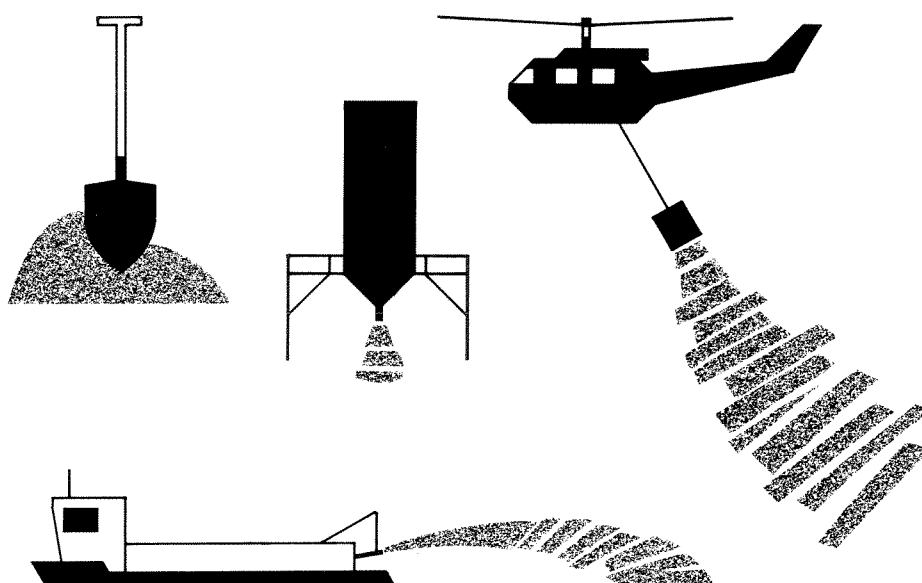


O-91032

# Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90

Prosjektnr.:

O-91032

Undernummer:

Løpenummer:

2653

Begrenset distribusjon:

<b>Rapportens tittel:</b>	<b>Dato:</b>
Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget	28.10.91
	<b>Faggruppe:</b>
	Sur nedbør
<b>Forfatter (e):</b>	<b>Geografisk område:</b>
Atle Hindar	Agder
	<b>Antall sider:</b> <b>Opplag:</b>
	31                      50

<b>Oppdragsgiver:</b> Birkenes, Kristiansand, Åmli og Froland kommuner Fylkesmannen i Aust- og Vest- Agder og Direktoratet for naturforvaltning	
--	--

**Ekstrakt:**

Det er utarbeidet en kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. Målet med planen er å skape akseptabel vannkvalitet for laks, sjøaure og innlandsfisk i vassdraget. Planen er laget som tre alternativer som delvis bygger på hverandre. Det bør settes opp kalkdoseringsanlegg på fem forskjellige steder i vassdraget. I tillegg bør innsjøen Ogge kalkes. Kalking etter Alternativ II er kostnadsberegnet til 3.5 mill. kroner pr. år i middel. Det inkluderer kalk, doseringsanlegg og driftsgaranti for anleggene. Kalkdosering basert på styring etter vannføring og pH vil sikre best mulig effekt til lavest mulig kostnad.

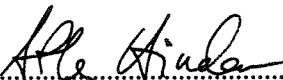
4 emneord, norske

1. Vassdrag
2. Sur nedbør
3. Kalkingsplan
4. Kalkdosering

4 emneord, engelske

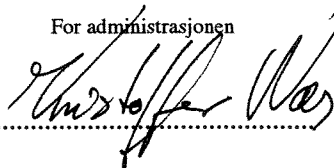
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder

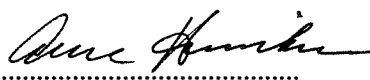


Atle Hindar

For administrasjonen



ISBN 82-577-2000-3



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
SØRLANDSAVDELINGEN  
GRIMSTAD

O-91032

KALKINGSPLAN FOR TOVDALSVASSDRAGET

Grimstad, oktober 1991

Saksbehandler: Atle Hindar

## FORORD

Miljøvernavdelingen i Aust-Agder ba høsten 1990 NIVA å utarbeide et prosjektforslag for en kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. Forslaget ble lagt fram for innlandsfiskeremndene, skoglag, fiskelag samt Kristiansand, Froland og Birkenes kommuner i januar 1991. Det er nedsatt en kontaktgruppe med representanter for ovenfornevnte.

I brev av 19.02.91 fra Birkenes kommune og på vegne av kontaktgruppen ble NIVA bedt om å utarbeide kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. Planen skal danne grunnlag for en evt. søknad om offentlige kalkingstilskudd.

Kostnadsoverslag for kalk, innkjøp og leie av kalkdoseringsanlegg og driftsgarantier er innhentet fra Miljøindustri A/S. Agderforskning, avd. Teknikk har gjennomført titeringsanalyser.

Arbeidet med planen er finansiert av Birkenes, Kristiansand, Froland og Åmli kommuner, samt Fylkesmennene i Aust- og Vest-Agder og Direktoratet for naturforvaltning.

Grimstad, oktober 1991

Atle Hindar

**"Sommestedis oppe i Ellfuen thages den med  
Gierder oc Kahr oc Fleger, som ere gjorde  
aff Heslevand ligesom Ruser, oc maa mand  
sommstedz sømme under Vandet ind i Huler  
under Klipper ind igjennem Fossen 3 eller  
4 Fauffne ind med stour Liffsfare oc jage  
hånnom ud paa Flegen".**

Peder Claussøn Friis

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
1. SAMMENDRAG OG TILRÅDNINGER	4
2. INNLEDNING	5
3. MÅLSETTING	7
4. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET	7
5. KALKINGSSTRATEGI	10
5.1. Kalktyper og kalkoppløsning	10
5.2. Kalkdoseringsprinsipp for elver	11
5.3. Drift av anlegg	12
5.4. Kalkmengder	13
5.5. Regulerings innvirkning på kalkingsstrategien	13
5.6. Andre forhold	13
6. KALKINGSALTERNATIVER	14
6.1. Alternativ I	15
6.2. Alternativ II	18
6.3. Alternativ III	23
6.4. Anbefalt framdrift	26
7. REFERANSER	27
8. VEDLEGG	28

## 1. SAMMENDRAG OG TILRÅDNINGER

På oppdrag fra Birkenes, Kristiansand, Froland og Åmli kommuner, samt Fylkesmennene i Aust- og Vest-Agder og Direktoratet for naturforvaltning har NIVA utarbeidet en plan for kalking av Tovdalsvassdraget.

Tovdalsvassdraget er 1880 km<sup>2</sup> og ligger mellom Arendalsvassdraget (Nidelva) og Otra. Vassdraget er regulert til kraftproduksjon i Uldalsgreina. Det er foreslått varig vernet av flertallet i Mellquist-utvalget. Et evt. vern, også som referansevassdrag, vil ikke hindre fullkalking av vassdraget. Tovdalsvassdraget hadde tidligere et rikt fiske etter laks. Laksebestanden er nå utdødd. Det er et sterkt lokalt engasjement for å få laksen tilbake.

Målet med kalkingsplanen er å gjenopprette gode livsbetingelser for laks, sjøaure og innlandsfisk i vassdraget. Planen legger derfor opp til at det skal være akseptabel vannkvalitet for laks ved utløpet av vassdraget hele året. Kalking høyt oppe i vassdraget vil også sikre andre arter. Planen er utarbeidet i tre deler:

Alternativ I omfatter tre kalkdoseringsanlegg og to innsjøkalkinger. Kalking av vannet fra Uldalsgreina skjer ved Hanefoss kraftstasjon. Kalking av vann fra øvre Tovdal skjer ved Dølemo. I tillegg kalkes hovedelva ved utløpet av Herefossfjorden, slik at det er full kontroll på vannkvaliteten ned til sjøen. Herefossfjorden kalkes kun en gang samtidig med igangsetting av doseringsanleggene. Innsjøen Ogge kalkes annethvert år. Årlige kostnader er 3.4 mill. kr. i middel.

Alternativ II er basert på fem kalkdoseringsanlegg. Uldalsgreina kalkes med dosering i Skjeggedalsåna, Vatndalsåna og Hovlandsåna. Øvre Tovdal-greina kalkes med dosering ved Dølemo. Doserer settes opp i utløpet av Herefossfjorden. Ogge kalkes annethvert år. I tillegg kalkes Herefossfjorden idet anleggene settes i drift. Årlige kostnader er 3.5 mill. kr. i middel.

Alternativ III er en direkte påbygging av Alternativ II. Det er foreslått flere innsjøkalkinger og kalking høyere oppe i enkelte sidegreiner. Dette alternativet omfatter kalking av Straumfjorden (øvre Tovdal), Høvringsvatnet (Hovlandsvassdraget), hele Bellandsvassdraget (tilløp til Ogge ved utløpet), Haukomvatnet og Ljosvatnet (Engeslandsåna) og utvidelse av kalkingsaktiviteten i Mjålandsvassdraget (i Mykland). I tillegg anbefales oppgradering av kalkingstiltakene i sjøaurevassdragene på strekningen Herefossfjorden-utløp Topdalsfjorden.

Det anbefales å starte kalkingen av Tovdalsvassdraget etter Alternativ II. Dette alternativet egner seg best til utvidelse av kalkingsaktiviteten og vil sikre best overensstemmelse med planens målsettinger. Alternativ III eller deler av det kan settes iverk samtidig med Alternativ II.

Kalkdoseringen styres slik at:

- doseringen blir mest mulig kostnadseffektiv; fisken får akseptable leve- og reproduksjonsvilkår ved minst mulig bruk av kalk.
- all utvidelse av kalkingen oppstrøms anleggene automatisk reduserer kalkdoseringen i anleggene.

## 2. INNLEDNING

Tovdalsvassdraget i Aust- og Vest-Agder (Figur 1) er sterkt forsuret (SFT 1989) og det er betydelige skader på fiskebestandene. Fiskebestandene forsvant fra over en tredel av innsjøene i vassdraget i perioden 1960 til 1975 (Leivestad et al. 1976). Akutt fiskedød i forbindelse med snøsmeltingen ble observert våren 1975 (Muniz et al. 1975). Ved århundreskiftet var årlig rapportert fangstmengde av laks 3-17 tonn (Skov et al. 1990). Fra 1969 har det ikke vært fanget laks av betydning i vassdraget. Laksen kan vandre fram til Gauslåfjorden oppstrøms Herefoss, dvs. omkring 35 km. Det er sjøaure nedenfor Boenfossen. Det vises til kalkingsplanen for Aust-Agder (Skov et al. 1990) for en mer utfyllende beskrivelse av fiskebestandene i Tovdalsvassdraget.

