

DP-2069



Statlig program for forurensningsovervåking

Oppdragsgiver

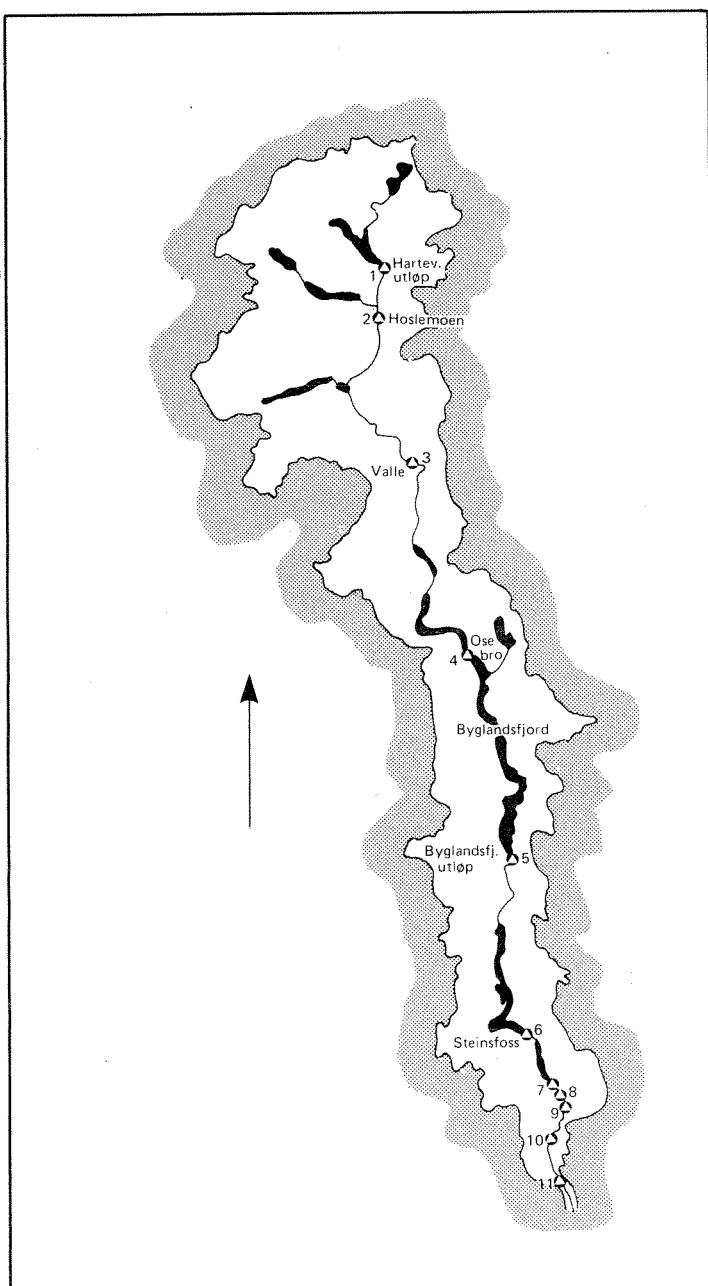
Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

Rapport 301/88

Tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065)76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05)25 53 20

| | |
|-------------------------|-----------|
| Prosjektnr.: | 0-8000208 |
| Undernummer: | 10 |
| Løpenummer: | 2069 |
| Begrenset distribusjon: | |

| | |
|--|--|
| Rapportens tittel: Tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget. (Overvåkingsrapport nr. 301/88) | Dato: 17. mars 1987 |
| | Rapportnr. 0-8000208 |
| Forfatter (e): Tor S. Traaen Merete Johannessen | Faggruppe: Vassdrag |
| | Geografisk område: Aust-Agder Vest-Agder |
| | Antall sider (inkl. bilag): 29 |

| | |
|---|----------------------------------|
| Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking) | Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.): |
|---|----------------------------------|

Ekstrakt:

Det er utført en analyse over mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget, spesielt med hensyn på økt produksjon av laksefisk. Tiltak for å begrense virkninger av sur nedbør og industriutslipp er vurdert. Strategi og anslagsvise kostnader for 4 ulike ambisjonsnivåer er angitt. Høyeste ambisjonsnivå innebærer en engangsinvestering på anslagsvis 30 mill. kr. og kalk-kostnader på 5.5 mill. kr./år. Laveste ambisjonsnivå innebærer kalk-kostnader på 1.2 mill. kr./år.

| |
|------------------------------|
| 4 emneord, norske: |
| 1. Forurensningsovervåking ; |
| 2. Otravassdraget |
| 3. Sur nedbør |
| 4. Industrieforensning |
| Kalking |

| |
|---------------------------|
| 4 emneord, engelske: |
| 1. Pollution Monitoring ; |
| 2. Otravassdraget |
| 3. Acid precipitation |
| 4. Industrial pollution |
| Liming |

Prosjektleder:

For administrasjonen:

ISBN - 82-577-1332-5



Statlig program for forurensningsovervåking

0-80002-08

TILTAK FOR Å BEDRE VANNKVALITETEN I OTRAVASSDRAGET

Oslo, 20. mars 1987

Prosjektleder: Merete Johannessen
Medarbeidere : Tor S. Traaen
Arne Lande
Tor Moxnes

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

| <u>Seksjon</u> | <u>Side</u> |
|--|-------------|
| 1. FORORD | 1 |
| 2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER | 2 |
| 3. INNLEDNING | 3 |
| 3.1 Faktorer som styrer vannkvaliteten | 3 |
| 3.2 Målsetting for tiltaksvurderingene | 3 |
| 3.3 Forutsetninger for beregning av kalkingsbehov og kostnader | 4 |
| 4. FORSURINGSSITUASJONEN | 5 |
| 5. REGULERINGER AV OTRAVASSDRAGET | 11 |
| 5.1 Generelt om reguleringer. | 11 |
| 5.2 Styling av vannkvaliteten i Byglandsfjorden ved regulering | 11 |
| 6. SURE UTSLIPP FRA INDUSTRIEN | 15 |
| 7. TILTAK FOR Å BEDRE VANNKVALITETEN | 16 |
| 7.1 Ambisjonsnivå 1 og 2 | 16 |
| 7.1.1 Kalking til Byglandsfjorden. Sur nedbør | 16 |
| 7.1.2 Strekingen mellom Byglandsfjorden og Hunsfoss | 18 |
| 7.1.3 Strekingen nedstrøms Hunsfoss. Industriutslipp | 19 |
| 7.1.4 Forsøk på verdisetting av smoltproduksjon nedstrøms Hunsfoss | 21 |
| 7.2 Ambisjonsnivå 3 og 4 | 21 |
| 7.3 Sammenligning av alternativer | 23 |
| 8. LITTERATUR | 25 |

1. FORORD

Denne rapporten er en tiltaksorientert utredning om vannkvalitet i Otra. Prosjektet inngår i Statlig program for forurensningsovervåking som finansieres og administreres av Statens forurensningstilsyn. Rapporten må sees i sammenheng med de årlige overvåkingsrapportene som har gitt datagrunnlaget for denne utredningen som er begrenset til å omhandle tiltak for å bedre vannkvaliteten. Stasjonsnettet i det statlige overvåkingsprogrammet er vist i bilag.

Merete Johannessen har vært ansvarlig for prosjektet, mens Tor S. Traaen har hatt ansvaret for slutføring av prosjektet. Kartene over vannkvaliteten i Otra's nedbørfelt er utarbeidet av Tor Moxnes.

Prosjektet bygger på notat om tiltak i Otra's nedre del, ved Magne Grande, datert 26.10.1985.

Målsettingen er å sette opp alternative tiltak for bedring av vannkvaliteten i Otra med tanke på å bedre livsbetingelsene for fisk i vassdraget. Forskjellige kalkingstiltak er belyst ut fra hva som kan oppnås ved de forskjellige strategier og de økonomiske kostnader som er involvert. Rapporten skal danne et grunnlag for myndighetenes vurdering av tiltak i Otra og Otra's nedbørfelt. For samtlige alternativer må detaljplaner for kalkingstiltakene utarbeides før større tiltak settes i verk.

