelaget renseanlegg ble opprettholdt, og alt avløp vest for Akerselva ført til ett anlegg ved Slemmestad.
- Alt 1.5. Bekkelaget renseanlegg ble nedlagt og alt avløp, også fra østsiden av Oslofjorden, ført til et hovedrenseanlegg ved Slemmestad.

Første halvår 1976 fattet Asker, Bærum og Oslo vedtak om utbygging etter alternativ 1.4B, og etablering av Vestfjorden Avløpsselskap, VEAS.

I denne summariske fremstillingen er ikke de mange avisinnleggene, diskusjoner og møter nevnt hvor spesielt beliggenheten av renseanleggene sto i sentrum. Til tider var debatten svært hektisk og anstrengende, men så viktig som avgjørelsen var, kan vi nå være glad for at alternativene ble grundig belyst.

Forskning og utvikling etter 1970 har ført til mange framskritt for utformingen av avløpssystem og avløpsrensing. Det har under våre forhold vært et problem at renseanleggene må behandle tynnere og kaldere vann enn i de fleste andre land. Det setter høye krav til effektivitet om anleggene skal få en overkommelig størrelse. Fra 1970 til 1979 bevilget Miljøverndepartementet ialt 30 millioner kroner til et Prosjekt rensing av avløpsvann, PRA. Blant annet ble det gjennomført pilotskala utprøving av kjemisk rensing som direktefelling. Resultatene har gitt dimensjoneringsgrunnlag for en rekke anlegg i Norge.

8. Praktiske konklusjoner

Fra del I. Undersøkelsen 1962 – 1965

Kommunene rundt indre Oslofjord anbefales å legge opp et program med fast tidsramme (5 – 10 år) med sikte på at indre Oslofjord inntil videre fortsatt brukes som resipient etter følgende retningslinjer:

1. Alt forurenset vann må ledes bort fra vassdragene og føres fram til et lite antall samlepunkter ved fjorden. Vassdragene og selve fjorden må videre befris for drivgods, olje og andre flytestoffer.
2. Kloakkvannet må passere mekaniske renseanlegg for fjerning av slam og flytestoffer og ledes ut i fjorden på 30 – 60 m dyp, avhengig av vannmengde og hydrografiske forhold på de enkelte steder i fjorden. Ved anleggene avsettes plass til ytterligere rensning.

Fra del II. Utredning av tekniske løsninger

1. Kommunene rundt indre Oslofjord anbefales å komme fram til en felles avløpsplan og å samordne sine hovedavløpsanlegg i henhold til denne. Ut fra økonomiske beregninger er alt. 1.2 B, 1.4 B og 1.5 de gunstigste. Disse alternativ er økonomisk omtrent likeverdige.
2. Ved en samlet vurdering av de forhold som anbefales lagt til grunn for valg av alternativ, bl.a. hensynet til resipienten, fremstår alt. 1.4 B og 1.5 som gunstigere enn alt. 1.2 B.
3. Det anbefales at det settes opp et investeringsprogram med sikte på å gjennomføre den valgte plan. Investeringsprogrammet bør omfatte:
 - a. Avløpsanlegg som kan lede forurenset vann bort fra vassdragene.
 - b. Hovedanlegg for transport av avløpsvann til et begrenset antall samlepunkter ved fjorden.
 - c. Renseanlegg for alt avløpsvann, inklusiv anlegg for behandling og deponering av slam. Ved renseanleggene er det ønskelig at kjemisk rensing settes inn så snart som mulig.
 - d. Dypvannsutslipp ved valgte utslippssteder.

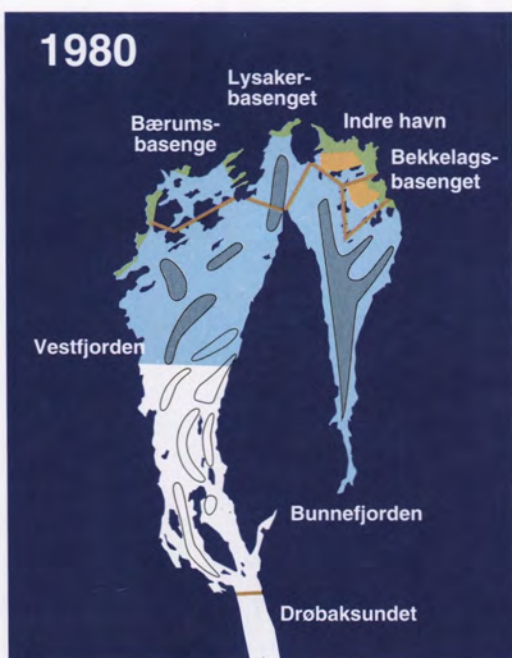
Figur 31. Faksimile av hovedkonklusjon i Oslofjordrapport nr. II fra 1970.



Det første renseanlegget på Bekkelaget sto ferdig i 1963. Med utvidelser og forbedringer var det i virksomhet til 2001.

Så sent som i 1990 ble det ansett tvilsomt å kunne lykkes med nitrogenrensing i vårt klima. Systematisk forskning har imidlertid vist at dette er fullt mulig. Oppholdstiden i et renseanlegg ble redusert fra over 20 timer til under 5 timer, noe som gir en betydelig besparelse, samtidig som over 70 % N-fjerning kan oppnås. Dette har kommet alle de tre store anleggene ved indre Oslofjorden til gode.

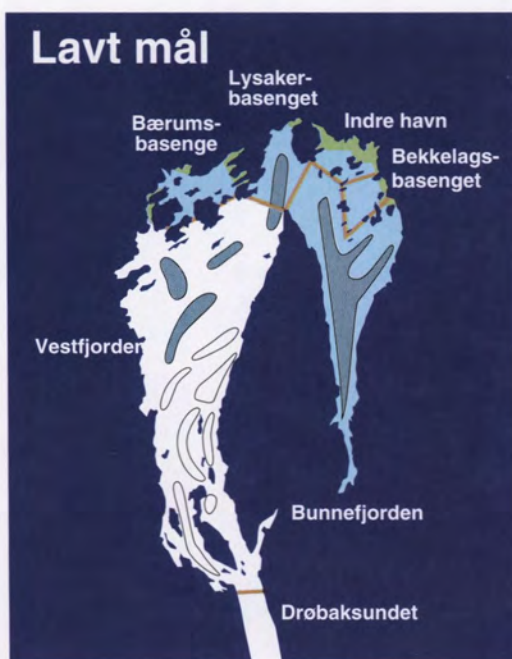
Etter hvert som de nye tiltakene ble gjennomført, kom det et ønske om å formulere framtidige vannkvalitetskrav til indre Oslofjord. En utredning basert på siktedyp i overflatelaget og oksygeninnhold i dypvannet ble lagt fram i 1986. Det ble formulert tre alternativer: Lavt, middels og høyt nivå. Målene har ikke blitt brukt til politiske vedtak, men er eksempler på en moderne måte å behandle miljøspørsmål på (fig. 32).



○ Mulige felt for reketråling

Området har for dårlig vannkvalitet til:

- mangfoldig dyre- og planteliv
- synsopplevelse
- bading
- rekefangst



Figur 32. Det foreligger ikke noen politisk fastlagte kvalitetsmål for miljøet i indre Oslofjord. Et forslag til slike ble utarbeidet i 1986. Kartene beskriver to målnipper (ambisjonsnivåer) basert på arealbruksformene, samt situasjonen som den var på 1980-tallet. Synsopplevelser, bading, livsvilkår for fisk og reker, og mangfoldig plante-og dyreliv ble stilt sammen i forskjellige kombinasjoner.

Overvåking og undersøkelser

Overvåkingsprogrammet

Overvåkingen av indre Oslofjord startet i 1973. Egentlig ble det startet undersøkelser mye tidligere, men de ble ikke betraktet som overvåking. Regelmessige undersøkelser startet på 1930-tallet, men ut fra en helt annen målsetning enn å overvåke fjordens forurensning.

Det var Oslofjordkontoret som i 1972 ga NIVA i oppdrag å gjennomføre et langsiktig overvåkingsprogram for å kontrollere at fjorden utviklet seg etter prosjektets anbefalinger. Daværende teknisk rådmann i Oslo U.F. Beichman innså at det var et behov for en slik overvåking. Han var også sentrale ved opprettelsen av Fagrådet for kloakksamarbeid i indre Oslofjord, som ble etablert i 1977. Fra da av overtok Fagrådet ansvaret for overvåkingen av indre Oslofjord. Siden har overvåkingsprogrammet vært gjennomført årlig under Fagrådets ledelse.

Overvåkingsprogrammet baserer seg på tidligere undersøkelser, metodikk og kunnskaper. Dette har gjort det mulig å følge en utvikling fra lav til høy belastning med forurensningstilførsler, samt effekten av de rensetekniske tiltakene som etter hvert har blitt satt i drift. For å få kontinuitet og stabilitet i programmet, ble det satt opp for perioder på 10 år. Begrenset økonomi gjorde at ikke alt kunne gjennomføres hvert år. Hensikten var at det i tillegg til de årlige rapportene, skulle lages en bred statusrapport om fjordens tilstand hvert 10. år.

Arbeidet ble ledet av NIVA. Andre institusjoner har deltatt med undersøkelser, spesielt Biologisk institutt ved Universitetet i Oslo. Universitetet har også alltid hatt en representant i Fagrådets fjordgruppe, som har vært styringsgruppe for overvåkingen.

Overvåkingsprogrammet konsentrerte seg i begynnelsen om forurensningssituasjonen som følge av utslipp fra kommunale avløp og overgjødning (eutrofiering). Imidlertid kom relativt raskt søkelyset på miljøgifter. Dette ble også en del av undersøkelsesprogrammet, om enn ikke like regelmessig som for de andre undersøkelsene. De første orienterende undersøkelsene på metaller og PCB ble gjennomført i 1975.

Overvåkingsprogrammet har dokumentert en klar forbedring av eutrofieringsforholdene i fjorden etter at rensiltakene ble gjennomført. Imidlertid har nye forurensningsproblemer kommet i tillegg til overgjødningen. Tilførselene av miljøgifter har medført økte konsentrasjoner av miljøgifter i vannmassene, i sedimentene og i fisk. Klimaendringenes betydning for fjorden bør også utredes videre.

Et godt overvåkingsprogram gir en innsikt i fjordens tilstand som kan brukes til mange formål. Overvåking og spredning av informasjon om det som skjer i naturen, er meget nødvendig. I indre Oslofjord er det flere aktuelle eksempler som kan trekkes fram med tanke på praktisk bruk av overvåking:

1. Mange industrier bruker varmpumper for å redusere elektrisitetsforbruket til oppvarming eller avkjøling. Observasjonsmaterialet fra Oslofjorden er flere ganger blitt brukt til å velge effektivt inntaksdyp. Temperaturobserva-

sjoner foreligger og det er små ekstrakostnader med å få fram nyttig informasjon.

2. På 1980-tallet begynte Miljøvendepartementet å fokusere på den globale oppvarmingen av jorden. Ved bruk av lange tidsserier av overvåkingsdata har det vært mulig å vurdere eventuelle effekter av en framtidig temperaturøkning på norske fjorder. I 1990 ble det første gang utredet mulige konsekvenser for indre Oslofjord. (se kap 6)

Miljøgifter.

De fleste kjenner nok til at Statens næringsmiddelstilsyn har kommet med advarsel mot konsum av lever fra torsk som er fanget innenfor Drøbak. I torskelerver kan det være for høye konsentrasjoner av det giftige stoffet PCB (polyklorerte bifenyler). Det er også andre giftstoffer i Oslofjorden som vi kan få i oss ved å spise fisk eller andre marine produkter. Advarslene presenteres fra tid til annen i pressen med fete typer. Er det virkelig så alvorlig og hva risikerer vi egentlig?

Dette handler om miljøgifter, dvs. stoffer som er laget og spredd av mennesker til naturen i en grad som kan være skadelig for planter, dyr og menneskene selv. Det er karakteristisk for miljøgifter at de er farlige selv i små konsentrasjoner, har lang levetid, transporteres, og ofte anrikes gjennom næringskjeden, slik at de gjør mest skade i de høyere ledd.

Miljøgifter omtales som en gruppe stoffer. Det er imidlertid viktig å legge merke til at hver enkelt miljøgift er spesiell når det gjelder kilde, spredning, og virkning. To miljøgifter kan forsterke hverandres virkning, virke uavhengig av hverandre eller svekke hverandre. De giftige stoffene som produseres av enkelte planktonalger, regnes ikke med i gruppen miljøgifter (se tidligere i dette kapittel).

Nå blir miljøgiftproblemer først og fremst knyttet til menneskers helse. De første signaler om denne faren kom med Rachel Carsons nå legendariske bok "Den tause våren" (Silent Spring, 1962). Tittelen spiller på at fuglekvidderet ble borte. Småfuglene døde, eller de fikk ikke fram nye kull fordi de hadde fått i seg DDT. Avlingene ble behandlet med dette midlet for å motstå insektangrep. Etter hvert er det et stort antall miljøgifter som er tatt i bruk i landbruk i kampen mot ugress, sopp, insekter m.m. Det er også store utslipp av miljøgifter fra industrien til luft og vann. Mange stoffer som inngår i materialer og produkter spres under og etter bruken som miljøgifter i naturen. Mange miljøgifter oppkonsentreres i næringskjeden der rovdyr eller mennesket ofte er det siste leddet. Det er denne oppkonsentreringen som i særlig grad har gjort problemet synlig.

Vi skiller ofte mellom to ulike typer miljøgifter. Dels er det tungmetaller som kvikksølv, kadmium, bly, kobber, dels organiske miljøgifter som DDT, PCB, dioksin og tjærestoffer, PAH. Disse er ofte fettløselige, dvs. de følger fettene i næringskjedene. Dette gjør at marine dyr er spesielt utsatte. Miljøgifter som DDT og PCB har fått en global spredning slik at det f.eks. er funnet høye konsentrasjoner i isbjørn, enda de er veldig langt fra utslippsstedene.

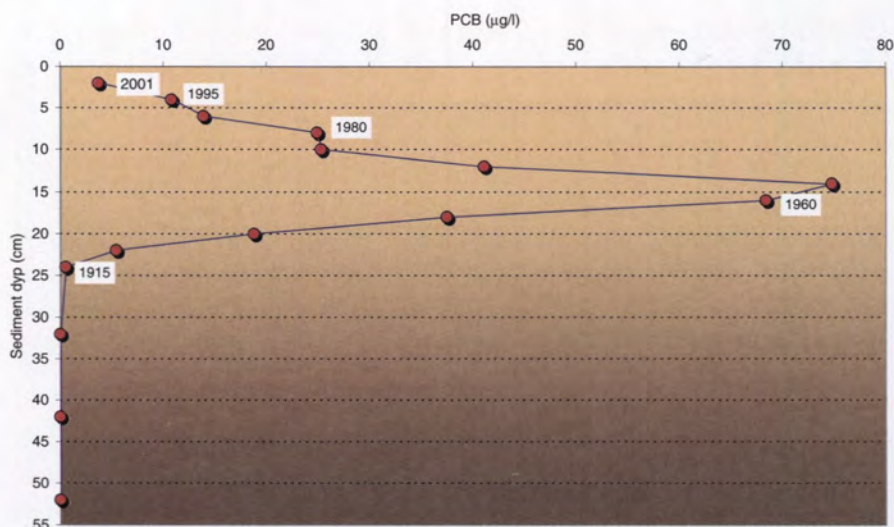
Effekten av ulike miljøgifter varierer, men gjennomgående er trusselen mot immunforsvaret og påvirkningen av forplantningsmekanismer og hormonsystemet de mest alvorlige.

Studiene blir nå stadig mer fokusert på den direkte trusselen mot naturen og menneskets livsgrunnlag. Kunnskapen om problemets omfang vokser langsomt frem, og kampen mot miljøgifter er bare i en begynnelse. Det slippes stadig nye stoffer ut i naturen og de langsiktige konsekvensene er ofte helt ukjente. På tross av forbud mot bruk av PCB i åpne systemer i Norge siden 1980, tilføres Norge fortsatt dette stoffet gjennom atmosfæriske transporter fra sørlige breddegrader. Gamle synder er også et problem. Vi vet at indre Oslofjord fortsatt tilføres PCB via elver og bekker. Store mengder PCB har vært brukt i transformatorer, i maling og i byggemateriale som fugemasse og betong.

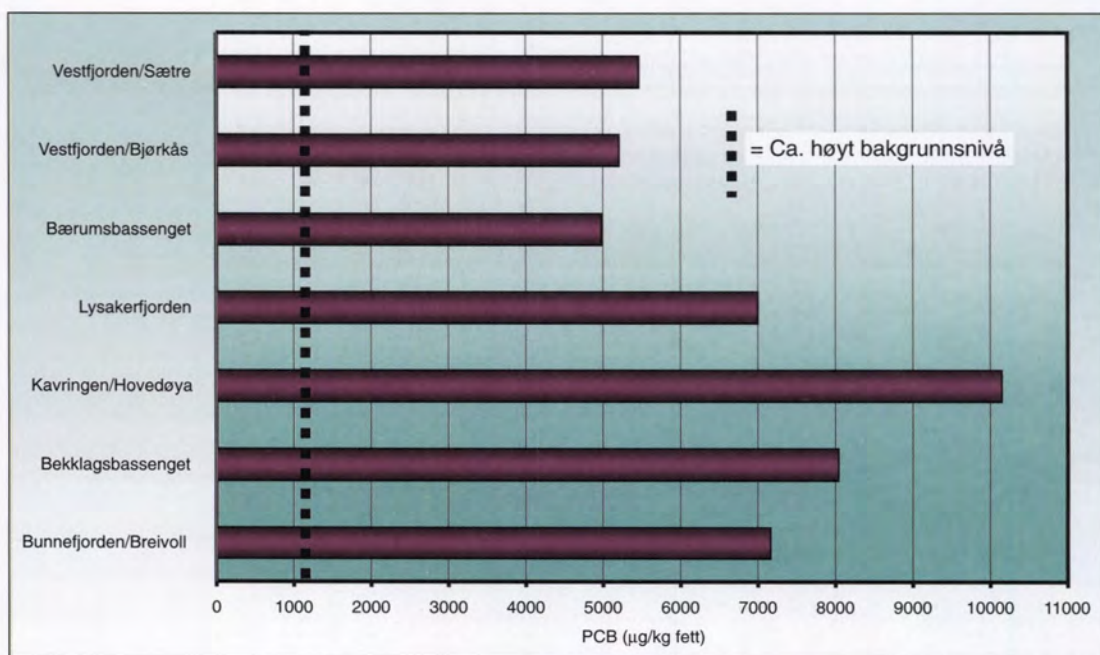
De høye forekomstene av PCB i torskelever ble først avslørt i 1984 i det statlige programmet for miljøgifter i organismer. Statens næringsmiddelstilsyn måtte derfor advare mot konsum av torskelever fra fisk fanget innenfor Drøbak i 1994. Advarselen gjelder fortsatt.

Det finnes mange andre stoffer som også er bekymringsfulle, som f.eks. TBT (tributyltinn), et av de giftigste stoffene. TBT blir brukt i maling for å hindre begroing. Mest kjent er det for bruk i bunnstoff på båter. Stoffet avgis langsomt til vannet. Det har forårsaket at hunner av strandsneglen i indre Oslofjord er blitt sterile (vagina ble deformert). Store deler av Norskekysten er også påvirket. Her er det vist at hunner av purpursnegl utvikler penis. Effekten er den samme som for strandsnegl dvs. sterilitet. Det er beregnet at 1 kg TBT blandet inn i 0-10 meters laget i hele indre Oslofjord ville gi konsentrasjoner som hadde en klar negativ effekt på strandsnegl. Det er påfallende at et stoff i meget små mengder kan ha en så stor påvirkning på sneglen. Reproduksjonsevnen til de ikke-sterile sneglene er imidlertid fortsatt tilstrekkelig stor til at TBT ikke lenger er noen stor trussel mot sneglebestanden langs kysten og i Oslofjorden. Hvilken effekt det kan ha på andre organismer, er en utfordring for forskerne. TBT er en av mange miljøgifter som forstyrrer de mekanismene som de naturlige hormonene styrer. Andre stoffer har lignende effekter; muligheten for at også mennesket kan påvirkes er til stede.