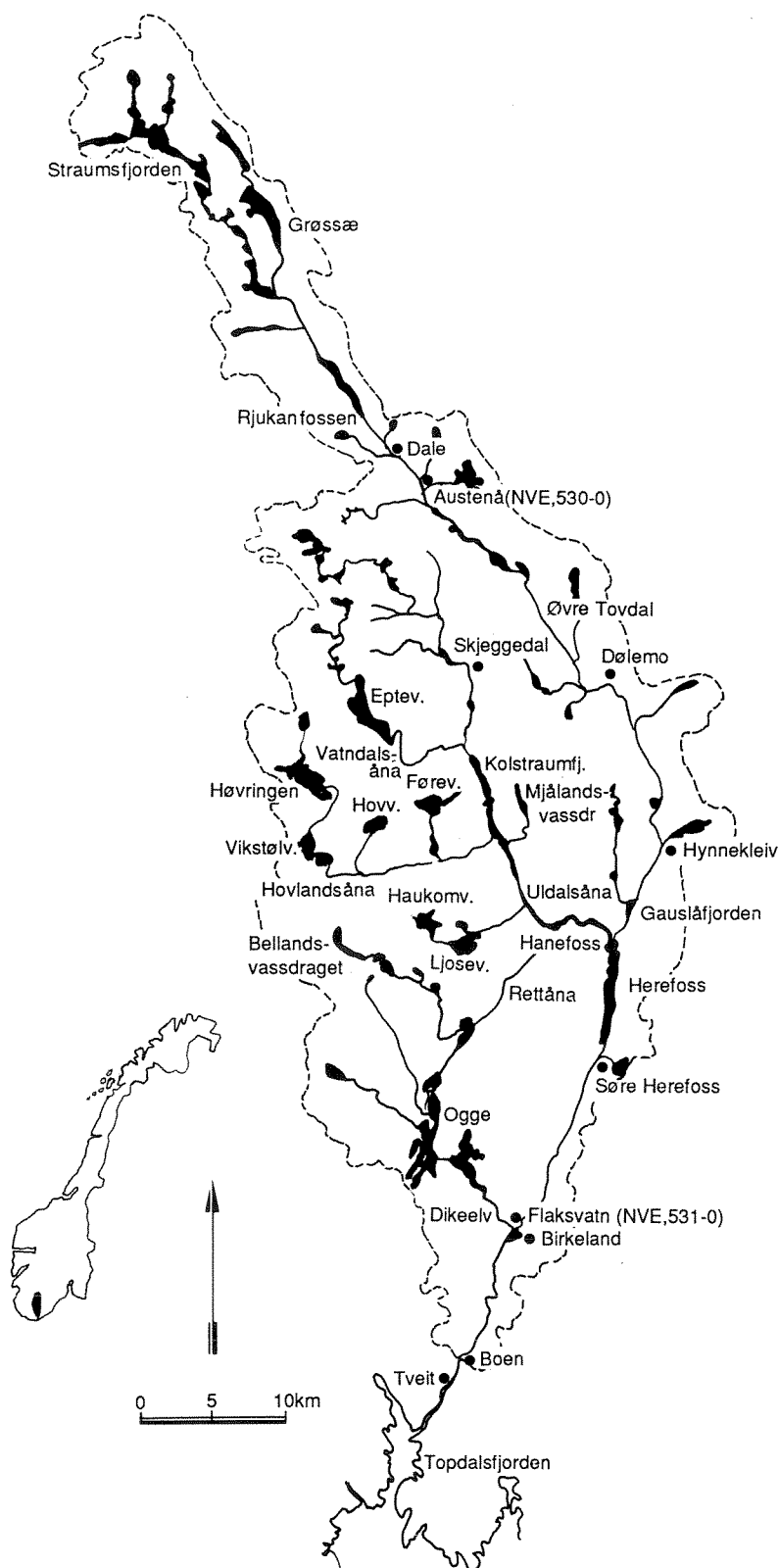
Deler av vassdraget, Uldalsgreina, er regulert til kraftproduksjon. Øvrige deler av vassdraget er relativt uberørt av tekniske inngrep. Det foreligger planer om omfattende reguleringsinngrep (Samlet Plan 1984), men vassdragets spesielle kvaliteter og verdi som referansevassdrag har foreløpig ikke ført til realisering av disse planene. Et flertall i Mellquist- utvalget har foreslått Tovdalsvassdraget varig vernet for ytterligere kraftutbygging (OED 1991). For området ovenfor Rjukanfossen i øverste del gikk utvalget enstemmig inn for varig vern. Et evt. vern, også vern som referansevassdrag, vil ikke hindre fullkalking av vassdraget (Aabel, NVE, pers.oppl., juni 1991).

Kostnader for kalking av vassdraget fra Dale og til innløp Herefossfjorden ble beregnet allerede i 1981 (Gunnerød 1981) i forbindelse med planer om kraftutbygging. Relativt enkle analyser ble gjennomført på grunnlag av et større kalkingsprosjekt i Sverige.

Kalking av vassdraget kan gi økte inntekter i form av fiskekortsalg og inntekter fra servicenæring. Navrud (1990) har beregnet den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ved kalking av Audna i Vest-Agder. Han fant at nyttevirkningene oppveide kostnaden ved kalking og at prosjektet tilfredsstiller kravene til samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Selvom det er betydelig usikkerhet knyttet til slike beregninger, er det ikke tvil om at kalking av Tovdalsvassdraget vil bety en vesentlig styrking av næringsgrunnlaget i innlandskommunene i vassdraget, først og fremst Birkenes, Froland og Åmli.

I Audna ble det i 1990 solgt fiskekort for over 100.000 kroner, fem år etter kalkingsstart. Høsten 1990 var trolig et gjennombrudd for laksen i dette vassdraget. Lakseoppgangen var større enn det en kunne minnes fra den tiden det fremdeles var et betydelig laksefiske i elva.

Det er sterk lokal interesse for å kalke Tovdalsvassdraget og på den måten gjenskape forutsetningene for et godt fiske, både av laks, sjøaure og innlandsfisk. Det er opprettet fiskelag i vassdragets nedre deler.



Figur 1. Nedbørfeltet til Tovdalsvassdraget. Alle viktige navn er inntegnet. I teksten er enkelte lokalnavn brukt i tillegg til disse.



### 3. MÅLSETTING

Hovedmålet med kalkingen skal være å skape tilstrekkelig god vannkvalitet til å sikre reproduksjonsmuligheter og akseptable leveforhold for fisk i vassdraget. Det er definert flere delmål i samråd med Miljøvernavdelingen i Aust-Agder;

1. Det skal etableres en levedyktig laksebestand i vassdraget.
2. Det skal etableres gode leveforhold for sjøaure i sidevassdrag.
3. Det skal etableres gode leveforhold for innlandsfisk i så stor del av vassdraget som det er praktisk mulig.

Alle kalkingsalternativer tar utgangspunkt i at det skal etableres en levedyktig laksebestand. Kalking av bare hovedstrengen i vassdraget er utredet som Alternativ I. Gjennomføring av dette kalkingsalternativet vil i første omgang bety en nedprioritering av delmål 2 og 3. Alle delmål er i utgangspunktet høyt prioritert i Alternativ II og III i planen, med Alternativ III som den mest ambisiøse.

Øvrige fiskestelltiltak i vassdraget er ikke behandlet.

Prosjekteringen skal gi grunnlag for søknad om statlige tilskudd til kalking av vassdraget.

### 4. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

Tovdalsvassdraget er relativt stort (1885 km<sup>2</sup>), se Figur 1. Det går gjennom begge Agderfylkene og Telemark. I vest grenser vassdraget mot Setesdalen (Otras nedbørfelt) og i øst mot Arendalsvassdragets nedbørfelt. Det strekker seg fra fjellvidde/forfjellsregion i nord, gjennom den sørøstnorske blandingsskogregionen med lyngfuruskog og fattigmyrer til eikeskogregionen i sør. I de innerste områder er landskapet viddepreget, men sørover mot kysten dominerer dalene.

Det vises til Samlet Plan-rapport for Tovdalsvassdraget (Samlet Plan 1984) for en oversikt over vassdragets naturkvaliteter. Johannessen et al. (1981) gir en oversikt over konsekvenser av evt. nye reguleringer i vassdraget.

Barskog (alle boniteter) utgjør 60 % av nedbørfeltets areal. Bare noe over 1 % er dyrka mark og beite. Øvrig felt utgjøres av fjell, myr og vann.

Det bor (1980) omlag 6300 personer (3.3 pers./km<sup>2</sup>) innenfor vassdragets nedbørfelt, hvorav 1750 i Birkeland tettsted og 1400 i Tveit-området (Kristiansand kommune). Befolkningstettheten er 1.7 pers./km<sup>2</sup> om en ser bort fra disse tettstedene.

Vassdraget har idag betydning som rekreasjonsområde for Kristiansandregionen, kystbefolkningen østover til Arendal/Tvedestrandområdet og for Setesdalen og Fyresdal/Åmliområdet.

Det er ingen forurensning i vassdraget, annet enn forsureningen, som er til hinder for etablering av fiskebestander. Det er ingen menneskelige inngrep som er til hinder for etablering av en lakse- og sjøaurebestand. Likevel kan det være behov for noen tilpasninger i Boenfossen for at laks, og særlig sjøaure, skal ha lett adgang til områdene oppstrøms. En evt. vassdragsutbygging vil kunne komme i konflikt med delmålene i denne planen. Det skyldes først og fremst endret vannføring (flomdemping og bestemmelser om minstevannføring) og vandringshindere (elvekraftverk).

Vassdraget består av to hovedgreiner i øvre del; Tovdalselva og Uldalsåna. Uldalsvassdraget bidrar med 58 % av vanntilførselen til Herefossfjorden, mens Tovdalselva bidrar med de resterende 42 % (Samlet plan 1984). Tovdalselva har sitt utspring i områdene mellom Straume i Setesdalen og Fyresvatn. Nedbørfeltet er relativt smalt ned til Herefossfjorden. I denne planen omtales dette vassdragsavsnittet som øvre Tovdal. Uldalsvassdraget sør og vest for øvre Tovdal består av tre hovedgreiner; Skjeggedalsåna, Hovlandsåna og avrenningen fra Oggefeltet.

Uldalsvassdraget er idag regulert til vannkraftproduksjon (Arendal E-Verk). Hanefossen kraftverk utnytter fallet mellom Hanefossmagasinet og Herefossfjorden, ialt 69 meter. Reguleringshøyden i Hanefossmagasinet er 8 meter. Følgende magasiner inngår i denne utbyggingen:

	Midlere areal (km <sup>2</sup> ):
Homstøl/Eptevatn	2.2
Høvringsvatnet	2.8
Vikstølvatn	0.54
Kolstraumfjorden	3.6
Hanefossmagasinet	1.45
Ljosevatn	2.1

Samlet reguleringsmagasin er omlag 120 mill. m<sup>3</sup>. Boenfossen benyttes til produksjon av elektrisk kraft for Boen Brug i nedre del. Det er ingen reguleringsinngrep av betydning forbundet med denne utnyttelsen.

Det er ingen innsjøer i vassdragets hovedløp som er så store og har så lang oppholdstid at de umiddelbart egner seg som kalkreservoar. Herefossfjorden har teoretisk oppholdstid på omlag 18 døgn. Ved en så kort oppholdstid må innsjøen teoretisk kalkes 6-7 ganger i året for å opprettholde akseptabel vannkvalitet. Dette er helt urealistisk.

Flere innsjøer kan inngå i kalkingsstrategien for sidevassdragene. De mest åpenbare er innsjøene i øvre Tovdal, spesielt Straumfjorden, reguleringsmagasinene i Uldalsvassdraget og Ogge. Arealet på disse innsjøene er kjent, men volumet til de fleste er ikke beregnet. Grunnlaget for å beregne teoretisk oppholdstid er derfor ikke til stede. Kalkingsintervallet og dermed innsjøenes egnethet for overflatekalking kan ikke fastslås med sikkerhet.

I tabell 1 er det gitt en del kjente og antatte data for innsjøer og delvassdrag.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data for innsjøer og delvassdrag i Tovdalsvassdraget. Parentes rundt tallene viser antatte størrelser og ikke målte verdier. Data er hentet fra diverse kilder (Johannessen et al. 1981, Samlet Plan 1984, Skov et al. 1990, Høvringen Fiskelag, NVE-data) i tillegg til egne beregninger.