Merete Johannessen

2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- Otravassdraget er sterkt påvirket av sur nedbør og industriutslipp med forsurende komponenter og organiske stoffer. Vannkvaliteten i Otra styres i hovedsaken av disse forurensninger i samspill med vassdragsreguleringer og naturbetingede hydrologiske forhold.
- Mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otra, spesielt med hensyn på reproduksjon og oppvekst av laksefisk, er vurdert.
- Vurderte tiltak omfatter kalking mot sur nedbør, avskjæring, rensing og kalking av industriutslipp, samt utnyttelse av reguleringsmuligheter.
- Tiltak og anslagsvise kostnader er vurdert for 4 ulike ambisjonsnivåer. Det høyeste ambisjonsnivået, hvor laksefisk skal kunne reprodusere og trives i hele hovedvassdraget, innebærer en engangsinvestering for avskjæring av industriavløp på anslagsvis 30. mill. kr. og årlige kostnader til kalk på 5.5 mill. kr. I tillegg kommer nødvendig rensing av industriavløp til fjordresipient. Fullrensing med utslipp til Otra er et alternativ til dette, men er ikke kostnadsberegnet i denne rapporten. Det laveste ambisjonsnivået, hvor oppgangslaks skal kunne overleve i sesongen for sportsfiske og stamfiske (juni - oktober), innebærer kostnader til kalk på anslagsvis 1.2 mill. kr. pr. år. I tillegg kommer kostnader til smoltutsettinger. For å få en lakseoppgang i samme størrelsesorden som tidlig i 50-årene kan smoltkostnadene komme opp i millionbeløp.
- For de enkelte ambisjonsnivåer er det mange mulige kombinasjoner av delprosjekter som kan oppfylle målsettingen. Valg av delprosjekter (eksempelvis kalking av sidevassdrag) må bestemmes ut fra lokale interesser og muligheter for lokal innsats og økonomi. Først etter valg og detaljplanlegging av delprosjekter og anbud på utstyr/kalkspredning vil det være mulig å anslå totalkostnadene. Kostnader til doseringsutstyr og kalkspredning er derfor ikke forsøkt beregnet i denne utredningen.

3. INNLEDNING

3.1 Faktorer som styrer vannkvaliteten

Otra er påvirket av 3 forurensningsfaktorer: 1) utslipp fra industrien, 2) sur nedbør og 3) kommunale avløp og jordbruksavrenning. Dessuten er reguleringsinngrepene av stor betydning for vannkvaliteten. Vannkvaliteten i Otra er til enhver tid et resultat av hvorledes disse faktorene griper inn i hverandre og hvordan de påvirkes av hydrologiske variasjoner. En vurdering av aktuelle tiltak mot forsurening i vassdraget må bygge på et kjennskap til hvordan disse faktorene påvirker vassdraget enkeltvis og samlet.

3.2 Målsetting for tiltaksvurderingene

Utredningen har som målsetting å finne frem til tiltak som kan bedre vannkvaliteten, spesielt med hensyn på lakse-, sjøaure- og innlandsfiske. Muligheten for å bygge opp lakse- og sjøaurebestanden i OTRAS nedre del står sentralt.

Følgende ambisjonsnivåer er belyst:

1. Laksefisk skal kunne trives og reprodusere i hele hovedvassdraget. Herunder bleka i Byglandsfjorden og laks og sjøaure nedstrøms Byglandsfjord. Fortrinnsvis skal tiltakene også komme enkelte sidevassdrag til gode.
2. Som ambisjonsnivå 1, men uten fullgode reproduksjonsforhold for laks og oppvekstmuligheter for smolt nedstrøms Hunsfoss.
3. Laks skal kunne vokse opp til smolt oppstrøms Hunsfoss, samt overleve som oppgangsfisk nedstrøms Hunsfoss.
4. Oppgangslaks, basert på smoltutsetting, skal ha levelige forhold nedstrøms Hunsfoss i sesongen for sportsfiske og stamfiske fra juni til og med oktober.

3.3 Forutsetninger for beregning av kalkingsbehov og kostnader

I rapporten er det flere steder angitt antatt pH ved ulike nivåer av alkalitet etter kalking. Siden sammenhengen mellom alkalitet og pH også er påvirket av andre faktorer, spesielt karbondioksydovermetting og aluminium, kan de virkelige pH-verdiene etter kalking avvike noe fra de postulerte verdier. Som grunnlag for sammenhengen mellom alkalitet og pH er benyttet titreringskurven for en sur vanntype gjengitt i sluttrapporten til Kalkingsprosjektet (Baalsrud, Hindar, Johannessen og Matzow 1985). Kurven er vist i bilag. Før større kalkingstiltak detaljplanlegges, må man bestemme titreringskurver for de aktuelle vanntyper i vassdraget.

Som grunnlag for å beregne kalk-kostnader er det eksempelvis benyttet oppslemmet fuktig kalksteinsmel med 80% oppløselighet, 85% tørrstoff, 98% CaCO_3 i tørrstoff, slik at effektiviteten blir 67 %. Prisen er stipulert til kr. 500 pr. tonn inkl. transport. For beregningsmetoder henvises til ovennevnte sluttrapport fra Kalkingsprosjektet eller "Håndbok i kalking av surt vann" (Kalkingsprosjektet 1985). Ved detaljplanlegging av delprosjekter kan selvsagt andre kalkkvaliteter bli aktuelle. Endelige kostnader må bestemmes etter anbud.

4. FORSURINGSSITUASJONEN

Undersøkelser av Otravassdraget i 1970- og 1980-årene, hovedsakelig i regi av Statlig program for forurensningsovervåking, viser at vannkvaliteten i vassdraget er preget av sur nedbør, områdenes geologi, reguleringsinngrep og industriutslipp i de nedre delene, jfr. blant annet Boman og Grande (1985) og Grande og Wright (1984).

Figur 1 viser et sammendrag av pH-utviklingen på målestasjoner i vassdragets lengderetning fra øverst i Breivatn til nederst ved Skråstad. Ovenfor Valle er pH relativt gunstig med årsmiddelverdier over pH 6,0. På strekning Valle til utløpet av Byglandsfjorden ligger tilsvarende verdier mellom pH 5,6 og 6,0. Nedenfor Byglandsfjorden er det en forsuring av elva som følge av sure tilførsler fra sidevassdrag og industriutslipp i Vennesla.

På strekningen Byglandsfjord - Skråstad faller årsmiddelverdien for pH i elva fra variasjonsområdet 5,4-5,8 til 5,0-5,4. Særlig i de nederste delene, fra og med Hallandsfoss i Vennesla er elva forsuret, med pH under 5,0 i episoder.

De sure episodene har sammenheng med:

- 1) Sure utslipp fra industrien i kombinasjon med lav vannføring.
- 2) Tilførsler fra sure, uregulerte delnedbørfelt samtidig som vann av bedre kvalitet holdes tilbake i reguleringsmagasiner.
- 3) Naturlige årtidsvariasjoner.

Sidevassdragene mellom Valle og Vennesla har en forsurende virkning på hovedvassdraget ved at disse har en lavere pH enn hovedvassdraget (Fig. 2 og 3).

Figur 2 gir et oversiktsbilde av vannkvaliteten i sidevassdragene til Otra. Figuren er basert på data fra overvåkingsprogrammet for Otra, spesialundersøkelser i overvåkingsprogrammets regi, regionale sur nedbør-undersøkelser og data innsamlet av fiskeforskningen på Ås. Ut fra dette datagrunnlaget, avmerket som elve- og innsjøstasjoner på fig. 3, er oversiktskartet på figur 2 tegnet. Materialet er supplert med enkeltprøver fra de relativt sterkt forsuredede områdene i Evje og Hornnes (tabell 1).

Figuren viser relativt god vannkvalitet i Bykleområdet, mens avrenningen fra områdene ned mot Valle er surere. Når den sure avrenning fra disse områdene løper sammen med vann fra "takrenne"-områdene (dvs. vann fra regulerte områder i øvre del av vassdraget som føres i tunneler utenom hovedvassdraget og gjennom Brokke kraftverk før sammenblanding) fås en vannkvalitet ved innløp til Byglandsfjorden som tilsvarer den man har ved Valle. Områdene rundt Byglandsfjorden bidrar med ytterligere sur avrenning til innsjøen og elvestrekningen ned mot Evje. Tilførslene til vassdraget fra Byglandsfjord og ned mot Vennesla gir en avrenning som i gjennomsnitt vil være surere enn vannmassene i hovedvassdraget. Nedstrøms Venneslafjorden vil trolig avrenningen fra nedbørfeltet ha en noe bedre vannkvalitet enn høyere oppe. Imidlertid er disse nedbørfeltene små og dette tilskuddet av "bedre vann" vil neppe få særlig stor innflytelse på vannkvaliteten i Otra.