I indre Oslofjord har sedimentanalyser vist at tilførsler av f.eks. PCB har vært større tidligere (fig. 33). Fremdeles er overflatesedimentene forurensset (fig. 35). Etter den statlige klassifiseringen av forurensningsgraden (en femgradig skala) blir sedimentene i store deler av indre Oslofjord karakterisert fra "meget sterkt" til "markert forurensset" (de tre dårligste tilstandsklassene). Her er det ikke bare PCB, men tjærestoffer (PAH), olje, kvikksølv og andre miljøgifter som bidrar. Generelt finnes de høyeste konsentrasjonene innerst i fjorden (Oslos havnebasseng), men enkelte områder lengre ut er også sterkt påvirket (lokale kilder). For flere av disse stoffene vet vi idag ikke hvilke kilder som er mest alvorlige eller hvordan transporten til og i vannmiljøet foregår. Noe kommer med luft og nedbør, tildels fra meget fjernliggende kilder, noe kommer med avløpsvann selv om renseprosessene fjerner en del, og noe er avrenning fra landbruk, gamle industriområder, og annen virksomhet. Kartlegging av tilførslene er tidkrevende og vanskelig. Dels er det stoffer som forekommer i meget små konsentrasjoner, dels er analysene kostbare. Det kreves mange analyser for å finne gradienter eller trender.

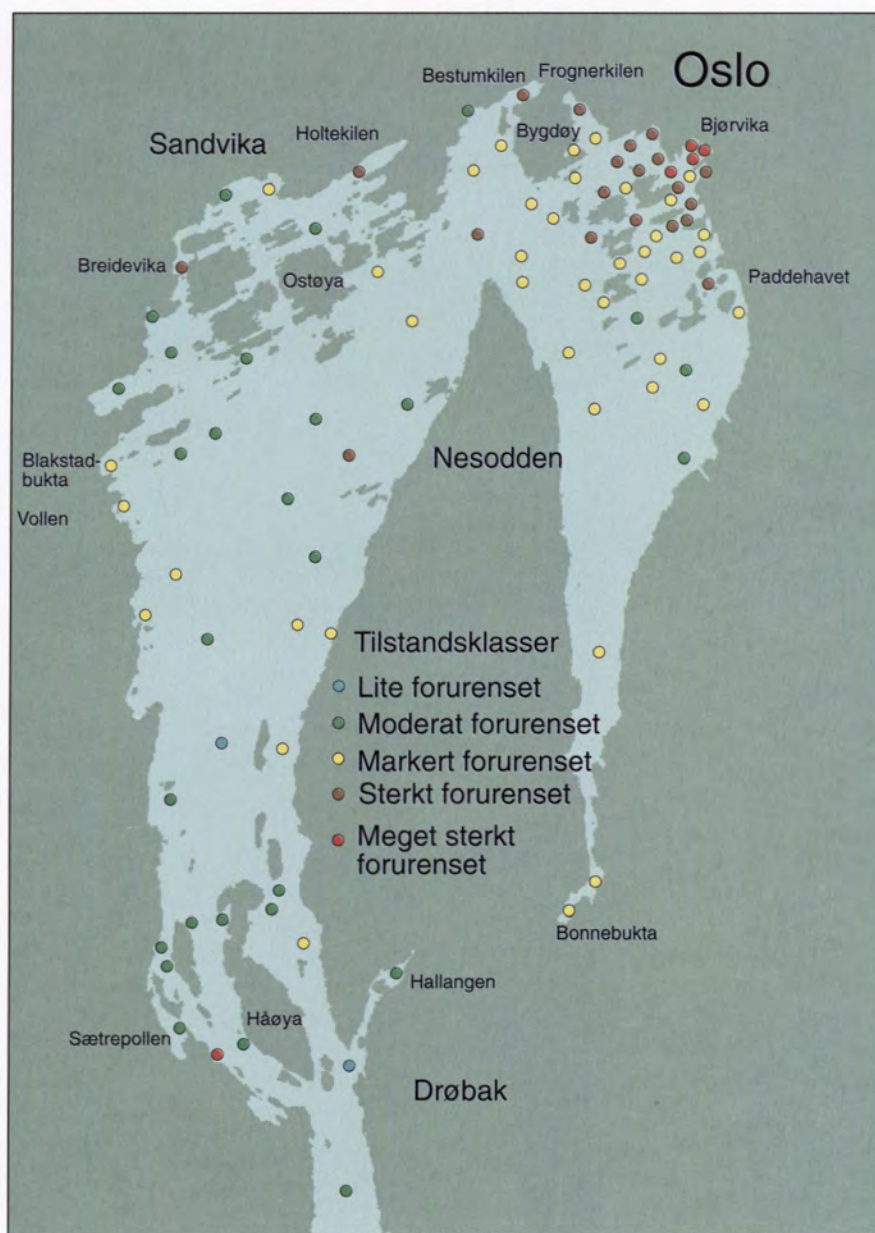


Figur 33. Figuren viser PCB- konsentrasjonen i Bunnefjorden i en sedimentkjerne tatt høsten 2001. Kjernen ble snittet opp etter dyp og hvert snitt aldersdatert ved bestemmelse av den naturlige isotopen, bly-201. Tilførsel av PCB til sedimentene var størst omkring 1960 og har deretter avtatt betydelig. I analysen vises summen av syv viktige PCB-forbindelser (PCB har mange ulike enkeltforbindelser). A. Helland



Figur 34. Konsentrasjonen av PCB (Σ PCB7) i lever av torsk fra indre Oslofjord 1997/98 lå markert over antatt høyt bakgrunnsnivå, med et maksimum i havnebassenget. J. Knutzen

De aller fleste organismene som lever i sedimentene, er ikke aktive dypere ned enn 10 cm. De roter opp sedimentene og fører dermed miljøgifter opp eller de får miljøgiftene i seg, begge deler kan føre miljøgiftene inn i næringskjeden.



Figur 35. Miljøgiftsproblemet er betydelig i indre Oslofjord. Forekomsten av PCB i sedimentene er så store at hele fjorden er å betrakte som forurensset. Dårligst er det i enkelte kiler og i Havnebassenget/Bekklagsbassenget. Her bidrar også båttrafikken ved å virvle opp sedimentene slik at miljøgiftene blir spredd med strømmene. I helt grunne områder kan også overflatebølger bidra til oppvirvlingen.

R. Konieczny

Dypere ned enn der hvor organismene er aktive, vil de giftholdige sedimentene ligge i ro og være ufarlige, forutsatt at ikke erosjon, mudring eller annen mekanisk forstyrrelse endrer situasjonen

Det har vært gravet og mudret i fjorden i mange år for å utdype havneområdet og legge rørledninger på bunnen. Nå er dette ikke lenger tillatt uten at det



Figur 36. Prøver for analyser må tas i felten av nyfanget fisk. Her taes en prøve av galle. Det er også tatt prøver av blod, lever og filet fra den samme skrubbe-flyndra. Ved å gjennomføre biologiske analyser av de ulike organene kan vi fastslå om fisken er påvirket av miljøgifter. Metoden kan sammenlignes med en helsejekk hos bedriftslegen. Dette er målinger som nå introduseres i overvåkingsprogrammet for indre Oslofjord. T. Bakke

først gjennomføres undersøkelser av miljøgiftinnhold. Alt etter hva resultatene viser, kan det bli lagt restriksjoner på graving og mudring, og på hvordan sedimentene skal tas hånd om. Tidligere ble sedimentene dumpet på dypt vann, men dette tillates ikke uten videre i dag. Andre eroderende mekanismer som kan virvle opp sedimentene, er bølger i strandsonen og strømmer langs bunnen. Står vi på stranden en dag i stille vær, virker vannet relativt klart, men får vi en sterk pålandsvind, blir det snart grumset av partikler. Det skyldes en oppvirvling av bunnsedimenter, forårsaket av bølgenes bevegelse. Derved tilføres vannmassene fine partikler fra bunnen. Ettersom de fleste miljøgiftene er bundet til ørsmå partikler, føres giftstoffene opp i vannmassen og kan bli spredt med strømmen. Samme effekt har propellstrømmen fra skip på bunnforholdene, på grunt vann også småbåter. I Oslo havn er det målt oppvirvling av sedimenter ved anløp av større fartøyer. Fiske med bunntrål kan også gi oppvirvling. Men vi kan ikke i dag uten videre si om det bare er pga. PCB i sedimentene at det er så høyt nivå av PCB i torskelever fra indre fjord (fig. 34).

Noen miljøgifter er allerede forbudt; f.eks. ble ny bruk av DDT forbudt allerede i 1960-årene, og PCB ble forbudt i 1980. Bruk av TBT i bunnstoff på små båter ble forbudt i 1990 og forberedes forbudt på store båter fra 2008. Bruk av effektivt bunnstoff har stor økonomisk betydning. Det letes derfor stadig etter nye stoffer som har samme positive effekt på begroing, men mindre negative bivirkninger. Selv om båtene blir fri for miljøgifter og tilførslene fra land kan bli stoppet, gjenstår fremdeles de langtransporterte tilførslene og de giftene som er lagret i sedimentene.

Oslo havnevesen har behov for å mudre opp langs kaiene for å øke seilingsdypet. Det er her vi finner de høyeste konsentrasjonene av miljøgifter i sedimentene, spesielt i Bjørvika og Bispevika. Det er flere alternative måter å ta hånd om muddermassene på. Tre hovedløsninger er aktuelle. 1. Samtlige masser kan tas opp på land og destrueres. 2. Massene kan deponeres på Langøya i ytre Oslofjord. 3. Massene kan deponeres på dypt vann (ca. 70 m) i Bekkelagsbassenget i et område som allerede har omtrent like giftige sedimenter som de som blir mudret opp. Området har også tidligere blitt brukt som dumpeplass for vrak m.m. Kravet til en slik deponering er at massene etterpå skal dekkes til med friske sedimenter eller annet materiale, slik at dyr som lever i sedimentene ikke skal kunne komme til miljøgiftene. Metoden er utprøvd og brukt i USA, og der er kravet at området etterpå skal være egnet for tråling. En slik løsning i Oslofjorden kan gi bedre forhold både i mudringsområdene og deponeringsområdet.

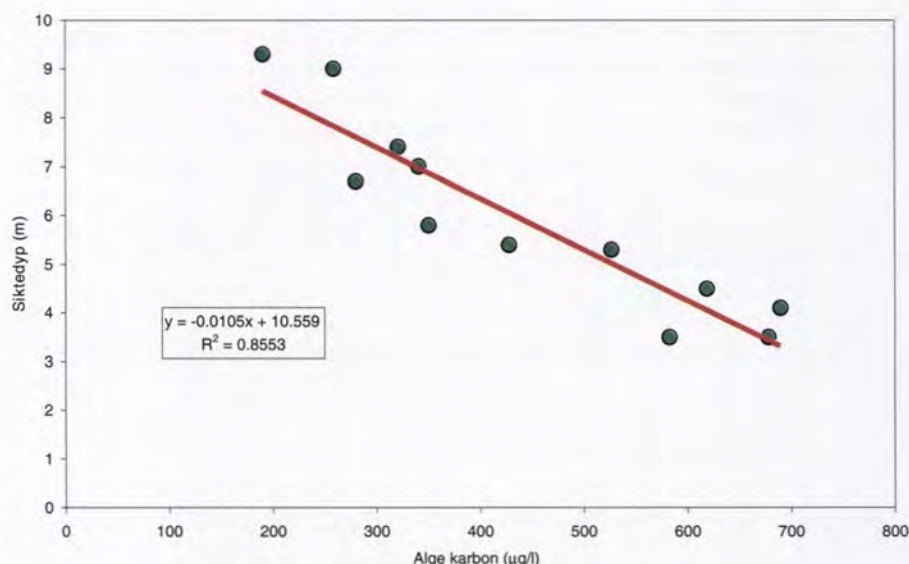
Samtidig som Havnevesenet strir med sine problemer, planlegges et nytt område i Bjørvika/Bispevika, nemlig fjordbyen. Her inngår den nye operaen og boliger, men også en omlegging av trafikken. Festningstunnelen skal videreføres i en senketunnel under dette fjordavsnittet. Hele området vil bli forandret og planen er at også denne delen av byen skal åpne seg mot fjorden. Da er det nærliggende å diskutere om det er muligheter for et rikere plante- og dyreliv i vannet. Ettersom området skal mudres, er det mulig å velge hvorledes bunnen skal se ut etterpå. Hvis man velger rett materiale i forhold til ulike planters krav, kan man f.eks. tenke seg etablering av ålegress og fastsittende alger slik at fisk og andre dyr vil trives. Opprydding av nedre del av Akerselva er en viktig del av planen ettersom dens vannkvalitet setter sitt preg på fjordområdet.

Vi må nok leve lenge med miljøgiftproblemet i indre Oslofjord, selv om nytt materiale (sedimenterende dødt planteplankton, partikler fra elvene etc.) med tiden vil dekke til bunnen. Hvis også giftkildene på land fjernes, vil forholdene gradvis bli bedre. Bunnsedimentene vokser med 2-4 millimeter per år. Det vil derfor ta noen generasjoner før dette alene gjør miljøgiftene utilgjengelige. I mellomtiden må situasjonen følges nøye, og eventuelt andre tiltak gjennomføres. Overvåking av fisk og andre organismer vil fortelle oss hvordan det går, og om tiltak mot kildene til problemet er effektive.

Oslofjordmodellen

For å kunne beskrive hva som hender i fjorden i fysisk, biologisk og kjemisk forstand, må vi knytte årsak og virkning sammen kvantitativt (størrelsesmessig). Det vil si vi trenger en matematisk modell. Hvis vi f.eks. vil finne sammenhengen mellom siktedyp og planteplankton, kan en meget enkel modell være at vi plottet siktedyp mot mengden alger i form av karboninnhold.

I figur 37 vises en slik sammenheng hvor vi har tallet alle algene i vannet, regnet dem om til algemasse målt som karbon og plottet dette mot samtidige observasjoner av siktedyp. Den enkle empiriske modellen vi får, er en regresjonslinje som gir en matematisk sammenheng mellom siktedyp og alger. Vet vi i tillegg at mengden alger er avhengig av tilgangen på lys (sollys) og næringssalter, kan vi utvide modellen til å beregne mengden alger (i karbon)



Figur 37. Vannets innhold av organisk karbon er beregnet ut fra ulike planktonarters innhold av karbon. Det er funnet meget bra overensstemmelse mellom karbon og siktedyp for den samme vannmassen. Ligningen kan brukes som en enkel beskrivelse på denne sammenhengen i indre Oslofjord og er altså eksempel på en modell.

etter mengden tilgjengelig næring f.eks. i form av utslipp av kloakk. Modellen vår kan siden brukes til å beregne hvor mye næring vi må fjerne for at overflatevannet i fjorden skal bli klarere. På denne måten kan vi sette et krav til hvor bra vi vil at fjorden skal bli, og deretter beregne tiltakskostnader.

Men så enkelt er det ikke i praksis. Det er mye mer vi må kjenne til for å kunne gjøre slike beregninger. Størrelsen på vannutskiftning, tidevannstransporter, vind og klimaforhold gjør at de ulike matematiske sammenhengene blir mer komplisert. For å ha full oversikt over hva som hender, f.eks. for å kunne vite mengden næringssalter som må fjernes for at oksygenkonsentrasjonen i dypvannet skal bli god nok til å kunne gi en naturlig forekomst av fisk og bunndyr (f.eks. reker), trenger vi å kjenne en rekke matematiske sammenhenger, dvs. man trenger en større modell.

Den første modellen som ble konstruert for å anslå mengden av næringssalter som det var nødvendig å fjerne for å få bedre forhold i fjorden, ble konstruert på 1960-tallet under Oslofjordprosjektet. Det var en primitiv modell, da kunnskapen på den tiden var langt mindre enn nå. Med økt kapasitet på EDB-siden (kraftigere datamaskiner) kunne mer kompliserte modeller utvikles. På slutten av 1980-tallet ble en overgjødslingsmodell utviklet ved NIVA. Dette ble startet som et bredt prosjekt med støtte fra Miljøverndepartementet og pågikk i årene 1988-91.

Modellarbeidet startet med å hente erfaringer, kunnskaper og resultater fra andre forskningssteder. Kolleger i Sverige hadde utviklet en ny type modell for Østersjøen som var basert på mange års omfattende forskningsinnsats.

Modellen ble endret, tilpasset og videreutviklet for norske terskelfjorder, med Oslofjorden spesielt i tankene. Det var en arbeidsom prosess og tok over tre år, men resultatet ble vellykket. Modellen ble kontrollert mot observasjoner fra fjorden. Da arbeidet med modellen var kommet så langt at resultatene av kontrollen var tilfredsstillende, var det forsvarlig å bruke den på ukjente situasjoner. Modellen beskriver de viktigste prosessene i fjorden og gjør oss i stand til å komme med konkrete anbefalinger til myndighetene om hvilke effekter ulike rensetiltak vil ha på fjordens miljø.

Dessverre kan ikke all nødvendig kunnskap samles i modeller. Dels finnes ikke nok kunnskap om fjorden og de prosessene som bør inngå, og dels er kunnskapene ikke egnet for en matematisk behandling. Men det skjer en utvikling i det internasjonale forskningsmiljøet, hvor stadig ny erkennelse kan tas i bruk i modellsammenheng. Slik vil en modell hele tiden kunne oppdateres og derved bli stadig bedre.

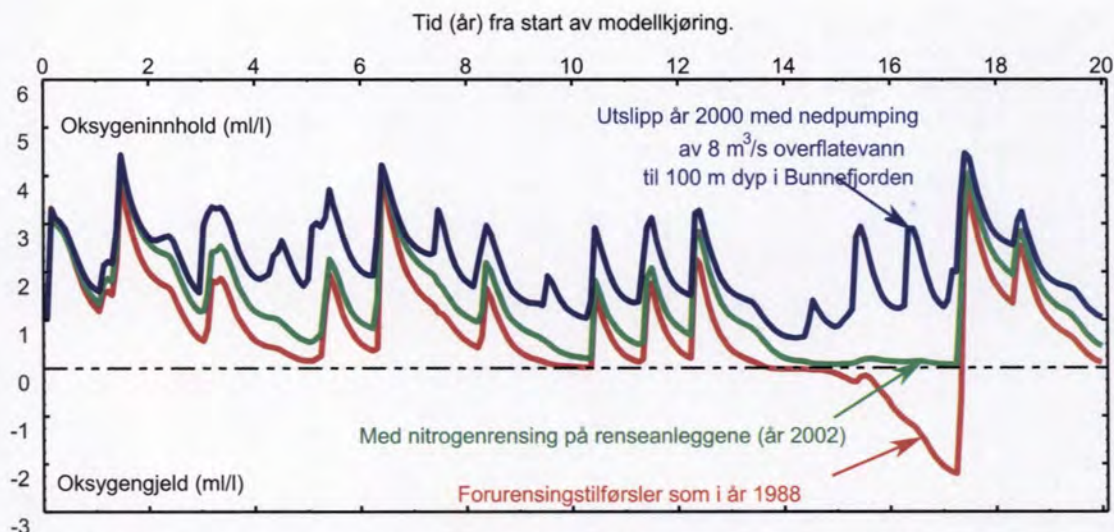
I Oslofjordmodellen er fjorden delt opp i fire ulike områder. Hvert område behandles i modellen som horisontalt homogent, mens den vertikalt er meget detaljert. Bunnefjorden beskrives i modellen som et punkt midt i fjorden med mange dyp, dvs. slik vi i alle år har observert temperatur, saltholdighet, oksygen og næringssalter. De andre områdene (kalt bokser i modellbeskrivelsen) er havnebassenget, Bekkelagsbassenget og Vestfjorden. I modellen inngår også Drøbaksundet, men ikke som en egen boks.

Fordelen med denne type modell er at den raskt kan bearbeide lengre tidsperioder på dagens bord-datamaskiner. Simuleringer for 20-30 år kan gjennomføres på 3-4 timer.

Et naturlig behov som kommuner og miljøvernere vil ha, er å få satt miljømål for et område. Slike miljømål kan bestå i godt badevann, bra fritidsfiske, mangfoldig plante- og dyreliv. Når konkrete miljømål skal knyttes opp mot tekniske og administrative tiltak, er modeller nødvendige verktøy. Det eksisterer idag ikke noen formelle miljømål for indre Oslofjord, men noen ikke-formelle mål er utarbeidet, som f.eks. at Bunnefjorden igjen skal kunne ha tilstrekkelig gode forhold for reker (se fig. 32). Oslofjordmodellen har vært til stor hjelp for å avgjøre hvilke tiltak som må til for å oppnå dette.