### INNSJØER

	Straumsfj.	Høvringen	Ogge	Herefossfj.
Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	7	3.8	11.6	3.6
Nedbørfeltareal (km <sup>2</sup> )	87	35	250	1580
Maksimaldyp (m)	(30)	62	(60)	54
Middeldyp (m)	(10)	15	(20)	22
Teor. opph.tid (år)	(0.5)	1.4	(0.8)	18 døgn

### DELVASSDRAG

	Øvre Tovdal (til Herefossfj.)	Uldal (inkl. 2/3 Ogge)	Hele Tovdal
Feltareal (km <sup>2</sup> )	670	745	1885
Årlig avrenning (mill. m <sup>3</sup> )	705	880	2110
Spes. avrenning (L/s • km <sup>2</sup> )	33.5	37.5	34.5
Middelvannføring (m <sup>3</sup> /s)	22.5	28.0	65.0
Maks. vannføring <sup>*)</sup> (m <sup>3</sup> /s)	140 <sup>**)</sup>	reg.	460 <sup>**)</sup>

<sup>\*)</sup> 50 % av observert maks. døgnvannføring i perioden 1960-1990. Vannføring for øvre Tovdal er observert ved stasjon 530-0 Austenå i Tovdal og korrigert for forholdet mellom nedbørfeltene ( $f=670/286$ ).

<sup>\*\*)</sup> 50 % av maksimal døgnvannføring i oktober 1987.

Følgende kalkingsaktivitet er igang pr. 1990 ifølge Skov et al. (1990) og MV-avd. i Vest- Agder (1987):

Vassdrag:	Lokaliteter som kalkes:
Øvre Tovdal	Boketjenn/Hongsvatn/Hustjenn Vætingstjern/Grunnetjern Presttjern/Åkhustjern
Ulldalvassdraget	
Skjeggedalsåna	Lauvrakstjennene Flekevatnet
Skåråna	Store Hovvatn Prestøygardområdet Bjorvatn Gautestadbekken Stangevatn/Lisleøygardsvatn
Rettåna	Bellandstjern Kyllandsvatn
Ogge	Fjermedalsåna Skålåna Langsvatn Sirkilen (Ogge)
Tovdalselva nedstr. Herefossfj.	Heimdalsvatn Begervatn Bjorhusbekken Sandådalsbekken Bjorvatn Vesvatn/Krokvatn

## 5. KALKINGSSTRATEGI

Kalkingsstrategi er kombinasjonen av kalktyper, kalkingsteknikker og kalkmengder som tilsammen sikrer tilstrekkelig vannkvalitet for fisken. Det gis en kort gjennomgang av de forhold som har betydning for kalkingen av Tovdalsvassdraget.

### 5.1. Kalktyper og kalkopløsning

Ikke alle kalkprodukter egner seg til kontinuerlig dosering i rennende vann. I denne rapporten er krittprodukter ikke omtalt fordi det er større fare for driftsproblemer med kritt enn med grovere kalksteinsmel. Dolomitt er heller ikke omtalt fordi oppløsningen er dårligere enn for tilsvarende malingsgrader av kalksteinsmel. Dårligere oppløsning må kompenseres med finere maling av kalken og det anses ikke som en fordel for driften av doseringsanlegg. Kalkmel som er for grove anbefales ikke brukt. Det er fordi en ønsker at så mye løses at det oppnås akseptabel kalkingseffekt et visst stykke nedover i vassdraget. Dårlig oppløsning må kompenseres med

store kalkdoser. Det vil gi ytterligere redusert oppløsning og økt nedslamming nedstrøms anlegget.

Kalkmel innenfor følgende kornfordelingsområder anbefales brukt:

	diameter i $\mu\text{m}$
90 % av vekt mindre enn	10-100
50 % av vekt mindre enn	5-30
20 % av vekt mindre enn	2-10

Det anbefales å bruke så ren kalk som mulig. Vektandel av kalsiumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) bør være omkring 90 %, spesielt hvis det velges av de groveste kalkmelene. Den andelen av kalken som ikke er kalsiumkarbonat består ofte av kvarts som er tungt nedbrytbart. Hvis det velges både grov kalk og kalk med lav andel kalsiumkarbonat, vil nedslammingen kunne bli betydelig nedstrøms kalkdoserer.

Kalk løses opp over tid. Oppløsning skjer i vannfasen og fra kalk som blir liggende på bunnen. Kalkoppløsningen henger først og fremst sammen med kalkens finmalingsgrad, vannets pH og vannets bevegelse nedstrøms doserer. Ved lav dosering (opp til 20 g kalk/ $\text{m}^3$ ) til ukalket vann, med bruk av relativt finmalt kalk (minst 50 % mindre enn 10  $\mu\text{m}$ ) og ved god vannbevegelse nedstrøms doserer (ikke bassenger eller dype stilleflytende partier) vil oppløsningen i løpet av et år sannsynligvis ligge nær 100 %.

Til innsjøkalking anbefales generelt samme type kalk som beskrevet over. Kalkoppløsningen er avhengig av kornfordelingen, pH, innsjødyb og kalkdose. Ved rekalking vil kalkdose og pH være endret fra første gangs kalking. Kalkoppløsningen blir derfor også endret. Kalking av innsjøer foregår for det meste med maskinell spredning av oppslemmet kalk fra båt. Det gir best mulig oppløsning av kalken og går raskt. Spredning med helikopter gir redusert momentanoppløsning, dvs. at mere av kalken synker til ned på innsjøbunnen og er relativt dyrt. I grunne vann kan denne kalken løses opp å gi god langtidsvirkning og dermed jevne ut vannkvaliteten. I dype innsjøer betyr oppløsning av kalk fra bunnen mindre. Hvis innsjøen bare skal kalkes opp og deretter vedlikeholdskalkes med dosering i innløp, kan finmalt kritt brukes. Kritt løses nærmest 100 prosent i løpet av en kalkingsperiode.

## 5.2. Kalkdoseringsprinsipp for elver

For å kunne dra nytte av at kalk kan oppløses nesten fullstendig over tid, bør doseringen bygge på et helautomatisk feed-back system. Det innebærer at doseringen styres etter den vannkvaliteten som oppnås etter kalking. Den kalken som blir liggende på elvebunnen nedstrøms anlegget vil løses opp over tid og på denne måten inngå i beregningen av kalkdose. Dette prinsippet vil være godt egnet i deler av Tovdalsvassdraget fordi det må etableres flere doserere nedover i vassdraget og fordi pH og vannføring kan skifte svært mye. Forholdene for kalkoppløsning vil variere i takt med slike endringer. En fast kalkdose pr. kubikkmeter vann vil derimot kunne gi stor overdosering i lange perioder. Feed-back systemet vil sikre optimal kalking, dvs. tilstrekkelig dosering for fisk, men ikke overdosering (Hindar et al. 1989).

Et slikt doseringsprinsipp er tilpasset en gradvis utvidelse av kalkingen oppstrøms. Enhver effekt av innsjøkalking eller kalking av gytebekker oppstrøms vil redusere kalkforbruket i dosereren. På denne måten blir kalkingen så kostnadseffektiv som mulig.

En helautomatisk styring kan innebære at kalkdosen reduseres noe i de perioder av året da laksen kan tåle dårligere vannkvalitet. Med kalking høyt oppe i vassdraget vil slik hårfin endring i vannkvalitet være vanskelig pga tidsforsinkelser. Bare det anlegget som plasseres i eller umiddelbart oppstrøms den lakseførende strekningen kan reguleres i forhold til fiskestadienes følsomhet.

En variant av dette doseringsprinsippet er å styre kalkdoseringen etter en kombinasjon av den pH som registreres oppstrøms doserer og vannføring. Dette er noe enklere fordi en slipper å strekke kabel fra doserer og ned til en pH-sonde noen hundre meter nedstrøms anlegget. Da kan en fortsatt ta hensyn til kalking høyere oppe i vassdraget, men ikke den langtidsoppløsning som skjer nedstrøms dosereren. Dette styringsprinsippet kan være aktuelt hvis kalkinnblandingen nedstrøms doserer er dårlig. En bred sakteflytende elv egner seg sannsynligvis dårlig til styring etter en homogen vannkvalitet nedstrøms doserer.

Det er i planen regnet med at kalken består av 90 %  $\text{CaCO}_3$  og at det kan tas hensyn til 80 % oppløsning. For et enkelt anlegg gjøres det best ved at doseringen styres etter pH nedstrøms anlegget. Langtidsoppløsningen vil imidlertid påvirke vannkvaliteten ved nedenforliggende anlegg uansett styresystem. Kalkdosen kan derfor reduseres tilsvarende ved det nederste anlegget. Styring etter pH oppstrøms på de øverste anleggene i Tovdalsvassdraget er derfor en fullgod løsning.

### 5.3. Drift av anlegg

Driftsoppfølging av et kalkdoseringsanlegg er avhengig av graden av automatisering og doseringsprinsipp.

Det må innarbeides rutiner for ettersyn, alarmer for avbrudd, påfylling og service. Lokale folk bør lønnes for ettersyn av anleggene. Alarm bør monteres hos lokal kontakt og helst flere steder. Alarm bør knyttes til kalknivå i doserer. Avstand til kalk vil være av betydning for hvor raskt etterfylling kan skje. Det bør utarbeides en detaljert drifts- og serviceavtale med leverandør. Det bør skaffes et visst reservelager for rask utskifting av deler.

Leverandør bør være forpliktet til å produsere en avtalt vannkvalitet. Ved misligholdelse bør det påløpe mulker etter et avtalt system. Misligholdelse kan være at avtalt vannkvalitet underskrides utover en fastsatt lengde. Dette bør innarbeides i en drifts- og serviceavtale.

Alle disse momentene er viktige for å hindre lange driftsavbrudd og hører med i kontraktsforhandlinger om levering/spredning/dosering av kalk.

#### 5.4. Kalkmengder

Kalkmengdene avhenger først og fremst av vannmengder, kalkkvalitet og vannkvalitet (konsentrasjonen av sterke og svake syrer). For innsjøer er innsjødyb, vannets oppholdstid og spredningsteknikk også av stor betydning.

Beregningene av kalkdose pr. kubikkmeter vann er gjort på to måter. Den ene er basert på målt vannkvalitet og teoretiske beregninger av avsyringsbehov. Den andre er omregning til kalkbehov etter titrering av vannprøver med 5 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Titreringskurver er vedlagt. Fastsettelse av kalkoppløsning og gjenforsuringstid i innsjøer er gjort på grunnlag av erfaring og/eller simuleringsprogrammet "nkalk" (Sverdrup og EnerChem 1990). Det er gjennomført forenklede beregninger med en gitt kalkkvalitet for oversiktens skyld. Andre kalktyper kan brukes ved å korrigere for kalkens renhet og kalkoppløsning.

Årlige kalkmengder er basert på kalkdoser og hydrologiske data i perioden 1961-1990 fra vannmerkene 530 Austenå og 531-0 Flaksvatn (NVE-data 1991).

Nødvendig doseringskapasitet og lagerkapasitet på kalkdoserere er beregnet i forhold til 50 % av maksimal døgnmiddelvannføring i perioden 1961-1990 på de to vannmerkene.

