

Forsøk med pumping og tilførsel av komprimert luft i Bongstøvann ved Mandal

Av Frode Steinar Berge og Arve Thendrup

Frode Steinar Berge er siv.ing. fra NTH og er forsker ved Vassdrags- og havnelaboratoriet.

Arve Thendrup er siv.ing. fra NTH og er gruppeleder ved Vassdrags- og havnelaboratoriet.

*Innlegg holdt i Norsk Vannforening
25. august 1981.*

Innledning

Vi vil her presentere to enkle tekniske tiltak som begge øker vannutskiftningen for dypvannslaget i terskelfjorder. Metodene skiller seg fra de fleste andre alternative tiltak, f.eks. bruk av lufterne Limnio og Hydixor, ved at de er lite kostbare og ikke krever utstyr ut over det som vanligvis er tilgjengelig i en kommune. Valg av metode er foruten å være avhengig av tilgjengelighet og økonomi i første rekke avhengig av hvilke effekter som ønskes i vannforekomsten. Før et tiltak settes igang bør det derfor foretas en samlet vurdering av fysiske, kjemiske og biologiske forhold i vannforekomsten.

Mandal kommune og Vest-Agder Fylkeskommune har stått for den praktiske gjennomføring av forsøkene, og Agder Distriktshøyskole har samlet inn de dataene for saltholdighet og oksygeninnhold som presenteres her. Prosjektet har fått økonomisk støtte fra SFT og NTNF.

Forsøkene i Bongstøvann

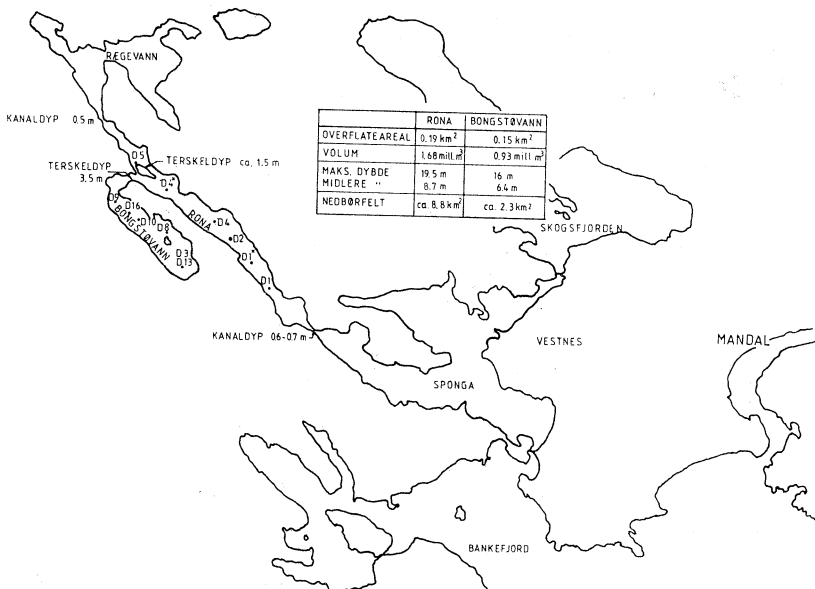
Bongstøvann (figur 1) er en del av et estuarområde ved Mandal som er preget av dårlige utskiftningsforhold. Det er små tidevannsvariasjoner i området, flere grunne terskler og gjennomstrømningen er liten. Vannmassene i hele estuarområdet var før forsøkene startet karakterisert ved oksygensvikt fra 3—5 meters dyp og sterk hydrogensulfidutvikling (H_2S) i dypet.

Forsøk med fjordforbedring ble startet den 24. september 1979.

Forsøkene omfattet disse to typer av tiltak for å øke den vertikale omrøring i fjorden:

- pumping av overflatevann ned på dypet
- tilførsel av komprimert luft ned på dypet.

Det ble først (i perioden 24. september til 5. november) pumpet ca. 70 l/s av overflatevann ned på antatt dypeste område. En skisse av pumpearangementet med antatte volumstrømmer er vist i figur 2. Overflatevannet ble «skummet av» over en overløpskasse og deretter pumpet ut på 12 m dyp gjennom to horisontalt

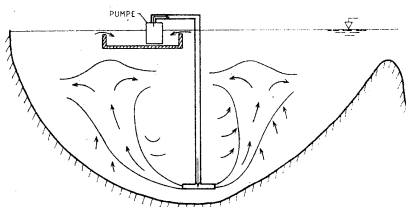


Figur 1. Oversiktskart over estuarområdet der Bongstøvvann ligger. Målestasjonen er avmerket (D), og en del karakteristiske data er gitt i innfelt tabell.

rettede rør med diameter 100 mm. Fordi vannet som slippes ut raskt vil fortynnes med tyngre bunnvann, vil det innlagres under overflaten.

