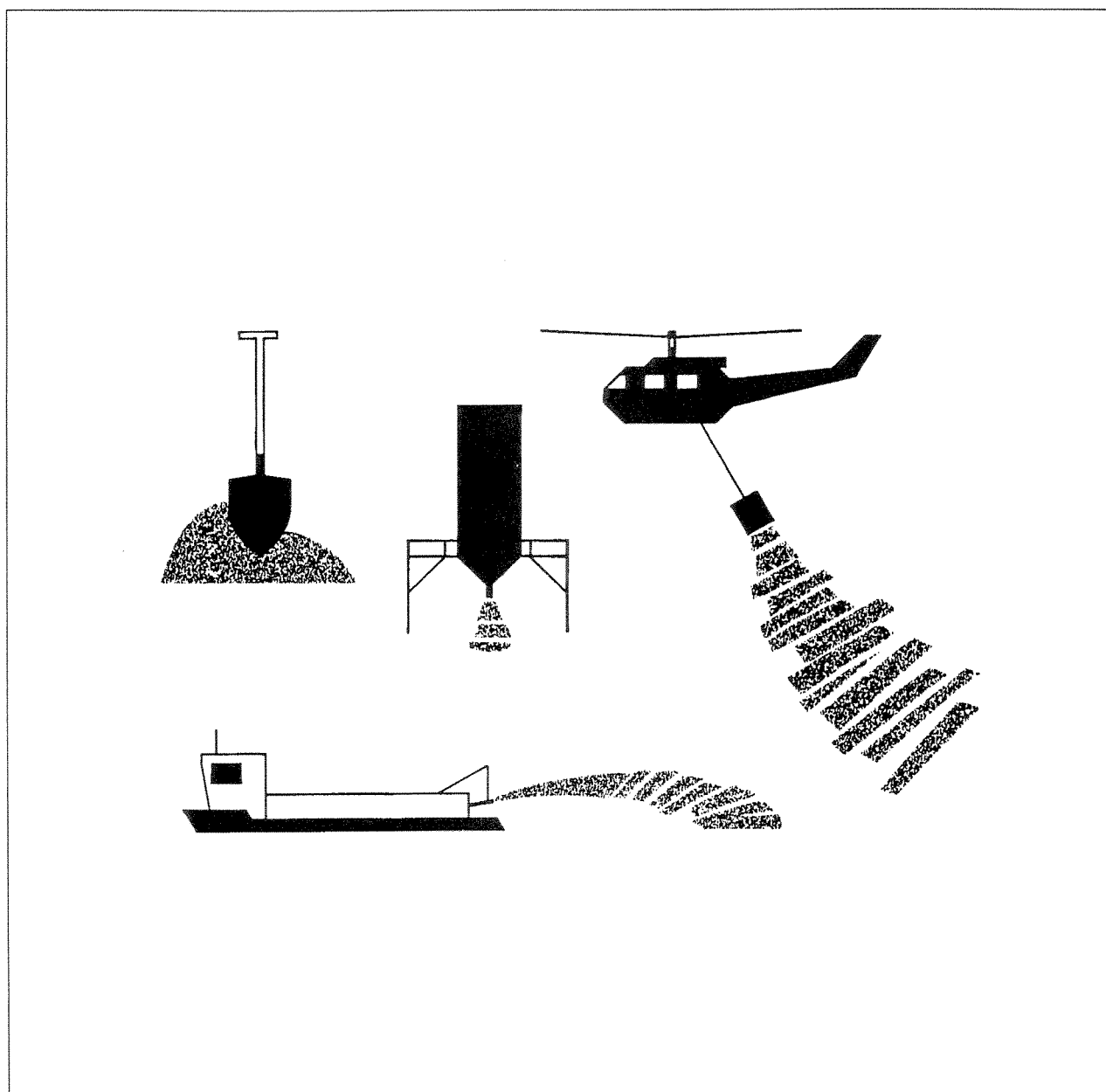



RAPPORT LNR 3388-96

# Kalkingsplan for Guddalsvassdraget i Sogn og Fjordane



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-95037	Undernr.:
Løpenr.: 3388	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 29 50 55 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Kalkingsplan for Guddalsvassdraget i Sogn og Fjordane.	Dato: Nov/95	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Kalking	
Forfatter(e): Atle Hindar, Frode Kroglund og Anja Skiple	Geografisk område: Sogn og Fjordane	
	Antall sider: 20	Opplag: 100

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Sogn og Fjordane og Direktoratet for naturforvaltning	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

## Ekstrakt:

På bakgrunn av forsuringssituasjonen i Guddalsvassdraget i Sogn og Fjordane er det utarbeidet en kalkingsplan for å bedre forholdene for laks og innlandsfisk i vassdraget. Planen er utarbeidet på en slik måte at den kan bygges ut etterhvert. Vi anbefaler at Hovlandsdalsvatnet kalkes opp og at innsjøen vedlikeholdskalkes fra en pH-styrt doserer ved Tulandsbotnen. I tillegg anbefales kalking av flere mindre innsjøer i midtre og indre del og av to sidevassdrag i nedre del. Vi foreslår at et av disse sidevassdragene terrengkalkes. Oppkalking av Hovlandsdalsvatn vil koste omlag 0.66 mill. kr., mens de årlige driftskostnadene for doserer ved Tuland er anslått til 0.96 mill. kr. Terrengkalking av det 10 km<sup>2</sup> store Hovlandsdalen-feltet med 1 tonn kalk/ha vil koste omlag 1.2 mill. kr. og antas å kunne ha en varighet på omkring 5 år. Vi anbefaler vannkvalitetskontroll etter kalking.

4 emneord, norske

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

4 emneord, engelske

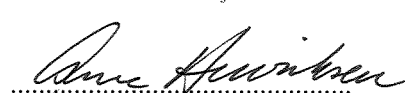
1. Water course
2. Acid precipitation
3. Salmonidae
4. Liming plan

Prosjektleder



Atle Hindar

For administrasjonen



Arne Henriksen

ISBN 82-577-2918-3

Norsk institutt for vannforskning  
Sørlandsavdelingen

O-95037

**KALKINGSPLAN  
FOR GUDDALSVASSDRAGET  
I SOGN OG FJORDANE**

Grimstad, november 1995

Saksbehandler: Atle Hindar  
Medarbeidere: Øyvind Kaste  
Anja Skiple  
Frode Kroglund

## FORORD

*Etter forespørsel fra Miljøvernavdelingen i Sogn og Fjordane omkring forsuringsutvikling og muligheter for kalkingstiltak i Guddalsvasdraget, oversendte NIVA prosjektforslag for arbeidet med en kalkingsplan den 03.02.95. I brev av 09.02.95 ble forslaget akseptert og NIVA's forutsetninger om avklaringer og informasjon innfridd.*

*Siden det foregikk et vannkjemisk prøvetakingsprogram i vassdraget parallelt med planarbeidet, ble en enig om at planen evt. kunne justeres i forhold til resultatene av denne prøvetakingen.*

*Det var allerede igangsatt kalking av en del innsjøer i vassdraget. Dette er det tatt hensyn til i den grad det har vært hensiktsmessig.*

*Hydrologiske data fra vassdraget, basert på REGINE-systemet er utarbeidet av Norges vassdrags- og energiverk (NVE). Kostnadsoverslag for kalk, samt pris for innkjøp og leie av kalkdoseringsanlegg er innhentet fra Miljøindustri AS i forbindelse med tidligere planer.*