Men modellresultatene viser også at fjorden burde blitt enda bedre enn den er. Hvorfor har det da ikke skjedd? Etter de tiltakene som er gjennomført, hadde vi forventet at fjorden skulle fått bedre oksygenforhold i de dype områdene. Modellresultatene tilsier også dette; selv om modellen bygger på en forenklet beskrivelse av de fysiske og biologiske prosessene, har den simulert forholdene meget bra. Vi mener det er sannsynlig at klimaforandringer har forandret forutsetningene for tidligere antakelser. De milde vintrene siden 1988 har bidratt til at dypvannsfornyelsen i fjorden har blitt dårligere (bl.a. mindre nordavind og mer sønnavind om vinteren). Hvis det er slik, vil rensetiltakene ikke bli tilstrekkelig effektive for å forbedre dypvannet i Bunnefjorden, og det vil sannsynligvis være nødvendig med tiltak for å stimulere dypvannsfornyelsen. Hva som skal til, er undersøkt med Oslofjordmodellen (fig. 38).

Modellen gjør det mulig å teste ulike sammenhenger i det kompliserte system som fjorden er. Den fungerer som et verktøy for å oppklare spesielle sider av



Kurvene viser hypotetiske forløp over en rekke av år med kunstig skapte, men realistiske, variasjoner i naturlige forhold. De tre kurvene viser modellresultater når hver utslippssituasjon holdes konstant fra år til år, mens variasjonene i naturlige forhold er identiske for de tre modellkjøringene.

De første 3-4 årene representerer en innkjøringsfase for modellen.

Figur 38. Her vises noen resultater fra NIVAs fjordmodell. Det er oksygenkonsentrasjonen i Bunnfjordens dypvann som er valgt. Ved nitrogenrensing skulle det være mulighet for å unngå dannelse av råttent vann, men marginalen er så liten at en endring i forutsetningene kan forandre situasjonen. Ved i tillegg å pumpe ned lettere overflatevann og derved øke dypvannsfornyelsen i Bunnfjorden vil den raskere få forbedret miljø.

B. Bjerkeng

dagens situasjon. Samtidig kan vi anta nye forutsetninger og se hva som hender, og vi kan lære hvilke begrensninger som ligger i modellen. Forutsetningen er at vi har mulighet for å sammenligne med virkelige observasjoner. Overvåkingsprogrammet i indre Oslofjord har gitt oss data som gjør det mulig å gjennomføre slikt kontrollarbeid.

Modeller gir en mulighet til bedre å forstå hvilke effekter vi kan forvente av bestemte investeringer. Samtidig vet vi at modellene bare tilnærmet beskriver hva som skjer. Det er de forskerne som arbeider og utvikler modellene, som også har ansvaret for å informere om modellenes begrensninger.

Stikkord om simuleringsmodellen

Modellen beskriver eutrofitilstanden i en lukket terskelfjord. Tilstanden varierer med utslipp, utslippssted/dyp, og fordeling mellom bassengene.

Det er en prosessmodell som simulerer et tidsforløp dynamisk.

Modellen består av flere samarbeidende delmodeller som beskriver fysiske, kjemiske og biologiske prosesser.

Fjorden er delt i bassenger (bokser), hvert av dem i mange lag.

Modellen arbeider med valgte tidsskritt.

Modellen fores med reelle, målte verdier på tilførsler, meteorologi og observerte variasjoner i Drøbaksundet.

Biomassen beskrives ved karbon, C, nitrogen, N, og fosfor, P.

Modellen har tilbakekoblinger og selvkontroll.

Simulering av en 20-30 års periode tar noen få timer.

Resultatene kan kontrolleres mot observasjoner i fjorden.



Solbergstrand

NIVAs Marin Forskningsstasjon Solbergstrand ligger ved Oslofjorden, syd for Drøbak, ca 1 times kjøretur fra Oslo. Solbergstrand er bygget for eksperimenter med marine økosystemer og har vært i virksomhet i snart 25 år. Eksperimentene spenner fra små akvarier i laboratoriet til hele marine samfunn etablert i bassenger på land eller i innhegninger på sjøbunnen. Kjerneutstyret er 25 store innen- og utendørs bassenger i betong eller fiberglass med 15 til 250 m³ vannvolum, og et rikt utvalg av mindre tanker og akvarier av glass og fiberglass. Det finnes sjøvannstilførsel fra flere dyp ned til 60 m og ferskvannstilførsel fra elv og grunnvann.

Stasjonen omfatter ca 2000 m² bygninger med analyselaboratorium, våtlaboratorier, spesiallaboratorium for arbeid med radioaktive stoffer, sjøvannshaller, drifts- og gjestekontorer, overnattingsrom, kjøkken og verksteder. Stasjonen er heltids bemannet.

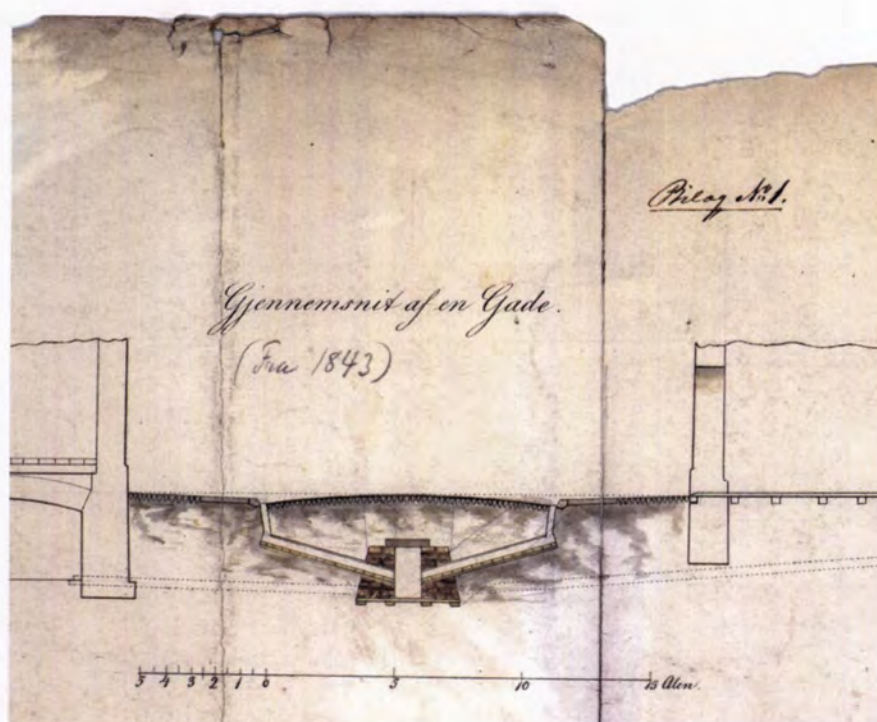
Det gjennomføres tre hovedtyper av eksperimenter. **Forsøk med marine hardbunnssamfunn** er basert på svabergsamfunn i utendørs bassenger med kunstig tidevann og bølger. Naturlige samfunn av alger og dyr lever i et tilnærmet naturlig miljø, kontrollmulighetene store, og vegen til laboratoriet er kort. **Forsøk med marine sedimentsamfunn** hentet uforstyrret inn fra dyp ned til 200 m for en rekke ulike forsøksformål, først og fremst for oljeindustrien. Samfunnene holdes over mange måneder under naturlig lav temperatur, og i mørke. **Forsøk med fisk** dekker både oppdretts- og forurensnings-temaer. Det arbeides både med ferskvannsfisk og marin fisk, og stasjonen har konsesjon for oppdrett til forskningsformål.

Utvikling mot dagens avløpsanlegg

Avløpssystemet fra rennestein til rør

Avløpssystemets oppgave er å samle opp forurenset avløpsvann og lede det til renseanlegg og utslippssted. Det skilles mellom to typer avløpssystem, separatsystem og fellessystem. Ved separatsystemet føres forurenset avløpsvann fra boliger og industri i egen ledning til renseanlegg. Regnvann og drensvann fra de samme områdene føres i en annen ledning, vanligvis til nærmeste vassdrag. Ved fellessystemet føres alt vann i en ledning.

Man kan si at opprinnelig foregikk alt avløp etter fellessystemet. Avløpsvannet ble bare ført ut i rennesteinen hvor det rant videre av seg selv, eller ble transportert bort ved første regnskyll. Allerede på slutten av 1600-tallet hadde man slike åpne spillvannsrenner i Oslo, hvor regnvann og avløpsvann ble ledet til bekk eller elv. Dette ble etter hvert uholdbart, og fra ca 1850 startet man bygging av et hoved-avløpssystem. Først bygget man tørrmurte gråsteinsrenner på plankeseng, overdekket med heller. Disse ble ført ut i



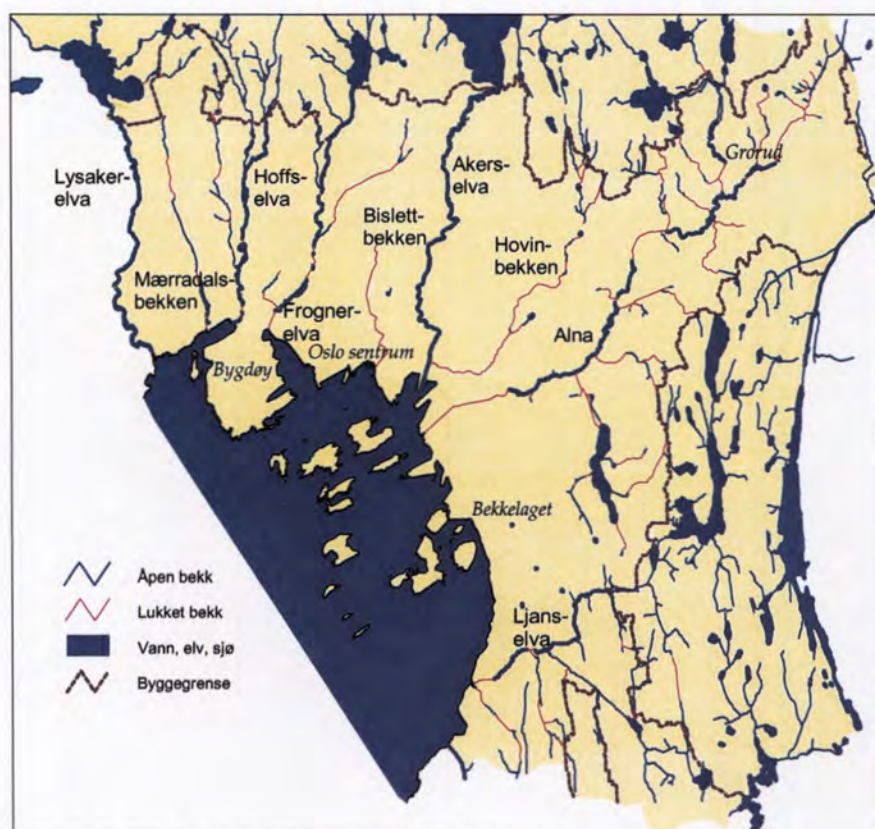
Figur 39. Kulvert av tørrmurt gråstein på plankeseng, overdekket med heller, bygget i 1843.

nærmeste vassdrag. Snart ble bekkene sterkt forurensset. Neste skritt ble å lukke bekkene. Først ble Bisletbekken lukket i 1855. Videre fremover mot slutten av 1800-tallet ble en rekke bekker i Oslo lukket. De første bekkelukkingene ble utført som tørrmursrenner og fylt over, senere ble de utført som store kulverter, sirkulære eller ovale, murt med teglstein. Slik ble Bisletbekken ført ut i Pipervika. En annen hovedkloakk ble lagt i Akersgata, og ført ut under Festningen. For mindre ledninger ble det allerede fra 1853 importert leirrør fra England. Alt avløp ble ført til Akerselva, til andre åpne vassdrag, eller direkte til fjorden. Fra 1860 til 1900 ble det i middel anlagt 3,5 km avløpsledninger hvert år. Mye av dette er fortsatt i funksjon, og ligger i dag mange steder dypt under nåværende terreng eller gatennivå.

Innføring av WC

Dagens vannklosett har sin egen historie. Vann har blitt brukt som transportmiddel fra priveter allerede for 5-6000 år siden i Midtøsten, og senere i romertiden. Problemet var å få dette til på en hygienisk og luktfri måte i nyere tids tette bystrøk, 3-4 etasjers hus og avløp gjennom rør til et avløpssystem. Det ble tatt ut mange patenter på sindrige løsninger for å hindre at lukt fra kloakken skulle komme inn i husene.

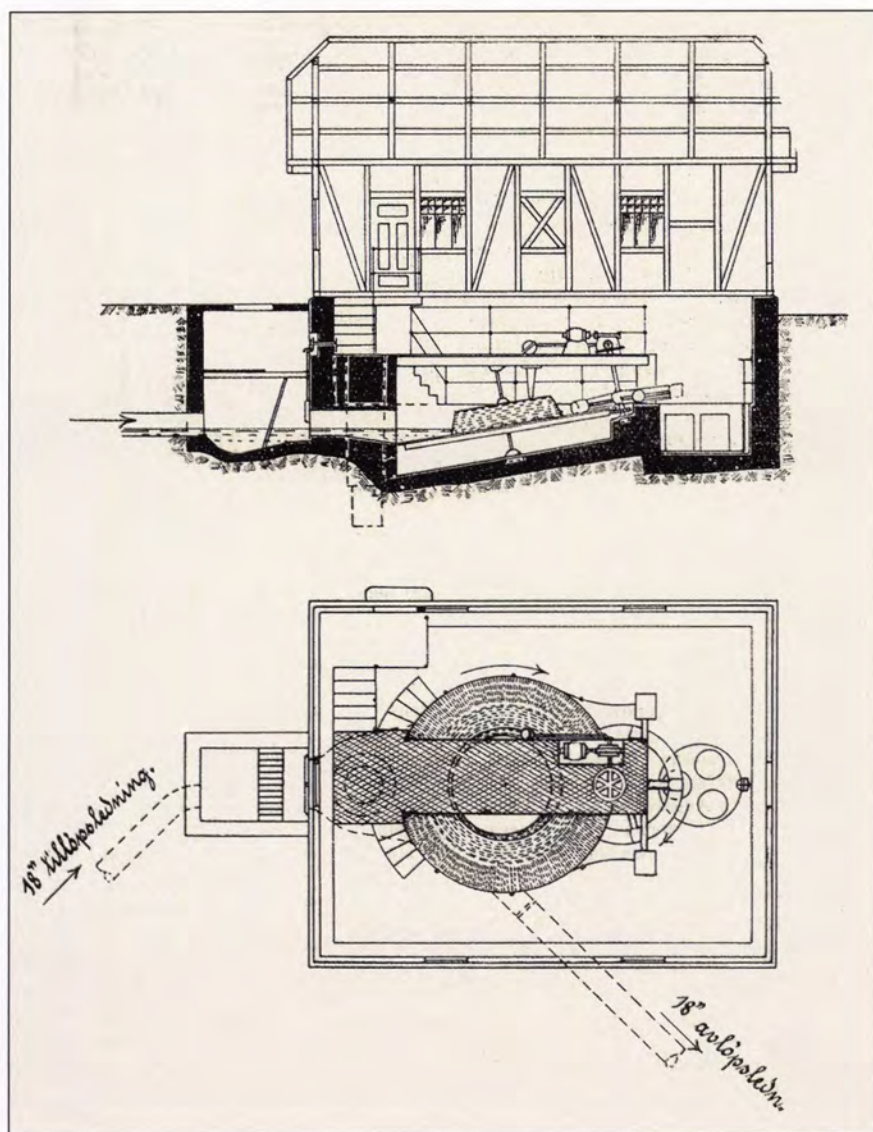
Den store endringen skjedde i 1870. Da lyktes det Harrison i New York å brenne en porselensskål med en vannlås som del av klosettskålen. Denne kom



Figur 40. Lukkede bekker i Oslo, situasjonen i 2002.

raskt i produksjon i USA og England, og ble tatt i bruk i den vestlige verden fra ca. 1880. Noen få WC-skåler ble tatt i bruk i Norge før 1900.

De første årene fra 1900 og utover var det lange og heftige diskusjoner om det var riktig å innføre bruk av vannklosetter i Norge. Flere mente det ikke passet i vårt kalde klima. Ledningsnettets måtte også bygges om for å kunne transportere avløpet. I 1910 vedtok imidlertid bystyret i Oslo at vannklosett kunne tas i vanlig bruk. I 1911 var det registrert 1269 vannklosetter i byen. Det var en forutsetning at avløpet ble ført via kommunale renseanlegg, en stor septiktank på Skarpsno, eller private septiktanker. For å få forgang i installasjon av WC og bedre de hygieniske forholdene i boligene, ble dette påbudet opphevet i 1928. Avløp fra nye installasjoner fikk deretter til dels gå urensset direkte ut i fjorden.



Den Riensche skive, monteret i fagverks-
hus på Filipstad.
I drift fra 1911 til
1983.

Avløpssystemets videre utvikling

I 1900 var forholdene i Akerselva, Pipervika og Frognerkilen blitt uholdbare. Det ble nedsatt en komite for å utrede avløpsplan og renseanlegg. Komiteen avsluttet sitt arbeide i 1904. Fra komiteens konklusjon og innstilling, som ble trykket i 1907, siteres følgende:

"...ved begyndelsen af 1904 fandtes i Kristiania 7257 gaarde, hvoraf 2075 hadde murede binger, 2463 har trækasser eller afskjæringer i priveterne og 2687 benytter bøttesystemet, medens der findes vandklosetter i kun 32 huse...

Havnens forurensning er betydelig og skyldes næsten udelukkende tilførsel fra byens kloaker.....Der er på bunden ansamlet betydelige mængder slam, hvori stadig gjæring finder sted. De udviklede gasarter udbreder stank, særlig i Pibervigen, Frognerkilen og omkring Akerselven, ..."

Komiteen foreslo at det skulle fremlegges en endelig plan for byens kanalisasjon for å lette innføring av vannklosetter. Avløp fra Aker ble anbefalt tilknyttet. Det ble også anbefalt å bygge renseanlegg. Planen ble imidlertid ikke vedtatt.

Senere er det laget en rekke utredninger og saneringsplaner for Oslo og kommunene rundt indre Oslofjord. Helt fram til 1950-tallet ble avløpsnett bygget som fellessystem. Etter dette har nye områder blitt bygget ut som separat-system. Vanligvis ligger disse områdene oppstrøms eldre områder som er utført som fellessystem, og avløpsvann fra separatsystemet er ført inn på fellessystemet. Dette er tilfellet ikke bare for Oslo-området, men over hele landet.



Vannverkssjef Ove Owe på utslippsrøret fra Festningen renseanlegg før nedsenking.



Forberedende anleggsarbeid ved Festningen renseanlegg på 1930-tallet.

I nedbørsperioder og ved snøsmelting tilføres overflatevann direkte til felles-systemet. I de heftigste regnværs- og snøsmelteperiodene må systemet avlastes ved at avløpsvann føres i overløp til vassdrag eller til fjorden. Selv om avløpsvannet i slike tilfeller er sterkt fortynnet, føres forurensninger (organisk stoff, næringsstoffer og miljøgifter) til resipientene. Det er også nødvendig å anlegge overløp i avløpsnettet, slik at ikke avløpsvann kommer opp i kjellere om ledninger blir tette, eller om det er stopp i pumpestasjoner. Via overløpene havner ting som ikke skulle ha vært i toalettene, men i søppelbøttene (q-tips, damebind, kondomer, etc.), i resipienten og bidrar til estetisk uønskete forhold i vassdrag og på strendene. I tillegg til å forsøple naturen bidrar dette avfallet også til forstopping i ledninger, pumpestasjoner og renseanlegg. Kommunene har et stort arbeid med å rydde opp på strendene etter overløpssituasjoner.