#### 5.5. Reguleringens innvirkning på kalkingsstrategien

Tovdalsvassdraget er regulert til kraftproduksjon i Uldalsgreina. Manøvreringen av magasinene gir lav sommervannføring, reduserte flomtopper, redusert flomfrekvens og høy vintervannføring i forhold til det som er normalt.

Betydningen av sur tilrenning fra øvrige felt blir derfor forskjellig fra det normale. I perioder med oppfylling av magasinene vil kraftig nedbør ikke gi økning i avrenning fra magasinene. Hvis øvrige nedbørfelt ikke kalkes, vil det kunne oppstå lokal forsuring nedstrøms disse magasinene selv om magasinene er kalket. Dette kan også til en viss grad forekomme i uregulerte vassdrag, men effekten kan forsterkes og gå over lengre tid ved regulering.

I perioder med kraftproduksjon vil avrenningen fra magasinene dominere nedenforliggende vassdrag i større grad enn normalt. Effekten av at magasinet er kalket kan i slike perioder spores lengere nedover i vassdraget.

Endret hydrologi og endring i forholdet mellom kalket og ukalket vann er av disse grunner vurdert.

#### 5.6. Andre forhold

Endringer av de naturlige hydrologiske forhold på grunn av eksisterende reguleringer i nedre del er trukket inn i vurderingene. Evt. framtidige reguleringer er det ikke tatt hensyn til.

Kjemiske ulikevektsoner mellom surt og kalket vann kan oppstå der ukalkede sidevassdrag møter hovedvassdraget etter at kalking er satt igang (Rosseland og Hindar 1990). Disse sonene kan være spesielt giftige for fisk. Det antas foreløpig at sonene har liten betydning for forvaltningen av fiskebestander. Større sidevassdrag bør imidlertid være kalket for å unngå at sonene oppstår.

Det er ikke innhentet detaljerte opplysninger om bæreevnen til de veier i nedbørfeltet som skal brukes til kalktransport. Det innføres akseltrykkrestriksjoner på en rekke veier om våren. Denne perioden er samtidig spesielt kritisk av hensyn til kontinuerlig kalkdosering.

Det er heller ikke innhentet godkjenning fra de grunneiere som må avstå grunn til doseringsanlegg eller gi annen form for tillatelse. Det tas derfor forbehold om plasseringsmulighetene. Det er heller ikke tatt kontakt med de grunneiere som evt. må godkjenne at innsjøer og vassdrag kalkes.

## 6. KALKINGSALTERNATIVER

Det er lagt opp til tre hovedalternativer for kalking av Tovdalsvassdraget. Det første er vesentlig basert på kalking for å få laks tilbake i Tovdalselva. Det tredje er basert på å oppfylle alle delmål ved kalking i Tovdalsvassdraget. Ytterligere utvidelse av kalkingen kan skje etterhvert. Utvidelsen kan bygge på de alternativer som legges fram her.

Det kan diskuteres hvilken pH som er optimal for laks. Laksesmolt er særlig sårbar for surt vann. Innledende forsøk i Vikedalselva i Rogaland (Kroglund, NIVA, pers. oppl.) har vist at smolt tilsynelatende tåler pH omkring 6.0-6.2. Ved overføring til saltvann kan det se ut til at smolten likevel får problemer med å overleve. Ny kunnskap om slike forhold kan føre til at de kalkdosene som er beregnet i denne planen må justeres.

### Kalkdoseringsanlegg

De alternativer som legges fram her er først og fremst basert på at det settes opp kalkdoseringsanlegg i vassdraget. Det er innhentet kostnadsoverslag for kalk og innkjøp eller leie av kalkdoseringsanlegg. Anleggene er enten middels store eller store og prisene for slike anlegg er hhv. kr. 300.000.- og kr. 400.000.- (ekskl. moms.). I tillegg til innkjøp kommer utgiftene til fundamentering, brønn for inntaksvann og vannstandsmåling, legging av innløps- og utløpsrør til sirkulasjonsvann. Det er nødvendig å legge vei og føre strøm og telefon helt fram til doserer. Dette er arbeider som kommunen kan ta på seg som egeninnsats.

Doseringsanleggene kan leies. Leieprisen er anslagsvis 20 % av innkjøpsprisen (ekskl. moms) pr. år. For de middels store anleggene vil det si kr. 60.000.- pr. år og for de store kr. 80.000.- pr. år. Det bør settes opp en vedlikeholds- og driftsgaranti på de arbeider kommunene selv ikke kan utføre. Prisen på en slik pakke vil særlig være avhengig av de evt. bøter som leverandør aksepterer ved stans i dosering.



## 6.1. Alternativ I

Målsettingen om å kalke for laks innebærer at vannkvaliteten helt til vassdragets utløp til Topdalsfjorden (Figur 1) må bedres umiddelbart med de tiltak som foreslås. Det finnes ikke innsjøbassenger i hovedvassdraget som er så store at de egner seg som kalkreservoar, slik tilfellet er f.eks. i Audna. Kalken må derfor i det alt vesentlige tilføres ved kontinuerlig dosering. Det kan være aktuelt, etter en viss tid, å erstatte noe av den kalkmengden som tilføres hovedstrengene i vassdraget med kalking av flere sidevassdrag.

### Kalkingsstrategi

Øvre del av Tovdalselva (oppstrøms Herefossfjorden) og Uldalsgreina kalkes. I tillegg må det doseres kalk i hovedelva nedstrøms Herefossfjorden. Følgende anlegg inngår i dette alternativet (se figur 2):

- Anlegg 1. Dølemo (øvre Tovdal)
- Anlegg 2. Hanefoss Kraftverk (Uldalsåna)
- Anlegg 3. Søre Herefoss

Dølemoanlegget vil avsyre vannet fra øvre Tovdal til innløpet av Herefossfjorden. Det kan teoretisk også avsyre resten av nedbørfeltet, dvs. fra og med Herefossfjorden og til Topdalsfjorden. Da må imidlertid kalkforbruket økes så mye at kalkoppløsningen reduseres sterkt. Anlegget styres kun etter vannføring fordi pH oppstrøms er relativt stabil. Øvre Tovdal har den beste vannkvaliteten i hele vassdraget. pH ligger på omkring 5.0 og vannet inneholder lite humusstoffer. Dette virker noe inn på økonomien fordi kalkbehovet reduseres.

Ved Dølemo flyter elva sakte ved lave og moderate vannføringer. Det er derfor fare for nedsatt oppløsning og nedslamming rett nedstrøms anlegget. Anlegget bør plasseres slik at nedslammingen blir minst mulig. Kalken bør spres så godt det lar seg gjøre i elvas tverrprofil.

Vannet fra Uldalsåna kalkes i dette alternativet i utløpet fra Hanefossmagasinet. Anlegget ligger rett oppstrøms Herefossfjorden, med fare for at en del av kalken vil synke til bunns i fjorden før den løses opp. Lav kalkdose vil imidlertid virke positivt. Anlegget styres kun etter vannføring.

Den sure tilrenningen nedstrøms Herefossfjorden (dominert av Ogge/Dikeelva) har pH omkring 4.7. Hvis pH holdes på omkring 6.3 (ALK-E = 40  $\mu\text{ekv/L}$ ) ved utløp Herefossfjorden, vil pH avta til omkring 6.0 (ALK-E = 23  $\mu\text{ekv/L}$ ) ved utløp til Topdalsfjorden. Dette er ved normale avrenningsforhold. Hvis vann holdes tilbake i Hanefossmagasinet eller andre reguleringsmagasin i Uldalsgreina og det er kraftig nedbør i nedre deler av vassdraget, kan pH-avtaket være større. Økt dosering ved Hanefossanlegget i slike episoder vil i liten grad kunne kompensere for slike forhold pga tidsforsinkelse. En permanent økt dosering vil gi dårlig økonomi pga redusert kalkoppløsning og større kalkforbruk i perioder da overdosering er unødvendig. Herefossfjorden vil forsinke effekten av doseringsendringer i anlegget ved Dølemo hvis tilrenningen er liten. Styringen av anleggene kan i liten grad tilpasses dette.

Av grunner nevnt over bør det doseres kalk i utløpet av Herefossfjorden. Dette anlegget bør være utstyrt med en kombinasjon av pH-styring og styring etter vannføring. pH vil kunne variere oppstrøms anlegget og bør derfor inngå i styringen. Det er usikkert om pH nedstrøms kalking kan brukes til styring. Det avhenger av anleggets plassering. I perioder vil det trolig være unødvendig å kalke, mens det bør kalkes relativt mye i andre perioder.

Selvom teoretisk oppholdstid for Herefossfjorden er kort, kan det gå en vis tid (f.eks. to måneder) etter doseringsstart før vassdraget nedstrøms Herefossfjorden får fullgod vannkvalitet hvis fjorden ikke kalkes opp. Herefossfjorden bør derfor kalkes idet anleggene settes igang.

Med denne kalkingsstrategien vil det være unødvendig å kalke Ogge for å ha god vannkvalitet i hovedvassdraget ned til sjøen.

### Kalkmengder og kostnader

I tabell 2 er beregnede kalkbehov og kostnader for kalk gitt.

Tabell 2. Kalkbehov og kostnader for kalk for doseringsanleggene ved Dølemo, Hanefoss Kraftverk og Søre Herefoss. Kostnad er basert på antatt kalkpris (inkl. moms) på kr. 400.- . Kostnader for kjøp eller leie av anlegg kommer i tillegg, se tekst.