*Kalkingsplanen er finansiert av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane og Direktoratet for naturforvaltning.*

*Grimstad, november 1995*

*Atle Hindar*

## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	2
INNHOLDSFORTEGNELSE .....	3
1. KONKLUSJONER OG TILRÅDINGER .....	4
2. INNLEDNING .....	6
2.1. Bakgrunn. ....	6
2.2. Mål for kalkingsplanen. ....	6
2.3. Avgrensning. ....	7
3. VASSDRAGSBESKRIVELSE .....	7
3.1. Generelt om vassdraget .....	7
3.2. Hydrologi.....	9
3.3. Vannkvalitet og fiskestatus .....	9
3.3.1. Vannkvalitetstilstand .....	9
3.3.2. Fiskestatus .....	12
3.4. Eksisterende og planlagt kalking i vassdraget.....	12
4. KALKINGSPLAN .....	14
4.1. Mål .....	14
4.2. Grunnlag for strategier .....	14
4.3. Forslag til kalkingsstrategi .....	15
4.4. Kalkmengder og kostnader .....	18
5. REFERANSER .....	20

## 1. KONKLUSJONER OG TILRÅDINGER

I Guddalsvassdraget er det dokumentert skader på invertebratsamfunnet, innlandsfisk (aure) og laksebestanden. Skadene er av et slikt omfang at tiltak bør settes inn for å bedre vannkvaliteten.

I den foreliggende kalkingsplan er det tatt hensyn til at både innlandsfisk og laks/sjøaure skal ha akseptabel vannkvalitet hele året. For innlandsfisken innebærer det at innkomne forslag til kalkingstiltak i innsjøer/bekker er tatt med i denne planen. I tillegg er det lagt opp en kalkingsstrategi som skal sikre den laks- og sjøaureførende strekningen, dvs. fra Harefossen i Hovlandsdalsvatnets utløp og ned til sjøen.

Vi har ikke laget en detaljplan, men en oversikt over kalkingsstrategi, plassering av doserere, vurdering av innsjø- og terrengkalking og beregning av gjennomsnittlige kalkmengder og kostnader. Lokale hensyn kan påvirke plassering av doserere, og årlige variasjoner i vannkvalitet og vannmengde vil bestemme de faktiske kostnader.

Planen er satt opp uten alternative løsninger, men med muligheter for forsterkning/påbygging hvis det skulle vise seg å være nødvendig. Det er anbefalt flere innsjøkalkinger i vassdraget. De som er viktige for hovedstrategien er kalking av Nykksvatnet, Markhusvatnet og ikke minst oppkalkingen av Hovlandsdalsvatnet. Kalkbehov for disse innsjøene, samt Steinsetvatnet er beregnet i denne planen. I tillegg er omsøkte, mindre prosjekter i vassdragets periferi, dvs. opp mot nedbørfeltgrensen, anbefalt tatt med i planen.

Rett oppstrøms Guddal kirke (Tulandsbotnen) anbefaler vi at det settes opp en større kalkdoserer. Siden det blir såvidt omfattende kalking høyere oppe i dalen, anbefaler vi at denne dosereren styres etter pH oppstrøms, dvs. umiddelbart ovenfor dosereren. På den måten oppnås to ting; 1) det tas hensyn til kalking i øvre del av vassdraget slik at den innsatsen kommer med i den totale kalkingsøkonomien og 2) det blir mulig å justere vannkvaliteten slik at Hovlandsdalsvatnet kan virke som et kalkmagasin med den riktige vannkvaliteten for strekningen nedstrøms.

I nedre del er det foreslått kalking i to sidevassdrag som begge har laks- og sjøaureførende strekning. I Espedalselva foreslås et doseringsanlegg, mens vi i Hovlandselva foreslår terrengkalking i hele feltet. Terrengkalking kan være nødvendig/ønskelig i nedre del siden vi ikke foreslår dosering i hovedelva nedstrøms Hovlandsdalsvatnet. Erfaringene fra Hovlandselvfeltet kan være viktige før en evt. utvidelse skjer.

Årlig kalkbehov ved Tuland-dosereren er beregnet til 1600 tonn. Vi har antatt en gjennomsnittlig kostnad på kr. 600.- per tonn kalk og da blir den totale kostnaden 0.97 mill. kr. Det er redegjort for de forutsetninger som ligger til grunn for dette regnestykket.

Til oppkalking av Hovlandsdalsvatn trengs 1100 tonn kalk til en kostnad av kr. 660 000 (kr. 600 pr. tonn). Siden oppholdstiden er så kort, bør vannet kalkes opp samtidig med at en setter igang dosering oppstrøms.

Kalking av Espedalselva med 85 tonn vil koste kr. 50.000.- pr. år. I tillegg kommer utgifter til leie eller kjøp av anlegg.

Terrengkalking av nedbørfeltet til Hovlandselva med 1000 tonn kalksteinsmel vil koste 1.2 mill. kr. og vi har antydnet en varighet på 5 år. Grovere mel kan evt. benyttes etter en nærmere vurdering.

I tillegg til disse tiltakene kommer mindre innsjøkalkinger som enten gjennomføres eller er planlagt gjennomført.

Det anbefales å følge med på vannkvalitetsutviklingen etter kalking for å kontrollere at de vannkjemiske målene nås.

## 2. INNLEDNING

### 2.1. Bakgrunn.

Forsuringssituasjonen på Vestlandet er langt framskreden i enkelte områder, bl.a. i den sørvestre delen av Sogn og Fjordane, der berggrunnen er lite motstandsdyktig mot sur nedbør. Guddalsvassdraget (vesentlig innenfor Fjaler kommune) ligger i dette området (Fig. 1). Fiskestatus i Fjaler kommune i 1990, basert på intervjuundersøkelser, viste at 21 og 3 av 58 aurestammer var hhv. redusert og tapt. I Guddalsvassdraget var aurebestanden i 18 høyereliggende vann skadet.

Laksestammen i vassdraget er truet (Raddum 1995), men bestanden klarer seg forholdsvis godt. Det skyldes sannsynligvis, ifølge Raddum, at vannet er mer humøst enn vanlig for laksevassdrag i denne landsdelen. Eksponeringsforsøk med laksesmolt våren 1994 påviste at vannkvaliteten i vassdraget er for dårlig for utvandrende laksesmolt (Kroglund m.fl. 1995).

Undersøkelser av invertebrater viser også at vassdraget har alvorlige forsuringproblemer og at det er akutt fare for laksen (Fjellheim og Raddum 1986, 1993).

Guddalsvassdraget har en sur vannkvalitet, se avsnitt 3.3, og det er antatt at laksen ikke har gode nok oppvekst- og reproduksjonsvilkår. Vassdraget ble derfor inkludert i en større undersøkelse av vestlandsvassdrag i 1994 og 1995, der en tok sikte på å finne fram til hvilke vassdrag som var sure og evt. hvilke deler av vassdraget som bidro med surt og aluminiumsholdig vann. Arbeidet med kalkingsplanen ble satt igang før denne undersøkelsen var ferdig. En del av resultatene fra Guddalsvassdraget er gjengitt i avsnitt 3.3 i denne rapporten.

Vassdraget er uregulert og vernet (verneplan IV) med unntak av Sørebbølva over kote 340.

Det er kalket flere innsjøer i vassdraget og søkt om tilskudd til noen nye, se avsnitt 3.4.