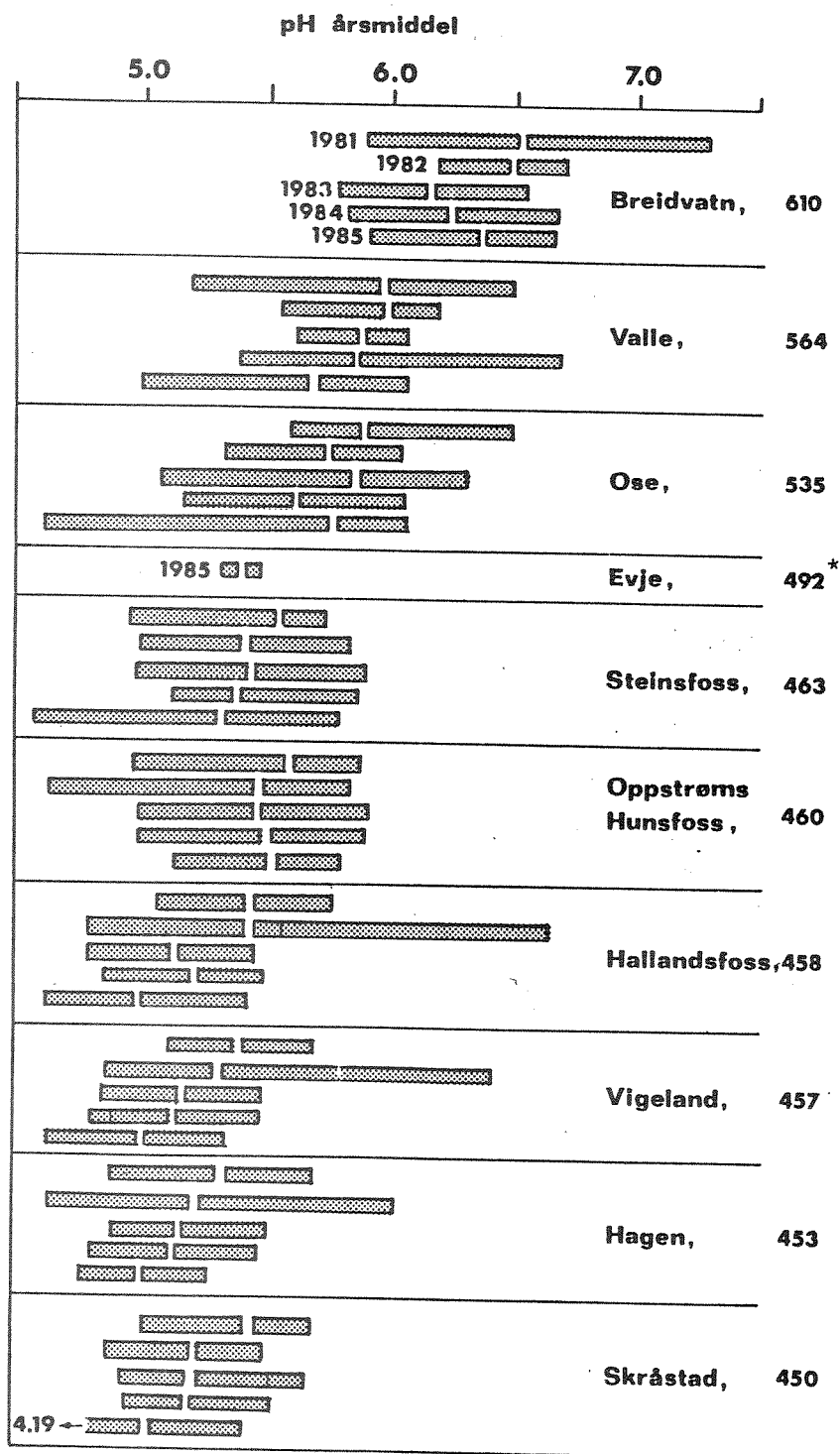


Fig. 1 Årsmiddel, maksimum og minimum pH i 1981-85 i rutineprøver fra OTRA.

Årsmiddelverdiene for pH nedenfor Venneslafjorden har vist en synkende tendens de siste 5 år. Situasjonen i øvre vassdraget er lite endret siden 1981, bortsett fra Valle som har hatt en svak pH-senkning (fra Lande og Grande 1986).

* Fra 1985 erstatter st. 492 Evje stasjonen ved utløpet av Byglandsfjord (st. 503). St. 503 hadde i årene 1981-84 en midlere pH i området 5,7-5,8.

Otravassdraget

Norsk institutt for vannforskning

Design : NIVA's tegnekontor

Trykk : Nortrykk

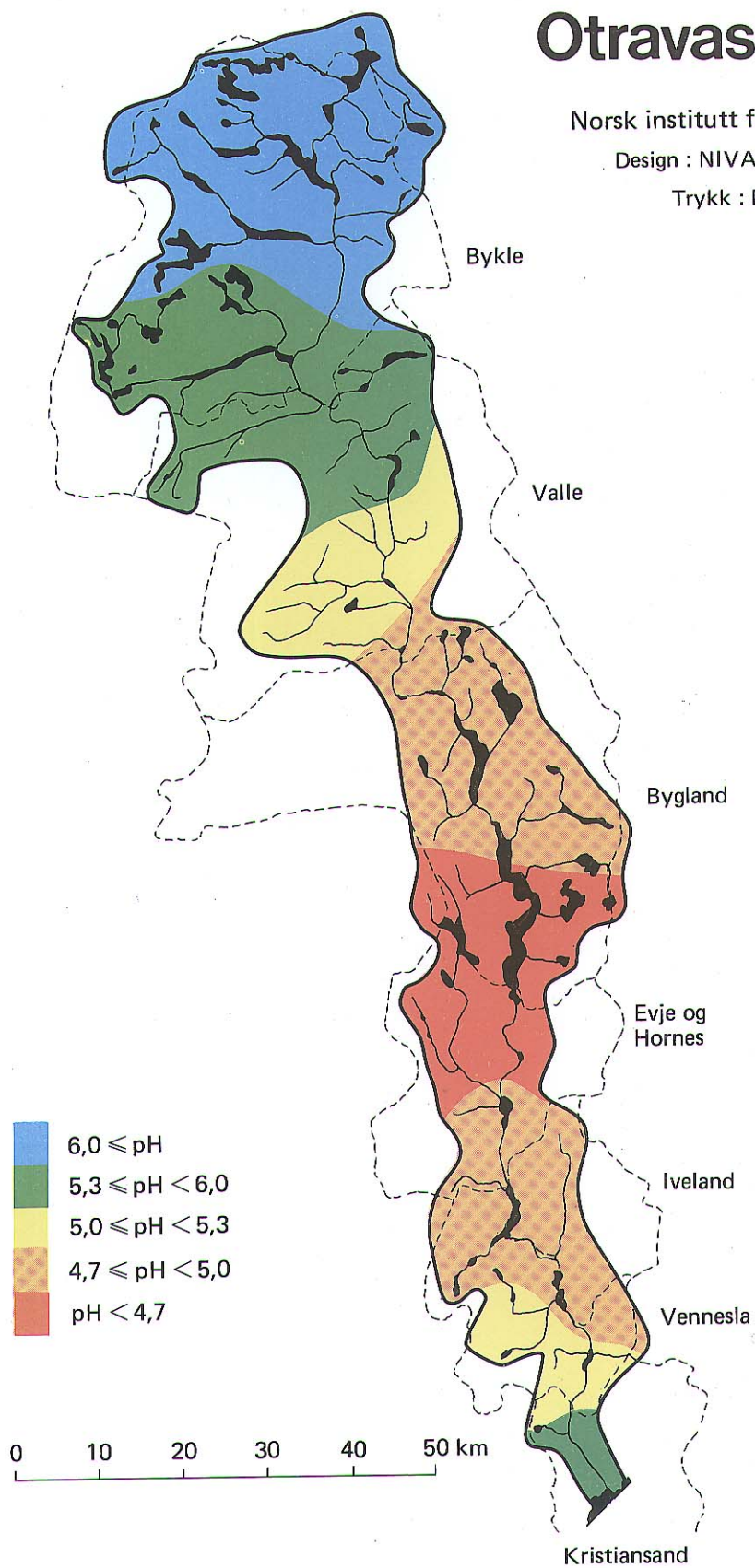


Fig. 2 pH i tilrenningen fra ulike deler av Otravassdragets nedbørfelt.

