

582

OPPDRA GSMELDING

Rapport fra Reetableringsprosjektet:
Status for laksebestander
i kalkede vassdrag

Bjørn Ove Johnsen
Terje Nøst
Per Ivar Møkkelgjerd
Bjørn Mejdell Larsen



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning



NINA•NIKU
STIFTELSEN FOR NATURFORSKNING
OG KULTURMINNEFORSKNING

Direktoratet for naturforvaltning
Tungasletta 2
7485 Trondheim

DERES REF: 98/7812
Arts/MB
VÅR REF:333/317.2
STED:Trondheim
DATO: .12.03.99

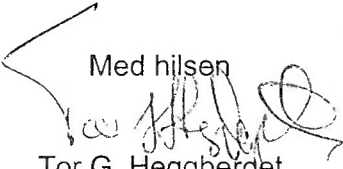
Rapport fra Reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag.

Vi viser til KONTRAKT ARTS NR 98040134 "Reetablering av laks i Tovdalselva og Mandalselva: Økologiske og genetiske undersøkelser" og til prosjektbeskrivelse fra NINA av 21.1.1998. Prosjektbeskrivelsen omtaler utforming av en statusbeskrivelse av lakseførende vassdrag som kalkes i dag. Hensikten med en slik statusbeskrivelse er å beskrive erfaringer som er gjort i ulike vassdrag slik at disse erfaringene kan danne grunnlag for det videre arbeid med reetablering av laksebestander i vassdrag som kalkes.

Rapporten har vært behandlet på flere møter i Styringsgruppa for Reetableringsprosjektet, senest i møte 26. og 27. januar d.å. Rapporten er nå trykket som NINA-Oppdragsmelding i et opplag på 500. Den vil bli distribuert til Fylkesmennenes miljøvernavdelinger og til lokale foreninger og lag som har bidratt med opplysninger til rapporten. Rapporten vil også bli presentert på et "Seminar om store kalkingsprosjekt 1999" i Førde 17. – 18. mars d.å.

Rapporten er trykket i et opplag på 500. Ti eksemplarer er vedlagt.

Med hilsen


Tor G. Heggberget
(forskningsjef)


Bjørn Ove Johnsen
(forsker)

NINA Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01

NINA
Dronningens gt. 13
Boks 736 Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 22 35 50 00
Telefax: 22 35 51 01

NINA forskningsstasjon
ImS
4300 SANDNES
Telefon: 51 67 24 70
Telefax: 51 67 24 71

NINA
Polarmiljøseneteret
9005 TROMSO
Telefon: 77 75 04 00
Telefax: 77 75 04 01

NINA•NIKU Hovedadm
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01

Rapport fra Reetableringsprosjektet:
Status for laksebestander
i kalkede vassdrag

Bjørn Ove Johnsen
Terje Nøst
Per Ivar Møkkelgjerd
Bjørn Mejdell Larsen

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befarringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttene prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper.

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I. & Larsen, B.M. 1999. Rapport fra Reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag. – NINA Oppdragsmelding 582: 1-79.

Trondheim, mars 1999

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1015-0

Forvaltningsområde:

Forurensning, bevaring av naturens mangfold

Pollution, Conservation of biodiversity

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 500

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7485 Trondheim

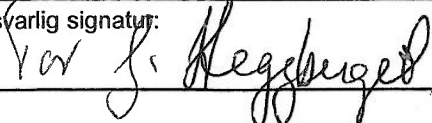
Tel: 73 80 14 00

Fax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13130 Reetablering/kalking

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I. & Larsen, B.M. 1999. Rapport fra Reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag. – NINA Oppdragsmelding 582: 1-79.

Målet med denne rapporten er å summere erfaringer fra laksevassdrag som kalkes mot forsurening, og bruke disse erfaringene i det videre arbeid med reetablering av laks- og sjøaurebestander. Rapporten beskriver utviklingen i 20 vassdrag i Agder-fylkene, Rogaland, Hordaland og Sogn & Fjordane.

Forsuringen av norske vassdrag har resultert i store skader på våre fiskebestander både i innsjøer og lakseførende vassdrag. Registrerte laksefangster i de store Sørlandselvene gikk sterkt tilbake i perioden omkring 1900 og i Rogaland ble det observert død laks og aure i flere elver i 1920. På samme tid ble også de første problemene med dødelighet på egg og nyklekt laksyngel registrert i klekkerier på Sørlandet, og dette ble satt i sammenheng med surt vann. De mest forsuringutsatte vassdragene ligger i Agder-fylkene. Her var bestanden av laks utryddet fra seks av sju vassdrag som omtales i denne rapporten (Arendalsvassdraget, Tovdalselva, Mandalselva, Audna, Lygna, Kvina). Men også i Sokndalselva og Frafjordelva i Rogaland og i Ynesdalsvassdraget i Hordaland og Sogn & Fjordane førte forsuringen til utryddelse av laksebestandene. I Bjerkreimselva i Rogaland var laksen utryddet fra store deler av vassdraget. I de fleste av vassdragene i Rogaland, Hordaland og Sogn & Fjordane var laksen truet, men ikke utryddet. I Ognå var bestanden av laks redusert uten å være direkte truet. Blant de vassdragene som omtales i denne rapporten var laksen utryddet i ni og delvis utryddet i ett av vassdragene. Sjøauren var ikke utryddet fra noen av vassdragene, men ble ansett som sterkt truet i ett vassdrag. Dette bekrefter at laksen er den mest forsuringfølsomme av de to artene.