### 2.2. Mål for kalkingsplanen.

Målet med kalkingen er å skape et vannkjemisk miljø som:

- 1) gjør vassdraget levelig for anadrom fisk og sikrer naturlig reproduksjon i elva og aktuelle sidegreiner i nedre del. pH bør være 6.4-6.5 i smoltifiseringsperioden.
- 2) tar vare på innlandsfiskebestander i øvre deler av vassdraget. pH bør være omlag 6.2 eller bedre for å oppnå det.

Ved å kombinere 1) og 2) sikrer en at den totale nytten av kalkingstiltakene blir stor og sannsynligvis at det biologiske mangfoldet i vassdraget opprettholdes eller øker.

Siden vannkvalitetsmålet for laksesmolt er basert på undersøkelser i mindre humøst vann, kan det være at kravet om pH 6.4-6.5 kan revurderes.



### 2.3. Avgrensning.

Kalkingsplanen må ses på som en hovedplan, som gir en oversikt over kalkingsstrategi, lokalisering av kalkspredning og -dosering, mengder og kostnader.

Planen skal gi svar på kalkbehovet ved kalking til oppgitte vannkvalitetsnivåer i et år med "normal" avrenning. Det anbefales derfor å følge med på vannkvalitetsutviklingen etter kalking for å kontrollere at de vannkjemiske målene oppnås. De kalkmengder og kostnader vi er kommet fram til er retningsgivende. Kostnadene vil først være reelle etter en anbuds- eller tilbudsrunde.

Planen tar ikke opp generelt fiskestell utover vannkvalitetsbehandling.

Det kan være nødvendig med lokal tilpasning av lokalitet for doserere fordi planen ikke er lagt opp som en detaljplan.

Forbehold når det gjelder foreslått terrengkalking er gitt i teksten.

## 3. VASSDRAGSBESKRIVELSE

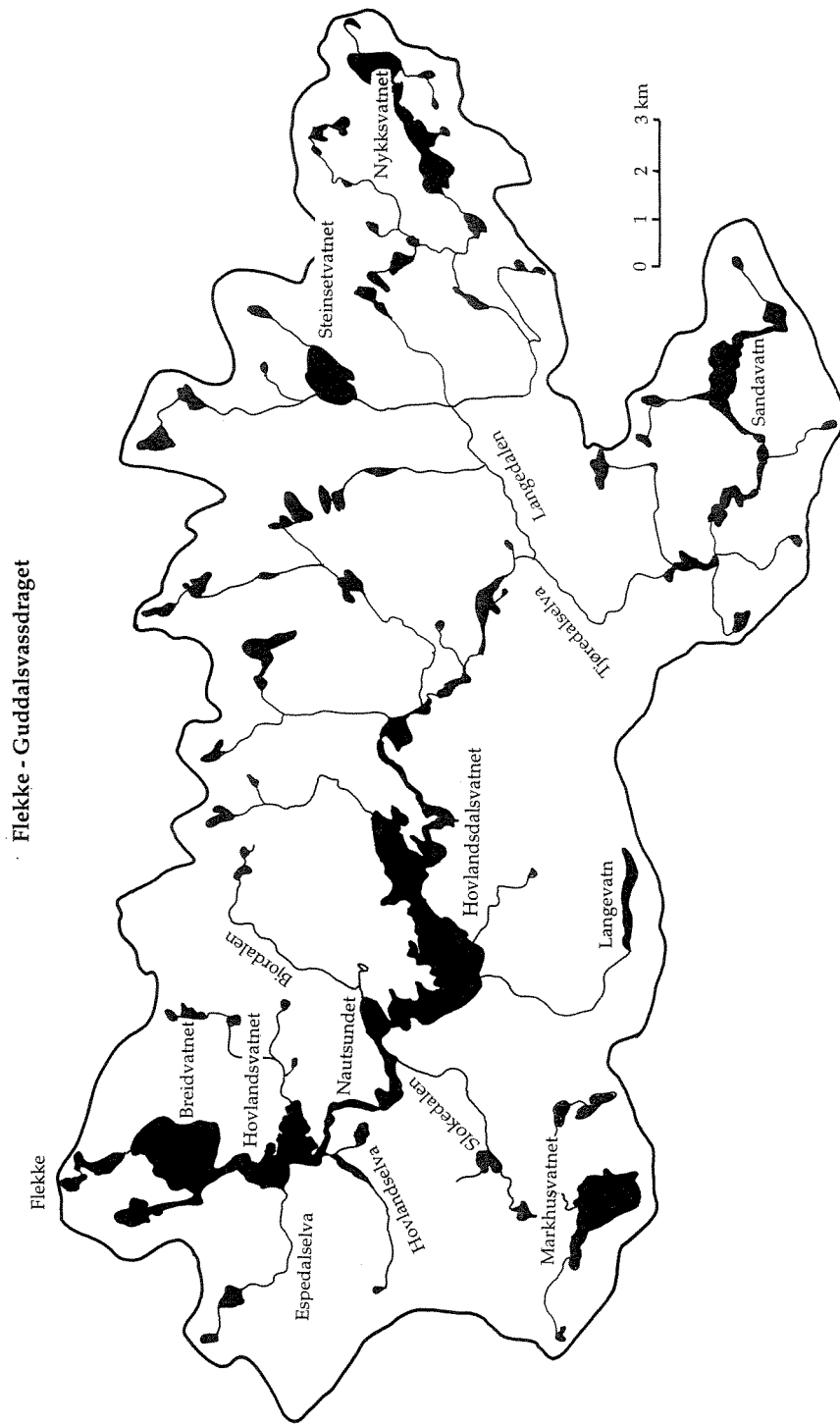
### 3.1. Generelt om vassdraget

Gudalsvassdraget (Fig. 1) ligger i Fjaler, Hyllestad, Gaular og Høyanger kommuner i Sogn og Fjordane. Det totale nedbørfeltet er 263 km<sup>2</sup> og det har en utstrekning på ca. 30 km. Delfeltene til Tjøredalselva og elva fra Nykksvatn i øvre del kommer sammen før Hovlandsdalsvatnet, den største innsjøen i vassdraget.

Den lakse- og sjøaureførende (den anadrome) strekningen går opp til denne innsjøen, men avgrenses effektivt av Harefossen ved innsjøens utløp. Noen av sideelvene i nedre del, særlig Hovlandselva og Espelandselva, er også inkludert i det anadrome området, dvs. at de kan representere produksjonsområder for sjøaure og laks. Det kan også være at dette kun er tilsynelatende og at høy tetthet av lakseunger i sideelvene skyldes at lakseunger vandrer mellom hovedelv og sideelver, se vurderinger i Raddum (1995). Den anadrome strekningen er bare omlag en halv kilometer i begge disse sideelvene. Den anadrome strekningen i hovedelva er sterkt dominert av innsjøene Breivatnet og Hovlandsvatnet (må ikke forveksles med Hovlandsdalsvatnet).

Vassdraget er et lavlandsvassdrag og hele dalbunnen utenom kulturlandskapet er stort sett skogdekket. Særlig i den nedre delen og i området omkring Marhusvatnet er det betydelig jordbruksaktivitet, med dominans av grasproduksjon og beiteland. Dette gir grunnlag for mesteparten av bosettingen i dalen. I resten av vassdraget er det spredt bosetting. Området langs nedbørfeltgrensa i de indre deler ligger 600-700 moh. Flere av innsjøene i vassdraget ligger i dette området.