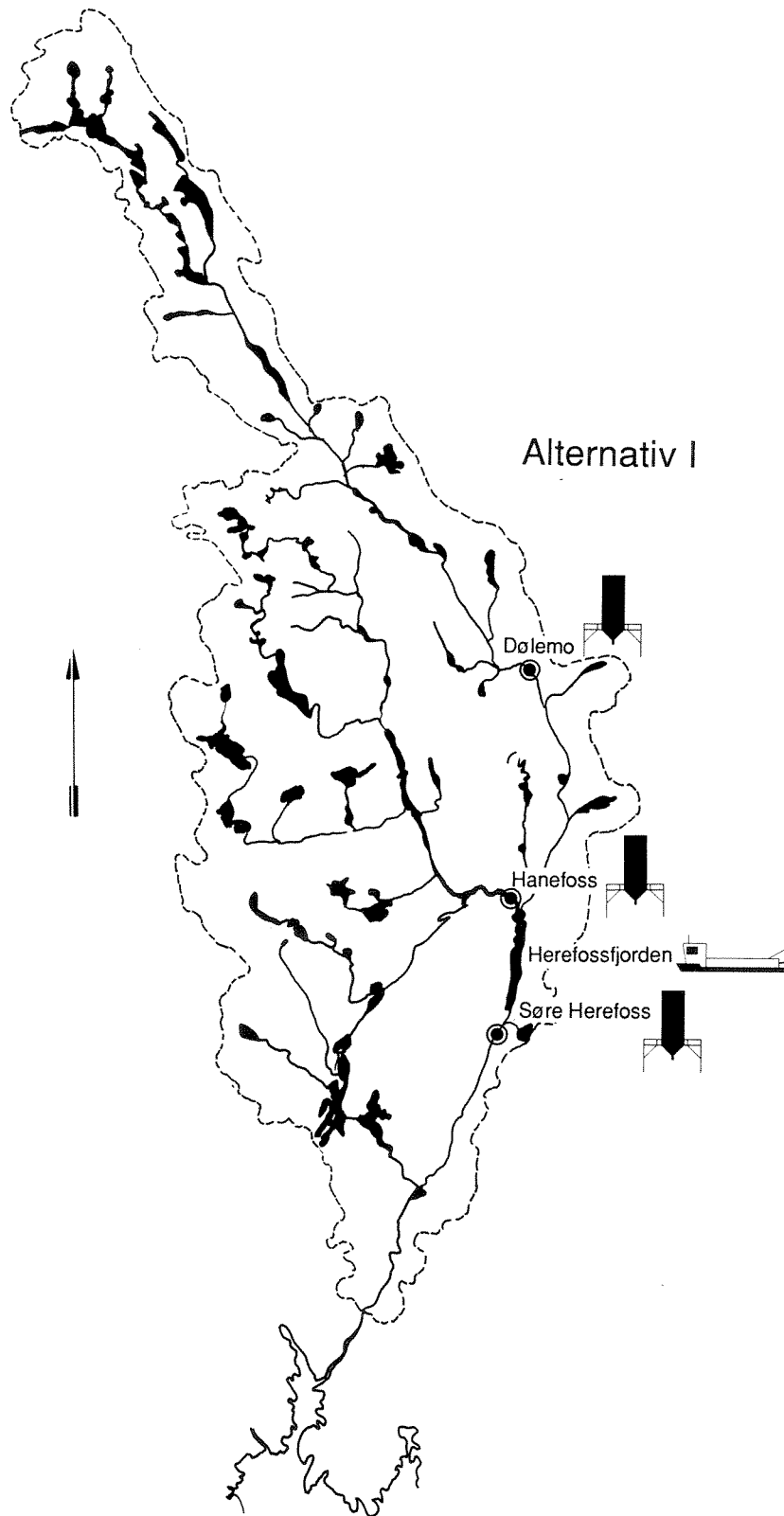
	Dølemoanl.	Hanefossanl.	Søre Herefoss
Årlig kalkbehov (tonn)	1840-2600	2900-3700	1460-1900
Årlig kostnad (mill.kr.)	0.74-1.05	1.14-1.49	0.58-0.76
Middeldose (g kalk/m <sup>3</sup> )	3.9-5.5 <sup>*)</sup>	3.2-4.2	3.0-4.0
Lagerkap. silo i ett døgn (tonn)**)	50	(50) <sup>***)</sup>	40
Maks. doseringskap. (tonn/time)	2.1	(2.1) <sup>***)</sup>	1.7

<sup>\*)</sup> basert på 2.6-3.7 g kalk/m<sup>3</sup> ved innløp Herefossfjorden

<sup>\*\*)</sup> basert på maksimal vannføring i ett døgn

<sup>\*\*\*)</sup> vannføringen er utjevnet pga reguleringen.

Alle disse anleggene er store. Innkjøpsprisen er da kr. 480.000.- (inkl. moms) pr. anlegg eller kr. 80.000.- pr. år i leie for hvert anlegg. I beregningene av årlige kostnader er leieprisen lagt til grunn.



Figur 2. Tovdalsvassdraget med doseringsanlegg etter Alternativ I.

Totale kalkmengder og kostnader blir i middel:

	tonn/år mill. kr./år	
Dølemo	2220	0.90
Hanefoss	3320	1.32
Søre Herefoss	1680	0.67
Leie av tre anlegg		0.25
Drifts/vedlikeholdsgaranti		0.25
-----		
TOTALT	7220	3.39
-----		

Kalkbehovet er stort og kapasiten må være høy på disse anleggene. I alle fall på Hanefoss kan det derfor være aktuelt å sette opp to anlegg. Det vil også minske skadevirkningene ved driftsavbrudd.

Oppkalking av Herefossfjorden med 500 tonn kalk vil koste 250.000.- med en kalkpris på kr. 500.- pr. tonn.

I tillegg til kostnader som er nevnt over kommer kostnader til fundamentering osv. Disse kostnadene er holdt utenfor regnestykket. De totale vannmengdene som skal avsyres varierer innenfor  $\pm 50\%$  av middelverdien for perioden 1961-1990, slik at maksimal prisvariasjon kan bli innenfor området 2.0-4.8 mill. kr. pr. år.

## 6.2. Alternativ II

### Kalkingsstrategi

I dette alternativet beholdes kalkingsstrategien for øvre Tovdal slik som i Alternativ I. Endringen fra det første alternativet skjer i Uldalsgreina. Utvidelser av kalkingsplanen kan bygge direkte på Alternativ II i alle sidegreiner.

Tovdalselvas øvre del og Uldalsgreina kalkes. I tillegg må det doseres kalk nedstrøms Herefossfjorden. Det etableres flere kalkdoseringsanlegg i vassdraget for å sikre akseptabel vannkvalitet også for innlandsaure. Lokaliseringen av anleggene er (se figur 3):

- Anlegg 1. Dølemo (øvre del av Tovdalselva)
- Anlegg 2. Skjeggedalsåna ved Skjeggedal (Uldalsgreina)
- Anlegg 3. Vatndalsåna nedstrøms Vassvatnet (Uldalsgreina)
- Anlegg 4. Hovlandsåna ved Lisletveit (Uldalsgreina)
- Anlegg 5. Søre Herefoss (utløp Herefossfjorden)

I tillegg bør Ogge kalkes regelmessig. Herefossfjorden bør kalkes opp idet anleggene settes igang.

Dølemoanlegget vil sikre vannkvaliteten fra Dølemo og ned til innløp Herefossfjorden. Anlegget kan trekkes så høyt opp i vassdraget fordi det kalkes ved utløpet av Herefossfjorden. Kalkingeffekten skal derfor bare holde ned til Herefossfjorden. Det vil sikre fiskebestandene også oppstrøms den lakseførende strekningen. Anlegget bør styres etter pH oppstrøms og vannføring.

Anleggene i Vatndalsåna og Hovlandsåna vil avsyre den delen av Uldalsvassdraget som kommer fra regulerte Eptevatn og Høvringsvatn. Pga høy vintervannføring vil vannmengdene fra disse sidevassdragene dominere Uldalsvassdraget vinterstid. Anlegget i Vatndalsåna kan styres kun etter vannføring fordi det er lite aktuelt med kalking høyere oppe i dette sidevassdraget. Anlegget i Hovlandsåna bør styres etter pH oppstrøms eller nedstrøms og vannføring. Det er betydelig kalkingsaktivitet høyere oppe i vassdraget. Ved utvidelse av prosjektet til å omfatte Høvringsvatn er styring etter pH spesielt viktig.

I perioder med oppfylling av magasinene Homstølvatnet/Eptevatn, Høvringsvatn og Vikstølvatnet vil avrenning fra Skjeggedal og Mjålandsvatn kunne dominere Uldalsåna. Avrenningen fra Skjeggedal har pH på omkring 4.5 og må avsyres ved kontinuerlig dosering. Dosereren kan trekkes opp til Skjeggedal. Doseringen vil da ikke kunne avsyre tilrenning fra øst (Tveitåna/Mjålandsvatn). Det er ikke brakt på den rene hvor viktig separat avsyring av Tveitåna vil være i episoder slik som beskrevet over. Det antas foreløpig at fullkalking ikke er nødvendig. Det begrunnes med at kalking i utløpet av Herefossfjorden anbefales. Noe redusert vannkvalitet i Uldalsåna kan derfor aksepteres.

Doseringen i disse tre greinene kan være slik at vannkvaliteten i Kolstraumfjorden vil bli fullgod.

Bidraget av surt vann fra Haukomvatnet og regulerte Ljosvatn er relativt ubetydelig i forhold til det øvrige felt i Uldalsgreina. Bellandsvassdraget er kanskje det sureste delvassdraget i hele Tovdalsvassdraget, med pH på omkring 4.3. Det kommer ut i det nordlige utløpet av Ogge. Den sure tilrenningen fra disse vassdragene kan i perioder kompenseres ved økt dosering i Hovlandsåna. Dette kompliseres imidlertid av endret avrenningsmønster fra Høvringsvatn pga regulering.

Kalking av Ogge vil opprettholde vannkvaliteten i Kolstraumfjorden ned til Hanefoss. Hvis Ogge kalkes regelmessig, vil det ikke være nødvendig å justere vannkvaliteten fra Uldalsgreina med et doseringsanlegg i tilknytning til Hanefoss kraftverk. Utvidelse av prosjektet etter Alternativ III vil sikre vannkvaliteten i denne greina ytterligere.

Siden begge innløpene til Herefossfjorden fra nord kalkes, vil det sannsynligvis ikke oppstå problemer med surt avrenningsvann fra Herefossfjorden mens det ligger is. Kalkingen av begge de øvre greiner vil imidlertid bare ha tilstrekkelig effekt til og med Herefossfjorden. Økt dosering vil i teorien kunne avsyre elva helt til utløpet i Topdalsfjorden, men kalkoppløsningen vil bli vesentlig redusert og økonomien i prosjektet vil bli dårligere. Vannkvaliteten må derfor justeres ved at det doseres kalk i utløpet av Herefossfjorden.

Avrenningen fra Ogge til Birkeland (Dikeelv) antas å være avsyret i og med at Ogge kalkes. Faren for lokal forsuring nedstrøms Birkenes vil derfor reduseres. Om våren (før isen går på Ogge) vil pH i avrenningen fra et kalket Ogge kunne være lavere enn pH i hovedvannmassen i Ogge pga temperatursjiktning. Selv med pH redusert til omkring 5.5 i slike perioder vil imidlertid kalkingen av Ogge ha stor betydning.

### Kalkmengder og kostnader

Kalkmengder og kostnader for kalk er satt opp i tabell 3. I disse beregningene er det satt en tonnpris for kalk på kr. 400.-. Kjøp eller leie og drift av doseringsanlegg kommer i tillegg.