Den vertikale volumtransport som set-

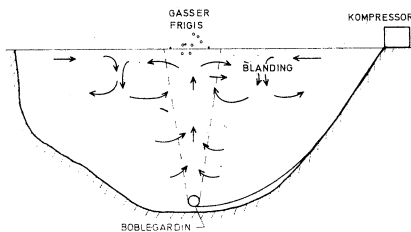
I de tre siste dagene av pumpeperioden ble det i tillegg tilført 2,5 N m³/min komprimert luft gjennom en såkalt boblegardin, se prinsippskissen på figur 3. Lufta ble sluppet ut over en 40 m lang



Figur 2.

Prinsippskisse av pumpearrangementet og strømmonster i fjorden.

tes opp, kan i dette tilfelle anslås til å være mellom 25 og 75 ganger de 70 l/s som pumpes.



Figur 3.

Prinsippskisse av arrangementet for tilførsel av komprimert luft. Det strømmonster som settes opp er indikert.

strekning på bunnen av fjorden. Boblegardinene var laget av en 40 mm plast-

ledning perforert med hull med diameter 2 mm for hver meter ledning.

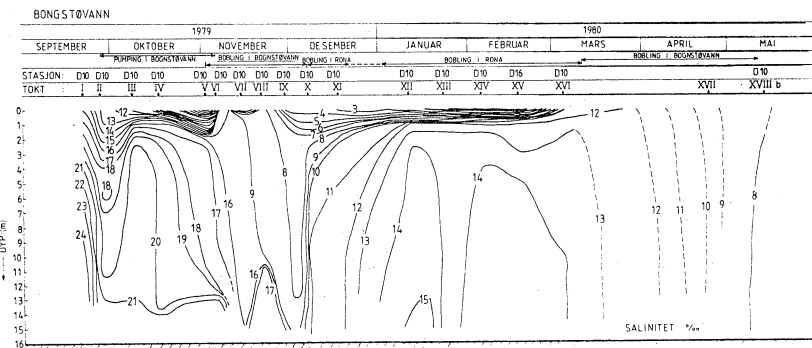
Luftingen i Bongstøvann gikk kontinuerlig fram til 4. desember 1979. Deretter ble utstyret for en tid benyttet i nabofjorden Rona. Luftingen ble gjenopptatt i Bongstøvann i perioden 11. mars til 12. mai 1980. I denne siste perioden var anlegget i drift i 8 timer i døgnet 5 dager i uken.

Resultater

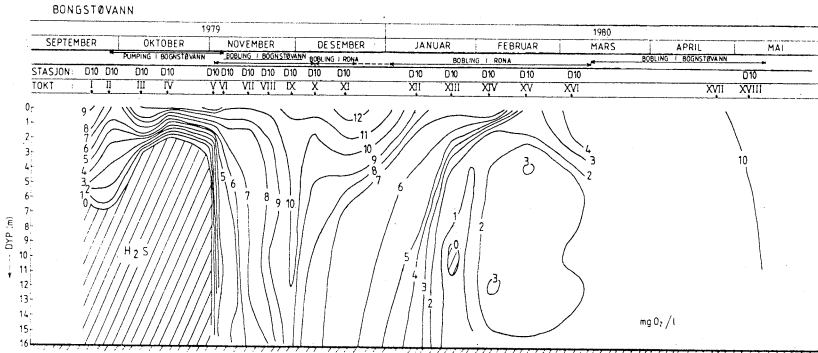
Vi har i figurene 4 og 5 framstilt saltholdigheten og oksygenkonsentrasjonen i Bongstøvann som isoplethdiagram. Disse figurene viser hvordan saltholdigheten og oksygenkonsentrasjonen varierer over forsøksperioden. Øverst på figuren er tidskalaen vist, dernest hvilke forsøk som til enhver tid gjøres og hvor og når målingene er tatt. Forholdene vil variere endel fra stasjon til stasjon, men det er ved utvelgelse av stasjonene lagt vekt på å få fram et representativt bilde for hele Bongstøvann. I perioder med dårlig dekning av målinger har vi unnlatt å trekke isolinjer.