Berggrunnen er dominert av tungt nedbrytbar gneiss, med granittisk og granodiorittisk sammensetning. Innslag av mindre harde bergarter, som båndgneis, glimmergneis og hornblende finnes også.



Figur 1. Vassdraget med nedbørfelt.

### 3.2. Hydrologi

Guddalsvassdraget ligger i et svært nedbørrikt område og har en årsnedbør på 3000 mm. Spesifikk avrenning er 87 L/s/km<sup>2</sup> og den midlere vannføringen ved utløpet er 23 m<sup>3</sup>/s. De minste vannføringer er i juli/august, mens største flom inntreffer normalt i oktober. Vannføringen om vinteren er relativt høy pga manglende snølegging og fordi nedbøren kommer som regn i mesteparten av feltet. Det totale avløpet er 720 mill. m<sup>3</sup>/år. Data fra NVE-stasjon Nautsundvatn er vist i tabell 1.

Tabell 1. Vannføringsdata ved NVEs målestasjon 614 Nautsundvatn oppstrøms den lakseførende strekningen.

<b>Nedbørfeltareal (km<sup>2</sup>)</b>	219
<b>Periode</b>	1930-1960
<b>Spes. avrenning (L/s/km<sup>2</sup>)</b>	87.8
<b>Middel (m<sup>3</sup>/s)</b>	19.2

Vassdraget er ikke regulert, men en evt. overføring av Søreboelva over kote 340 vil føre til at 10 % av vannet i hele vassdraget tapes. Konsekvensen av dette er ikke vurdert i denne planen.

Hydrologiske og morfometriske data for innsjøer det er gjort kalkberegninger for er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Hydrologiske og morfometriske data for innsjøer i Guddalsvassdraget.

		Hovlandsdalsv.	Markhusv.	Nykksv.	Steinsetv.
<b>Overfl.areal</b>	km <sup>2</sup>	4.19	1.45	1.55	0.88
<b>Volum</b>	mill. m <sup>3</sup>	109.7	37.16	20.53	10.35
<b>Maks. dyp</b>	m	78	83	60	35
<b>Midd. dyp</b>	m	26.2	25.6	13.3	11.8
<b>Nedb.feltareal</b>	km <sup>2</sup>	179.6	8.2	9.0	13.4
<b>Årlig tilsig</b>	mill. m <sup>3</sup>	479.6	19.5	24	39.9
<b>Teor. opph.tid</b>	år	0.23	1.91	0.86	0.26

### 3.3. Vannkvalitet og fiskestatus

#### 3.3.1. Vannkvalitetstilstand

En vannkvalitetsundersøkelse gjennomført av Miljøvernavdelingen den 6.5.92 viste gjennomgående surt, aluminiumsrikt vann i vassdraget (tabell 3). pH-verdier ned mot 5.0, lave kalsiumkonsentrasjoner og konsentrasjoner av giftig (labilt) aluminium i området 9-67 µg L<sup>-1</sup> i vassdragets utløp ble funnet. Dette er en svært skadelig vannkvalitet for smolten og en må regne med betydelige skadevirkninger for laksebestanden under slike forhold.

Også vannkjemiske data fra 1987/88 (Langåker 1992) viser til dels sure vannkvaliteter.

Vannkjemiske data fra NIVA's Vestlandsundersøkelse er gitt i figur 2. To prøveserier ble tatt i november 1994 og fire serier i mai 1995. Stasjonene Langeland og Tjøredalselva representerer de to sidegreinene lengst inne i vassdraget, Bjoredalen og Slokedalen er sidevassdrag ved utløpet av Hovlandsdalsvatnet og Trollefossen er utløpet.

Resultatene fra NIVA-undersøkelsen viser at hele vassdraget er surt, med pH-verdier i området 5.2-5.8. Det frigjøres aluminium i moderate konsentrasjoner (reaktivt Al = 40-80  $\mu\text{g L}^{-1}$ ). Ved utløpet var konsentrasjonen 60-80  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Den giftige labile fraksjonen var lav ( $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ ) høsten 1994, men omkring 20  $\mu\text{g L}^{-1}$  ved utløpet, i mai 1995. Denne økningen skyldes at vannet var svakt surere, men først og fremst at det var mindre humøst i mai (ca. 1.8 mg TOC  $\text{L}^{-1}$  ved utløpet) enn om høsten (ca. 3 mg TOC  $\text{L}^{-1}$  ved utløpet). Når vannet er humøst er aluminium i større grad bundet til løste organiske stoffer.

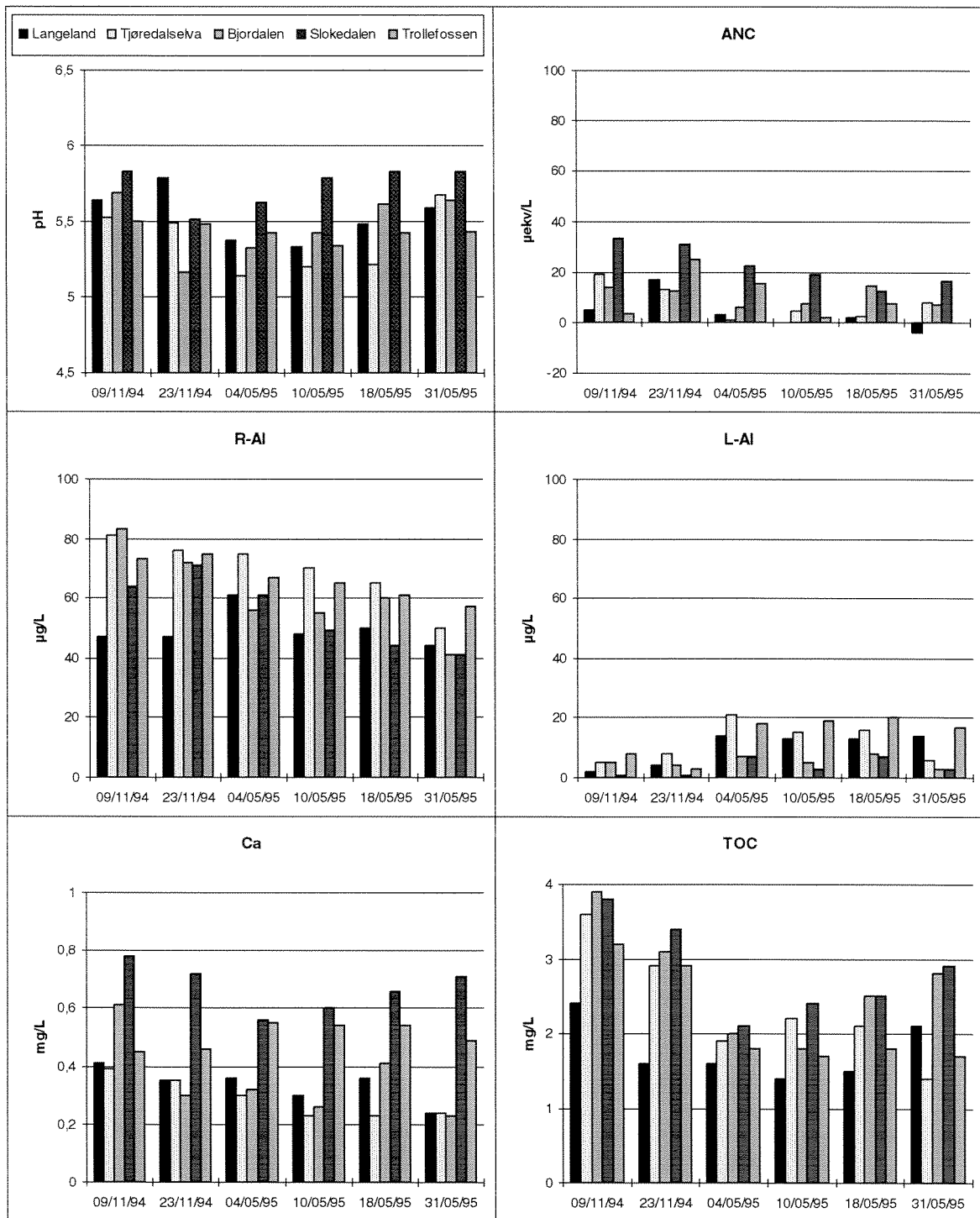
ANC (syrenøytraliserende kapasitet) - konsentrasjonene er klart høyest (15-30  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ) i Slokedalen, dvs. i utløpselva fra Markhusvatnet. I utløpet av hovedvassdraget er verdiene 0-25  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ .

Det var dårligst vannkvalitet i vårprøvene, dvs. fra den perioden laksen (laksesmolten) er mest følsom for surt vann.

Guddalselva skiller seg ut fra andre vestlandselver (SFT 1994) ved de relativt høye konsentrasjonene av total organisk karbon (TOC). Dette kan være årsaken til at laksebestanden klarer seg relativt bra til tross for at den er truet og at indeksene for bunndyr er relativt høye. Samtidig vil Hovlandsdalsvatnet rett oppstrøms den lakseførende strekningen jevne ut vannkvaliteten slik at episodisk dårlig vannkvalitet i mindre grad inntreffer her enn i en del andre vassdrag.

Tabell 3. Data fra 6. mai 1992 for pH, farge, kalsium (Ca), totalt aluminium (Tot. Al) og labilt aluminium (LAl). Alkaliteten var målt til null i alle vannprøver. Konduktiviteten var 33.7  $\mu\text{S/cm}$  nederst i vassdraget. Data fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane.

Lokalitet	UTM-ØV	UTM-NS	Moh	pH	Farge mg Pt/L	Ca mg/L	Tot. Al $\mu\text{g/L}$	LAl $\mu\text{g/L}$
Breidvatn	3048	68017	10	5.08	16	0.59	80	33
Espedalen	3039	67985	30	4.88	34	0.34	125	29
Loneland	3053	67976	15	5.03	17	0.52	91	27
Botnavatn	3051	67942	160	5.31	35	0.71	115	12
Hovlandsd.vatn	3077	67963	50	4.97	19	0.48	112	32
Bogevatn	3130	67965	68	4.95	13	0.39	164	67
Kalstadelva	3153	67954	80	5.04	23	0.28	92	20
Fjellevatn	3158	67944	87	5.22	25	0.32	103	10
Tjøredalselva	3168	67912	180	5.14	37	0.27	140	9
Sørebøelva	3204	67944	200	5.09	19	0.24	67	11
Steinsetervatnet	3203	67971	300	5.13	13	0.43	57	16
Bogelva	3139	67966	70	5.17	30	0.27	121	15



Figur 2. Vannkjemiske data fra ulike deler av Guddalsvasdraget høsten 1994 og våren 1995. Langeland og Tjøredalselva representerer de to innerste hovedgreinene i vassdraget. Bjordalen og Slokedalen er sidevassdrag ved utløpsområdet til Hovlandsdalsvatnet, mens Trollefossen er utløpet av hovedvassdraget ved Flekke. (R-Al=reaktivt aluminium; L-Al=labilt aluminium).

### 3.3.2. Fiskestatus

Fiske av laks og sjøaure har lange tradisjoner og betyr mye i Guddalsvassdraget. Laksen går opp til Harefossen, omlag 7 km fra utløpet ved Flekke.

Laksebestanden er truet, men klarer seg forholdsvis bra, sannsynligvis fordi vassdraget er mer humøst en vanlig i denne landsdelen (Raddum 1995). På bakgrunn av forsøk der laksesmolt ble eksponert til elvevann i mai 1994 og deretter til sjøvann, konkluderte Kroglund m.fl. (1995) med at vannkvaliteten var kritisk for utvandrende laksesmolt. Det ble bl.a. påvist betydelig gjelleskade på smolt ved Trollefoss (nederst) og ved Loneland og at fisken etter ferskvannseksposering ioneregulerte svært dårlig i sjøvann.

På bakgrunn av NIVA's vannkjemiske undersøkelser i 1994 og 1995 vurderes vannkvaliteten som kritisk for laks og det er et umiddelbart behov for kalkingstiltak hvis en vil være sikker på at laksebestanden skal ha akseptabel vannkvalitet. Vannkvaliteten er i utgangspunktet sur og svært "tynn" (ionefattig) og inneholder lite bufferstoffer. Det skal derfor ikke så store ytre påvirkninger til før fisken kan få problemer. Fisken blir mer ømtålig også for andre miljøpåvirkninger og stressfaktorer.

Fiskestatus for innlandsaure i vassdraget er god i de sentrale vassdragsavsnitt, i Nykksvatnet innerst i vassdraget og i Markhusvatn-området. I de innsjøene som ligger langs nedbøfeltgrensa (toppvatn) er situasjonen dårligere og flere bestander er lettere skadet eller redusert i følge data fra miljøvernavdelingen.

Det er gjennomført prøvefiske i Markhusvatnet, som drenerer mot utløpet av Hovlandsdalsvatnet. Bestanden ser ut til å bestå av småfallen aure, men vannkvaliteten er sannsynligvis god.

### **3.4. Eksisterende og planlagt kalking i vassdraget**

Tre innsjøer langs vassdraget (Stølsvatnet, Torevatnet og Vardevatnet) kalkes allerede (tabell 4). Langevatn og Sandavatn er delkalket. Gytebekker til Langevatnet, Sandavatnet og Botnavatnet kalkes også. Gytetrekkninger for anadrom fisk kalkes i Hovlandselva, Espedalselva og Svinevikselva.

Det er pr. mars 1995 søkt om ytterlige seks innsjøkalkingsprosjekter utover de som allerede er satt igang (tabell 5). Både de igangværende og de planlagte/ønskede kalkingstiltakene er vurdert i den foreliggende planen.

Tabell 4. Oversikt over igangværende kalkingsprosjekter i Guddalsvassdraget. Årlig kalkforbruk i tonn eller kubikkmeter ( $m^3$ ) er angitt.

Prosjektnavn (kalking):	Kalket fra	UTM-ØV	UTM-NS	Kart	Moh	Kalk/år (tonn)
Stølsvatnet (kalket)	1993	322000	6788300	1217 III	363	13
Torevatnet (kalket)	1992	318200	6798400	1217 IV	548	10
Vardevatnet (kalket)	1991	315300	6799200	1217 IV	577	12
Langevatnet (delkalket + gytebekk)	1993	310500	6791300	1217 III	541	14
Sandavatnet (delkalket + gytebekk)	1993	321000	6789300	1217 III	304	44
Botnavatn (gytebekk)	1994					15
Hovlandselva (skjellsand)	1993					160 $m^3$
Espedalselva (skjellsand)	1993					110 $m^3$
Svinevikselva (skjellsand)	1993					30 $m^3$

Tabell 5. Oversikt over planlagte/ønskede kalkingsprosjekter i Guddalsvassdraget.