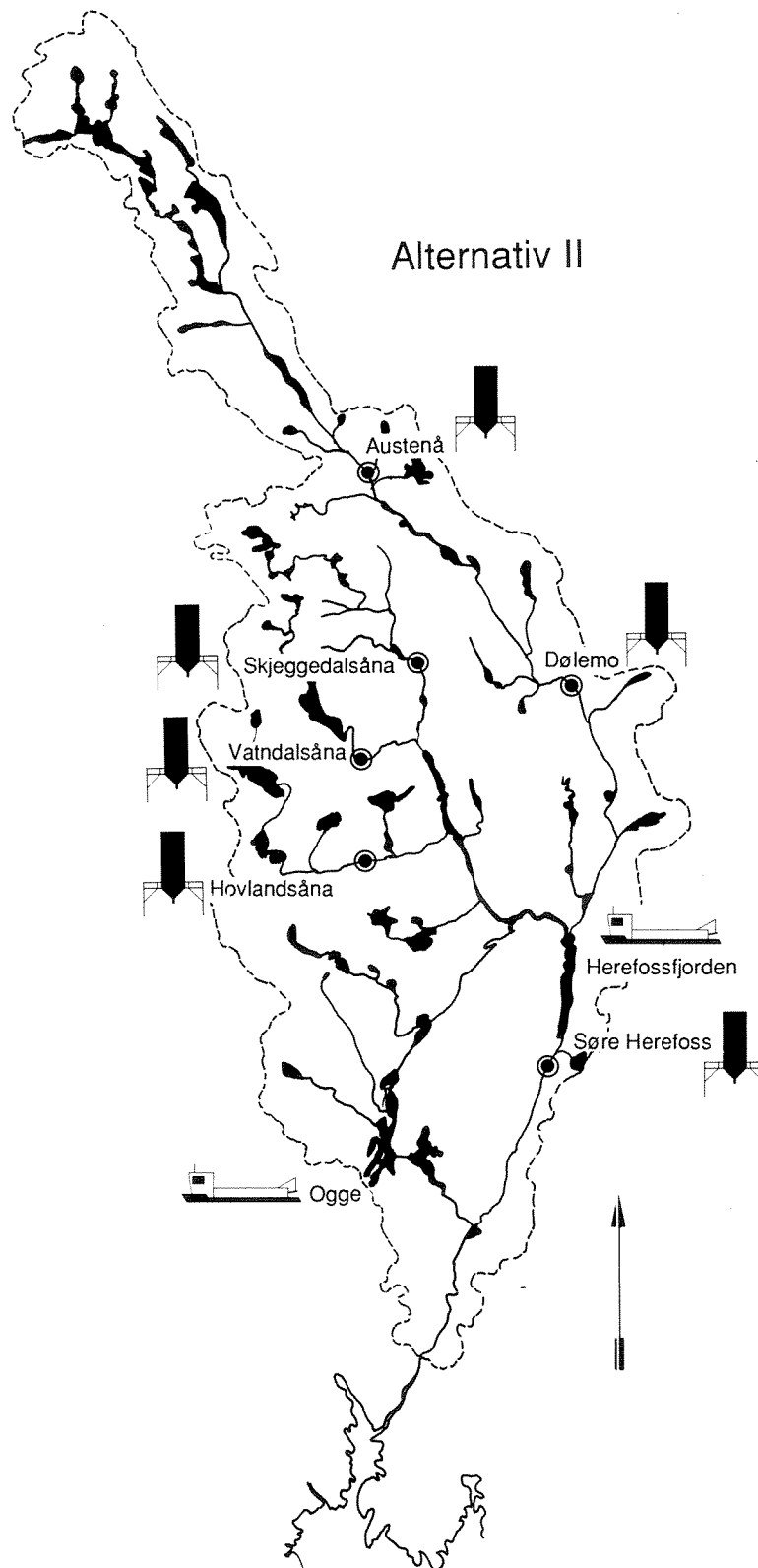
Tabell 3. Kalkbehov og kostnader for kalk for doseringsanleggene i Alternativ II. Kalkpris (inkl. moms) er satt til kr. 400.-. Kostnader for kjøp eller leie av anlegg kommer i tillegg, se tekst.

	Skjeggedalsåna	Vatndalsåna	Hovlandsåna
Årlig kalkbehov (tonn)	430-590	330-370	620-820
Årlig kostnad (mill.kr.)	0.17-0.23	0.13-0.15	0.25-0.33
Middeldose (g kalk/m <sup>3</sup> )	5.6-7.7 <sup>*)</sup>	3.8-4.4	3.0-4.0
Lagerkap. silo i ett døgn (tonn)**)	13.5	9.5	20
Maks. doseringskap. (tonn/time)	0.55	0.40	0.85
	Dølemoanl.	Søre Herefoss	
Årlig kalkbehov (tonn)	1840-2600	1460-1900	
Årlig kostnad (mill.kr.)	0.74-1.05	0.58-0.76	
Middeldose (g kalk/m <sup>3</sup> )	3.9-5.5 <sup>***)</sup>	3.0-4.0	
Lagerkap. silo i ett døgn (tonn)**)	50	40	
Maks. doseringskap. (tonn/time)	2.1	1.7	

\*) basert på 3.3-4.5 g kalk/m<sup>3</sup> ved innløpet av Mjåvassfjorden

\*\*\*) basert på maksimal vannføring i ett døgn

\*\*\*) basert på 2.6-3.7 g kalk/m<sup>3</sup> ved innløp Herefossfjorden



Figur 3. Tovdalsvassdraget med doseringsanlegg og innsjøkalking etter Alternativ II.

To av disse anleggene er store og de tre andre er middels store. Innkjøpsprisen er da kr. 480.000.- (inkl. moms) pr. stort anlegg eller kr. 80.000.- pr. år i leie for hvert anlegg. For de middels store er tilsvarende priser kr. 360.000.- og kr. 60.000.- pr. år. I de videre beregningene av årlige kostnader er leieprisen lagt til grunn.

Kalking av Ogge koster i middel kr. 0.60 mill./år.

Omfanget av kalkingen fra Herefossfjorden og til utløpet i Topdalsfjorden er usikkert og mer usikkert enn ved Alternativ I. Effekten av kalking høyere oppe i nedbørfeltet vil være avgjørende. Restfeltet, dvs. den delen av Tovdalsvassdraget som ikke er omtalt over, er omlag 390 km<sup>2</sup>. Ved avsyring av denne tilrenningen til pH 6.0-6.2 må det brukes 1460- 1900 tonn kalk/år (tabell 3).

Tabell 4. Kalkmengder og kostnader ved kalking av Ogge og oppkalking av Herefossfjorden.

	Ogge	Herefossfj.
Kalkmengde første gang (tonn)	3200	500
Kostnad ved kr. 500.-/tonn (mill. kr.)	1.6	0.25
Varighet (år)	2	-
Kalkmengde annen gang (tonn)	2400	-
Kostnad annen gang (mill. kr.)	1.2	-
Kostnad pr. år ved rekalking (mill. kr.)	0.6	-

Totale kalkmengder og kostnader blir i middel:

	tonn kalk	mill. kr./år
Øvre Tovdal	2220	0.90
Skjeggedalsåna	510	0.24
Vatndalsåna	350	0.14
Hovlandsåna	720	0.29
Nedre del	1680	0.67
Ogge	1200	0.60
Leie av fem anlegg		0.35
Drifts/vedlikeholdsgaranti		0.30
<b>TOTALT</b>	<b>6680</b>	<b>3.49</b>

Med samme variasjon i vannmengde som satt opp for Alternativ I vil årlige kostnader maksimalt variere innenfor området kr. 2.4-4.6 mill. pr. år.



### 6.3. Alternativ III

Dette hovedalternativet bygger på Alternativ II, beskrevet over. Det er bl.a. vurdert hvilke innsjøkalkinger som kan inngå i prosjektet. I prinsippet kan kalking av alle innsjøer i vassdraget prosjekteres, men det går utover rammen for denne kalkingsplanen. Bare kalking av større innsjøer og muligheter for dosering/myrkalking høyere oppe i større sidevassdrag omtales.

En rekke vann innenfor Tovdalsvassdragets grenser har inngått i et utvalg referansevassdrag. Det er ikke tatt hensyn til innsjøer i 1000-sjøersundersøkelsen (SFT 1987) her, kun innenfor 100-sjøene (Henriksen et al. 1989) og videre oppfølging.

Det er ikke beregnet kostnader for de nye enkeltprosjektene i dette alternativet. Årsaken er at det ikke finnes gode nok volumberegninger for innsjøene, med unntak av Høvringsvatn. Her foreligger imidlertid egen plan.

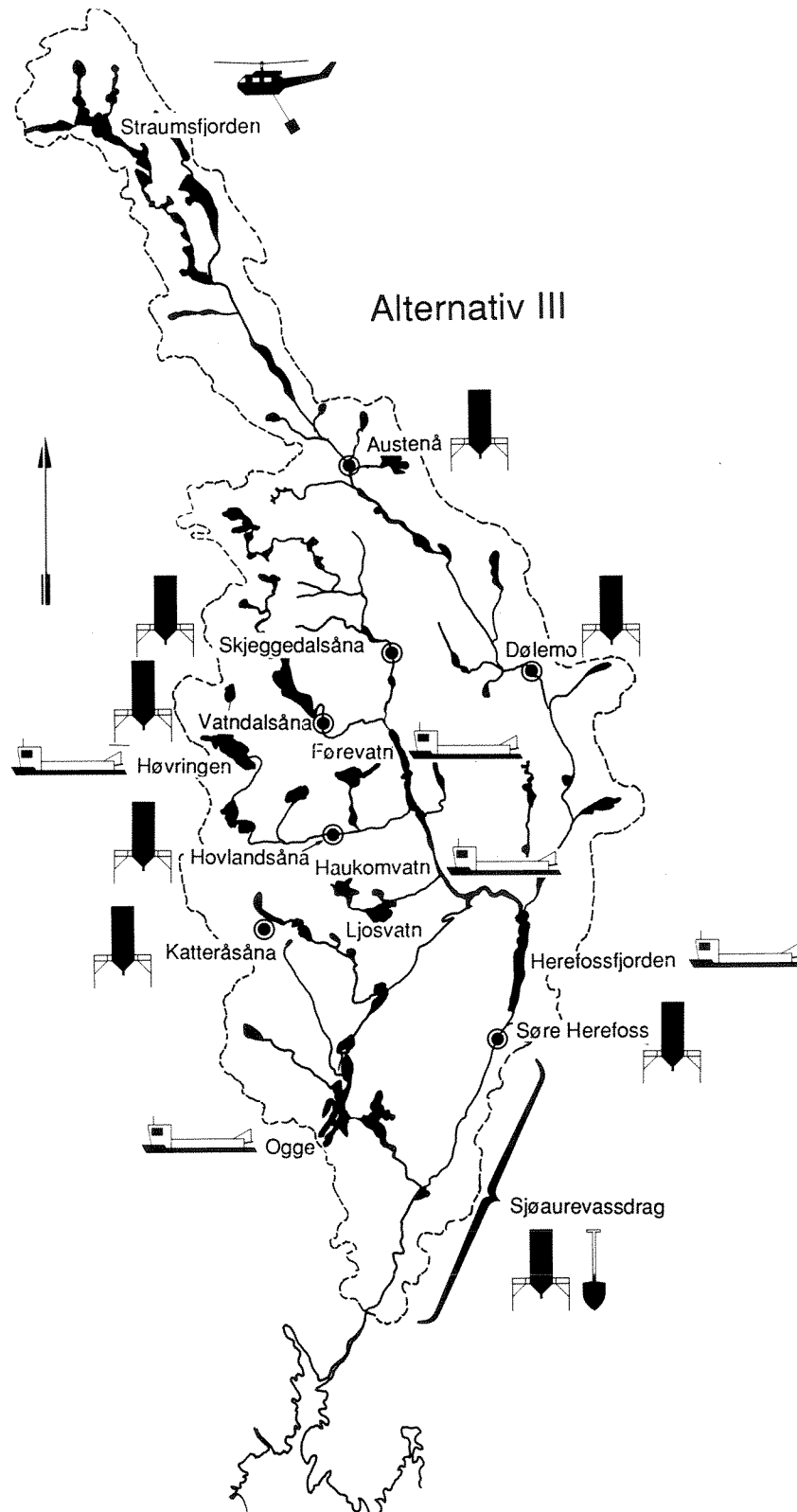
Utvidelse av kalkingsplanen etter dette alternativet (figur 4) behøver ikke innebære en stor økning i kostnadene. Hvis A) kalkoppløsningen er like god som i Alternativ II når en ser kalkingsperioden under ett og B) all form for overdosering kan kompenseres ved redusert dosering i anleggene lengere nede i vassdraget, vil bare forskjell i transport- og spredningskostnader samt utgifter til nye doseringsanlegg være viktige.

### Kalkingsstrategi

#### **Øvre Tovdal**

Kalkdoseringsanlegget ved Dølemo i øvre Tovdal bør fortsatt inngå i dette alternativet fordi det må være full kontroll med vannkvaliteten inn i Herefossfjorden. Kalkforbruket for anlegget kan imidlertid reduseres ved å kalke andre lokaliteter i denne delen av vassdraget.