En kan summere virkningen av tiltakene som følger:

- Under pumpeperioden i Bongstøvann ble vannmassene i Bongstøvann langt ferskere og homogenisert dypere enn 2—3 meter. Oksygenkonsentrasjonen økte ikke i Bongstøvann, men hydrogensulfidkonsentrasjonen ble etter hvert lavere.
- I overlappingsperioden med både pumping og lufting i Bongstøvann, endret forholdene seg radikalt. Vannmassene ble på det nærmeste homogenisert og oksygenvikten opphørte i hele vannsoylen.
- Med videreføring av den kontinuerlige luftingen i Bongstøvann ble vannmassene stadig ferskere og mettet med oksygen.
- Luftingen i Rona førte mot slutten av perioden til at vannmassene i Bongstøvann ble saltere og oksygenforholdene ble forverret.
- Etter den siste bobleperioden i Bongstøvann ble vannmassene igjen oksygenmettet og homogenisert.



Figur 4. Isoplethdiagram for saltholdighet (‰) i Bongstøvann.



Figur 5. Isoleiddiagram for oksygen-konsentrasjon i Bongstøvvann.

Det er flere forhold som påvirker effekten av tiltakene. Ved slike metoder som er benyttet endres strømningsmønsteret både internt i bassengene, og vannutskiftingen med tilstøtende vannmasser påvirkes. Det oppstår blant annet en vertikalsirkulasjon i bassenget hvor tiltaket settes inn. Dette fører direkte til utskifting av bunnvannet. Viktig er det også at endringen av tetthetsforholdene under terskelnivå kan påvirke utskiftingen av bunnvann ved at en får hyppigere terskeloverskyllinger.

Forsøkene antyder at lufting blir atskillig billigere enn pumping. Vi har ikke oppgaver over de totale utgifter hvor leiepris, drivstoff, tilsyn, vedlikehold og eventuelle investeringer i pumpe, rør og slanger inngår. Men tar vi utgangspunkt i leieprisene (dvs. aggregat og flåte for pumpens vedkommende og kompressor for luftingen) får vi at luftearrangementet ga omlag 15 ganger så mye vertikal omrøring pr. krone som pumpingen. Men det må her presiseres at det ble lagt liten vekt på å optimalisere forsøkene økono-

misk. Hovedsakelig ble det brukt tilgjengelig utstyr, slik at det ikke bør trekkes avgjørende konklusjoner på bakgrunn av de forannevnte forhold ved senere valg av metode.

Sluttkommentar

Det er flere forhold omkring hydrodynamikk og økonomi som vil bli vurdert videre. Prosjektet vil bli videreført i 1981. Da vil også de hydrokjemiske og biologiske forhold bli vurdert (av NIVA) i tillegg til de fysiske.

Vi synes det kan være av interesse å nevne at de metodene som er skissert også kan ha andre anvendelsesområder. Tiltak for å hindre ising i fjorder og havner kan nevnes. Andre anvendelsesområder kan være å regulere temperaturforholdene i oppdrettskummer i sjøen ved å føre opp det mer temperaturstabile vannet på 10–20 m dyp. Litt lengre fram i tid ligger kanskje at kunstig vertikal omrøring kan bedre den biologiske produksjonen i poller for dyrking av østers og skjell.

Langvannet i Lørenskog kommune.

Orientering om planer for restaurering.

Av Harald Rensvik

Harald Rensvik er siviling. fra NTH 1970 (kjemi) og ansatt som overing. ved Avløpssambandet Nordre Øyeren.

*Innlegg på seminar i Norsk Vannforening
25. august 1981.*

Innledning

Langvannet ligger i de sentrale deler av Lørenskog kommune. Arealet er ca. 155 dekar. Innsjøen er delt i to bassenger hvor de maksimale dybder er ca. 11 m. Det naturlige nedbørfeltet er 38 km², men ca. halvparten av dette er regulert til drikkevannsformål. Fram til ca. 1955 var området forholdsvis tynt befolket med et vesentlig innslag av fritidsbebyggelse. Tidligere var vannet sterkt utnyttet til rekreasjon dvs. til bading og fiske. De siste krepsefangster ble tatt i begynnelsen av 60-årene. Boligbyggingen i området har økt kraftig fra 1955 og fram til i dag. Fram til 1972 gikk alt avløpsvannet fra nedbørfeltet delvis urenset ut i Langvannet. I 1972 tilsvarte denne belastningen ca. 7000 personekvivalenter. Etter at sentralreosanlegget for Lørenskog, Skedsmo og Rælingen ble ferdig i 1972, ble ca. 90% av avløpsvannet via tunnel overført dit. Etter dette tidspunkt er det gjennomført ytterligere tilknytninger av boliger i nedbørfeltet til det offentlige kloakknnett. Vi regner i dag med at det finnes ca. 50 hus inenfor nedbørfeltet med innlagt WC som ennå ikke er tilknyttet. Størstedelen