Prosjektnavn:	UTM-ØV	UTM-NS	Kart	Moh
Helleskartjønn	320600	6790600	1217 III	500
Fjellsendevatn	325900	6792300	1217 III	657
Nykksvatnet	324600	6795100	1217 III	640
Markhusvatnet	304000	6791500	1117 II	218
Holmevatnet	316500	6800500	1217 IV	659
Krokevatnet	317800	6798600	1217 IV	542

## 4. KALKINGSPLAN

### 4.1. Mål

Kalkingsplanen er basert på følgende mål, se avsnitt 2.2:

- Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for å bevare laksestammen i vassdraget.
- Å bevare innlandsfisk i vassdraget.

Ut fra nåværende kunnskap om laksens vannkvalitetskrav, anbefales et pH-nivå i den lakseførende strekningen på 6.4-6.5 i smoltifiseringsperioden, som er satt til tidsrommet mellom 1. februar og 15. juni. Ellers i året anbefales et pH-mål på omkring 6.2 eller bedre. Disse målnivåene bør gjøre det kalkede vassdragsavsnittet levelig for laks hele året, samt gi tilstrekkelig god vannkvalitet i smoltifiseringsperioden. For innlandsaure og invertebrater kan noe dårligere vannkvalitet aksepteres.

### 4.2. Grunnlag for strategier

Kalkingstiltakene i Guddalsvassdraget skal først og fremst gi god vannkvalitet i den laks- og sjøauførende (anadrome) strekningen. Kalkingsstrategien må derfor legges opp på en slik måte at dette kravet oppfylles. Dernest skal en bedre vannkvaliteten i øvre del der det er dokumentert behov for det og der det er mulig å komme fram til praktisk gjennomførbare tiltak.

Hvis det gjennomføres en betydelig kalking i øvre del av vassdraget, bør kalking i nedre del legges opp på en slik måte at det kan tas hensyn til bedringen av vannkvaliteten oppstrøms. Det bør derfor være en vannkvalitetstilpasset kalkdosering i nedre del.

Hovlandsdalsvatnet bør egne seg som et reservoar av god vannkvalitet. Ved tilstrekkelig oppstrøms kalkdosering vil en sikre at vannkvaliteten i og ut av denne innsjøen er god til enhver tid, også under våravsmeltingen.

Hvilken betydning innsjøene Breivatnet og Hovlandsvatnet i nedre del har for laks og sjøaure er usikkert, men ved islegging er det særlig viktig å sikre at surt smeltevann og evt. avløp fra jordbruksaktivitetene i dalen ikke får prege vannkvaliteten i utløpet av innsjøene. Vi har ikke vurdert tilførsler fra lokale kilder, men vil anbefale at det parallelt med kalkingstiltak også gjøres en vurdering av faren for at forurenset vann kan komme inn i innsjøene under isen og dermed prege vannkvaliteten på viktige gyte- og oppvekstområder for anadrom fisk.

Ved kalking av lakseelver vil det være en rekke faktorer, først og fremst vannkjemiske og hydrologiske, som påvirker lokalisering av tiltak og valg av metoder. Vurderinger er bl.a. gitt i fagdelen i kalkingsplanen for Suldalslågen (Kaste et al. 1995).



Den mest ideelle kalkingsstrategien mht. å redusere problemer med tilførsel av giftig aluminium vil sannsynligvis være å kalke hele nedbørfeltet (terrengkalking). Tidligere erfaringer med terrengkalking har vist langvarige positive effekter på avrenningsvannet med sterkt redusert aluminiumskonsentrasjon og høy pH (Hindar et al. 1995; Traaen et al. 1995). I Sverige er en i økende grad gått over til terrengkalking (Henrikson og Brodin 1995). På Vestlandet kan terrengkalking være enda bedre egnet enn i Agder/Telemark fordi kontakten mellom kalk og vann antas å være bedre. Terrengkalking kan imidlertid også ha uønskede effekter ved at det oppstår vegetasjonsendringer og skader på enkelte lav- og mosearter. Vegetasjonsforhold og kalkingsmetodikk må derfor vurderes nøye før eventuelle tiltak settes inn, se Kaste et al. (1995).

Terrengkalking vil ikke gi muligheter for å justere inn riktig vannkvalitet (pH) i den anadrome strekningen slik tilfellet er med en avansert doserer. På den annen side vil denne kalkingsteknikken stabilisere vannkvaliteten og redusere tilførselen av aluminium til vassdraget slik at høye pH-verdier ikke lenger er så nødvendig. Teknikken anses ikke som så godt utprøvd at den kan utgjøre en hovedsatsing. Vi velger derfor å konsentrere tiltakene omkring dosering og innsjøkalking, men med terrengkalking som supplement.

### 4.3. Forslag til kalkingsstrategi

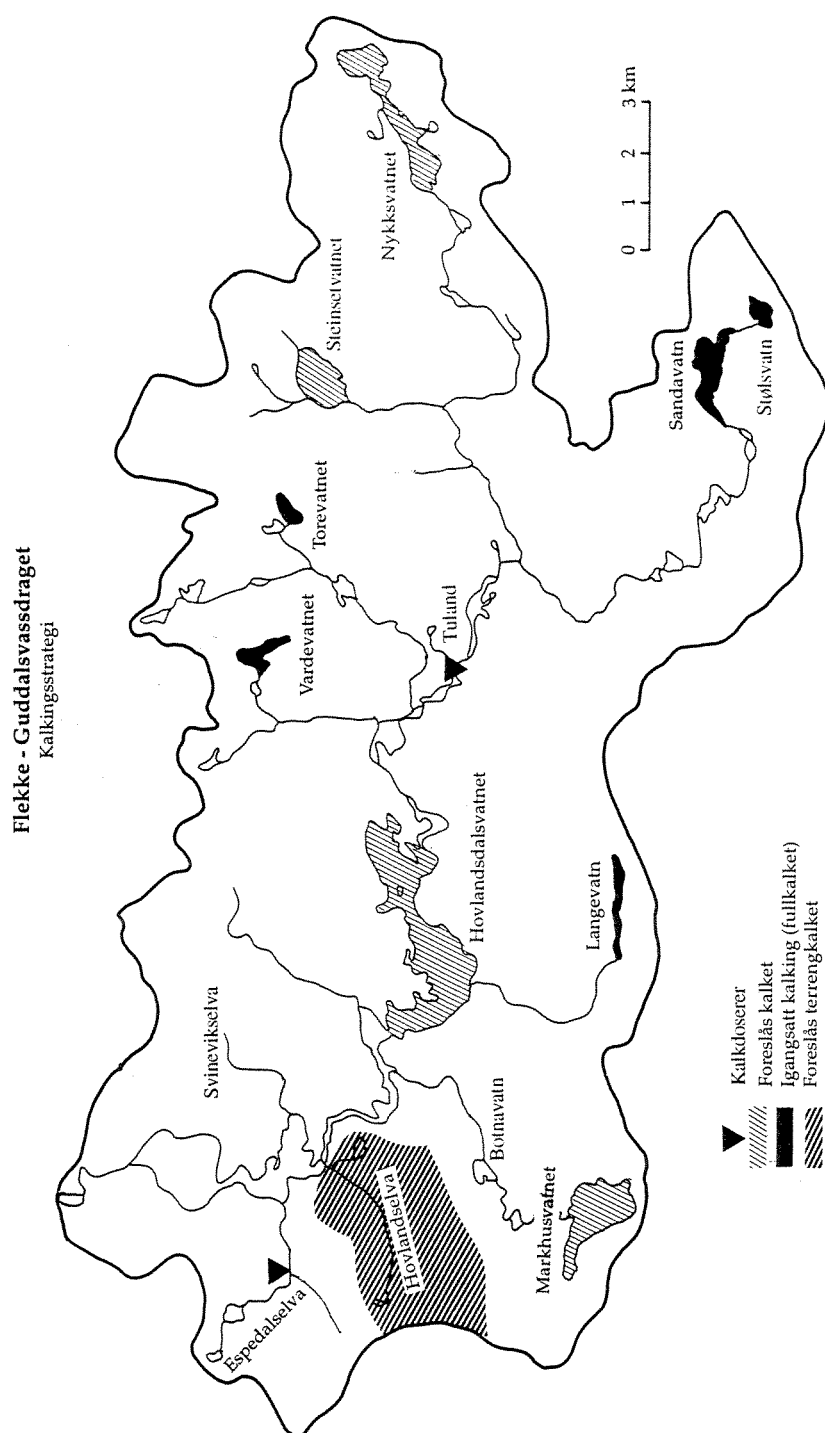
Kalkingsplanen for Guddalsvassdraget inneholder ikke alternativer. Men forslaget til plan er utformet på en slik måte at det kan bygges ut og/eller forsterkes med nye tiltak uten at hovedstrategien endres.