Otravassdraget

Norsk institutt for vannforskning

Design : NIVA's tegnekontor

Trykk : Nortrykk

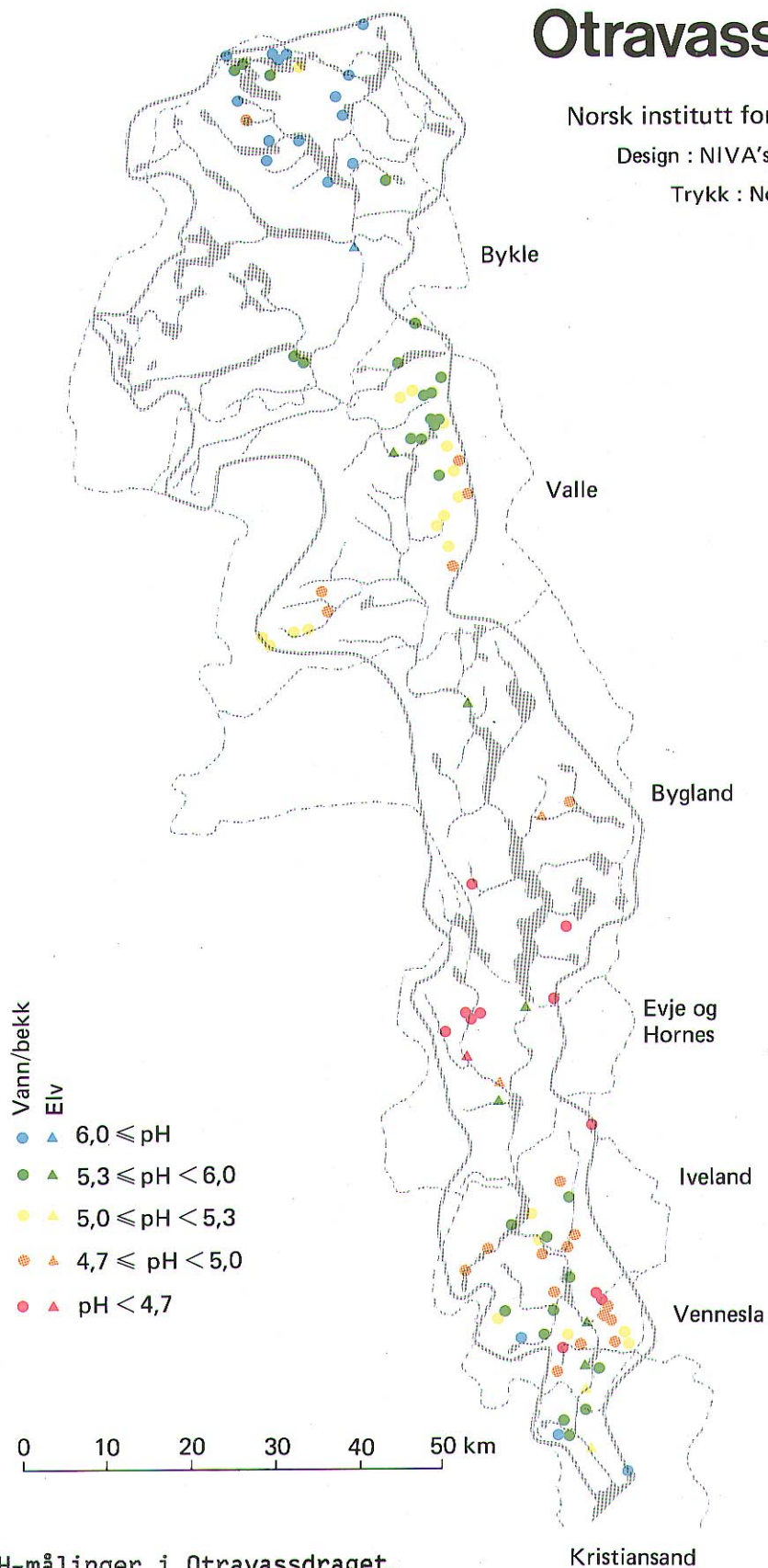


Fig. 3 pH-målinger i Otravassdraget.

Tabell 1. Eksempel på vannkvalitet i noen sidevassdrag til Otra i Evje og Hornnes kommune, høsten 1985.

| Sidevassdrag | pH | Ca mg/l | Al µg/l | SO ₄ mg/l | NO ₃ µg N/l |
|-----------------|------|------------|------------|-------------------------|---------------------------|
| Eikelandsv. bk. | 4,99 | 1,7 | 280 | 6,6 | 305 |
| Tveittjønn " | 4,91 | 1,1 | 275 | 4,5 | 52 |
| Jepestøl " | 4,66 | 0,7 | 270 | 4,0 | 38 |
| Skjerkedalselva | 4,85 | 1,3 | 260 | 4,7 | 98 |
| Røyknes bk. | 5,01 | 1,3 | 240 | 4,5 | 152 |
| Høye " | 5,22 | 1,6 | 234 | 6,1 | 86 |
| Homevatn " | 4,72 | 0,7 | 242 | 4,2 | 61 |
| Kjetsåna | 5,30 | 1,2 | 248 | 5,1 | 152 |
| Dåselva | 4,87 | 0,9 | 243 | 3,6 | 200 |

5. REGULERINGER AV OTRAVASSDRAGET

5.1 Generelt om reguleringer.

Otra har vært regulert for produksjon av elektrisk kraft siden 1900. Det største inngrepet er gjort i øvre Otra i forbindelse med Brokke kraftverk.

Første byggetrinn var ferdig i 1964, byggetrinn II i 1977 og III i 1983. Byggetrinn IV med overføring fra Urarmagasinet til Holen kraftverk ble satt i drift i januar 1987. Det er videre planlagt overføring av Bestelandså og Bjørnarå til kraftverkssystemet. Reguleringene fører til en kraftig reduksjon i vannføringen på hele trekningen fra Breidvatn til Brokke (se oversiktskart fig. 4). Konsekvensen av å overføre bekkene Bestelandså og Bjørnarå til kraftverkssystemet er utredet i egen rapport (Holtan og Lingsten 1986).

Reguleringen har ført til at en har fått bestemmelser om minstevannføring på enkelte strekninger i Otra, og tabell 2 viser de gjeldende minstevannføringer ved ulike stasjoner i Otra.

5.2 Styring av vannkvaliteten i Byglandsfjorden ved regulering

Som beskrevet tidligere er vannkvaliteten i de øvre reguleringsmagasinene god. I overvåkingsprogrammet foretas målinger ved utløpene av Breidvatn og Hartevatn. Gjennomsnittlig har disse en pH opp mot pH 6.3 (ca. 50-60 $\mu\text{ekv. alk./l}$). Det er imidlertid årlig registrert perioder hvor også disse vannene har pH-verdier i området 5.6-5.9 (ca. 10-30 $\mu\text{ekv. alk./l}$), dvs. lavere enn det det er ønskelig å ha i Byglandsfjorden. Siden Brokke kraftverk også tar inn vann fra nedenliggende områder med midlere pH i avrenningen mellom 5.0 og 6.0, kan vi regne med at vannet fra Brokke kraftverk i alle fall i perioder har svært liten kapasitet til å nøytralisere annen sur tilrenning.

Hovedinnløpet til Byglandsfjorden (Ose), inkludert utløpet fra Brokke kraftverk, har midlere pH 5.7-5.8. Her er det imidlertid registrert episoder med pH ned mot 4.6-4.7. Hvis man skulle beskytte fisken i

området ved å sette et minimumskrav til pH på 5.6 (alk. ca. 10 $\mu\text{ekv./l}$) måtte man i slike episoder doble vannføringen ved Ose ved å tappe vann fra kun de øvre magasiner. Hvis alkaliteten i magasinene er lavere enn 60 $\mu\text{ekv./l}$ må tappingen økes ytterligere. Trolig vil kalking være en mer realistisk løsning (se kap.7).

Utløpet av Byglandsfjorden har en relativt stabil pH med midlere verdier rundt 5.6-5.7. Stabiliteten har sin årsak i at Byglandsfjorden har en oppholdstid på ca. 0.6 år. Byglandsfjordens ujevne effekt på vannkvaliteten medfører at det er urealistisk å kunne påvirke utløpet ved hjelp av endret manøvrering av magasiner i øvre del av vassdraget. Kun tilskudd av ytterligere alkalitetsreserver (kalking) vil kunne bedre vannkvaliteten ut av Byglandsfjorden.