Ved bekkelukkinger blir tørrværsvannføring og regnvann fra hele nedslagsfeltet ført inn på avløpsnettet. Dette er meget uheldig. Mange steder er det derfor nå lagt avskjærende kloakkledninger langs bekker og elver. Lukkede bekker er til dels åpnet igjen. Dette er imidlertid meget kostnadskrevende, og det vil være umulig å føre alle lukkede bekker tilbake til sin opprinnelige tilstand. I tett bymessig bebygget område er dessuten den første delen av regnvann fra plasser og gater ofte så forurenset at det er ønskelig å føre dette via renseanlegg.

Ettersom avløpssystemet ligger dypt under bakken, er det ikke lett å ha full oversikt over det som skjer, eller om rørene er i orden. Etter at TV-overvåkingskameraer kom i bruk i midten av 1970-årene, ble det mulig å inspisere avløpsrørene. Kamera blir ført gjennom ledningene og gjør det mulig å finne fram til feil i avløpssystemet, gjengrodde rør, feilkoblinger, brudd på ledninger, osv. Dette har medført et systematisk planlagt vedlikehold.



Skrot på strendene, før våroppryddingen 2001.



Dagens avløpssystem

Mye av det eksisterende avløpsnett er meget gammelt. Da det ble anlagt, var det bare snakk om å lede bort avløpsvannet. Etter hvert fikk man øynene opp for at det var viktig at ledningssettet var tett, både av hensyn til resipientene og til renseanleggene. Forurensninger skulle ikke lekke ut, og fremmedvann skulle ikke lekke inn i ledningsettet. Vannmengde er en av de primære faktorer for dimensjonering av renseanlegg. Økte vannmengder gir større og dyrere anlegg.

Helt fram til midten av 1960-tallet var lekkasjer inn og ut av ledningsettet et stort problem også ved legging av nye ledninger. Leirrørene var nok tette, betongrørene var ofte utette og for begge var skjøtene et stort problem. Siv.ing. Cornelis Smits i Forsvarets bygningstjeneste, i samarbeid med Kommunalteknisk Forening, fikk laget forskrifter om tette ledninger og tethetsprøving av ledninger. Røret skulle være rundt og tett og sterkt, skjøtematerialet skulle være egnet og ledningene skulle ligge i rett linje mellom hver kum. Det kom sterke protester fra rørleverandører og entreprenører, men kravene ble tatt til følge slik at fra slutten av 1960-årene ble det lagt tilfredsstillende avløpsledninger. En såkalt G-ring for tetting av skjøtene ble standard, og det ble tilfredsstillende kvalitet på betongrørene. Feilkoblinger er fortsatt et problem, og gamle ledninger vil det ta lang tid å få skiftet ut.

Et godt avløpsnett er forutsetningen for å få kontroll med forurensningssituasjonen i fjorden.

Det offentlige ledningsnett i kommunene rundt indre Oslofjord består i dag av noen tusen km avløpsledninger. I tillegg kommer private stikkledninger. Avløpsledningene føres inn på et stort tunnelsystem som fører avløpsvannet til renseanleggene.

Den første tunnelen i dette nye systemet ble anlagt i 1969 for Oslo vest, fra Frogner til Lysaker, hvor det ble bygget et midlertidig renseanlegg. Ved denne tunnelen ble fullprofilboring i fjell tatt i bruk. Erfaringene var meget gode. Da det ble vedtatt å bygge renseanlegg ved Slemmestad for Asker, Bærum og vestre deler av Oslo, ble det i hovedsak benyttet fullprofilboring med diameter på 3 og 3,5 m.

Det er flere fordeler med boret tunnel. Det blir glatte flater, hvor vannet løper lett og trenger lite fall. Arbeidet kan utføres til liten plage for dem som bor over, og med relativt liten overdekning. Grunnvannstilsig er imidlertid like problematisk som for sprengt tunnel. Under arbeidet med avløpstunnelene gjennomførte man en omfattende innsprøyting av betong i sprekker i fjellet. Ved å hindre grunnvannet i å trenge inn i tunnelen, har man både redusert setninger og skader på bebyggelsen over tunnelen, og hindrer fremmedvann i å øke belastningen på renseanleggene.



Figur 41. Kart over hovedavløpsystemet med tunneler og renseanlegg.

Tunnelsystemet går i dag fra Groruddalen til Fagerlia på Bryn. Her deler tunnelen seg. En streng går via Majorstua og Lysaker til VEAS ved Slemmestad. Den andre, eldre, strengen fører til Bekkelaget.

Avløpsvannet renner med selvføll hele veien fram til VEAS, hvor det ender i en pumpestasjon som ligger 23 m under renseanlegget.

Alt avløpsvann fra Oslos sentrumsområde som ligger nedenfor hovedtunnelen til VEAS og vest for Akerselva føres i tunnel fra Festningen via Skarpsno til en stor pumpestasjon i Frognerparken. Her løftes avløpsvannet 33 m opp på hovedtunnelen, kapasitet 2,4 m³/s. Hovedoverløp på tunnelen til VEAS ligger på Lysaker. Overløpsvann føres ut i Lysakerfjorden på 40 m dyp, ca. 400 m fra land.

Inn på tunnelen fra Fagerlia til Bekkelaget føres en tunnel fra Torshovdalen. Avløpsvann fra de sydøstre delene av Oslo og fra nordre deler av Oppegård samles i Ljanstunnelen som fører fra Kolbotn til Bekkelaget. Hovedoverløp på tunnelsystemet til Bekkelaget er ved renseanlegget og ved Kværner.

Hele tunnelsystemet har en lengde på 60 km, og et volum på ca. 200.000 m³. Det store volumet gir en meget verdifull mulighet til utjevning av vannmengdene til renseanleggene. Ved korte kraftige regnskyll og snøsmelting blir vanntilførselen til renseanleggene utjevnet ved at den samles opp i tunnelsystemet.

På Fagerlia er det mulig å føre hele, eller deler av vannet fra Groruddalen til VEAS eller til Bekkelaget. Vanlig fordeling er 70% til Bekkelaget, 30% til VEAS. Under spesielle forhold, for eksempel ved reparasjoner ved renseanlegg eller på tunnelene, kan dette endres. Det er også et mål i framtiden å kunne styre vannfordelingen til renseanleggene i regnværperioder, avhengig av hvor den største tilførselen er. Derved kan hele systemet bli optimalt utnyttet, og minst mulig avløpsvann går i overløp urensert til fjorden. Dessuten foregår det en stadig utbygging og forbedring av avløpsnett og renseanlegg. Mengden overløp til fjorden har derfor etter hvert blitt vesentlig redusert. Det skal nå meget kraftige regnskyll eller lang tids regnvær til, før avløpsvann går i overløp til fjorden.

I sydøst føres avløpsvann fra Oppegård, Ski og Ås via ledningssystem og tunneler til Nordre Follo renseanlegg, som er det tredje store renseanlegget ved indre Oslofjord.

Den største utfordringen framover er å forbedre avløpsnettet, redusere overløpsmengdene ytterligere, og å få fjernet "kloakksøppel" fra disse overløpsutslippene. Det arbeides kontinuerlig med dette i kommunene. Det utredes muligheter for å lage ristanlegg på overløpene. Et problem er at det under de heftigste regnskyllene dreier seg om meget store vannmengder. På Lysaker har det enkelte ganger gått opp til 20 m³/s i overløp. Det vurderes å ta inn ytterligere vannmengder til VEAS, og føre den økte vannmengden gjennom et enkelt rensetrinn. For å få redusert mengden av søppel som kastes i toalettene, har man gjennomført aksjoner rettet mot publikum. Flere slike aksjoner er også planlagt.

Renseanlegg

Generelt

Problemstillingene og teknologien for å redusere tilførsel av forurensninger til vannforekomstene ble utviklet i andre land. Det klassiske opplegget for rensing av kloakkvann, utviklet i England, Tyskland og USA i tiden fram til 1950-årene, var bygget primært for å fjerne partikler og organisk stoff. Renseanleggenes primære oppgave var å hindre problemer med begroing og oksygenmangel i langsomt-flytende elver.

Renseprosessene var:

- **mekanisk rensing**, som bestod av en rist for avsiling av grovere partikler, og et basseng for fjerning av partikulært stoff ved sedimentering eller flo-tasjon; estetiske forurensninger og en del organisk stoff ble fjernet.
- **biologisk rensing**, hvor mikroorganismer ved nær kontakt med luft omsat-te større deler av det organiske stoffet.

Da behovet for bygging av renseanlegg i Norge meldte seg for fullt på 1950-tallet, hadde norske ingeniører tilstrekkelig utdanning på dette området. Det var nærliggende å gå til lærebøkene, og ta i bruk de metodene som var beskrevet i utenlandsk litteratur. I første omgang var det også nærliggende å prøve å løse problemene lokalt der de forelå.

Senere erfarte man at næringsstoffer fra kloakkvannet, primært fosfor, men også nitrogen, medførte en vesentlig økning av algeproduksjonen. Dette ble et problem spesielt i innsjøer og fjorder. I utlandet hadde man også registrert tilsvarende problemer. Fra 1950-årene ble det startet utvikling av kjemiske metoder for fjerning av fosfor i kombinasjon med biologiske renseanlegg, først i Sveits, senere i andre land. På slutten av 1960-tallet ble det også ved NIVA utført undersøkelser med fjerning av fosfor fra avløpsvann. I Norge hadde man få biologiske renseanlegg. Det var derfor en nyttig erfaring fra disse undersøkelsene at man kunne oppnå meget gode resultater for fosfor-fjerning (over 90%) og relativt god fjerning av organisk stoff (ca. 70%) uten å ha med trinn for biologisk rensing. Anlegg med bare mekanisk/kjemisk rensing kunne bygges mye rimeligere enn anlegg med biologisk rensetrinn. På en rekke steder hvor man ikke hadde noe renseanlegg tidligere, ble det derfor bygget mekanisk/kjemiske renseanlegg. Andre steder ble kjemisk rensing for fjerning av fosfor kombinert med foreliggende biologisk renseprosess.

Nitrogenfjerning

Siste trinn i utviklingen i Osloområdet er at det i tillegg til fjerning av organisk stoff og fosfor også er innført nitrogenfjerning ved renseanleggene. Dette kom i stand som et resultat av at Norge var med på Nordsjødeklarasjonen som ble vedtatt i 1987. Det er i dag tre større renseanlegg med utslipp i indre Oslofjord; VEAS, Bekkelaget og Nordre Follo renseanlegg. Ved at det ble innført nitrogenfjerning ved disse tre anleggene ved indre Oslofjord, har Norge oppfylt det vesentlige av sin forpliktelse i forhold til Nordsjødeklarasjonen.

Nitrogen fjernes fra avløpsvannet ved langtgående biologisk rensing. Nitrogen foreligger i hovedsak som ammonium, fritt, eller bundet til organisk

stoff i avløpsvannet. Prinsipielt foregår prosessen i to trinn, nitrifikasjon og denitrifikasjon. Både nitrifikasjon og denitrifikasjon skjer ved hjelp av bakterier, som kan være fritt svevende i vannet, som ved aktivslamprosessen, eller som fastsittende kultur på et bæremedium. I nitrifikasjonstrinnet oksyderes nitrogenforbindelsene til nitrat i en aerob prosess ved heftig lufting. I denitrifikasjonstrinnet reduseres nitrat til fritt atmosfærisk nitrogen i en anaerob prosess, dvs. uten tilførsel av luft. Frigitt nitrogen forlater vannet som gass.

Nitrogen er ved siden av fosfor et vesentlig næringsstoff for algeproduksjon. Ved at nitrogentilførselen til indre Oslofjord reduseres, kan man håpe på ytterligere reduksjon av algeproduksjonen i fjorden.

Et annet forhold er at nitrogen i den form det foreligger i avløpsvannet forbruker oksygen når det omdannes til nitrat i resipienten. Oksygenkonsentrasjonen er ofte lav i dyplagene i Vestfjorden, og oksygen er i lange perioder fraværende i Bunnefjordens dypvann. At nitrogenforbindelsene oksyderes og fjernes i renseanleggene, vil også av denne grunn være et positivt bidrag til å bedre forholdene i fjorden.

Nitrogenrensing har derfor 3 viktige effekter for Oslofjorden:

1. Det fjerner 70% av nitrogen
2. Det fjerner nesten alt ammonium som ville krevet oksygen i resipienten
3. Det fjerner nesten alt organisk stoff som ville krevet oksygen i resipienten

Forskning og utvikling har ført til at det i dag foreligger en rekke alternative tekniske løsninger for avløpsrensing. Den gamle inndelingen i mekanisk, kjemisk og biologisk rensing kan brukes til en generell beskrivelse av anlegg som helhet, men sier lite om måten selve renseprosessen gjennomføres på.

Utviklingen i Oslo-området

I den tidligere omtalte utredningen i 1904 ble det vurdert to typer renseanlegg; biologisk og kjemisk (for fjerning av organisk stoff), og det ble anbefalt å bygge en prøvestasjon for rensing av kloakkvann etter det biologiske system på kommunens eiendom på Skarpsno. Som tidligere nevnt ble planen ikke vedtatt.

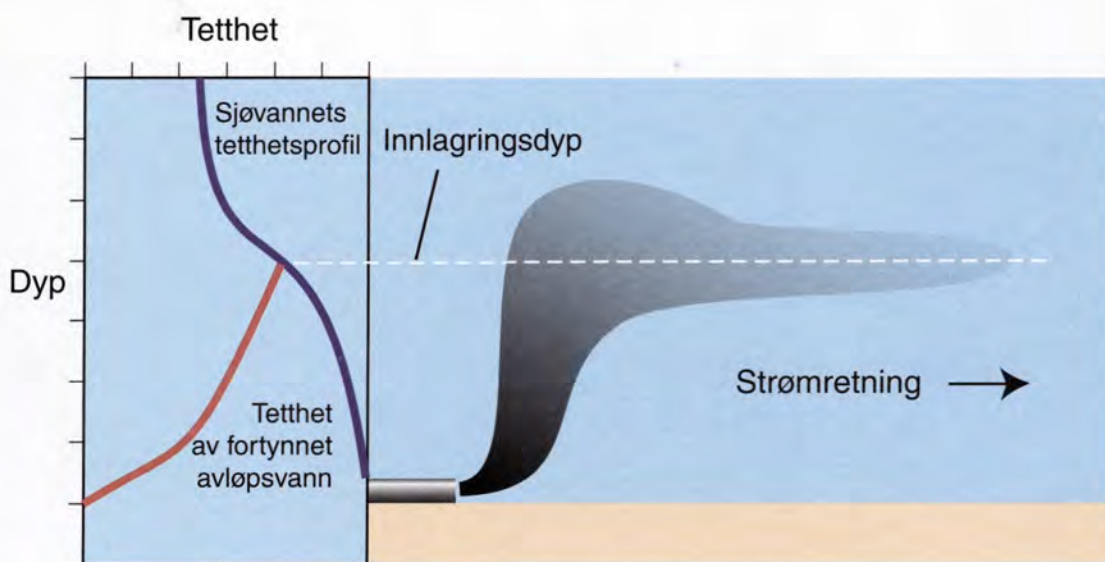
Først i 1911 ble de første renseanleggene tatt i drift: en stor septiktank på Skarpsno, og en roterende skråstilt separatorskive (Riensch skive) på Filipstad. Den ene halvdel av skiven var under, den andre halvdel over vann. Stoff som satte seg av på skiven under vann ble fjernet av roterende børster når det kom opp over vann. Riensch skiver ble installert i 1913 på Grev Wedels plass og på Jernbanetorget. I 1922–25 ble slike silskiver tatt i drift på henholdsvis Skillebekk, Grønland og for Akersbekken ved Schulzehaugen. Den Riensch skive på Filipstad var i bruk helt til 1983, da avløpsvannet ble overført til VEAS via tunnelen fra Festningen til Frognerparken. Denne skiven er nå utstilt på det nye Bekkelaget renseanlegg.

De første renseanleggene av typer vi kjenner i dag, ble tatt i bruk i 1931 og 1933. Det var mekaniske renseanlegg (rister, sandfang og sedimenteringsenheter) på Skarpsno og Festningen. Begge anleggene ble utvidet i 1943. Skarpsno renseanlegg ble samtidig bygget om til biologisk rensing etter

aktivslammetoden. Renseanlegget virket tilfredsstillende som sådan, men det beskyttet ikke Frognerkilen hvor avløpet ble ført ut. Frognerkilen fikk den tettste algeveksten i hele fjorden. Kjemisk rensing for fjerning av fosfor ble etablert ved Skarpsno i 1975 og ved Festningen renseanlegg i 1976. Anleggene ble nedlagt i 1983 i forbindelse med utbyggingen av VEAS. I 1957 ble det vedtatt å bygge renseanlegg for østre deler av Oslo på Bekkelaget. Anlegget ble satt i drift i 1963.

Utenom bykjernen og i kommunene rundt Oslo forsøkte man å løse avløpsproblemene ved at boligene ble utstyrt med septiktanker. Septiktanken ble benyttet helt fram til 1950-årene. Det ble avsatt noe slam i tankene, men det meste gikk i oppløsning. Tømming og tilsyn med septiktankene var tilfeldig og mangelfull. Vannet som rant ut av tanken var relativt fritt for partikler, men fremdeles sterkt forurensset, og var illeluktende. Ved utløp fra tanken til betongrør oppstod det ofte korrosjon. I Oslo-området ble avløpet fra tankene, og det var tusenvis av dem, ført til hovedkloakker og havnet i vassdrag eller direkte i fjorden. Med bygging av renseanlegg fra 1970-tallet og fremover ble septiktankene kortsluttet, og avløpet ført til renseanleggene. Noen få septiktanker, eller slamavskillere, eksisterer fortsatt i spredt bebyggelse.

I perioden 1950 til ut på 1970-tallet ble det bygget en rekke mindre renseanlegg, hovedsakelig biologiske (ulike utgaver av såkalte langtidsluftere etter aktivslamprinsippet). Anleggene betjente fra noen hundre til noen tusen personer. De ble dels bygget for å dekke nye boligfelter, dels som midlertidi-



Figur 42. Et dyputslipp av rensed kloakkvann benyttes i første rekke for å forhindre at restmengder av bakterier og næringssalter kommer direkte til overflaten. Ferskvannet fra renseanlegget slippes ofte ut gjennom et rør med mange hull (diffusor) for å bedre blandingen med sjøvann. Avløpsvannet, som har omtrent samme egenvekt som ferskvann, er lettere en sjøvannet og stiger opp. Etter hvert vil det blandes med sjøvannet. På et visst dyp vil blandingen ha samme tetthet som det omliggende sjøvannet og bli innlagret der. Her vil det siden spre seg horisontalt og følge de lokale strømmene.

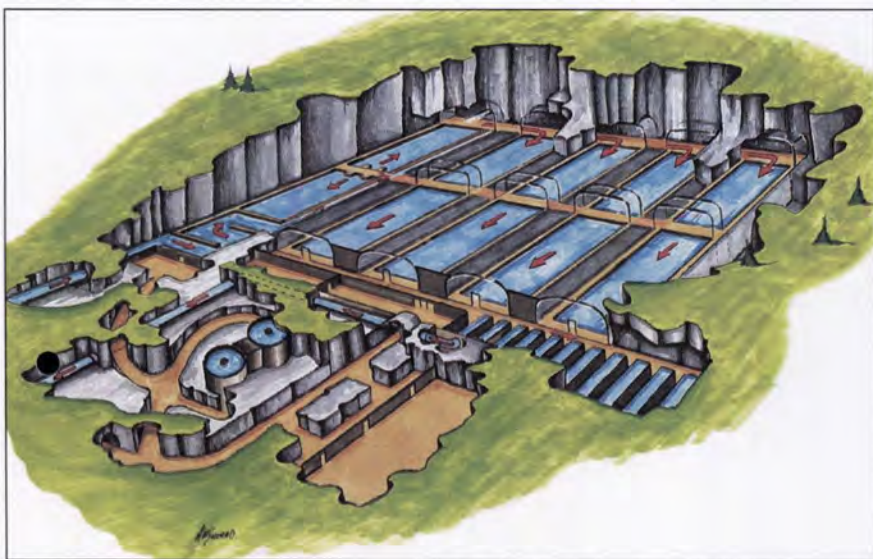
ge anlegg for å betjene eksisterende tettbebyggelser i påvente av større løsninger. Anleggene hadde positiv lokal effekt, men de og alle septiktankene fjernet i svært liten grad plantenæringsstoffer, og førte like mye til frigjøring som til fjerning av fosfor. Disse anleggene bedret de estetiske forholdene nær byen, men for fjorden bidro de til å øke tilgjengeligheten av næringssalter for algeveksten. Det gjorde det ikke bedre at avløpsvann fra disse anleggene, via elver og bekker, ble tilført fjordens overflatelag. Som eksempel førte utløpet fra Skarpsno renseanlegg til en intens algevekst i Frognerkilen. I løpet av 1970-årene ble det imidlertid innført kjemisk rensing for fjerning av fosfor på anleggene. Flere av disse anleggene, spesielt i Follo-området, benyttes fortsatt. Det ble bygget større provisoriske mekanisk/kjemiske renseanlegg ved Lysaker, Fornebu, Sandvika, Løxa, Holmen og Blakstad i påvente av en permanent løsning. I vestregionen (Oslo, Bærum og Asker) ble anleggene nedlagt på 80-tallet i forbindelse med utbygging av VEAS.