Vi mener at både hensyn til stabil vannkvalitet, fiskeinteresser utover laks og sjøaure og estetiske hensyn burde tilsi at kalkdoseringsanlegg trekkes oppover i vassdraget. Med den allerede igangsatte og ønskede/planlagte kalkingsaktivitet i øvre del vil en hensiktsmessig plassering være i hovedtilløpet i øvre del, ved Tulandsbotnen (Fig. 3), som ligger en drøy kilometer innenfor Guddal kirke. Dosereren må utstyres på en slik måte at kalking oppstrøms (innsjøer) blir tilgodesett med redusert kalkforbruk i dosereren. Det forutsetter at den er styrt etter pH enten oppstrøms anleggene eller nedstrøms. Vi anbefaler at den styres etter pH oppstrøms fordi det er enklere og fordi det vil være en del variasjon i vannkvalitet inn mot anlegget i løpet av året. Jo større andel av den totale kalkmengden som skal tilføres via innsjøkalking i øvre del, jo viktigere blir det å styre dosereren etter den bedrede vannkvaliteten.

For at kalkingseffekten skal forplante seg raskest mulig nedover i vassdraget, bør Hovlandsdalsvatn kalkes opp. Det gjøres med ordinær spredning av oppslemmet kalk fra spredefartøy.

Vi anbefaler kalking av alle de innsjøer det er søkt tilskudd til som tilfredsstillende følgende kriterier:

- dårlig vannkvalitet som sannsynligvis skyldes forurening
- påviste fiskeskader
- beregninger av innsjøvolum og nedbørfeltareal foreligger
- teoretisk oppholdstid > 0.3 år



Figur 3. Forslag til plassering av kalkdoserere, innsjøkalking (eksisterende innsjøkalking er vist ved svartsladding og planlagt kalking med skravering av innsjøene) og terrengkalking (Hovlandselva-feltet).

Kalkede innsjøer vil tilføre vassdraget en basismengde kalk og fordi kalking skjer høyt i vassdraget vil store deler av aluminiumskjemien kunne stabiliseres slik at faren for giftige aluminiumsblandsoner blir mindre. Vi regner med at atkomsten enten er god nok for spredning direkte på innsjøene om sommeren, at kalk kan fraktes inn og spres på is eller at innsjøene kan kalkes fra helikopter.

Av de omsøkte prosjekter er særlig Nykksvatnet innerst i vassdraget og Markhusvatnet i sørvestre hjørne av feltet interessante som del av den totale kalkingsstrategi. Vi vil også anbefale at Sandsvatn og Langevatn kalkes som ordinære innsjøkalkingsprosjekter for at de skal avsyre deler av vassdraget. I Steinsetvatnet innerst i vassdraget er det ikke dokumentert skader på fisk, men pH-målinger fra Bjarne Huseklepp indikerer at vannkvaliteten også her kan være faretruende dårlig. Kalking av Steinsetvannet kan med fordel inngå i kalkingsplanen, men er på ingen måte en forutsetning.

Den laks- og sjøaureførende strekningen bør alltid ha den vannkvalitet som er satt opp som mål, dvs. pH 6.4-6.5 i smoltifiseringsperioden og 6.2-6.3 ellers i året. Hovlandsdalsvatn kalkes opp og vedlikeholdskalkes via hovedinnløpet. På den måten virker vannet som en doserer for den lakseførende strekningen, og det bør derfor til enhver tid holde en så god vannkvalitet at vannkvalitetsmålene i den anadrome strekningen sikres. Det kan være teknisk vanskelig og dermed for risikabelt å senke pH i innsjøen i deler av året (for å spare kalkutgifter) for så å øke den i smoltifiseringsperioden om våren. Vi anbefaler derfor at Hovlandsdalsvatn holder en høy vannkvalitet hele året til tross for at det vil være å bruke noe mere kalk enn strengt tatt nødvendig.

Det anbefales foreløpig å ikke sette opp egen kalkdoserer i nedre del av hovedvassdraget, dvs. nedstrøms Hovlandsdalsvatn. De anadrome strekningene i tilløpselver lengere nede bør imidlertid kalkes, både av hensyn til fiskeproduksjon i disse elvene og fordi det vil sikre en akseptabel vannkvalitet i nedre del. En flomsituasjon i nedre del kan føre til at sur tilrenning fra sidevassdragene dominerer hovedelva i en periode før avrenningen fra Hovlandsdalsvatn øker tilsvarende. Kalking av sidevassdragene i denne delen vil være en ekstra sikkerhet ved ujevn avrenning i vassdraget.

Vi anbefaler at sidevassdrag i nedre del kalkes for å stabilisere vannkjemien slik at aluminiumsblandsoner unngås i størst mulig grad. Det bør settes opp en enkel doserer i Espelandselva. Dette anlegget bør trekkes et stykke opp i sidevassdraget, gjerne en til to kilometer hvis det er praktisk mulig. I Hovlandselva er det langt vanskeligere å plassere en doserer særlig langt innover i sidevassdraget. Vi tror terrengkalking kombinert med eksisterende bekkekalking, kan være et bedre alternativ i dette feltet. Hvis en ønsker mere innslag av terrengkalking i nedre del, kan det vinnes erfaring med effektene fra dette feltet.

Ved at hovedelva tilføres kalk fra de to sidevassdragene, antar vi at vannkvaliteten i den lakseførende delen holdes ved like. Vi vil imidlertid gjøre oppmerksom på at vi ikke kan garantere pH over 6.4-6.5 til enhver tid i hele hovedelva nedstrøms Harefossen siden vi ikke har anbefalt et eget doseringsanlegg i hovedelva. Men vi vet også at den giftige fraksjonen av aluminium ikke er særlig stor i vassdraget og at aluminiumskjemien vil bli stabilisert både i Hovlandsdalsvatnet og i nedre del. Vi tror derfor ikke at denne usikkerheten er særlig kritisk.