Det mest aktuelle er en oppkalking og deretter regelmessig kalking av Straumsfjorden og evt. vannene nord for denne innsjøen. pH idag ligger ubetydelig over 5.0 i Straumsfjorden, men er 5.5 i Heddevatn i nord. Det er fortsatt fiskebestander i området, men det antas at de er i faresonen med den vannkvaliteten som er registrert i Straumsfjorden. Pga dårlige atkomstmuligheter, må det kalkes med helikopter. Det er dyrt og vil redusere kalkoppløsningen noe fordi kalken spres tørt og i større konsentrasjon enn ved båtkalking. Kalkingen vil kunne gi god vannkvalitet ned til et doseringsanlegg i selve Tovdal i den isfrie perioden. I vårsmeltingen vil det kunne skje en delvis gjenforsuring av innsjøene nedstrøms Straumsfjorden fordi avrenningsvannet fra den kalkede delen kan være surt.



Figur 4. Tovdalsvassdraget med doseringsanlegg og innsjøkalking etter Alternativ III.

En kalkdoserer bør settes opp ved veis ende i Tovdal, ved Austenå. Da kan det bli akseptabel vannkvalitet på hele strekningen fra Straumsfjorden og til utløpet av Tovdalsvassdraget i sjøen. Ved Austenå går elva i jevne stryk slik at oppløsningen blir god. Anlegget kan sikre god vannkvalitet ned til anlegget ved Dølemo. Ved Austenå har NVE en hydrologisk stasjon. Forholdet mellom vannstand og vannføring er kjent. Det vil derfor være spesielt gunstig med doserer på dette stedet. Det er ingen ting i veien for at dette anlegget kan inngå i Alternativ II også.

Grøssævvassdraget i øvre del kalkes ikke. Denne delen er foreslått tatt ut av kalkingsprogrammet for å kunne danne et referansefelt. Vannkvaliteten her er imidlertid helt på grensen av det fisk kan tåle.

### **Uldalsvassdraget**

Dette vassdraget består av tre hovedgreiner. Nord for Eptevatnmagasinet i Skjeggedalsgreina ligger Grimsdalsvatn. Det er med i 100-sjøersundersøkelsen (Henriksen et al. 1989) og bør unntas fra kalking.

I den greina som kommer fra Høvringsvatn er det flere muligheter for innsjøkalking. Det er allerede søkt midler til kalking av Høvringsvatn. Overflatearealet til dette reguleringsmagasinet er 3.8 km<sup>2</sup> og volumet er 57 mill. m<sup>3</sup>. Høvringsvatn har en teoretisk oppholdstid på 1.4 år og er derfor godt egnet til kalking. I området Prestøygard-Storøygard gjøres det allerede idag en betydelig kalkingsinnsats. Med den justering av vannkvaliteten som kan finne sted i dette området, vil bidraget fra Håtveitåna kunne betraktes som kalket. Store Hovvatn øst for Prestøygarden kalkes idag. Beregningen av kalkdose ved anlegget på Lisletveit kan ta hensyn til disse innsjøkalkingene.

Førevatnet lenger øst renner også ned i dette sidevassdraget. Innsjøen er ekstremt sur (pH 4.35), men egner seg ellers godt til kalking pga lang oppholdstid. Området er et attraktivt utfarts- og hytteområde. Nedstrømsliggende Kjetevatn inngår i 100-sjøene (Henriksen et al. 1989). Det er imidlertid foreslått å bytte ut dette vannet med Ljosevatn sør for Dølemo i øvre Tovdal. Det kan være en fordel at Førevatn kalkes fordi avrenningen fra Høvringsvatn kan være relativt lite i perioder. Ukalkede sidevassdrag kan derfor få tilsvarende stor betydning for vannkvaliteten.

Sidevassdraget fra Ljosvatnet kan kalkes ved at Haukomvatnet fullkalkes regelmessig og ved at Ljosvatnet kalkes opp. Haukomvatnet har sannsynligvis lang nok oppholdstid til at dette er mulig. Ljosvatnet er et reguleringsmagasin. Feltet er omlag 35 km<sup>2</sup>. Vannkvaliteten vinterstid kan være relativt viktig for det øvrige vassdraget.

Deler av Mjålandsvassdraget i Mykland kalkes idag. Kalkingsaktiviteten bør utvides for å sikre bedre vannkvalitet fra denne delen av Uldalsgreina.

Rettåna (utløp Ogge i nord) kan få en mer stabil vannkvalitet ved at både Ogge og Bellandsåna/Skrerosåna kalkes. Vassvatnet øverst i Bellandsvassdraget har sannsynligvis svært kort oppholdstid (42.4 km<sup>2</sup> nedbørfelt og 1.2 km<sup>2</sup> overflateareal). Kalking av vassdraget bør derfor ikke baseres på fullkalking av Vassvatnet aleine. Alternativt kan Katteråsåna kalkes.

Feltet er omlag 19 km<sup>2</sup> stort og utgjør derfor nesten halvparten av Vassvatnets nedbørfelt. Det er også betydelige myrområder nord og vest for Vassvatnet som kan være godt egnet til kalking. Kalking av enkelte myrområder kan stabilisere vannkvaliteten og være et godt alternativ her.

### **Nedre del av Tovdalsvassdraget**

En rekke større og mindre bekker på strekningen fra Herefossfjorden og til sjøen har tidligere hatt oppgang av sjøaure og/eller laks. Av disse nevnes:

Bjorhusbekken (UTM 522633)  
 Monebekken (UTM 528653)  
 Bjorvatnbekken (UTM 514597)  
 Vesbekken (UTM 469517)  
 Prestebekken (UTM 483545)  
 Knarrestadbekken (UTM 493554)

I dag finnes det gode bestander av sjøaure nedenfor Boenfossen. Det drives utsetting og kalking i regi av Nedre Tovdal Fiskelag og Tveit Fiskevern. Det vises til kalkingsplanen for Aust-Agder (Skov et al. 1990) for tiltaksplaner for enkelte av disse bekkene og oversikt over kalkingsprosjekter i Vest-Agder (MV-avd. i Vest-Agder 1987) for igangværende kalking i Vesbekkenfeltet. Så lenge det er hovedsakelig små bekker som kalkes i dette området, vil ikke aktiviteten påvirke de kalkmengder som er beregnet i kalkingsplanen for Tovdalsvassdraget.

Det anbefales at kalkingsaktiviteten i disse sidebekkene oppgraderes om nødvendig for å sikre alternative reproduksjonsområder for sjøaure. Oppgradering kan bestå i mer avansert kalkdoseringsutstyr kombinert med innsjøkalking der det er mulig.

#### **6.4. Anbefalt framdrift**

Det anbefales å starte med kalking etter Alternativ II. Dette alternativet er tilpasset en fornuftig opptrappingsplan om det er ønskelig i framtida. Opptrapping bør skje etter Alternativ III. Ytterligere utvidelse av kalkingen kan også foretas.

Om denne framdriften velges, vil enhver utvidelse av kalkingsaktiviteten kunne innarbeides i en optimal kalking av vassdraget, dvs. god nok vannkvalitet for fisk produsert til lavest mulig kostnad.

## 7. REFERANSER

- Gunnerød, T.B. 1981. Vannkvaliteten i Tovdalsvassdraget i Aust-Agder, 1972-1975. En vurdering i forhold til planlagt kraftutbygging i vassdraget. DVF-Reguleringsundersøkelsene. Rapport nr. 2-1981. 48 s.
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S. og Hesthagen, T. 1989. 100-sjøers undersøkelsene i 1987 og 1988. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 384/89. Statens forurensningstilsyn/NIVA/NINA. 39 s.
- Hindar, A. 1989. Prosjektering av kalkingstiltak i Nisser og Arendalsvassdraget. Kalking av surt vann, rapport 8/89. NIVA. 28 s.
- Hindar, A., Hoell, E., Veidel, A. og Nilsen, A.N. 1989. Kalking av Vikedalselva - Forsøk med styring av kalkdosering etter pH målt nedstrøms kalkdoserer. O-87087, NIVA, Grimstad. 39 s.
- Hindar, A. 1990. Vannkvaliteten i Topdalselva (nedre del av Tovdalsvassdraget) i 1987- 1988. O-89136. NIVA, Grimstad. 24 s.
- Johannessen, M., Kristoffersen, T., Magnusson, J., Romstad, R. og Tjomsland, T. 1981. Resipientundersøkelse i tilknytning til utbygging av Tovdalsvassdraget. O-79029, NIVA, Oslo. 73 s.
- Leivestad, H., Hendrey, G., Muniz, I.P. og Snekvik, E. 1976. Effects of acid precipitation on freshwater organisms. In: Brække, F.H. (ed.). Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway. Sumary report, pp. 87-111. SNSF-project, report FR6/76.
- Muniz, I.P., Leivestad, H., Gjessing, E., Joranger, E. og Svalastog, D. 1975. Fiskedød i forbindelse med snøsmelting i Tovdalsvassdraget våren 1975.
- MV-avd. i Vest-Agder 1987. Vassdragsområder og kalkingsprosjekter i Vest-Agder. Rapport nr. 3/87. Miljøvernavdelingen i Vest-Agder. 104 s.
- Navrud, S. 1990. Nytte-kostnadsanalyse av vassdragskalking. En studie i Audna. DN-notat nr. 5-1990. Direktoratet for naturforvaltning. 51 s + vedlegg.
- OED 1991. Verneplan for vassdrag IV. Norges offentlige utredninger, NOU 1991: 12 A. Olje- og energidepartementet, Oslo. 151 s.
- Rosseland, B.O. and Hindar, A. 1990. Mixing zones - a fishery management problem ? (subm. Living Lakes)
- Samlet Plan 1984. Vassdragsrapport Tovdal. 168 s.
- SFT 1987. 1000 sjøers undersøkelsen 1986. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 282/87. Statens forurensningstilsyn/NIVA. 31 s.

SFT 1989. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Statlig program for forurensningsovervåking. Årsrapport 1988. Rapport 375/89. Statens forurensningstilsyn/NIVA. 274 s.

Skov, A., Vikse, P. og Matzow, D. 1990. Kalkingsplan for Aust-Agder 1990-1993. Rapport nr. 11-1990. MV-avd. i Aust-Agder. 242 s.

Sverdrup, H.U. og EnerChem 1990. Simuleringsprogram for oppløsning av kalksteinsmel og gjenforsuring. Dataprogram med manual utarbeidet for Direktoratet for naturforvaltning av NIVA (versjon nkalk 1990-02-14).