De tre store renseanleggene

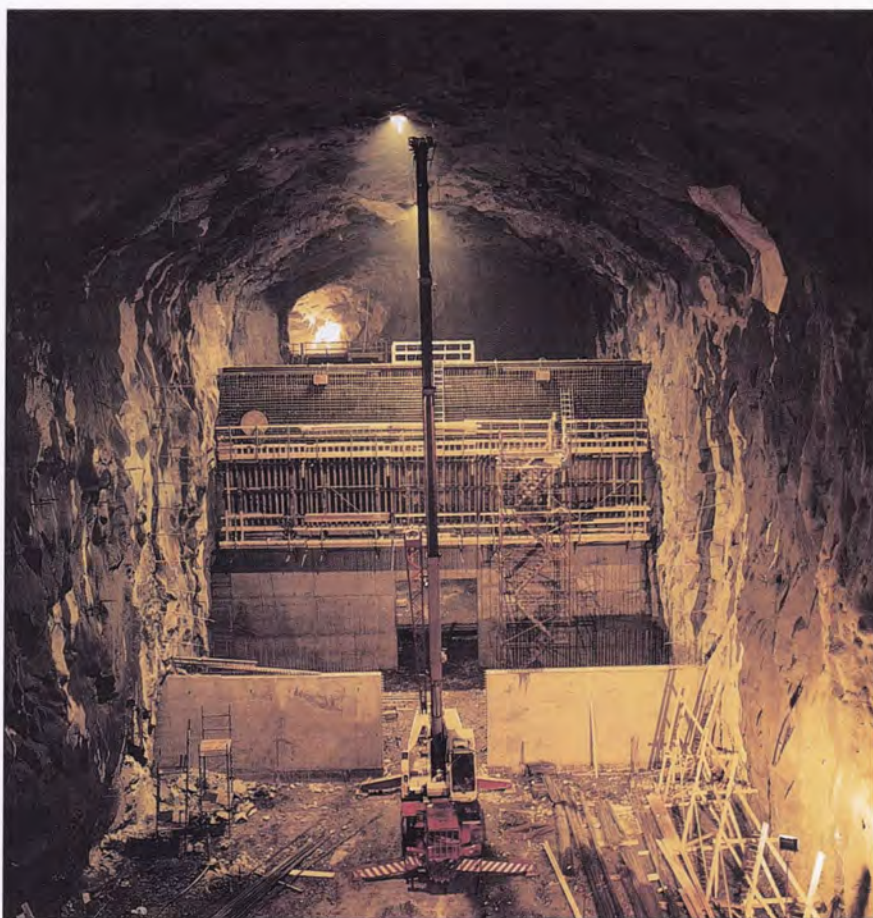
Rensekravene ved de tre store anleggene med utslipp i indre Oslofjord er nå 90% for organisk stoff og fosfor, og 70% for nitrogen. Ved disse anleggene renses avløpsvannet fra ca. 750.000 personer. Driftsresultatene kontrolleres fortløpende. Prøver av innløps- og utløpsvannet blir analysert på viktige komponenter. Dagens anlegg har en høy teknisk standard, med avansert automatisk styring og overvåking.

Bekkelaget renseanlegg

Bekkelaget renseanlegg er det eldste store renseanlegget i Osloområdet. Anlegget ble tatt i bruk i 1963, som et biologisk anlegg etter aktivslammetoden. Kjemisk felling for fjerning av fosfor ble innført på anlegget i 1974, og anlegget ble utvidet og modernisert i 1978. Hele det opprinnelige anlegget er nå fjernet og et nytt anlegg er bygget i fjell innenfor der det gamle anlegget lå.



Nye Bekkelaget renseanlegg i fjell. Fem parallelle haller og tverrhall for vannbehandling. Den lengste hallen er 220 m lang.



Fra bygging av nye Bekkelaget ra. Hallene er 20m brede, og de dypeste, som her, 24m fra hvelv til bunn.

B. Fuhre

Innkjøring av det nye anlegget startet høsten 2000, og anlegget ble offisielt innviet 16. november 2001.

I anlegget behandles avløpsvann fra Oslos østlige og sørlige bydeler, samt deler av Oppegård og Nittedal, til sammen ca. 280.000 personer. Avløpsvannet fra de østre bydelene tilføres anlegget via Kværner-tunnelen, og fra syd via Ljanstunnelen.

Det nye anlegget har mekanisk, kjemisk og biologisk rensing, inkl. nitrogen-fjerning. Fjerning av fosfor skjer ved felling i forsedimentering og simultan-felling i en aktivslamprosess, hvor det også foregår fjerning av organisk stoff og nitrogen i luftede og ikke luftede soner. Som siste rensetrinn passerer avløpsvannet sandfilteranlegg før det ledes ut gjennom diffusorer på 50 m dyp i Bekkelagsbassenget.

Gjennomsnittlig vannføring til anlegget er 1,3 m³/s. Maksimal kapasitet er 3 m³/s. Av dette er det 1,7 m³/s som gjennomgår alle rensetrinn, mens de overskytende 1,3 m³/s passerer forbehandling og kjemisk rensing. Vannmengder mellom 3,0 og 6,0 m³/s siles gjennom rister før det slippes ut i fjorden.

Årlige utslipp fra anlegget skal ikke overstige 12 tonn fosfor, 480 tonn nitrogen, og 540 tonn organisk stoff.

Slam fra anlegget stabiliseres og hygieniseres i råtnetanker ved 55°C. Deretter avvannes det i sentrifuger til ca 30% TS (tørrestoff), noe tørkes til 90 – 95% TS. Årlig slamproduksjon er nå ca. 18.000 tonn. Hvis alt slammet tørkes, vil man komme ned i en årlig slamproduksjon på 6 – 7000 tonn. Slam fra avløpsvannet er uønsket i fjorden, men er et næringsrikt og fiberrikt materiale, som er en verdifull ressurs som jordforbedringsmiddel. Det aller meste av slammet har de siste årene vært levert til bønder på østlandsområdet. Det føres streng kontroll med slammets innhold av tungmetaller. Kun små mengder slam, med høyere innhold av tungmetaller enn tillatt, har det vært nødvendig å deponere som spesialavfall.

Ved stabilisering av slammet i råtnetanker produseres metangass. Denne brukes til oppvarming og tørking av slammet, og til oppvarming av renseanlegget.

Nordre Follo renseanlegg

Nordre Follo renseanlegg og det tilhørende avløpssystemet ble opprinnelig bygget ut for å fjerne tilførsel av avløpsvann til Gjersjøen, som er drikkevannskilde for Oppegård. Ved anlegget renses avløpsvann fra de største delene av Oppegård og Ski kommuner, samt fra nordre del av Ås kommune, tilsammen avløpsvann tilsvarende 38.000 personekvivalenter. Anlegget ligger ved Mosseveien nedenfor Tusenfryd-parken, like nord for Vinterbro. Det ble tatt i drift som mekanisk renseanlegg i 1972 og bygget om til mekanisk/kjemisk rensing i 1980. Nitrogenfjerning ble innført ved anlegget i 1997.

Anlegget består i dag av grovrist og finrist, sandfang, forsedimentering, biologisk rensetrinn for fjerning av organisk stoff og nitrogen, og til slutt kjemisk



Nordre Follo renseanlegg

rensetrinn. Det har en kapasitet på 0,3 m³/s. Nitrogen fjernes ved Kalnesprosessen i luftede og ikke luftede bassenger med fastsittende bakteriekultur på små plastlegemer med stor overflate, utviklet ved SINTEF. I motsetning til det som er vanlig, fjernes slammet her ved flotasjon. Det tilsettes en mindre vannmengde hvor luft er løst i vannet ved høyt trykk. Når dette tilsettes frigjøres luften som mikroskopiske luftblærer. Disse fester til slampartiklene og bringer dem til overflaten som slam, som skrapes av.

Det rensete avløpsvannet føres i en 3,1 km lang tunnel til Sjødalstrand ved Bunnefjorden, hvor det ledes ut gjennom diffusor på 50 m dyp ca. 350 m fra land.

Slam fra renseanlegget avvannes i sentrifuger, hygieniseres ved varmebehandling og stabiliseres i råtnetanker. Årlig produseres ca. 4000 tonn slam med ca. 25% TS. Avvannet slam transporteres til mellomagerplass før det kjøres ut til jordbruket.

VEAS

VEAS er det største renseanlegget i Norge. Anlegget ligger i Asker kommune, like nord for Slemmestad. Avløpsvann fra Asker, Bærum og ca. 60% av avløpsvannet fra Oslo, samt noe fra Røyken kommune, til sammen avløpsvann fra ca. 430.000 personer renses i anlegget. I løpet av 2002 vil anlegget også få tilført noe avløpsvann i ledning over fjorden fra Nesodden kommune.

VEAS ble bygget som et mekanisk/kjemisk renseanlegg, primært for fjerning av fosfor, og ble tatt i drift i 1982. Anlegget ligger i fjell med små muligheter for arealutvidelser. Som en følge av Nordsjøavtalen fikk VEAS krav om nitrogenfjerning. Slike anlegg er vanligvis svært arealkrevende. Ved finansiell



Sandfanget på VEAS før det fylles opp med vann. Det er store dimensjoner på anlegget. Totalt dekker hallene et areal tilsvarende 5 1/2 fotballbane.

I. Davies



Opplasting av tørket slam. Det kjøres ut 3 til 4 lass, totalt ca. 100 tonn slam pr. dag.

støtte fra Miljøverndepartementet utviklet VEAS en egen metode hvor man i stedet for å øke arealet gikk i dybden. Anlegget ble bygget om i perioden 1991 – 97. Forskning og ombygging foregikk parallelt med driften av det eksisterende anlegget.

Anlegget har en maksimal kapasitet på 7,5 m³/s. Av dette kan 5,5 m³/s gjennomgå nitrogenfjerning, de overskytende 2 m³/s kan bare renses for partikulært materiale og fosfor. Årlig behandles mellom 95 og 120 mill m³ avløpsvann. Avløpsvannet passerer rister og luftet sandfang hvor det settes til kjemikalier for fjerning av fosfor i påfølgende sedimenteringsbasseng. Deretter følger oppstrøms nitrifikasjons- og denitrifikasjonsfilter. Nitrifikasjon og denitrifikasjon skjer i biofilmprosess hvor bakteriekulturene lever på små Leca-partikler med stor overflate. Nitrifikasjon skjer ved tilførsel av luft, denitrifikasjon er en anaerob prosess som trenger tilførsel av lett nedbrytbart organisk stoff. Dette skjer i dag ved tilførsel av metanol. Filtrene vaskes periodevis, og vaskevann med biologisk slam føres tilbake til innløpet. Hele prosessen er meget kompakt. Avløpsvannets oppholdstid i anlegget er kun 3 timer.

Det rensede avløpsvannet føres ut i Vestfjorden via diffusor på 50 m dyp, 700 m fra land. På denne måten blandes avløpsvannet med sjøvann, og lagres inn under brakkvannssjiktet.

Før videre behandling av slammet fjernes filler og fiber. Deretter passerer det trommelsil for fortykning, gjennomgår biologisk hydrolyse, utråtning, blir tilsett lesket kalk, og avvannes i kammerfilterpresser kombinert med vakuums-tørking. Ferdig behandlet slam er derved stabilisert og hygienisert, og har et tørrstoffinnhold på 50-70 %. Sluttproduktet, ca. 30.000 tonn per år leveres hovedsakelig som jordforbedringsmiddel til korndyrkingsarealer.

Biogass fra råtneanlegget består av 2/3 metan og 1/3 karbondioksyd. Gassen benyttes til produksjon av elektrisk energi ved hjelp av en gassgenerator. Produksjonen dekker ca. 40% av anleggets behov. I tillegg benyttes varme fra forbrenning av gassen til oppvarming av slammet før utråtning, i vakuumsør-keanlegget, og til oppvarming av fjellanlegget.

Det er også et strippeanlegg ved VEAS. Filtratvann fra slampressene inneholder oppløst organisk stoff, mye ammonium og har høy pH-verdi. I strippetårnet skilles ammoniakk fra filtratvannet ved luftinnblåsing. Deretter ledes ammoniakken til et absorpsjonstårn hvor den nøytraliseres med salpetersyre, og det dannes en 55% ammoniumnitratløsning som bla. selges til fullgjødselproduksjon.

Slamdisponering

De første avløpsledningene var ikke beregnet på å ta imot klosettavfall. Dette ble samlet i bøtter og binger. Det var nattmannens oppgave å ta seg av tømmingen. Avfallet ble samlet på Natmandshaugen, der Stensparken ligger i dag. På 1850-tallet var bebyggelsen kommet nærmere, og det ble klaget over stanken fra området. Nye løsninger ble diskutert. Det ble inngått avtale med Christiania Poudretfabrik. Firmaet tilbød å foreta hyppig strøing med kalk og myrjord i latrinebingene, og å bringe det bort til bruk som luktsvak gjødsel. På slutten av 1800-tallet ble arbeidet overtatt av private renovasjonsselskaper og det nystartede kommunale renholdsverket. I tillegg ble også avfall fra byens staller samlet inn. I 1900 var det 3700 hester i byen. De produserte 45 tonn hestemøkk per dag. Det meste ble samlet, men en del gikk også til kloakkene.

Slam fra de Riensche skivene og fra septiktanken på Skarpsno som ble installert fra 1910 og utover på 1920-tallet, ble også tatt hånd om av renholdsverket. Noe ble solgt til bønder og gartnere, men mye ble henlagt på kommunale fyllinger, bla. på Langøyene.

I 1931 ble anlegget på Skarpsno bygget om til biologisk renseanlegg, og i 1933 ble det mekaniske renseanlegget på Festningen tatt i bruk. Dette ga vesentlig økte slammengder. Slamhåndteringen ble overtatt av Vann- og kloakkvesenet. Den enkleste måten å bli kvitt det på var å dumpe det i sjøen. Slammet ble samlet på lektere og ført ut i fjorden. Først ble det dumpet ved Steilene vinterstid og utenfor Drøbaksundet om sommeren. Senere ble det ført til ytre Oslofjord hele året, hele tiden under stadige protester fra befolkningen i områdene hvor det ble dumpet. Dette pågikk helt fram til 1. januar 1974. Fra da av ble slam fra Skarpsno og Festningen ført til behandling og videre disponering fra Bekkelaget renseanlegg. Her ble det stabilisert i råtnetanker og avvannet i sentrifuger. Ca halvparten ble levert til bønder i Østlandsområdet, den andre halvparten ble henlagt på Grønmo fyllplass.

I dag er det fra statlig hold uttrykt at slammet er en verdifull ressurs, og at mest mulig skal benyttes som jordforbedringsmiddel. Dette stiller strenge krav til stabilisering og hygienisering. Dessuten vil slammets innhold av miljøgifter (tungmetaller) begrense den mengden slam som tillates lagt ut på



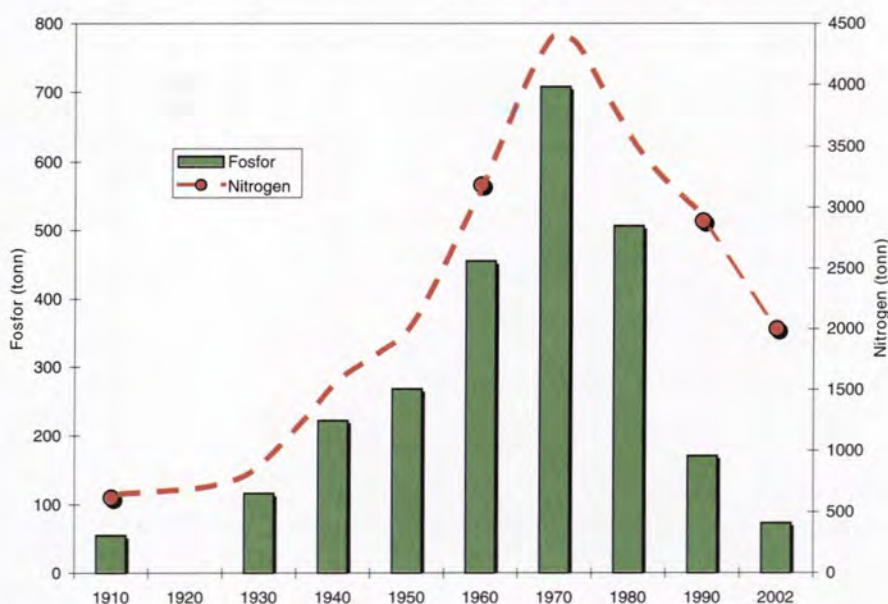
Slamtømming i ytre Oslofjord, som pågikk ut 1973.

arealene. Slammet benyttes primært på områder for korndyrking, men også til parker, golfbaner, veianlegg og andre offentlige anlegg. Det aller meste av slammet i Osloområdet leveres i dag til jordbruket. Det diskuteres mellom SFT, helse- og landbruksmyndighetene om dette er riktig bruk av slammet. Stadig skjerping av kravene har gjort at bøndene er blitt skeptiske til å ta imot slam. De er redde for restriksjoner på bruk av arealer hvor det har vært benyttet slam. Fra myndighetene er det uttrykt at slam ikke skal brennes, og heller ikke henlegges i fylling. Hvis slamleveranse til jordbruket skulle stoppe opp, vil slamdisponering bli et stort problem for renseanleggene.

Fjorden friskner til

Den restaurerte fjorden

Ved de store undersøkelsene og utredningene av forurensnings situasjonen i 1962-70, ble grunnlaget lagt for langsiktige løsninger for å snu utviklingen og få tilbake en ren fjord. Konkrete tekniske planer, organisasjon og politiske vedtak kom i tur og orden. I året 2002 er de fleste av disse planene fullført. Det er bygget tre store renseanlegg for å ta hånd om avløpsvannet før det slippes ut i fjorden. Bekkelaget renseanlegg var allerede tatt i bruk som biologisk anlegg i 1963. Det ble utvidet med kjemisk rensing i 1974. Nordre Follo renseanlegg ble tatt i bruk som mekanisk anlegg i 1973 og utvidet med kjemisk rensing i 1980. VEAS ble bygget som mekanisk/kjemisk anlegg og tatt i drift i 1982. Felles for alle avløpssystemene og renseanleggene er at det stadig har foregått effektivisering og forbedring for å øke rensegraden. I løpet av de siste årene er disse tre anleggene bygget ut for nitrogenrensing, slik at det i dag oppnås vidtgående fjerning av fosfor, nitrogen og organisk stoff. Dessuten fjernes en stor mengde miljøgifter ved at partikkelmengden er sterkt redusert. Bekkelaget renseanlegg har sandfiltrering av det rensede avløpet, noe som hittil



Figur 43. Tilførsel av fosfor og nitrogen fra befolkning, industri og landbruk og ved naturlig avrenning før 1960 er beregnet. Fra 1962 er det gjennomført både observasjoner og beregninger (ikke alt lar seg måle) av tilførselene. Vi vet f.eks. ikke hvor store tilførselene var i 1910, men tilsvarende beregninger er gjort andre steder og viser omtrent samme økning gjennom 1900-tallet. For indre Oslofjord var tilførselene størst omkring 1970 og har siden avtatt etter hvert som rensetiltak er satt i gang. I begynnelsen var det først og fremst fosfor som ble fjernet, men fra 2002 vil de tre store renseanleggene også fjerne omkring 70 % nitrogen.

i Norge bare ble brukt for drikkevannsrensing. Forurensningsbelastningen på fjorden har avtatt sterkt fra slutten av 1970 årene og fram til i dag (fig. 43). Det foregår fortløpende forbedringer av ledningsnett, men det gjenstår ennå mye arbeid for å redusere lekkasjer, feilkoblinger og overløp, og å øke kapasiteten til å ta i mot store vannmengder under perioder med intens avrenning.