#### 4.4. Kalkmengder og kostnader

Beregninger av kalkmengde for Hovlandsdalsvatn og tre av de andre vannene er gitt i tabell 6. Til beregning av innsjøkalking har vi brukt simuleringsprogrammet TKALK v. 1.10. Kalktypen det er simulert med er NK (nr. 5) i programmet. Kalken består av 83 %  $\text{CaCO}_3$ . Momentanoppløsningen ble 58 % i både Hovlandsdalsvatnet og Marhusvatnet, 55 % i Nykksvatnet, men bare 37 % i Steinsetvatnet. Den lave verdien i Steinsetvatnet skyldes at det må brukes forholdsvis stor kalkdose for å oppnå en brukbar varighet.

Beregning av kalkmengder for dosering er gitt i tabell 7. Tallene for dosering ved Tuland er basert på utgangs-pH 5.2 i vannet, at mål-pH skal være 6.5 og at totalt nedbørfelt i vassdraget er 263  $\text{km}^2$ , men at 53  $\text{km}^2$  blir kalket ved at innsjøkalking gjennomføres slik det er foreslått. Kostnaden for denne kalkingen blir kr. 960.000.- pr. år hvis kalkprisen er kr. 600.- pr. tonn..

Tabell 6. Anbefalte kalkmengder i de fire innsjøene som inngår i kalkingsplanen.

	Kalkingsstrategi	Kalk (tonn)	Kostnad, kr./år
Hovlandsdalsvatnet	oppkalking	1100	660 000
Markhusvatnet	annethvert år	350	105 000
Nykksvatnet	hvert år	340	200 000
Steinsetvatnet	hvert år	170	100 000

Tabell 7. Kalkbehov i doseringsanleggene.

	Doserer ved Tuland	Doserer i Espedalen
Årlig kalkbehov (tonn)	1600	85
Kalkdose ved anlegg ( $\text{g kalk/m}^3$ )	7.3	3.7
Overdoseringsfaktor ved anlegg	2.6	1.3
Maks. doseringskap. (tonn/time)	2.8	0.2
Lagerkap. silo i ett døgn (tonn)	65	5
Kostnad (kr. pr. år)	960.000	50.000

Ved beregninger for rennende vann har vi antatt 90 %  $\text{CaCO}_3$  og at midlere oppløsning er 70 %. Hvis denne oppløsningen skal være retningsgivende, må kalken være relativt finmalt. Kornfordelingen må være innenfor området 0-0.1 mm. Med en antatt maksimal vannføring på 15 ganger middelvannføringen, dvs. 105  $\text{m}^3/\text{s}$  ved dosereren, må anlegget ha en doseringskapasitet på 2.8 tonn/time eller omlag 65 tonn/døgn. Det betyr at kalkdosereren må være relativt stor.

Kalking av det omlag 11  $\text{km}^2$  store nedbørfeltet til Espedalselva til pH 6.5 innebærer en total kalkmengde på 85 tonn per år til en kostnad av kr. 50.000.-. I tillegg kommer kostnader til leie eller innkjøp av dosereren. Kalkdosen skal være 2.8  $\text{g/m}^3$  for hele feltet. Hvis doseren legges to km inn i vassdraget, til et punkt like etter samtløp med de to greinene i øvre del, blir dosen ved anlegget 3.7  $\text{g/m}^3$ . Ved maksimal vannføring på 20  $\text{m}^3/\text{s}$  blir kalkdosen 4.7 tonn per døgn. Kalkdosereren her kan være relativt enkel hvis det er en god lokal oppfølging. Vi har foreløpig ikke gjort ytterligere vurderinger av type doserer.

Terrengkalking i Hovlandsdalen må gjøres fra helikopter. Anbefalt kalkdose er 1 tonn/ha og den totale kalkmengden i det omlag 10.2 km<sup>2</sup> store feltet blir da 1000 tonn. Hvis kalkprisen er 1200 kr. per tonn, vil denne kalkingen koste 1.2 mill. kr. Vi er usikre på hvor lenge denne innsatsen vil vare, men kan antyde 5 år i første omgang. Det forutsetter at kalkdosen er stor nok. Det bør tas særlig hensyn til at kalk ikke skaper uønskede problemer for lokalbefolkningen ved spredning. Støvplagen kan være stor. Grovere kalk enn ordinær vassdragskalk, evt. grovdolomitt, kan være aktuelt å prøve ut, bl.a. fordi det kan gi mindre uønskede skader på moser og lav, men det bør skje etter samråd med NIVA.

## 5. REFERANSER

- Fjellheim, A. og Raddum, G.G. 1986. Ferskvannsbiologisk verdivurdering av 7 vassdrag i Sunnfjord, Sogn og Fjordane. Lab. for Ferskvannsekologi og Innlandsfiske, Bergen. Rapport nr. 58.
- Fjellheim, A. og Raddum, G.G. 1993. Kartlegging av forsuringsstatus ved undersøkelser av evertebratsamfunn i Guddalsvassdraget. Lab. for Ferskvannsekologi og Innlandsfiske, Bergen. Notat nr. 1/1993. 6 s.
- Henrikson, L. and Brodin, Y.W. 1995. Liming of acidified surface waters - a swedish synthesis. Springer Verlag, Berlin. 458 p.
- Hindar, A., Hoell, E., Veidel, A. og Nilsen, A.N. (1989). Kalking av Vikedalselva - Forsøk med styring av kalkdosering etter pH målt nedstrøms kalkdoserer. NIVA-rapport, løpenr. 2292, 39 s.
- Hindar, A., Kroglund, F., Lydersen, E., Skiple, A. and Høgberget, R. 1995. Liming of wetlands in the acidified Røynealandsvatn catchment in southern Norway - effects on stream water chemistry. (Accepted Can. J. Fisheries. Aquat. Sci.).
- Kaste, Ø., Hindar, A., Kroglund, F., Blakar, I., Holmqvist, E., Brandrud, T.E. og Johansen, S.W. 1995. Tiltak mot forsuring av Suldalslågen. Kalkingsplan. NIVA, O-94236. 33 s + vedlegg.
- Kroglund, F., Finstad, B., Staurnes, M., Rosseland, B.O., Hektoen, H., van Berkum, T. og Iversen, M. 1995. Vannkvalitetskrav til laksesmolt: undersøkelse av smoltkvalitet i ulike vassdrag. DN-notat (til trykking).
- Langåker, R. 1992. Forsuringstilstanden i ulike vatn i kommunane Fjaler, Hyllestad og Gaular - med hovedvekt på Flekke- Guddalsvassdraget og Vassdalselva (Dalselva). Notat,
- Raddum, G.G. 1995. Undersøkelser av laks, aure og bunndyr i Guddalsvassdraget. Lab. for Ferskvannsekologi og Innlandsfiske, Bergen. Rapport nr. 87. 15 s.
- SFT, 1994. Overvåkning av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. Rapport 583/94. 271 s.
- Traaen, T.S., Frogner, T., Hindar, A., Kleiven, E., Lande, A. and Wright, R.F. 1995. Whole-catchment liming at Tjønnestrand, Norway: an 11-year record. (Subm. Water, Air, and Soil Pollut.).

## **Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3388-96

ISBN 82-577-2918-3