av disse ligger forholdsvis langt unna selve vannet. I tillegg til dette kommer belastning fra tette flater og belastning som skyldes feil ved ledningsnettet i området.

Restaurering ble første gang tatt opp av NIVA i 1975. ANØ laget i 1976 en utredning om forskjellige restaureringsalternativer.

Det ble oppnevnt et planleggingsteam for å videreføre utredningsarbeidet og for å komme med konkrete forslag til tiltak. ANØ fungerer som sekretariat for dette planleggingsteamet.

Følgende oppgaver inngår eller har inngått i arbeidet med restaurering av Langvannet:

1. Tilknytning av enkelthus til kommunalt nett
2. Sanering av enkelthus i spredt bebyggelse
3. Rehabilitering av ledningsnett
4. Øket vanntilførsel til Langvannet
5. Kjemisk felling som et forsøk
6. Planlegging og gjennomføring av sedimentbehandling
Alternativ 1. Fjerning av sedimenter
Alternativ 2. Denitrifikasjon
7. Overvåking.

De tre første oppgavene har i og for seg ikke noe med selve restaureringen å gjøre og omtales ikke nærmere i denne sammenheng. Oppgave 4 og 5 er avsluttet. I oppgave 6 er planleggingsfasen i ferd med å avsluttes. Oppgave 7 er en kontinuerlig oppgave som er nødvendig for problemidentifikasjon, målformulering og for kontroll av gjennomførte tiltak.

På grunnlag av bl.a. overvåkingsresultatene er det formulert en målsetting:

Vannkvaliteten bør bli tilstrekkelig god for utøvelse av bading og fiske. For fiske bør alle kultiveringsmuligheter holdes åpne. I tabell 1 er denne målsettingen uttrykt ved noen vannkvalitetsparametre. Av tabellen framgår også verdier slik de ble målt i 1980.

Tabell 1. Målsetting og status i 1980 uttrykt med noen vannkvalitetsparametre.

Parametre	Målsetting	Status 1980
Middelverdi siktedyp juni—september (mg klorofyll/m ³	4—6	2,0
Middelverdi algemengde juni—september (mg klorofyll/m ³)	<5	30
Middelverdi totalfosfor 0—4 m juni—sept. (ug P/l)	10—20	55
Oksygenmetning i alle sjikt (%)	>60	<5 ved 8 m

Gjennomførte restaureringstiltak

Oslo Vann- og kloakkvesen (OVK) har rett til å regulere de øvre deler av vassdraget. Minstevannføringen er satt til 20 l/s. Det viste seg at det var vanskelig å regulere til nøyaktig denne vannmengden slik at vannmengden i praksis ble lavere. Etter initiativ fra planleggingsteamet for Langvannet ble det i 1977 tatt opp forhandlinger med OVK om en mer presis regulering og om en økning av vannmengden i kritiske perioder. Dette ble imøtekommet slik at det i dag slippes 100 l/s i to perioder på 6 uker i februar—mars og september—oktober.

I den utredning som ANØ utarbeidet i 1976, ble kjemisk felling som et forsøk foreslått. Hensikten var dels å redusere fosforkonsentrasjonen i vannet og dels å

få hydroksydslammet til å bli liggende oppå bunnsedimentene. Sommeren 1977 ble et slikt forsøk gjennomført. Gjennom Vegvesenet i Akershus fikk vi leie pontonger til flåte og et saltspredeapparat. Verkstedet i Lørenskog hjalp til med montering av motorfester. På denne måten ble det bygget et fullt ut manøvrerbart «kjemikaliefartøy». I løpet av tre dager ble det spredt utover ca. 28 tonn AVR (handelsbetegnelse for Al-Fe sulfat). Etter ca. 1 døgn etter den siste tilførselen av fellingskjemikalier klarnet vannet opp. Siktedyptet økte fra ca. 1 m til ca. 5 m. Fosforkonsentrasjonen ble redusert til ca. 15 µg P/l. Virkningen varte hele sommeren. Siktedyp, klorofyll *a* og fosfor hadde klart bedre verdier enn både før og etter. Det dannet seg et sjikt på 1—2 cm av løst hydroksydslam over se-

dimentene. Det viste seg imidlertid at dette var forsvunnet året etter. Dette antas å ha sammenheng med den høye gjennomstrømningen i vårflommen.