Som et resultat av den avtakende belastning har overvåkingen av miljøet i fjorden påvist en positiv utvikling. Fra de meget dårlige forholdene i begynnelsen og midten av 1970-tallet, hvor forurensningstilførselen var som størst, har det stadig blitt forbedringer.

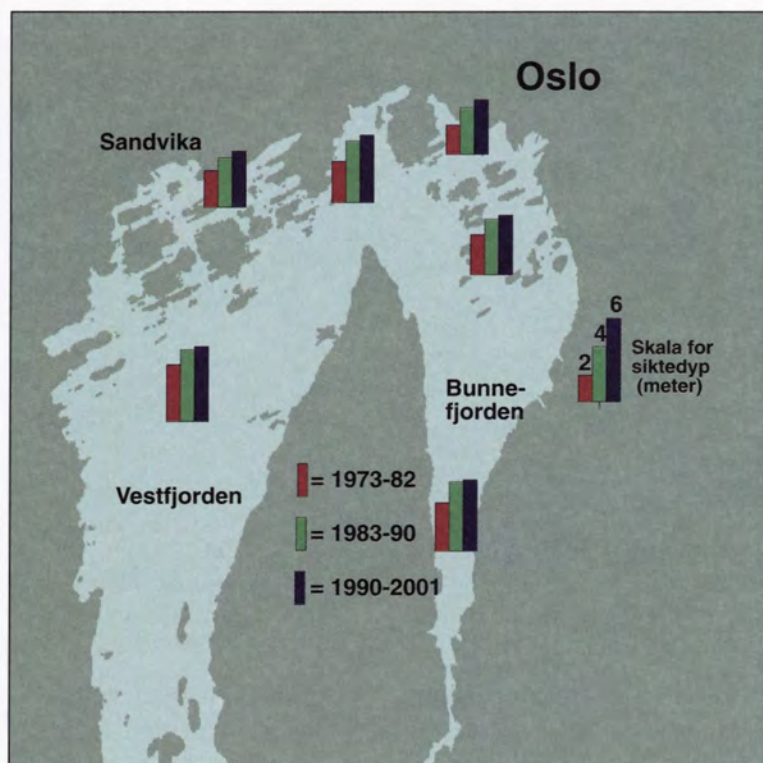
Mengden av planteplankton i overflatelaget i sommerhalvåret har avtatt, og siktedypet er betydelig forbedret (fig. 44 og 45). Observasjoner av plankteplanktonbiomassen (klorofyll-a) er imidlertid fra overflaten (0-2 meters dyp). Dette kan tolkes som at det tidligere hovedsakelig var vekst i de øverste meterne, og at denne nå er flyttet dypere ned i vannmassen, ned mot 10-15 meters dyp og fortsatt like stor. Men at dette ikke er trolig viser beregninger av oksygenforbruk i Vestfjordens dypvann (fig. 49). Forbruket i stagnasjonsperioder viser at det nå er omtrent like lavt som på 1950-tallet, dvs. at den organiske belastningen (bl.a. planteplanktonproduksjonen i overflatelaget) på dypvannet faktisk er redusert.

Den viktigste årsaken er rensetiltakene, dvs. avskjærende avløpsledninger og samling av avløpsvannet til få renseanlegg som har etablert avanserte renseprosesser for fjerning av næringssalter. Det mest markerte enkelttrinnet i utviklingen var starten av VEAS som stoppet utslippene fra Festningen, Skarpsno og alle avløpene via vassdrag og renseanlegg vestover i Oslo, Bærum og Asker. Etter hvert er avløpsvannet fra alle anleggene ledet ut på dypt vann, slik at det innlagres godt under overflaten. De restmengder av næringssalter som fremdeles slippes ut, blir nå ikke direkte tilgjengelig for algene.

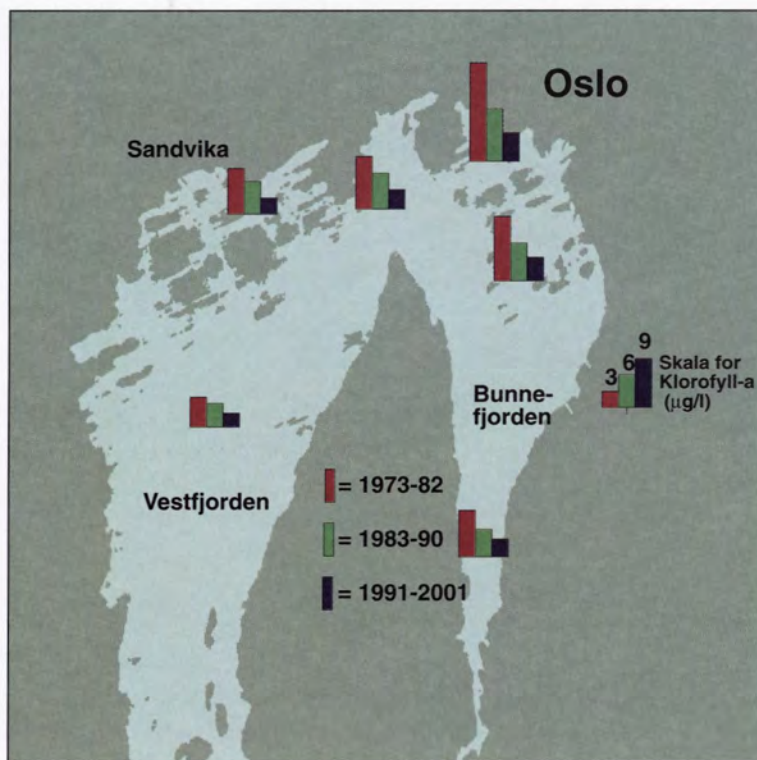
Bedre siktedyp og mindre næringssalter, plankton og partikler i overflatelaget har fått direkte konsekvenser for gruntvannsområdene. Tangarter som tidligere var registrert i Oslos nærområder, men som var blitt borte som følge av forurensningen, ble igjen observert (figur 46, 47 og 48). De grønne strendene ble mindre grønne av forurensningstolerante grønnealger, og badevannet ble bedre. Det rapporteres jevnlig om økende mengde ålegress og publikum har reagert med forbauselse på at de kan se bunnen på steder de tidligere ikke kunne se den.

Men bedre forhold for de opprinnelige tangartene gir også grunnlag for en positiv utvikling av dyrelivet. Dette er ikke bare av betydning for strandsonen men for dyrelivet i hele fjorden. I tangsamfunnet finnes mye mat og småfisk finner bedre beskyttelse mot å bli føde og har større mulighet for å vokse opp. Gruntvannsområdene kan kalles fjordens barnekammer.

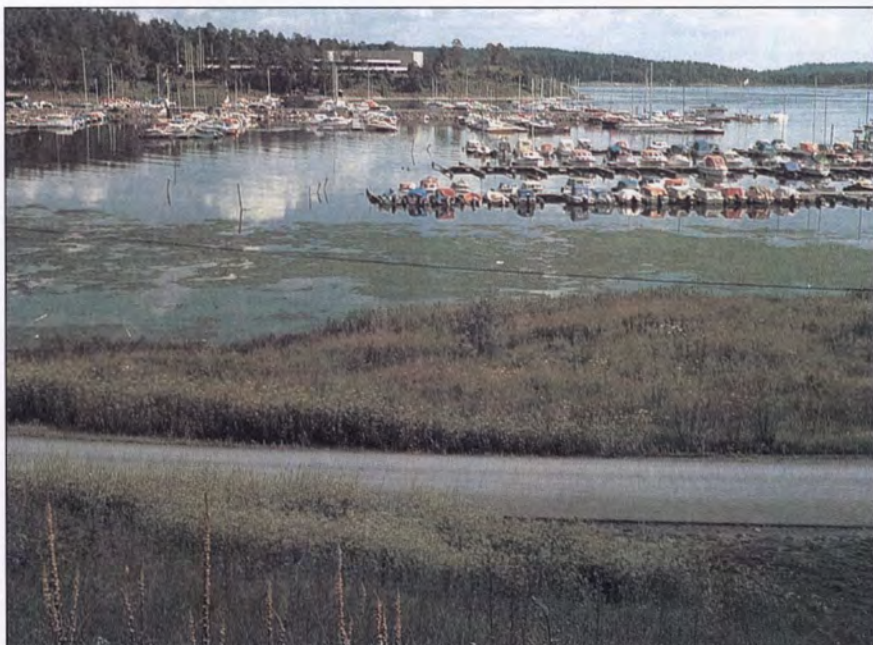
Det er ikke bare i selve overflaten det har skjedd en forbedring av gruntvannsområdene. Økt siktedyp gir bedre lystilgang for planter som kan vokse dypere enn tidligere. Slik har det tilgjengelige arealet for algene i fjorden økt. I år med lite nedbør ble forholdene i overflatelaget meget bra. De beste resultatene fra overvåkingen kom i begynnelsen av 1990-tallet, da været spilte på lag med rensetiltakene.



Figur 44. Siktedypet er her presentert som middelværdi for juni- august. Det har gradvis blitt bedre siden forurensningsbelastningen kulminerte på 1970-tallet. Endringene er størst nærmest Oslo hvor siktedypet i snitt er fordoblet. Det betyr at lyset nå trenger dypere ned i vannmassen og algene kan f.eks. vokse ned til 10 meters dyp hvor de tidligere var begrenset til 5 meters dyp. Når større bunnområder kan tas i bruk av tang og tare vil dyrelivet bli begünstiget og fjorden blir et bedre tilholdssted for fisk og fiskens næringsdyr.



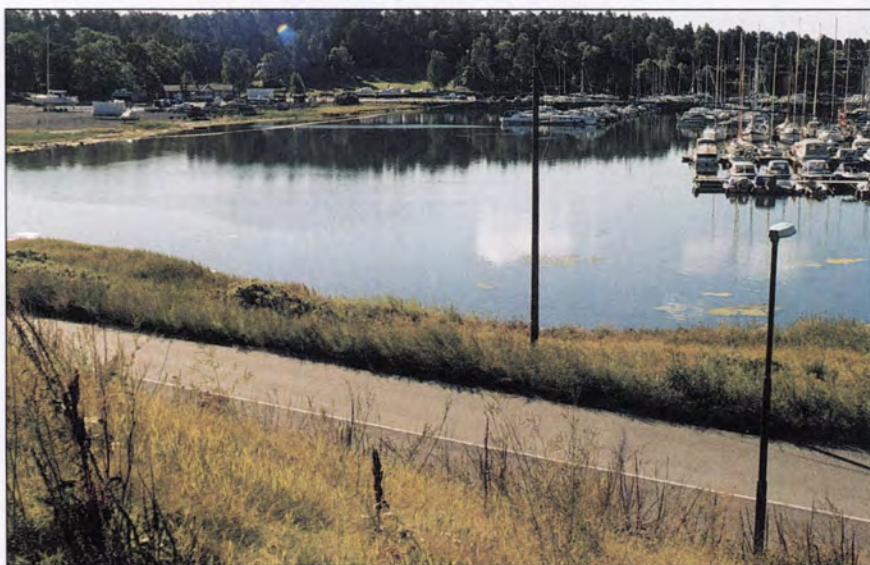
Figur 45. Årsaken til bedre siktedyp er at renseanleggene har redusert næringssaltstilførselen med det kommunale avløpsvannet. Dette betyr mindre planteplankton og klarere vann. Planteplanktonbiomassen kan måles som klorofyll-a. Her vises nedgangen i konsentrasjon i perioder fra 1970-2001 i 0-2 m dyp. Alle observasjonene er fra juni-august. Høyt klorofyllinnhold betyr mange alger og lavt siktedyp. Det er altså god overensstemmelse med fig.44.



Solvikbukta 1980.

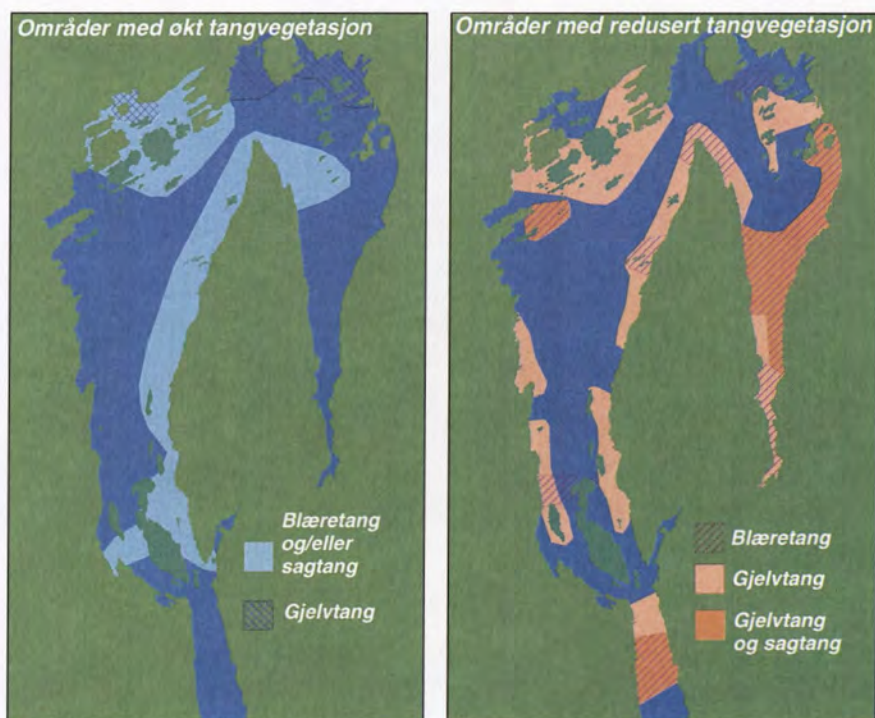
K. Baalsrud

Solvikbukta i Bærum. I denne grunne bukta var det sterk vekst av grønske og andre alger helt til etter 1980. Det var et uestetisk syn og til stor ulempe for alle båtbrukerne. Noen år senere var alt avløpsvannet fra området blitt ført inn i tunnelen til VEAS og algeveksten ble redusert, og nesten borte.



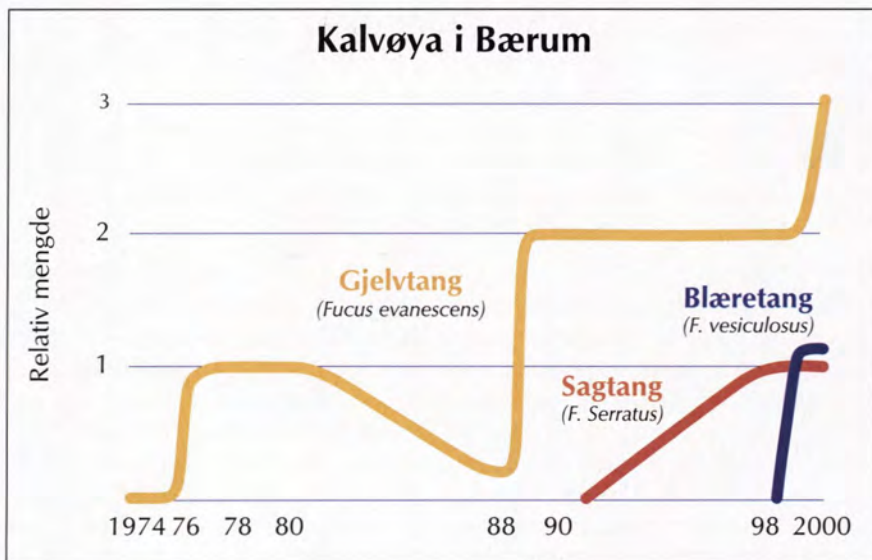
Solvikbukta 2001.

K. Baalsrud



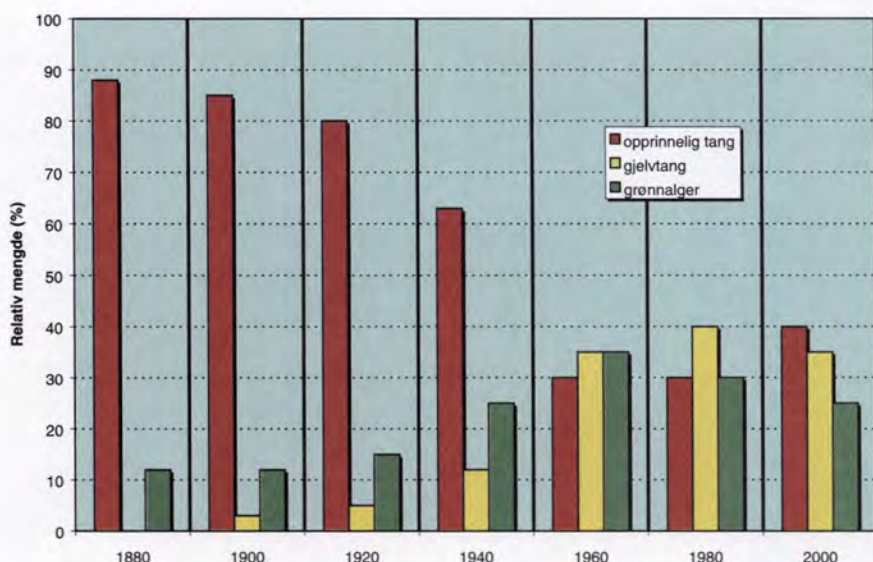
Figur 46. Her er en oversikt over endringer av tangveksten i indre Oslofjord. Figuren til venstre viser hvor de ulike artene har økt dvs. i hovedsak en forbedring. At gjelvtangen har økt i de tidligere mest belastede områdene viser her en forbedring da forholdene her har vært for dårlige også for denne arten. Figuren til høyre viser de områdene ulike arter er redusert. Redusert forekomst av gjelvtang er her et eksempel på forbedring. I noen områder har også blåretang og sagtang blitt redusert, sannsynligvis i hovedsak som følge av isskuring. Totalt sett har forbedringene vært størst i nærområdene til Oslo og Bærum. Det var størst forbedring fra 1970-tallet til 1980-tallet. På 1990-tallet ble det igjen observert en bedring. Det forventes at denne utviklingen vil fortsette.

T. Bokn



Figur 47. Forbedringen i Bærumsbassenget har vært betydelig. Gjelvtangen tåler mer forurensninger enn sine nære slektninger sagtang og blæretang, men heller ikke den tåler for dårlige forhold. Den har i senere år fått bedre forhold, samtidig som også sagtang og blæretang begynner å reetablere seg.

T. Bokn



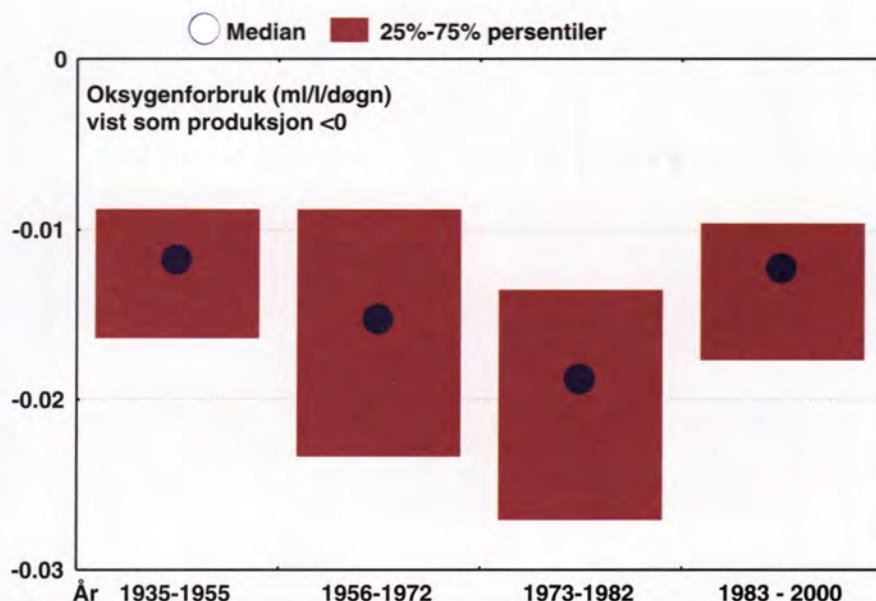
Figur 48. Basert på opplysninger i litteraturen om alger fra indre Oslofjord siden 1890-årene er utviklingen skissert fra 1880-2000 for de fire brunalgene (spiral-, blåre-, grise- og sagtang), samt "nyinnvandrerne" gjelvtang og hurtigvoksende grønnalger (grønnske). De fire brunalgene dominerte frem til 1940-årene, da grønnalgene ble et sterkere innslag i strandsonen. Gjelvtangen etablerte seg gradvis gjennom århundret. I løpet av de siste 10-12 årene synes denne trenden å ha snudd- mindre grønnalger og utbredelsen av gjelvtangen er redusert samtidig som de fire brunalgene er på vei tilbake til sine opprinnelige vekstområder.