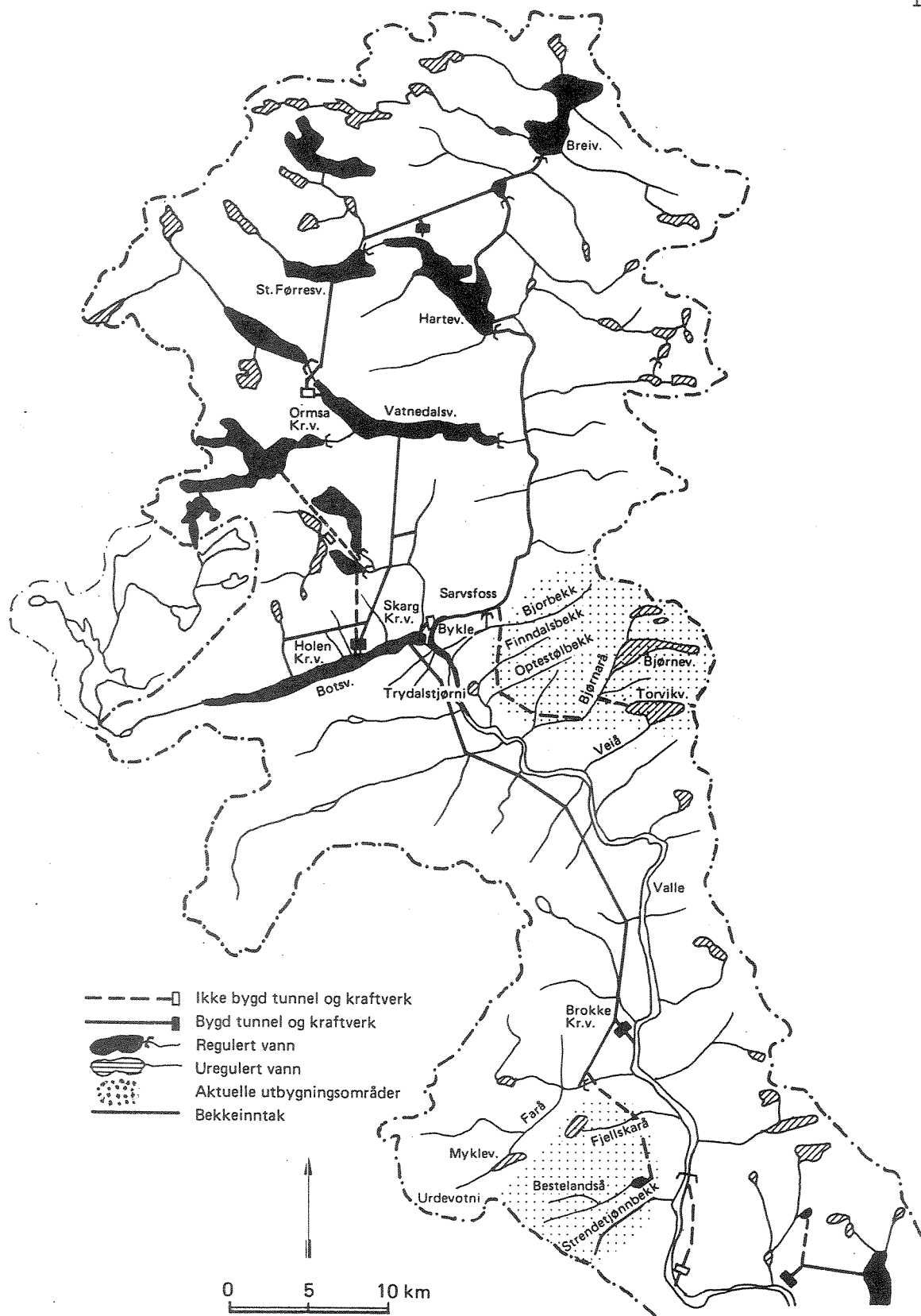


Fig. 4 Situasjonsskart over reguleringsinngrep i Øvre Otra. Planlagte inngrep inntegnet (fra Holtan og Lingsten 1986).

Tabell 2 Gjeldende minstevannføringer i Otravassdraget
 (s.: sommer, v.: vinter) (fra Lande og Grande 1986)

| Stasjon | | Minstevannføring m ³ /s |
|------------------------------------|----|------------------------------------|
| fra Lislevatn | s. | 2 |
| | v. | 1 |
| Otra, nedenfor Børtemannsbekken | s. | 4 |
| | v. | 1 |
| Fra Hartevatn | s. | 2 |
| | v. | 0.5 |
| ved Hoslemo V.M. | s. | 4 |
| | v. | 2 |
| ved Sarvsfossen | s. | 2 |
| | v. | 2 |
| ved Bykil | s. | 1 |
| | v. | 1 |
| ved Valle V.M. | s. | 3 |
| | v. | 2 |
| Strekn. Gåseflo- Iveland kst. | s. | 0 |
| | v. | 0 |
| strekn. Beiehølen- Steinsfoss | s. | 2 |
| | v. | 0 |
| ved Vigeland V.M. | s. | 50 |
| | v. | 50 |

7. TILTAK FOR Å BEDRE VANNKVALITETEN

7.1 Ambisjonsnivå 1 og 2

Ved det høyeste ambisjonsnivået skal laksefisk trives og reprodusere i hele hovedvassdraget. Ambisjonsnivå 2 vil ikke gi fullgod reproduksjon og oppvekst av smolt nedstrøms Hunsfoss.

7.1.1 Kalking til Byglandsfjorden. Sur nedbør

Som generell kalkingsstrategi har vi lagt opp til å utnytte Byglandsfjordens stabiliserende effekt på vannkvaliteten i Otras nedre deler. Dette er i samsvar med strategien i Audna hvor man utnytter Øydnavannene til samme formål. Generelt har vi gått inn for å tilsette kalken høyt oppe i vassdraget, samt i sure sidevassdrag, slik at kalken kan gjøre mest mulig nytte før den renner ut i havet.

Det forutsettes at ferskvannsrørret kan leve og reprodusere oppstrøms Byglandsfjorden under de nåværende forhold. For å sikre en livskraftig bestand av bleke i Byglandsfjorden forutsettes at pH må heves til 6.0-6.2 i Byglandsfjorden samt aktuelle gytestrekninger oppstrøms. Dette innebærer at alkaliteten må økes med ca 40 $\mu\text{ekv/l}$ opp til ca 50 $\mu\text{ekv/l}$ (endepunktsalkalitet) omtrent tilsvarende alkalitetssvinnet fra sur nedbør. Dette medfører et kalsiumkarbonatbehov på 2.0 g CaCO_3/m^3 . I følge svenske normer for kalking er det anbefalt å kalke opp til en alkalitetsreserve på 100 $\mu\text{ekv./l}$. Årsaken til at vi mener det er forsvarlig å gå ned til 50 $\mu\text{ekv/l}$ er Byglandsfjordens utjevne effekt på vannkvaliteten grunnet en oppholdstid på 0.6 år. Av samme grunn er det lite å vinne på endret manøvrering i vassdragets øvre magasiner hvis man ønsker å bedre vannkvaliteten nedstrøms Byglandsfjorden. Sure episoder i innløpet til Byglandsfjorden kan imidlertid dempes ved betydelige tilskudd av vann fra de øvre magasinene (se kap.5).

Med et årlig avløp på 3494 mill. m^3 fra Byglandsfjord vil det årlige

7.1.2 Strekningen mellom Byglandsfjorden og Hunsfoss

Fra nedbørfeltet mellom Byglandsfjordens utløp og Hunsfoss kommer relativt sur tilrenning fra ca 1000 km². Regner vi med en pH i denne avrenningen på pH 4,7 (tilsvarende en H⁺-bidrag på 20 µekv/l) vil alkaliteten ved Hunsfoss kunne komme ned på ca 30 µekv/l, tilsvarende en pH på ca 5.8-5.9. Eventuell toksisitet for laks i dette pH-området vil være avhengig av tilførsler av de mest giftige aluminiumsfraksjoner (labilt aluminium) fra delnedbørfeltene. På bakgrunn av at ørreten overlever denne vannkvaliteten selv uten kalking, er det trolig at den foreslåtte kalking vil være tilstrekkelig for oppvekst av smolt.

Opprettholdelse av 30 µekv/l ved Hunsfoss forutsetter at vannføringsbidragene fra Byglandsfjord og delnedbørfeltene nedstrøms mot Hunsfoss har samme forhold som ved normalvannføring (ca 75% fra Byglandsfjord og 25% fra delnedbørfeltene). Hvis man setter et minstekrav til alkaliteten ved Hunsfoss (ovenfor fabrikkene) på 20 µekv/l (ca pH 5,7) må andelen kalket Byglandsfjordvann ikke komme under 60% ved Hunsfoss. Hvis andelen av vann fra Byglandsfjorden blir lavere må man regne med å kalke også nedstrøms Byglandsfjorden.