Etter ca. 2 døgn etter at fellingsforsøket var avsluttet, ble det oppdaget en del død fisk. Det var mest mort, men både gjedde og abbor ble funnet. Vi har ikke noen oppgave over mengden, men dette at en del fisk døde ble tatt svært ille opp både blant publikum og i pressen. Etter på har det imidlertid vist seg ved prøvefisking at bestanden ikke har minket, men snarere økt. Den kjemiske fellingen inkl. planleggingskostnader kostet ca. 50 000 kroner.

Planer for sedimentfjerning eller denitrifikasjon

Planlegging av sedimentfjerning krever avklaring av flere punkter: mengder sedimenter som skal fjernes og beliggenhet, teknikk for sedimentfjerning, behandling/disponering av sedimentene og behandling av slamvann.

Mengder og beliggenhet av sedimenter som skal fjernes er funnet på grunnlag av analyser av 32 borekjerner av sedimentene. Disse kjernene er snittet opp i snitt med tykkelse 2—5 cm og analysert på noen fysisk/kjemiske parametre. På grunnlag av analyseresultatene har en så bestemt hvor langt nede i kjernene det finnes slam som er påvirket av forurensninger. Deretter er det funnet en rimelig sammenheng mellom overgangssonenes beliggenhet og vanddybde i de ulike basengdelene.

Total mengde slam som bør fjernes er beregnet til 25 000 m³. Denne slammengden er fordelt over hele vannet i 10—20 cm tykke lag.

Såvidt vi kan bedømme finnes det tre alternativer for valg av teknikk til sedimentfjerning. Det finnes to forskjellige typer sugmudringsfartøyer og et pumpe-system som kan være aktuelt. Valg av teknikk vil imidlertid være avhengig av hvilket tilbud det er mulig å få fra en entreprenør.

For å kunne ta opp 25 000 m³ slam i løpet av 3—4 måneder trengs en lagune med rominnhold på 25 000—30 000 m³. Det er umulig å finne et så stort areal like i nærheten av vannet. Et mulig alternativ ligger ca. 0,5 km fra vannets ene ende og ca. 2 km fra den andre enden. Dette vil innebære at det må benyttes trykkøkningsstasjoner for å få pumpet slammet til lagunen. Avvanning av slammet i sentrifuger er i prinsippet mulig og vil bli undersøkt nærmere.

Slamvannet kan sannsynligvis tilføres kloakknett i området.

Laboratorieundersøkelser og undersøkelser i Langvannet har vist at det er mulig å oksydere eller bryte ned den del av sedimentene som ligger dypere enn ca. 4 m ved hjelp av nitrat.

Gjennom utvekslingsforsøk på laboratoriet er det klarlagt at det ikke er nødvendig å justere pH ved hjelp av kalk eller lut. Videre inneholder sedimentene tilstrekkelige mengder jern for å binde fosfor. Sedimentene inneholder også tilstrekkelig mengde organisk stoff. Med en dosering på ca. 1 kg kalksalpeter pr. m² vil denitrifikasjonen være fullført i løpet av ca. 70 dager. Med et slikt utgangspunkt for dimensjonering vil det være behov for tilsammen ca. 100 tonn kalksalpeter over de 100 dekar som har større vanddybde enn 4 m.

I innhegningsforsøk i selve vannet er det undersøkt om nitraten blir liggende i

et sjikt over sedimentene eller om det skjer en fortykning i hele vannsøylen. Disse forsøkene viser at nitratene blir liggende et sjikt på ca. 0,5 m over bunnsedimentene og at nitratetapet til de øvrige vannmassene er ubetydelige.

I løpet av høsten vil det grunnlags-

materiale som foreligger bli oversendt en del potensielle entreprenører. Vi håper da å få en teknisk-økonomisk vurdering av de forskjellige alternativene. En tradisjonell anbudsinnhenting vil neppe være mulig for et prosjekt av denne type.