T. Bokn

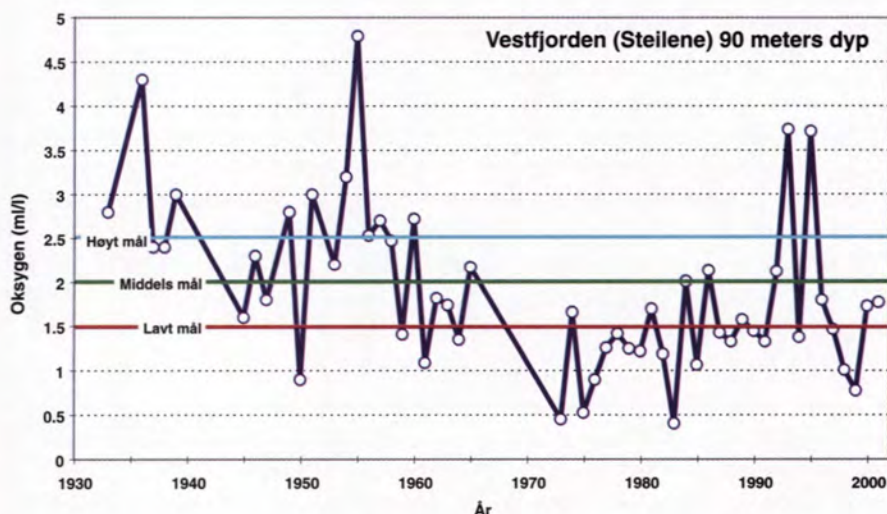
Oksygenforholdene i Vestfjordens dypvann ble bedre, og oksygenforbruket ble som nevnt lavere, og er nå omtrent som på 1950-tallet (fig. 49 og 50). Etter mange år uten rekefangst ved Steilene ble det igjen fanget reker her i 1980-årene (fig. 51). Bunnfaunaen viste også tegn på forbedringer, men alle problemer var ikke løst.

Fortsatt er oksygenforholdene for dårlige i Bunnefjorden og Lysakerfjorden, hvor det tidligere ble trålet reker. Bare i enkelte år med meget god vannutskifting finner vi her levende organismer. I Bunnefjorden ligger oksygenkonsentrasjonene i dypvannet fortsatt under laveste ambisjonsnivå og det er foreløpig ikke noen tegn til en positiv utvikling, selv om forholdene ikke er blitt dårligere (fig. 52). Det samme kan sies om Bekkelagsbassenget under 30 meters dyp og Bærumsbassenget under 16-20 meters dyp, hvor det raskt utvikles hydrogensulfid (råttent vann) etter dypvannsfornylelsene.

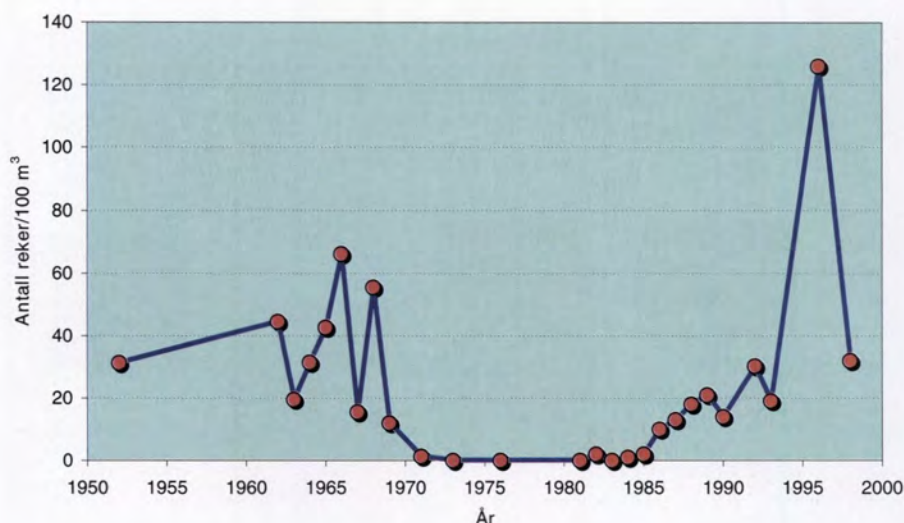
Samtlige observasjoner som foreligger til nå er gjort før renseeffekten til det nye Bekkelaget renseanlegg har kunnet påvirke måleresultater. Det vil ta tid før virkningen på utviklingen av bunnvannets oksygenforhold med sikkerhet kan bli fastslått. Oksyngjelden i sedimentene i Bunnefjorden, Bekkelags- og Bærumsbassenget er betydelige og vil forhindre en rask forbedring her. Oksyngjeld er et uttrykk for den oksygenmengde som trengs for at de råtne sedimentene på bunn igjen skal kunne bli friske. Før dette har skjedd, kan det ikke oppnås stabile oksygenforhold i det bunnære vannet og sedimentene, som er en forutsetningen for reetablering av bunnfaunaen. Dessuten er disse fjordavsnittene også fra naturens side meget ømfintlige.



Figur 49. Oksygenforbruket i Vestfjordens dypvann er beregnet ut fra observasjoner i ulike perioder. Forbruket er i perioden 1982-2000 omtrent på samme nivå som på 1950-tallet, en effekt av gjennomførte rens tiltak. Når utslippene av urensset kloakk var som størst på 1970-tallet var også oksygenforbruket størst. Stort oksygenforbruk gir lavere oksygenkonsentrasjon. Ettersom forbruket er beregnet i den del av året da fjorden ikke får tilført nytt dypvann, er det uavhengig av effekten av dypvannsfornyelsen.

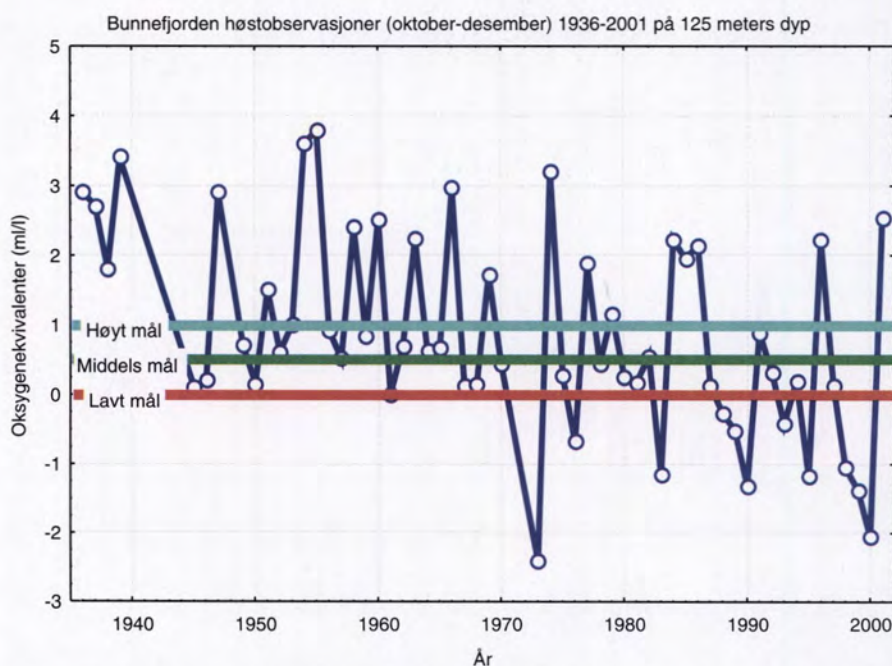


Figur 50. Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjordens dypvann i oktober måned 1933-2001. Her har utviklingen vært positiv siden 1970-tallet, med noe økende oksygenkonsentrasjon om høsten. Endringen kan synes liten, men samtidig har det igjen blitt registrert reker på de nordre feltene i Vestfjorden, noe som viser at også tilsynelatende små forandringer kan gi store effekter.



Figur 51. Antall reker fanget i bunnslede ved Steilene fra 1950-1998. Oksygenforholdene var så dårlige på 1970-tallet at det ikke ble fanget reker i denne perioden. Den store fangsten i 1996 skyldes en ekstra god dypvannsfornyelse i fjorden.

F. Beyer, J. Indrehus



Figur 52. Oksygenkonsentrasjonen i fjorden er som regel lavest om høsten. Her er observasjoner fra 1936-2001 som viser utviklingen i Bunnefjorden (Svartskog). Negative tall betyr at her er det hydrogensulfidholdig vann (Hydrogensulfidkonsentrasjonen er omregnet til negativt oksygen og er et uttrykk for oksygenbehovet. Derav betegnelsen oksygenekvivalenter på y-aksen). Sammenlignet med miljømålet for fjorden ligger Bunnefjorden fortsatt en bra bit fra det laveste ambisjonsnivået. At det skulle la seg gjøre å oppnå målene viser tidligere observasjoner.

Selv om forholdene kan bli bedre enn idag, må vi regne med at det fra tid til annen kan oppstå råttent vann i disse dypbassengene. Klimaendringen kan være med å bestemme dette. Det betyr at hvis det skal være et mål at Bunnefjorden igjen kan utvikle rekebestand, må antakelig ytterligere tiltak til. Det enkleste og rimeligste vil være ved kunstige inngrep å påskynde utvekslingen av bunnvannet. Dette kan oppnås ved å pumpe overflatevann ned til største dyp, et inngrep som synes å ha få betenkelige sider.



Fra NM i havfiske som ble arrangert sommeren 2000.

D. Hauge

Norgesmesterskap i havfiske 2000 - indre Oslofjord

I forbindelse med Oslos 1000-års jubileum arrangerte Oslo Havfiskeklubb NM i havfiske 29. og 30. april. Det er ca. 50 havfiskeklubber i Norge som er tilsluttet Norges Havfiskeforbund, og det kom deltakere fra Andøya i nord til helt sør i landet.

179 fiskere stilte til start begge dager, fordelt på 15 båter. Det ble fisket innenfor en linje mellom Steilene og Slemmestad. Hver dag ble det fisket i 5 timer fra første snøre gikk i vannet. Kl. 09.00 gikk startskuddet og det minnet nesten om Lofoten da båtene tøffet ut fjorden. Samlet ble det dratt opp litt over 1.000 kg. deriblant 9 forskjellige slags fiskesorter. Største fisk av hvert slag var: torsk 3,88 kg; lyr 3,49 kg; sei 2,89 kg; kolje 2,12 kg; hvitting 1,14 kg; sild 0,99 kg; knurr 0,48 kg; sandflyndre 0,10 kg og sypike 0,10 kg.

Fra start av NM
i havfiske.
Båter på tur ut.
D. Hauge



Forsker ved NIVA ser frem til middag
etter passe fangst en vårdag 1999.
Rund vekt på torsk var 15,7 kg.

J. Magnusson

Rekesalg i Pipervika,
sommeren 2001.
A. Rosendahl

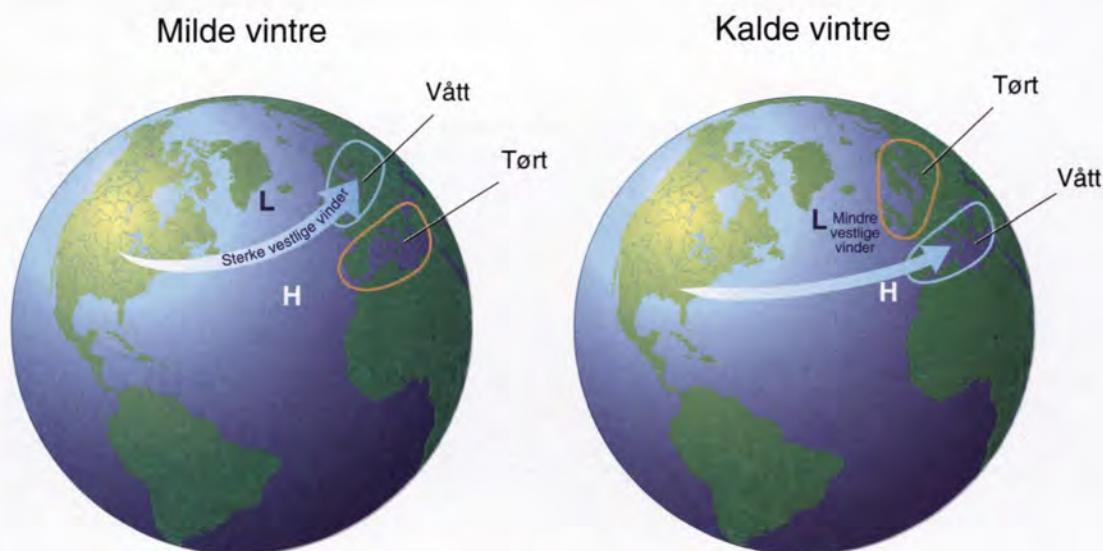


Nye trusler mot indre Oslofjord

Både vitenskapelige målinger og publikums reaksjoner viser klart at forurensningsutviklingen har snudd. Det øvre vannlag synes nå stort sett å tilfredsstille de fleste brukerkravene. Tallmaterialet tyder på at kvalitetsendringen skjedde sist på 80-tallet, men de ble mere synlig for folk flest utover i 1990-årene. En viktig del av restaureringen er gjennomført. Badelivet kan florere, og sportsfiskerne kan stadig trekke stor torsk, feit makrell og sild.

Det er tre trusler mot en fortsatt forbedring av fjordens miljøtilstand knyttet til overgjødningen, to av dem er forårsaket av en mulig endring i klimaet. I tillegg gjenstår problemer knyttet til miljøgifter.

Den første trusselen er en mulig forverring av dypvannsfornyelsen. Denne forverringen er avhengig av om den tilsynelatende klimaendringen blir permanent. Hvis en varig klimaforandring oppstår, vil mindre kaldtintervær og mindre nordavind føre til dårligere dypvannsfornyelse dvs. mindre tilførsel av oksygenrikt vann til indre Oslofjord.



Figur 53. Været i Sørskandinavia bestemmes i store trekk av lufttrykksforholdene over Nord-Atlanteren. Når vi har varme vintre i Oslo, er det en relativt stor forskjell mellom høytrykk ved Azorene og lavtrykk ved Island. Kraftige vinder fra vest fører varmluft, gjerne med nedbør, over Skagerrak. Det blir mer sørlige vinder over Osloområdet. I kalde vintre er det mindre trykkforskjell mellom Azorene og Island. Lavtrykkene vandrer ofte i en sørligere bane inn over Europa. Det blir mer nordlige vinder over Østlandet/Skagerrak. Klimaforskerne tror det blir varmere vintre i framtiden. Konsekvensene for Osloområdet blir da høyere frekvens av mildvær og flere perioder med intens regnvær. Det vil gi store avløpsmengder, mer overbelastning av renseanleggene og mere direkte overløp til fjorden av urensset vann. Samtidig vil fraværet av sammenhengende perioder med nordavind i vinterhalvåret gi dårligere dypvannsfornyelse, dvs. mindre tilførsel av oksygen. Hvis intens nedbør i Nord Tyskland og Nederland, som f.eks. vinteren 1995, blir vanligere, kan langtransporterte tilførsler av forurensninger til ytre Oslofjord fra søndre Nordsjøen også øke.



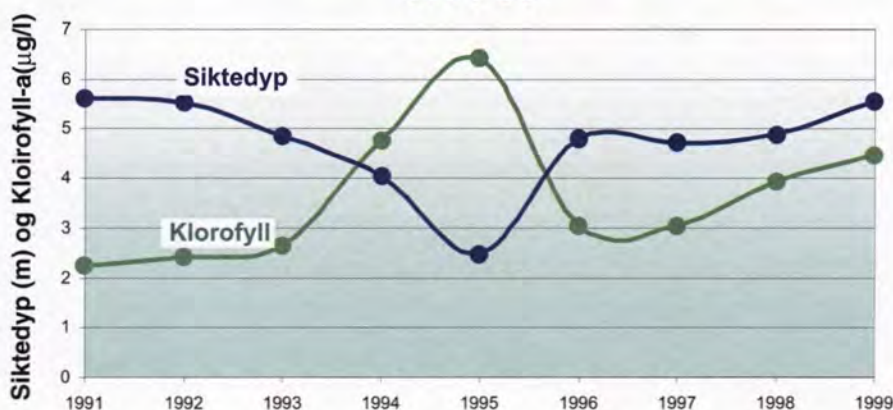
Storflom i Akerselva, Møllefossen, 11. november 2000.

L. Samuelsen

Trusselen er nær knyttet til realismen bak prognosen om en klimaforandring. En av miljøforskerens vanskeligste utfordringer er å skille mellom menneskeskapte og naturlige endringer i naturen. Når vesentlige endringer skjer over kort tid, vil de fleste tro at dette skyldes menneskelige aktiviteter. Disse kan forårsake både lokale og regionale endringer. Det er det mange eksempler på. Spørsmålet er: Kan også globale endringer frembringes ved menneskelige aktiviteter? Noen ganger er svaret klart ja. Som når det påvises PCB i isbjørnens fett, PCB som er produsert og brukt på helt andre steder på kloden. Andre ganger er det en påstand som splitter den vitenskapelige verden. Det gjelder drivhuseffekten og klimaendringer som følger av den. Selv den store majoritet av spesialister som tror at våre utslipp av CO₂ og andre klimagasser har forårsaket klimaendringer, sier at sikre bevis neppe kan fremstilles i dag. Faren er at den dagen sikre bevis foreligger, kan det være for sent å gjøre noe med det.

Som omtalt i kap.3, er vannutvekslingen i Oslofjorden blant annet bestemt av vindens retning og styrke. Normalt har det vært lange perioder med kalde vintre, med nordlige vind og lite nedbør over sør-Skandinavia; et værssystem som begunstiger dypvannsfornyelsen i fjorden. En klimaforandring kan forandre dette. Siden 1988 har det ofte vært milde vintre i Sør-Norge og effekten av dette har alle merket seg. I perioden 1988-2000 har det bare vært en riktig kald vinter, 1995/96, selv om også 1994 var relativt kald. Varme vintre inntreffer når det er høy frekvens av lavtrykk sør for Island som vandrer inn over Sør-Norge (figur 53). Det fører mild luft inn fra sør. Det blir mer urolig vær med perioder av intensivt regn og omfanget og frekvensen av nordlige vinder avtar. Slike vintre kan bli vanlige i framtiden.

Middelverdier juni-august hele fjorden 1991-99



Figur 54. Målinger gjennom 1990-tallet viser at godt siktedyp sammenfaller med liten planteplanktonbiomasse. Figuren viser også at i 1994 og 1995 var siktedypet ekstra dårlig og det var store mengder plankton i fjorden. Både i 1994 og i 1995 var det lokalt stor flom etter stor nedbør i Osloområdet. I 1995 var det dessuten storflom i Glomma og Drammenselva. De tre renseanleggene ved indre fjord hadde ingen mulighet for å behandle alt avløpsvannet, og store mengder urensset avløpsvann gikk gjennom overløp rett ut i fjorden. Resultatet var en stygg fjord og perioder med badeforbud på enkelte badeplasser. Det stimulerte også algeveksten sterkt. Hvis klimaendringer fører til at slike nedbørperioder blir vanlige, står kommunene overfor store utfordringer og ekstra tiltak vil bli nødvendig.