## 8. VEDLEGG

### Titreringskurver.

Kurvene er framkommet på følgende måte:

En vannprøve fra en av følgende lokaliteter:

KODE:        LOKALITET:

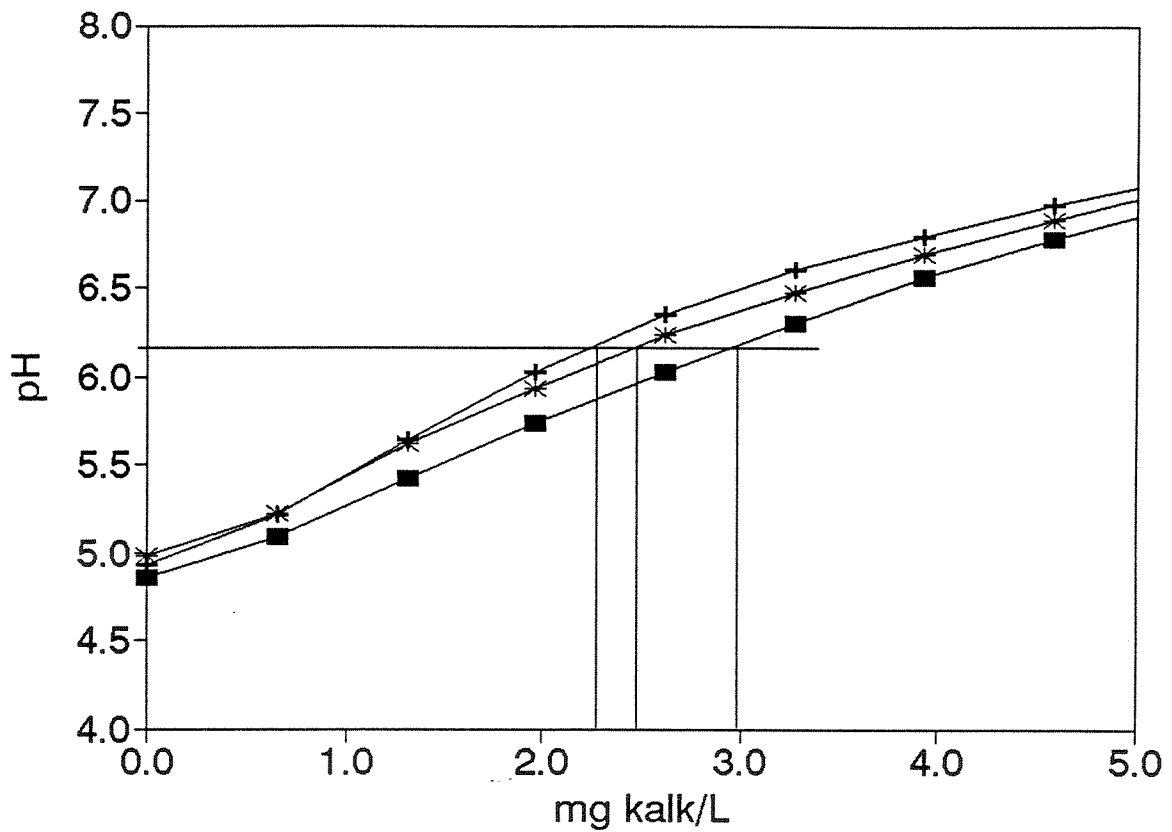
BOEN	Boen nederst i vassdraget
DALE	Dale i øvre Tovdal
GAUS	Gauslåfjorden nord for Herefossfjorden
OGGE	Innsjøen Ogge
SKRE	Skrerosåna (Bellandsvassdraget)
LJOS	Ljosvatnet, utløp (Uldalsgreina)
HOVL	Hovlandsåna (Uldalsgreina)
VATN	Vatndalsåna (Uldalsgreina)
SKJE	Skjeggedalsåna (Uldalsgreina)

er titrert med  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Etter hver tilsetning av reagens er det rørt og deretter ventet i omlag fem minutter. pH er så avlest uten røring. Totalt tidsforbruk pr. titrering var 0.5-1.0 time. Tilsatte mengder til 100 ml vannprøve er omregnet til mg kalk/L. Kalken er antatt å inneholde 90 %  $\text{CaCO}_3$  og å løse seg 80 %.

Ved å anta at akseptabel vannkvalitet tilsvarer pH 6.2 er tilsvarende kalkdose avlest fra kurvene og brukt i beregninger i kalkingsplanen.

Titreeringskurver for vannprøver tatt ved:

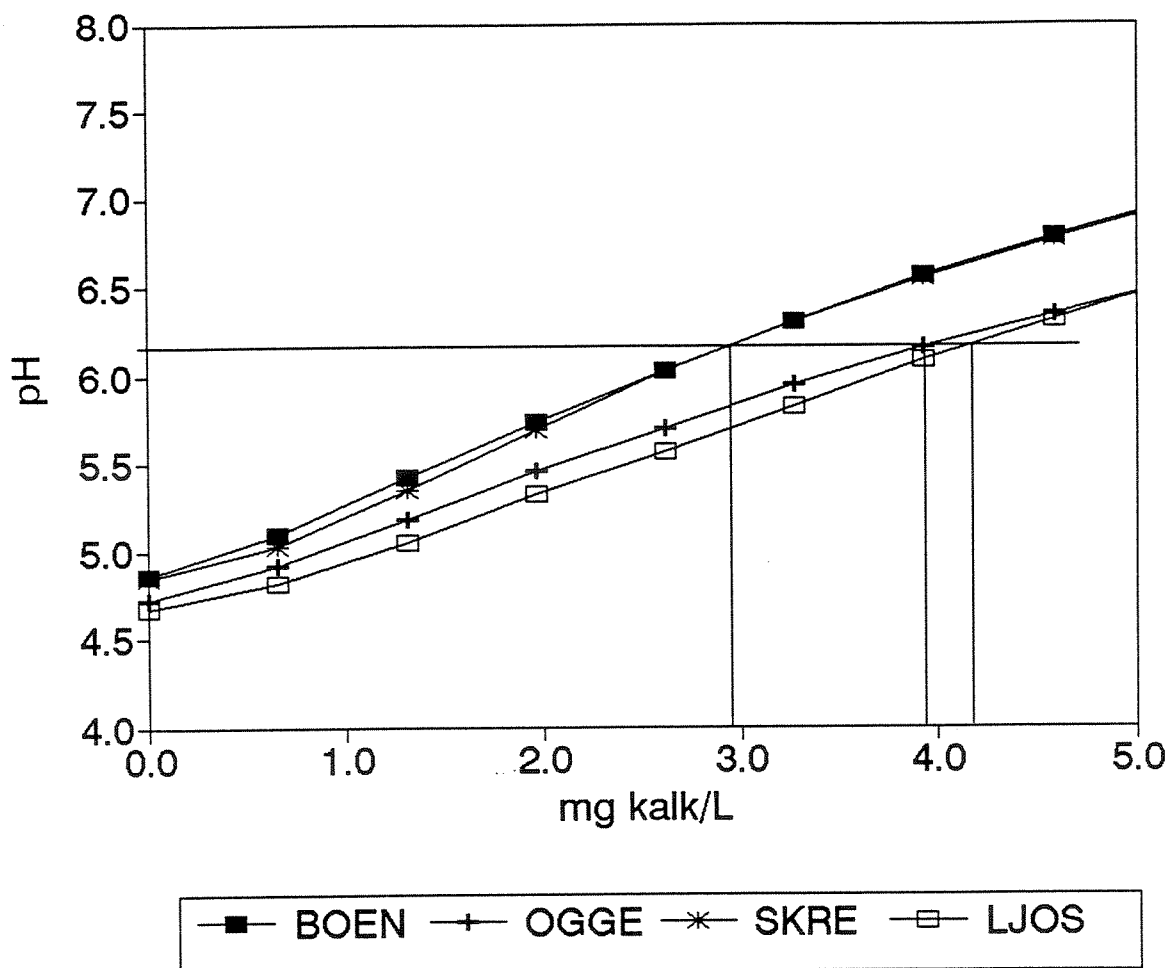
BOEN (Boenfossen)  
DALE (Dale i Tovdal)  
GAUS (Gauslåfjorden)



—■— BOEN —+— DALE —\*— GAUS

Titreeringskurver for vannprøver tatt ved:

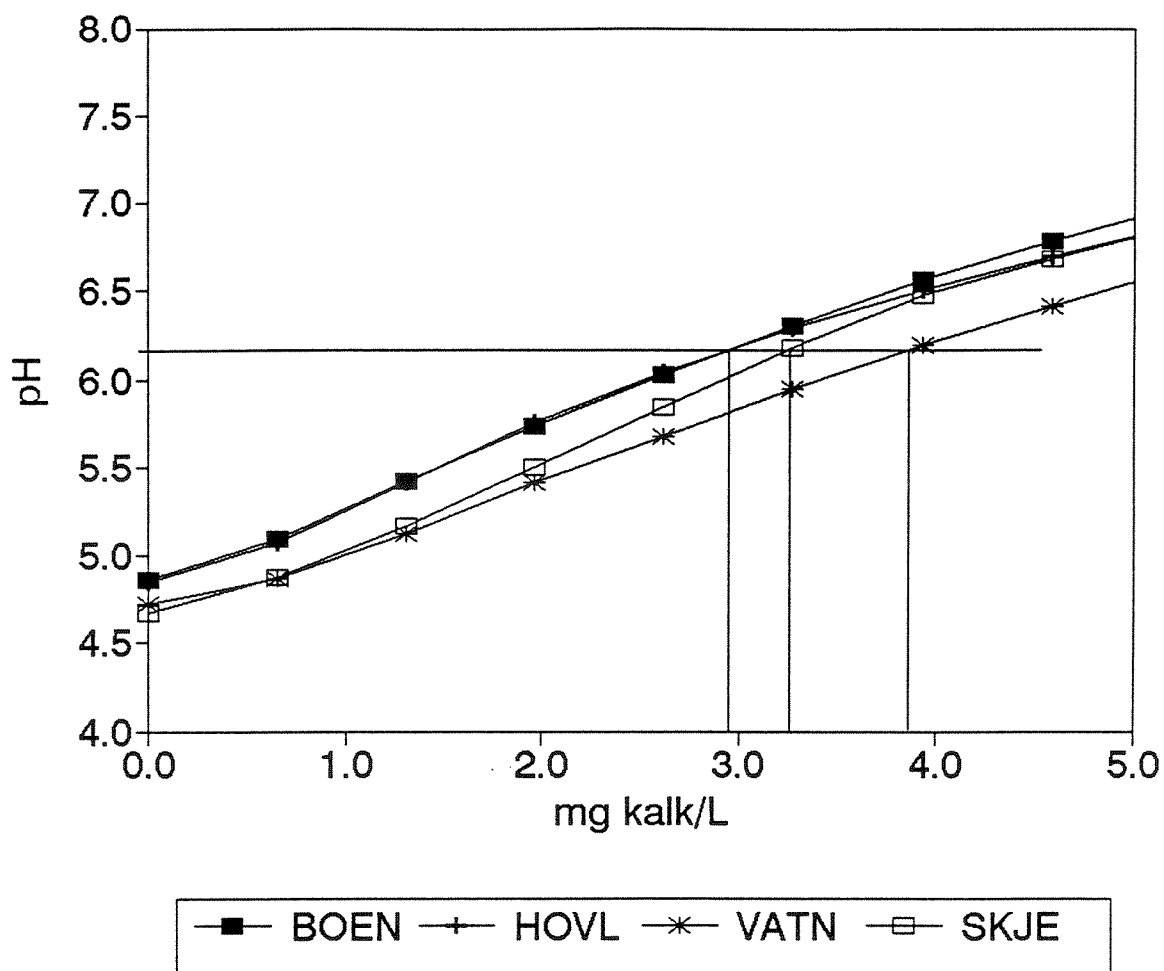
BOEN (Boenfossen)  
OGGE (innsjøen Ogge)  
SKRE (Skreråna)  
LJOS (Ljosvatn)





Titreringskurver for vannprøver tatt ved:

BOEN (Boenfossen)  
HOVL (Hovlandsåna)  
VATN (Vatndalsåna)  
SKJE (Skjeggedalsåna)



---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2000-3