Basert på vannføringsmålinger i årene 1982-1984 opptrer perioder med andel Byglandsfjordvann 60% eller lavere ca 7 uker pr. år. Episodene inntreffer i periodene mars-april (lavlandsflom, snøsmelting) og fra midten av september til midten av januar (høstregn, snøsmelting). Gjennomsnittlig vannføring fra delnedbørfeltene mellom Byglandsfjord og Hunsfoss/Vigeland i disse ukene er 93 m³/s (gjennomsnitt for året er til sammenligning 38 m³/s). Skal disse vannmassene tilføres 20 µekv/l alkalitet, blir CaCO₃-behovet ca 400 tonn/år tilsvarende et kalkbehov på ca 600 tonn/år. Ved en pris på kr. 500/tonn blir årlige kostnader til kalk for å oppheve virkningen av episoder/regulering ca 0,3 mill.kr./år. Det enkleste vil trolig være å tilsette denne kalken rett nedstrøms Byglandsfjorden.

På grunn av tidsforsinkelsen i vassdraget fra Byglandsfjorden til Vigeland kan det vise seg å være nødvendig å foreta tilleggsalkaliteten (eller deler av den) lenger nede, eksempelvis ved Iveland. Man bør også vurdere å tilsette deler av kalken ved Hunsfoss for å skape en refuge for ekstra beskyttelse av laksen i endekulpen. Dette kan være fordelaktig bl.a. i forbindelse med stamfiske.

Det bør også vurderes om denne tilleggsalkaliteten kan tilføres fra

sidevassdrag. Ved siden av å bedre hovedvannmassene vil dette gi lokale refuger for fisk under episoder. Aktuelle alternativer er reguleringsmagasinet Gyvatn, samt de uregulerte Sandlandsvatnet, Eikelandsvatnet og vatnet ved Øvrebø. En slik kalking vil gi en ekstra sikkerhet mot sure episoder i Otra, og formodentlig være til glede for lokale fiskeinteresser. Ulempen vil være at kalkbehovet vil bli større ved å kalke opp sidevassdrag fordi det innebærer kalktilførsler til Otra også når det ikke er strengt tatt nødvendig. Alternativt kan tappingen fra Byglandsfjord styres slik at tappevannet utgjør minst 60% av vannføringen ved Vigeland.

7.1.3 Strekingen nedstrøms Hunsfoss. Industriutslipp

Nedstrøms Hunsfoss representerer industriutslippene det største problemet for vannkvaliteten.

PFI's målinger viser at syreutslippet (beregnet ut fra titreringer til elvens pH) er ca 200 Kev/døgn. Dette gir et kalsiumkarbonatbehov på 10 tonn CaCO_3 /døgn for nøytralisering av industriutslipp. Ved bruk av oppslemmet, fuktig kalksteinsmel med 80% oppløsning, tørrstoffinnhold på 85% og 98% CaCO_3 i tørrstoffet vil kalkbehovet bli 15 tonn pr. døgn. Ved en tonnpris på kr. 500 blir døgnkostnadene kr. 7.500. Med eksempelvis 250 driftsdøgn blir kalkkostnadene 1.9 mill.kr./år. I tillegg kommer engangsutgifter til doseringsutstyr samt driftsutgifter.

Avsyring av elva ved kalking er imidlertid ikke nok til å få en fullgod lakselv med reproduksjon og oppvekst av smolt (ambisjonsnivå 1). Den organiske belastningen fra treforedlingsindustrien øker permanganatforbruket med ca 3 mg O/l og medfører sopp- og bakterievekst samt en artsfattig bunnfauna. I tillegg kommer fiberutslipp som fører til nedslamming av bunnsubstratet. Organiske forbindelser gir bismak på fisk. Anslagsvis må belastningen reduseres til 1 mg O/l for å unngå utrivelige forhold i elven. Dette betyr at utslippene av løst organisk stoff bør reduseres fra ca 15.000 tonn O/år ned til ca 5.000 tonn O/år ved middelvannføring og ned til ca 1500 tonn ved minstevannføring. For organiske forbindelser som setter smak på fisken, samt fibre, har vi ikke grunnlag for å angi nødvendige reduksjoner. Dette fordi det ikke er klarlagt hvilke stoffer som setter smak på fisken. For fibre vil sedimenteringsegenskaper og lokale hydrodynamiske forhold i elven være avgjørende. Man kan kun

anta at problemene vil bli sterkt redusert hvis disse stoffene reduseres i samme grad som organiske stoffer generelt. Dersom bedriften ikke er i stand til å foreta disse reduksjoner (av økonomiske og prosesstekniske grunner) bør man vurdere å føre avløpet direkte ut i fjorden. Det antas at rensekravene kan reduseres noe ved utslipp til fjordresipient sammenlignet med elveresipient (eksempelvis for syreutslipp). Dette bør imidlertid avklares i en separat resipientvurdering for Kristiansandsfjorden. Disse forhold vil være naturlige elementer i en full gjennomgang av samtlige utslipp og i en vurdering av muligheter og kostnader for utslippsreduksjoner.

Avløpsmengden fra Hunsfos Fabrikker er ca 0.8-0.9 m³/s. Regner vi med et utnyttbart fall ned til fjorden på 20 m, må man for å få selvfølgelig benytte en 900 mm ledning. Ved eksempelvis å benytte en polyetylenledning på 900 mm PM (22 mm godstykkelse) med vekt 63 kg/m og en anslagsvis pris på kr. 975 pr. m., vil en 16000 m lang ledning koste 15.6 mill. kr. Hvis ledningen kan legges/spyles ned i bunnen av elven vil man i tillegg trenge anslagsvis 10.7 mill. kr. i betonglodd. De øverste 2-3 km vil dette ikke la seg gjøre, og ledningen må trolig legges på land. Inkludert utleggingskostnader vil totalprisen komme opp i størrelsesorden 30 mill. kr. I tillegg kommer kostnader for rensing av avløpsvannet til fjordresipient. Dette har vi i dag ikke grunnlag for å kostnadsberegne. En mer detaljert utredning om ledningskostnader til fjorden er forøvrig i gang i regi av fylkesmannens miljøvernnavdeling. Det bør også vurderes å koble andre utslipp til ledningen, spesielt fra Norsk Wallboard. Høie Fabrikker skal tilknyttes en avskjærende ledning for kommunalt avløpsvann fra øvre delen av Venneslafjorden ned til Kristiansand. Denne ledningen er planlagt ferdig i 1992.

Selv med omfattende rensetekniske tiltak i industribedriftene vil det gi elven en sikrere beskyttelse å føre avløpet direkte til fjorden. Erfaringer har vist at selv gode renseanlegg og tekniske sikkerhetstiltak kan bli utsatt for hendelige uhell.

Det foreligger ønsker om å øke minstevannføringen ved Vigeland for å redusere virkningene av industriutslippene. En økning fra 50 til 70 m³/s vil tilsvare at utslippene reduseres med ca 1/3. Dette vil ikke være noen fullgod løsning. Samtidig vil det innebære at kraftverkernes tap i et tørrår (hvert 15. år) vil beløpe seg til anslagsvis 28 mill. kr. Ved å øke minstevannføringen fra 50 til 60 m³/s vil tilsvarende tap bli 18 mill. kr. I denne sammenheng bør det også nevnes at med de nåværende industriutslipp ville pH i elven periodevis kunne bli lavere enn pH 4.0 hvis vassdraget hadde vært uregulert (ved naturlig

lavvannsføring ned mot 10 m³/s).

7.1.4 Forsøk på verdisetting av smoltproduksjon nedstrøms Hunsfoss

Ved kalking og fjerning av industriutslipp vil elva kunne gi oppvekstmuligheter for smolt. Verdien av dette er selvsagt vanskelig/umulig å beregne eksakt. Nedenstående regneeksempel er likevel tatt med for å vise at verdien av elvas smoltproduksjon kan være betydelig, selv uten å trekke inn de estetiske og naturvernmessige verdier ved å ha en ren, produktiv elv.

Ut fra laksestatistikken var fangsten av laks og sjøaure (overveiende laks) ca 3 tonn de siste årene før sammenbruddet midt i 50-årene. I toppårene før århundreskiftet var fangsten 5-11 tonn pr. år. Grunnet mangelfull innrapportering, lakseskatt etc. må man regne med at de reelle fangstene har vært betydelig høyere.

Tar vi utgangspunkt i 3 tonn oppfisket laks og regner med at fangsten representerer 50% av oppgangen, kan oppgangen ha vært ca 6 tonn. Regner vi en gjennomsnitttsvekt på 4 kg vil dette representere 1500 laks. Regner vi med en tilbakevending av smolt på 2% (usikkert tall, bl.a. avhengig av andel sjøfisket laks) kan produksjonen anslås til ca 75000 smolt. Med dagens smoltpris på ca kr.15 pr. stk. blir verdien 1.1 mill. kr. pr. år. Tar man utgangspunkt i toppårene før århundreskiftet kan potensialet for elva tilsvare en smoltverdi på 2 til 3 mill. kr. pr. år.