De gjennomførte rensetiltakene burde ha ført til bedre oksygenforhold ikke bare i Vestfjorden men også i Bunnefjorden. Men også i Vestfjorden er forbedringen noe mindre enn forventet. Oksygenforbruket i Vestfjordens dypvann ligger nå på nivå med forbruket på 1950-tallet mens oksygenkonsentrasjonen om høsten fortsatt er noe lavere. Årsaken til dette kan være dårligere dypvannsfornyelse som følge av de nye, ugunstige klimaforholdene

Den andre trusselen er at fjorden er følsom for perioder med intens nedbør. Økt frekvens av uvær med nedbør ved en klimaendring er sannsynlig, og effekten av slike perioder har vi sett i fjorden. Ved store nedbørmengder tilføres fjorden både partikler og næringsalter, dels via elvene (de lokale vassdragene og de store elvene Drammenselva og Glomma), men også via transportsystemet for avløpsvannet. Det er ikke dimensjonert for så store vannmengder, med den følge at urensset kloakk må føres forbi renseanleggene og direkte ut i fjorden via overløp eller elvene.

Somrene 1994 og 1995 var år med lokale flommer i indre fjord. Vannføringen i elvene var stor og kloakknettet ble overbelastet. Mye kloakk rant urensset ut i fjorden, og det ble innført badeforbud. Under slike forhold ble det også ført mye kloakksjøppel ut med avløpsvannet. Det er ting som egentlig ikke skulle vært i avløpsvannet i det hele tatt. Sjøppelet griser til strendene der det flyter i land. Etter overløpsepisodene hvor det samtidig blir mye erosjon, ble store områder av fjorden misfarget av leire. Uværet ble etterfulgt av kraftige plank-

tonoppblomstringer. Situasjonen ble forsterket i 1995 av at det samtidig var storflom i Glomma og Drammenselva. Måling av siktedyp og observasjoner av mengden planteplankton ga de dårligste resultater for hele 1990-tallet (fig. 54). I november/desember 2000 var det en ny periode med nedbørrekord, og vannet i fjorden ble farget brunt av elvene. Saltholdigheten i overflaten sank fra normalt omkring 30 ved denne årstiden til ca. 10. Det ble observert høye konsentrasjoner av nitrogen. Heldigvis var det utenfor badesesongen, og det var samtidig meget dårlige lysforhold, slik at det verken ble utstedt advarsler mot bading eller målt store mengder planteplankton. Når slike episoder med mye nedbør forventes å bli vanligere ved en klimaforandring, vil problemene de forårsaker, komme til å opptre oftere.

En tredje trussel er forholdene i ytre Oslofjord

Som vist på fig. 30 er det gjennom lengre tid observert langsomt synkende innhold av oksygen i Drøbaksundet. Når det vannet som i løpet av vinteren kommer over terskelen og fornyer bunnvannet, har lavere oksygeninnhold, blir indre Oslofjord tilført mindre oksygen ved dypvannsfornyelsene. Dette varierer fra år til år, men tendensen over mange år er urovekkende. Forskere ved Havforskningsinstituttet har vist at dette ikke bare gjelder Drøbaksundet, men mellomlag i ytre Oslofjord og langs Sørlandskysten. Det ble formulert en del hypoteser om årsaken til dette, bl.a. økte tilførsler av forurensninger fra kontinentet. De generelle strømførholdene i Skagerrak er slik at utslippene fra Belgia, Nederland og Tyskland, såvel som fra Østersjøen, Sverige og Danmark føres med hhv. Jyllandstrømmen og den Baltiske strømmen opp mot nordøstlige Skagerrak og ytre Oslofjord. I 1995 var det stor nedbør om vinteren med flom og oversvømmelser i Nederland og Tyskland. Målinger viste at sjøvann som var påvirket av flomvannet, strømmet nordover langs Danmarks vestkyst og forbi den norske sørkysten. I ytre Oslofjord ble rester av dette vannet observert i 20-50 meters dyp, med forhøyede konsentrasjoner av nitrogen. Kystovervåkingsprogrammet har senere vist at flomvann eller vann fra Tyskebukta som har en høy konsentrasjon av nitrogen, relativt ofte blir registrert langs kysten mellom Jomfruland og Arendal i vinterhalvåret. Dette betyr at kysten tilføres næringssalter fra husholdninger, industri og landbruk i Europa. Tilførselen forsterkes ved kraftig nedbør på kontinentet og en høyere frekvens av sørlige vinder som begunstiger transporten med Jyllandstrømmen. Både økt intensitet av nedbør på kontinentet og økt omfang og frekvens av sørlige vinder vinterstid er en del av det vi forventer av klimaforandringen. I tillegg til den langtransporterte forurensningen kommer også de lokale utslippene til ytre Oslofjord.

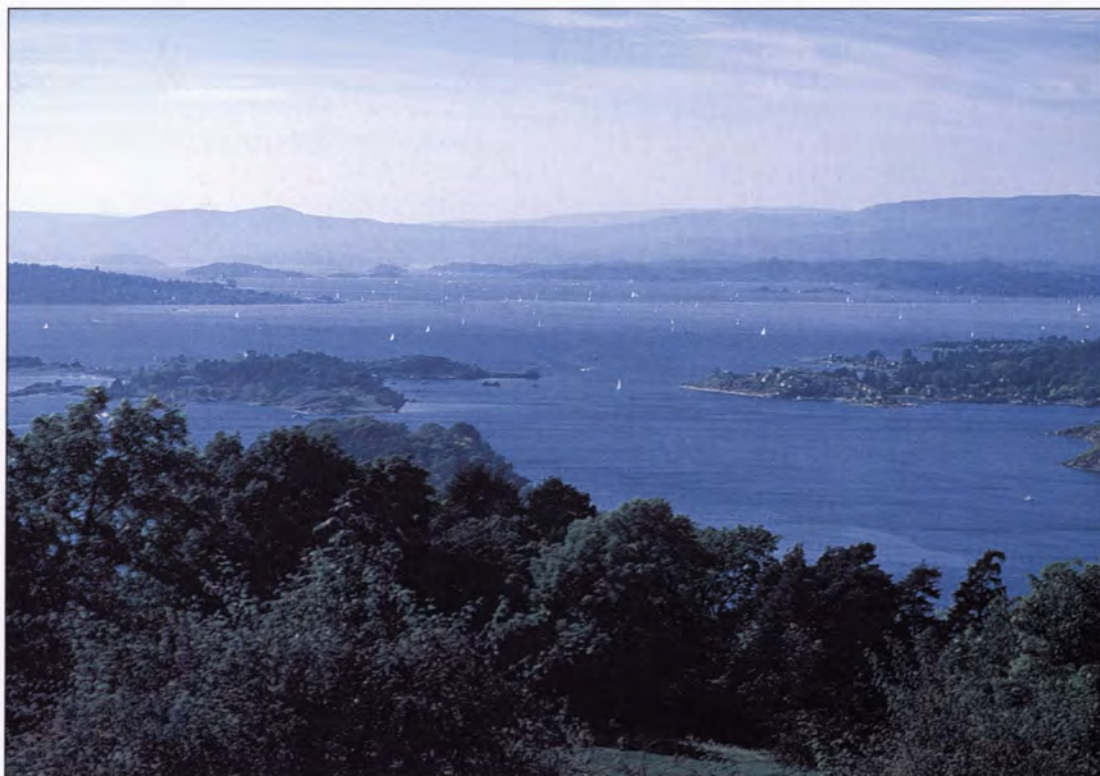
Utbyggingen av renseanleggene er nå kommet meget langt. Forbedringer av driftsrutiner og renseresultater vil fortsette for å oppnå optimale resultater. Den store utfordringen på de tekniske anleggene er å forbedre avløpsnettet. Det gjelder å skille det rene avløpsvannet fra det urene langt bedre enn i dag. Videre må overløpsmengdene reduseres og slippes ut på en kontrollert måte etter en grovrensing.

Den viktigste miljøutfordringen nå er å forbedre dypvannet. Det store mål bør være å hindre at det oppstår råttent vann i Bunnefjorden.

Avsluttende bemerkninger

Ved å vurdere indre Oslofjords miljøhistorie de siste 100 årene ledes tankene hen på hva de neste 100 årene kan komme til å by på. Har fjorden kommet inn i en langsiktig, irreversibel negativ utvikling, hvor det som har skjedd de siste par tiår, bare betyr en midlertidig forbedring? Er fjordens forbedrede vannkvalitet bare å se på som et "hakk i kurven" mot en uopprettelig miljø-ødeleggelse?

Det er ikke mange som klarer å tenke 100 år frem i tiden. Selv bare å tenke 10-20 år framover, vil for de fleste av oss være vanskelig. Vi ville sikkert vegre oss hvis de antakelsene vi kunne ha, skulle danne basis for å styre utviklingen. På den annen side ser vi at det på mange felter skjer små forandringer fra år til år. Hvis man tenker seg at de samme endringene fortsetter hvert år gjennom en lengre periode, blir spørsmålet om resultatene er akseptable. Det blir et valg mellom styring etter en usikker prognose eller ingen styring i det hele tatt.



Stille sommerdag. Oslofjorden fra Ekeberg, 1998.

B. Faafeng

Det legges stadig frem scenarier om hvordan utviklingen kan bli under visse forutsetninger. De må nødvendigvis bygge på dagens kunnskaper. Det sies at en prognose er bare riktig i det øyeblikk den blir laget. Ja, kanskje ikke da en gang!

Et omfattende scenario ble presentert i boken "Limits to Growth", (D.H.Meadows et al, 1972). Utgivelsen av den boken har lært oss en masse, bl.a. viste den oss kompleksiteten i utviklingen, det store antall enkeltfaktorer det må tas hensyn til. Den skapte en livlig og verdifull debatt; for noen også en frykt for fremtiden, for andre noe å harselere over. Nå, 30 år etter, er meningene om bokens konklusjoner ennå delte, selv om debatten nærmest er borte. Det skal derfor stort mot til å legge frem nye scenarier av samme omfattende karakter. Samtidig er det til stadighet påpekt at den pågående utvikling, som øyensynlig styres av "business as usual-prinsippet", eller GSG-metoden "Går det Så Går det", må føre oss galt avsted. En stadig vekst i forbruk av naturressurser kan ikke fortsette i det lange løp.

Dette var det sentrale problem for Verdenskommisjonen for miljø og utvikling, også kalt Brundtlandkommisjonen, som i 1987 utga sin sluttrapport "Vår felles framtid". Kommisjonen innførte begrepet "bærekraftig utvikling" (Sustainable Development) som senere er blitt et sentralt begrep i miljødebatten. Enkelt sagt går det ut på at våre etterkommere skal kunne få samme livsvilkår og valgmuligheter som oss.

Det neste, viktige skrittet ble tatt på FNs konferanse om miljø og utvikling i Rio de Janeiro i 1992 (UNCED = United Nations' Conference on Environment and Development).

Det mest sentrale av de fem vedtakene på Rio-konferansen var "**Agenda 21**". Det er en handlingsplan for arbeidet med miljø og utvikling i dette århundre. Agenda 21 er et dokument på ca. 700 sider som dekker de fleste sektorene av betydning for miljø og utvikling. Vedtaket pålegger alle 179 deltagerlandene å utarbeide handlingsplaner for det 21. århundre. Det skal utarbeides både nasjonale og lokale (kommunale) handlingsplaner. De siste går under betegnelsen **Lokal Agenda 21**, forkortet **LA21**.

Det var sentralt i Agenda 21-vedtaket at handlingsplaner skulle legges fram i løpet av 1994. De skulle baseres på en bred deltakelse fra befolkningen og frivillige organisasjoner. Denne tidsplanen viste seg vanskelig å holde. I en oppfølgingskonferanse om Rio-vedtakene i 1997 (kalt Rio+5) viste det seg at meget lite var gjort, både på det nasjonale og det lokale plan. Norge har ikke vært noe unntak i denne sammenhengen, selv om noen av de tiltakene som er satt ut i livet og tildels gjennomført, kan sies å være elementer i Agenda 21.

Agenda 21 er en strategiplan for å gjennomføre det som kom fram i Verdenskommisjonens rapport fra 1987. Slagordet: "Tenke globalt – handle lokalt" har fulgt den globale miljøvernprosessen siden da. Restaureringen av indre Oslofjord kan sies å være en gjennomføring av dette slagordet. Oslofjordens miljøsituasjon er et meget velegnet og avgrenset problem, som antagelig med stor realisme kunne behandles ut fra det langtidsperspektivet som LA21 krever.

Hvis vi ser på utviklingen fra den gang det praktiske forsknings- og utredningsarbeidet startet i 1961 og frem til idag, kan vi si at det til grunn for de mange enkeltvedtakene har ligget et overordnet politisk mål om å nå fram til langsiktige og akseptable miljøtilstander i fjordens vannmasser, bunn- og strandområder. Men målene har ikke vært konkretisert, og det foreligger ikke bindende vedtak. Det er derfor til enhver tid formelt sett mulig for de politiske myndighetene å redusere ambisjonene og å slappe av på innsatsen. Slik har det vel også vært.

Det er ikke lett å sette opp konkrete mål for et langt tidsrom. De ytre naturforholdene, som er med å bestemme forholdene i fjorden til enhver tid, varierer med tiden. Noen av endringene går over kortere eller lengre tidsrom, andre kan føre til en overordnet, langsiktig og kanskje permanent endring.

Om bruken av LA21-prinsippet på Oslofjorden kan vi sammenfatte:

1. Det foreligger et FN-vedtak om dette.
2. Den norske regjering har, i samarbeid med Kommunenes Sentralforbund, vedtatt at LA21 skal gjennomføres der forholdene ligger tilrette for det. Alle kommunene er tilskrevet om det.
3. Indre Oslofjord er et avgrenset område hvor det foreligger et bredt naturvitenskapelig grunnlag for å sette opp realistiske og konkrete miljømål.
4. Selv om tekniske tiltak stadig kan forbedres, foreligger det allerede nå tilstrekkelig grunnlag til å styre miljøutviklingen.
5. Indre Oslofjord er et område som ligger godt tilrette for å gjennomføre en LA21-prosess.

Vi vil konkludere at det for Oslofjorden kan settes opp konkrete miljømål som kan være styrende for tiltakene de neste 25-50 år. Kanskje kunne det til og med på enkelte felter settes mål for hele det 21. århundre.



«Rigmor» kommer med forventningsfulle sommergjester til Nordre Langåra. Denne øya ble innkjøpt av Asker kommune i 1923, og har vært et ferieparadis siden da. Fra Oslo kom de roende eller tøffende i motorsnekker og hadde sine teltplasser der hele sommeren. Kan vi håpe at folk flest også om 50 til 100 år fortsatt vil ha slike muligheter.

L. Traaen



K. Baalsrud

ETTERORD

Indre Oslofjord er et speil av miljøutviklingen rundt om i verden. Lokale utslipp fører til lokale problemer som så kan bli regionale og kanskje til og med globale. Likeså viser fjordens historie en utvikling mot større miljøbevissthet hos forvaltning og folk flest. Denne bygger i sin tur på forskningens resultater fordi noen framsynte personer tidlig så sammenhenger og arbeidet med å få disse ut til allmenn kunnskap. Historien viser hva som kan gjennomføres når forskningens resultater utløser praktiske tiltak for å løse problemene. Videre viser den hvor avhengig miljøkunnskapen er av grunnforskningens innsats. Interaksjonen mellom grunnforskning og anvendt forskning går som en rød tråd gjennom Oslofjordens miljøhistorie og er bevart i dagens overvåkingsprogram.

Samtidig globaliseres miljøproblemene. Også indre Oslofjords miljø er avhengig av internasjonale tiltak. Langtransport av næringssalter og miljøgifter forutsetter internasjonale tiltak som f.eks. forbud av TBT i bunnstoff. Klimautviklingen er et annet viktig område. I tillegg kommer Nordsjødeklarasjonen, som har fått direkte betydning for tiltakene i indre Oslofjord. En bærekraftig utvikling vil også kreve at hver kommune er oppmerksom på endringer i naturen og tar ansvar for sine vannressurser – ikke bare det som er over vannflaten. Oslofjordens miljøproblemer er langt fra løst, og det interkommunale samarbeidet vil fortsatt ha stor betydning for hvordan nåværende og framtidige problemer skal bli håndtert.

Utviklingen av forholdene i indre Oslofjord i det 20. århundret har krav på stor interesse historisk sett. Befolkningskonsentrasjon og velstandsutvikling i Osloområdet førte til at et av områdets største aktiva, selve fjorden, ble forsoy plet og forurenset. Den var i ferd med å bli et negativt innslag for en stor del av landets befolkning. Utviklingen har vært den samme som en rekke andre steder rundt i verden. Da politikerne ble klar over utviklingen, var de ikke i tvil om at den måtte stanses og at vi måtte finne metoder og midler til å føre fjorden tilbake til tilstander som var så nær de naturlige som mulig. Dette har hele tiden siden 1960-årene vært en inspirasjon for forskere, teknologer og forvaltning i deres arbeid for å redde fjorden.

Vi har presentert Oslofjorden som et enestående stykke natur og et spennende avsnitt i regionens utvikling. Vi håper denne oppsummeringen kan vekke nysgjerrigheten til å lære mer om de prosesser og problemer som er knyttet til fjorden og at gleden av å bruke fjorden, sommer som vinter, kan bli enda større.

Aktuell litteratur og internett adresser

Litteratur om Oslofjorden

Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. I,
Red. Kjell Baalsrud, NIVA, 1968.

Oslofjorden og dens forurensningsproblemer, II,
Red. Terje Simensen og Carl-Henrik Knudsen, NIVA, 1970.

Under byens gater. Oslos vann- og avløpshistorie.
Tor Are Johansen, 2001. Oslo kommune

VEAS 25 ÅR. VEAS mars 2002.

Bekkene i Bærum som ble borte.
Kjell Baalsrud, Naturvernforbundet i Bærum, 2001.

Med barn og unge på tur langs Osloelvene.
Oslo Elveforum, 2001

Natur og miljø i Oslo
Red. T. Dagle. Universitetsforlaget 1980

Fagrådets årsberetninger

Generell litteratur

Alger i farger. En felthåndbok om kystens makroalger.
Jan Rueness (Almater Forlag 1998).

Marine mikroalger i farger.
Jahn Throndsen og Wenche Eikrem (Almater Forlag 2001).

Kysthav – dyr og planter i havet.
Norsk bearbeidet utgave. M. Rueness og J. Rueness
(Teknologisk Forlag 1984).

Internett adresser

På internett finnes også en del om indre Oslofjord og de tema som denne boken tar opp.

www.indre-oslofjord.no

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord.

www.niva.no

Norsk institutt for vannforskning.

www.snt.no

Statens næringsmiddeltilsyn. Bl.a. blåskjellvarsler og kostholdsråd om fisk.

www.badeinfo.no

Infomasjon om kvaliteten på badevann.

www.odin.dep.no/md/

Miljøverndepartementet.

www.sft.no

Statens forurensningstilsyn.

www.ninaniku.no

Stiftelsen for naturforskning og kulturminnesforskning.

www.uio.no/miljoforum/

Universitetet i Oslo, om indre Oslofjord.

www.nilu.no/regclim/

Norsk institutt for luftforskning. Bl.a. om klimaendringer.

www.dnmi.no

Meteorologisk institutt. Bl.a. om klima og havet.

www.naturnett.org/nofoa/

Norsk ornitologisk forening. Avd. Oslo og Akershus.

www.alun.uio.no/botanisk/nbf/

Norsk botanisk forening.

www.Algeinfo.imr.no

Algevarsel for kystvann i Norge.

Forfatterne:

Kjell Baalsrud

Siv.ing (kjemi) fra NTH 1947. Senere studier i marin biologi og mikrobiologi.

Sjef for NIVA fra starten i 1958 til 1981, senere seniorforsker samme sted.

Han har sittet i mange offentlige utvalg og styrer. Ridder 1.kl. St.Olav, 1982.

Siden 1960 har indre Oslofjordens forurensning vært en sentral oppgave.

Jan Magnusson

Forsker ved NIVA.

Magnusson er oseanograf (fil.kand. fra 1971 ved Göteborgs Universitet).

Siden 1972 har han arbeidet ved NIVA, spesielt med forurensningsproblemer og overvåking i indre Oslofjord.



Rolvstangen på Snarøya. L. Traaen



Fagrådet

for vann- og avløpsteknisk
samarbeid i indre Oslofjord

ISBN 82-996325-0-1