7.2 Ambisjonsnivå 3 og 4

Ved ambisjonsnivå 3 skal laks kunne vokse opp til smolt oppstrøms Hunsfoss, samt overleve som oppgangsfisk nedstrøms Hunsfoss. Ved dette alternativ er det nødvendig å kalke opp Byglandsfjorden som angitt i alternativ 1 (5.2 mill. kr. pr. år). I tillegg er det trolig nødvendig å kalke industriutslippene, særlig ved lave vannføringer. Spesielt i episoder når den sure avrenningen (pH 4,7) fra nedbørfeltet nedstrøms Byglandsfjorden utgjør over 30% av vannføringen ved Hunsfoss vil alkaliteten kunne komme under 30 µekv/l. Ved en vannføring på 100 m³/s

vil industriutslippets H^+ -bidrag være 23 $\mu\text{ekv/l}$. pH vil da kunne synke til under pH 5.5. Kombinert med høye konsentrasjoner av labilt aluminium kan vannet bli toksisk. Ved 50 m^3/s vil industriutslippets H^+ -bidrag være 46 $\mu\text{ekv/l}$, og pH kan synke ned mot pH 4,8. For å ha en buffer mot sure episoder bør derfor industriutslippene kalkes. Det er mulig at oppgangsfisk kan overleve ved å innskrenke kalkingen til perioden når vannføringen er under 100 m^3/s (pH i elva ned mot 5,3-5,4). Dette vil dels være avhengig av tapperutiner. Det knytter seg også usikkerhet til voksen laks vil overleve i lengre perioder med de aktuelle konsentrasjoner av organiske stoffer og periodevis høye konsentrasjoner av aluminium. Hvis det viser seg at fisken tåler denne belastningen, kan man anslå nødvendig kalkingstid til 60 dager, og kalk-kostnadene til ca 0.5 mill. kr./år. Samlede kostnader til kalk for ambisjonsnivå 3 vil da bli 5.7 mill. kr. I tillegg kommer spredningskostnader, engangskostnader til doseringsanlegg, samt utgifter til supplerende smoltutsetting. Ulempene med dette alternativet er at man fortsatt vil ha en sterkt forurenset elv og at fisken trolig fortsatt får bismak.

Ved ambisjonsnivå 4 skal oppgangslaks basert på smoltutsetting overleve i sesongen for sportsfiske og stamfiske fra juni til og med oktober. Dette kan trolig oppnås ved å kalke industriutslippene i nevnte perioder. Kalkkostnadene til dette vil bli ca 1.1 mill. kr./år. Det kan også vise seg å bli nødvendig med en viss overkalking i forbindelse med sur-nedbør-episoder / lav andel Byglandsfjordvann. Regner vi med at dette vil inntreffe 2-3 uker i perioden juni til oktober vil kalkkostnadene bli 0.1 mill. kr. pr. år. Totale kostnader til kalk vil da bli 1.2 mill. kr. pr. år. I tillegg kommer anleggskostnader, driftskostnader og smoltkostnader. Fremdeles vil man ha en sterkt forurenset elv, og man må regne med at fisken kan få bismak etter noen ukers opphold i elven. Man er videre avhengig av en høy grad av driftssikkerhet ved kalkdoseringsanleggene og kontroll av vannkvalitet og avrenningsforhold.

7.3 Sammenligning av alternativer

Ambisjonsnivå 1 (høyeste ambisjonsnivå)

(Laksefisk skal kunne trives og reproduseres i hele hovedvassdraget. Herunder bleka i Byglandsfjorden og laks og sjørret nedstrøms Byglandsfjorden. Fortrinnsvis skal tiltakene også komme enkelte sidevassdrag til gode.)

| | |
|--|------------------|
| Kostnader til kalk mot sur nedbør: | 5.2 mill. kr./år |
| Kostnader til kalk mot episoder/regulering | 0.3 mill. kr./år |
| Avledning av industriutslipp (engangsutgift): | ca 30 mill. kr. |
| Rensing av industriutslipp til fjordresipient: | ikke utredet |

Årlige kostnader er ikke summert fordi det avhenger av lånebetingelser, tilskuddsordninger etc. for engangsinvesteringer.

Alternativt til avledning må industriutslippene kalkes (1.9 mill kr./år), belastningen med løst organisk stoff reduseres med 90% og fiber og organiske forbindelser som setter smak på fisk må reduseres tilstrekkelig. Det er ikke gjort forsøk på å kvantifisere kostnadene for slike utslippsreduksjoner (fullrensing).

Ambisjonsnivå 2

(Som ambisjonsnivå 1, men uten fullgode reproduksjonsforhold for laks og oppvekstmuligheter for smolt nedstrøms Hunsfoss.)

| | |
|---|-------------------------|
| Kostnader til kalk mot sur nedbør: | 5.2 mill. kr./år |
| Kostnader til kalk mot episoder/regulering | 0.3 mill. kr./år |
| Kostnader til kalk mot sure industriutslipp | 1.9 mill. kr./år |
| <u>Sum</u> | <u>7.4 mill. kr./år</u> |

Ambisjonsnivå 3

(Laks skal kunne vokse opp til smolt oppstrøms Hunsfoss, samt overleve som oppgangsfisk nedstrøms Hunsfoss.)

| | |
|---|-------------------------|
| Kostnader til kalk mot sur nedbør: | 5.2 mill. kr./år |
| Kostnader til kalk mot episoder/regulering | 0.3 mill. kr./år |
| Kostnader til kalk mot sure industriutslipp | 0.5 mill. kr./år |
| <u>Sum</u> | <u>6.0 mill. kr./år</u> |

Ambisjonsnivå 4 (laveste ambisjonsnivå)

(Oppgangslaks, basert på smoltutsetting, skal ha levelige forhold nedstrøms Hunsfoss i sesongen for sportsfiske og stamfiske fra juni til og med oktober.)

| | |
|---|-------------------------|
| Kostnader til kalk for sure industriutslipp | 1.1 mill. kr./år |
| Kostnader til kalk mot episoder/regulering | 0.1 mill. kr./år |
| <u>Sum</u> | <u>1.2 mill. kr./år</u> |

Siden anleggs- og spredningskostnader vil være svært avhengig av valg av delprosjekter i de ulike alternativene, er det ikke gjort forsøk på å beregne disse. Dette vil kreve tilbud på delprosjektene. Personalkostnader ved drift og kontroll er av samme grunn ikke tatt med i kostnadsoverslagene.

Forøvrig kan det nevnes at man i Sverige vurderer verdien av oppgangslaks til sportsfiske til kr. 1000 pr. kg, mot kr. 70 for garnfanget laks. Med et fremtidig sportsfiske i Otra på eksempelvis 8 tonn/år vil dette under nevnte forutsetninger ha en verdi i samme størrelsesorden som kostnadene ved ambisjonsnivå 1 og 2. I tillegg kommer økt produksjon av annen innlandsfisk. I den sammenheng bør nevnes at avkastningen av ørret og bleke i Byglandsfjorden har vært oppe i 32 tonn/år (før reguleringen). I dag regner man med at næringsgrunnlaget kan gi en fiskeavkastning på ca 25 tonn/år (Borgstrøm 1975). Om man med de foreslåtte tiltak kan nærme seg disse tall er usikkert, men tallene viser at produksjonspotensialet for innlandsfiske i Otravassdraget er meget stort.

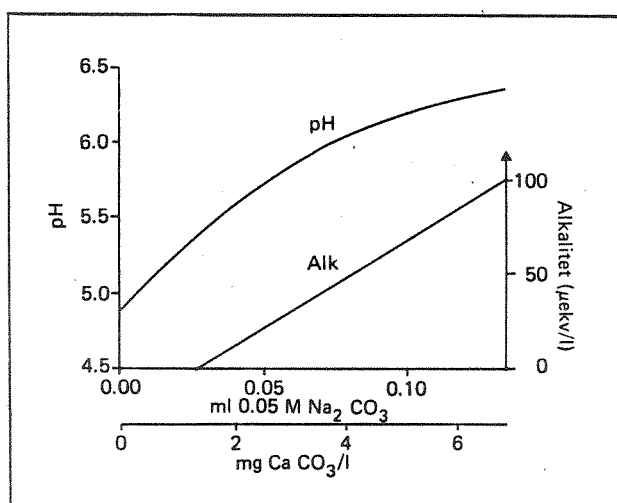
8. LITTERATUR

- Baalsrud, K., Hindar, A., Johannessen, M. og Matzow, D. 1985: Kalking mot surt vann. Kalkingsprosjektets faglige sluttrapport. Miljøverndepartementet. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. Arendal.
- Boman, E. og Grande, M. 1985: OTRA. Tiltaksorientert overvåking 1984. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 199/85. NIVA 0-8000208.
- Borgstrøm, R., 1975: Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Regulerings innvirkning på kjemiske forhold i vassdraget. Notat nr. 2, 1975. LFI, Univ. i Oslo.
- Grande, M. 1984: Problemnotat. Nedre Otra. NIVA-prosjekt 0-8000208. Oslo, 12. desember 1984.
- Grande, M. m.fl. 1982: OTRA 1981. Rutineovervåking. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 55/82. NIVA 0-8000208.
- Grande, M. og Wright, R.F. 1982: Hekni kraftverk. Vurdering av resipientforhold i forbindelse med eventuell utbygging. NIVA-prosjekt 0-81096.
- Grande, M. og Wright, R.F. 1984: OTRA 1983. Rutineovervåking. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 145/84. NIVA 0-8000208.
- Hoel, H. 1986: Nye målinger av utslipp av syre og base fra Hunsfos Fabrikker til Otra. Målinger i perioden 21.10.-31.10.1986. PFI-oppdrag nr. 21141.
- Holtan, H. og Lingsten, L. 1986: Overføring av Bjørnarå m.fl. og Bestelandså m.fl. til Brokke kraftverk. Vurderinger av eventuelle forurensningseffekter. NIVA 0-85166.
- Lande, A. og Grande, M., 1986: OTRA 1985. Tiltaksorientert overvåking. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 249/86. NIVA 0-8000208.

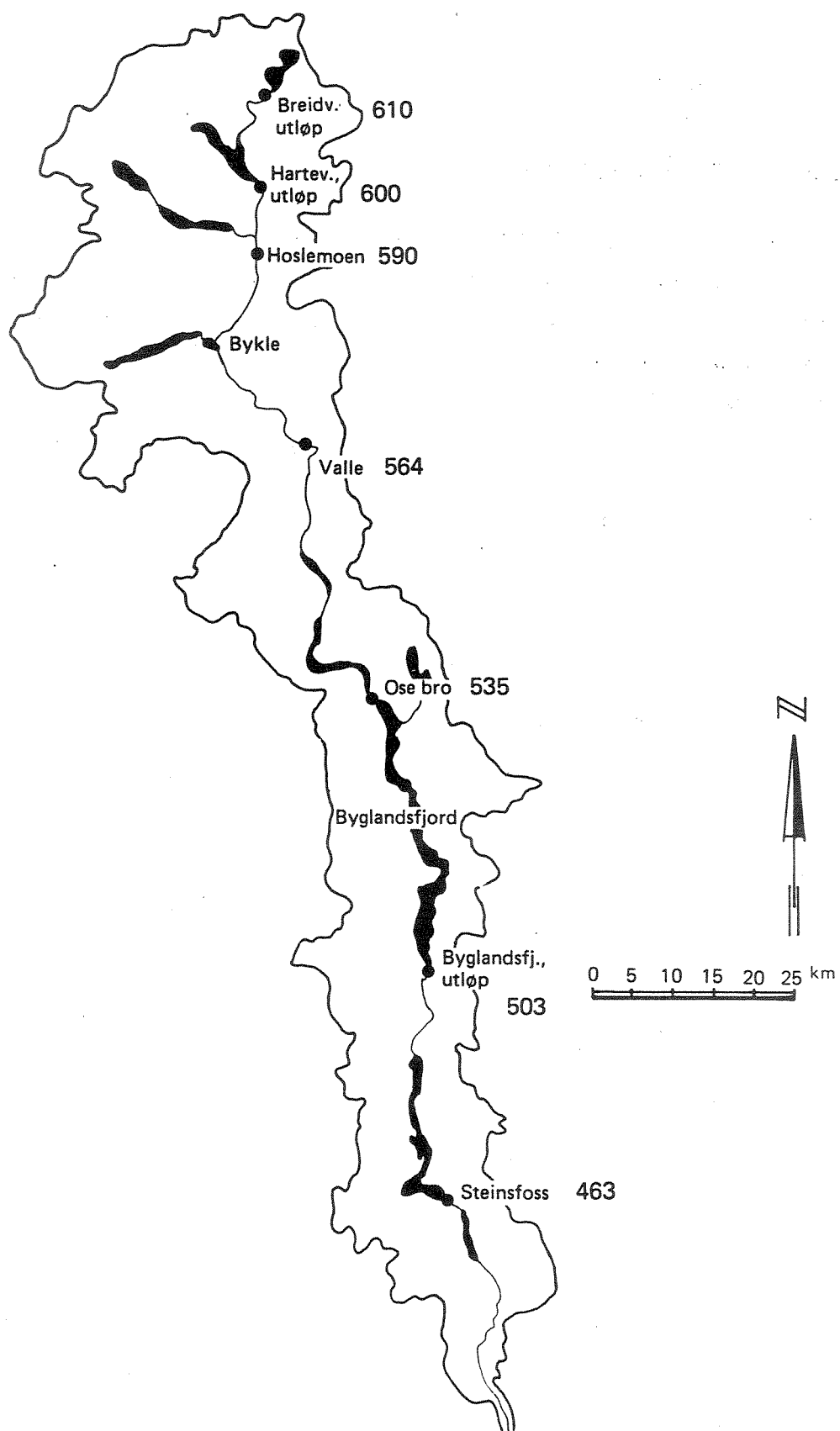
Tryland,Ø. 1983: Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard juli-oktober 1982. NIVA 0-82067.

BILAG

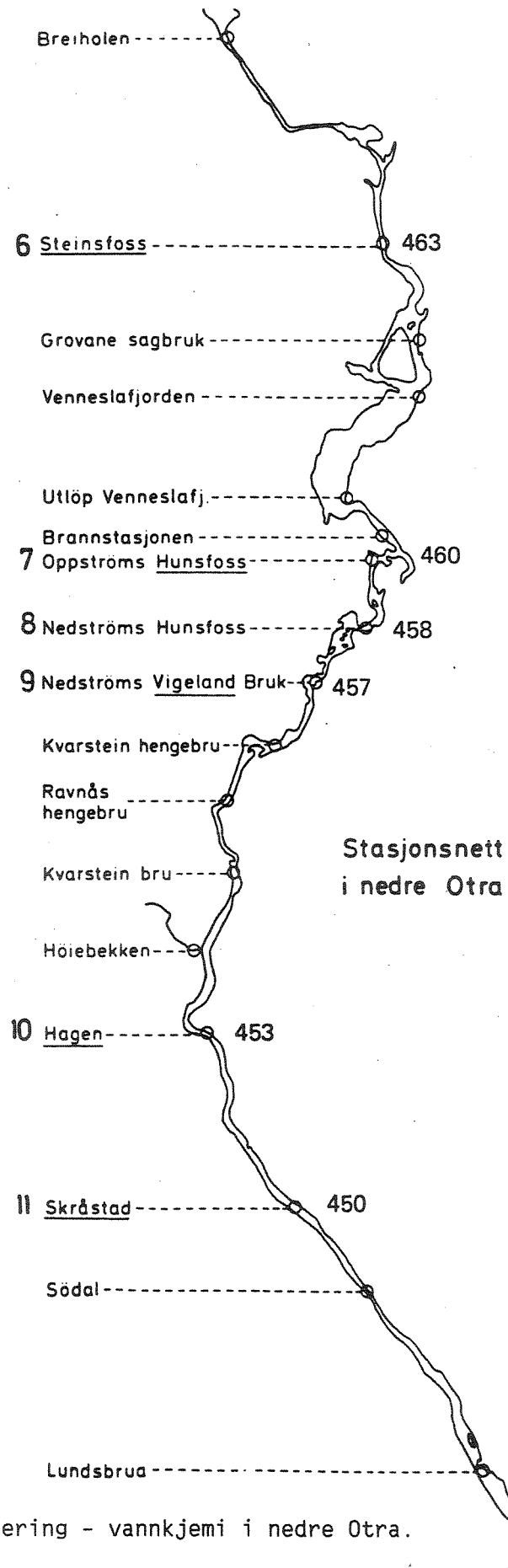
Eksempel på titreringskurve for surt vann sakset fra Kalkingsprosjektets faglige sluttrapport (Baalsrud, Hindar, Johannessen og Matzow 1985).



Figur 3.2. Eksempel på titreringskurve. 100 ml surt vann (pH 4.9) er titrert med 0.05 M Na₂CO₃. Titreringsvolumet er omregnet til ekvivalente mengder CaCO₃ som må tilsettes for å gi samme pH. Tilhørende alkalitetskurve er vist.



Stasjonsplassering - vannkjemi i øvre Otra.



Stasjonsplassering - vannkjeri i nedre Otra.