Tiltak mot forsurening i form av kalking startet i klekkerier allerede for over 60 år siden. Likevel var det ikke før i 1960- og 1970-årene at kalking kom i gang for alvor gjennom dugnadsinnsats fra lag og foreninger. I 1979 ble det oppstartet et større kalkingsprosjekt, og i 1984 vedtok Direktoratet for naturforvaltning (DN) den første handlingsplanen for kalking. Kalking av laksevassdrag i større målestokk ble satt i gang i 1985, og nå drives det kalking i nær 20 vassdrag med tanke på å reetablere eller holde ved like en laksebestand.

Bevaring av biologisk mangfold er den overordnede målsettingen for kalkingsvirksomheten. Med bakgrunn i denne målsetting er det formulert biologiske mål og vannkvalitetsmål for kalking i det enkelte vassdrag. Disse målene har stor betydning for valg av strategi og gjennomføring av kalking. Biologisk mål og vann-

kvalitetsmål for kalking varierer en del fra vassdrag til vassdrag, og det synes å være et visst behov for oppdatering og samordning mellom de ulike vassdrag.

Kalking med kalkdoserer er den vanligste metoden for kalking av bekker og elver. Det er vanskelig å kalke rennende vann fordi vannføringen og vannkvaliteten kan endres raskt. De fleste doseringsanleggene som er utplassert i norske vassdrag styres etter vannføringen på en eller annen måte. Det kan være enkle og mindre nøyaktige systemer der det ikke kreves stor nøyaktighet, eller de kan være basert på nøyaktige vannføringsmålinger for styring av dosering. Det er imidlertid vanlig at vannkvaliteten varierer gjennom året. I forsurede elver uten innsjømagasiner kan slike endringer skje svært raskt, og i slike vassdrag vil som regel styring etter vannkvalitet være en mer optimal kalkingsstrategi. Innsjøkalking er også en vanlig brukt kalkingsmetode i vassdrag. Innsjøkalking foregår vanligvis ved at innsjøen kalkes direkte på overflaten eller den kalkes kontinuerlig via en innløpsbekk. Den mest vanlige metoden for kalking av innsjøer er kalking med båt. En tredje kalkingsmetode er terrengkalking. Dette er kalking av nedbørfeltet rundt en innsjø for eksempel og krever stor kalkdose og dyr spredning.

Kalkingen av norske vassdrag har så langt vært drevet etter en plan med gradvis opptrapping over flere år mot en situasjon med fullkalking. Så langt er bare to vassdrag (Vegårvassdraget og Vikedalselva) fullkalket i henhold til de oppsatte vannkvalitetsmål for reetablering av laks.

Effektene av kalking varierer fra vassdrag til vassdrag, men resultatene viser at det er mulig å oppnå stabile, gode vannkvaliteter med de metoder som anvendes. Det går igjen de fleste steder at det er nødvendig med en teknisk innkjøringsperiode for å oppnå den nødvendige stabilitet i vannkvaliteten. At bare to av vassdragene er "fullkalket" i henhold til vannkvalitetsmålet indikerer at denne innkjøringsperioden er for lang.

I enkelte vassdrag er vannkvaliteten fortsatt ustabil til tross for at kalkingen har pågått i mange år og atter andre vassdrag har perioder med direkte ugunstig vannkvalitet. Tilførsler av surt, aluminiumsrikt vann fra sidevassdragene kan skape blandsoner i elva som er svært giftige for fisk. Giftige blandsoner vil sannsynligvis lettere kunne unngås hvis man sprer kalkingen på flere punkter (kalking av sidevassdrag).

Kalkingen har fått laksungene tilbake i de aller fleste vassdragene selv om det enda er lave tettheter i de fleste vassdrag. At det er funnet høge eller "normale" tettheter foreløpig bare i tre vassdrag illustrerer at det tar tid før de ønskede resultater er oppnådd. Kalkingen har også brakt den voksne laksen tilbake til vassdragene, men fangstene har foreløpig vært små i de fleste vassdragene. Utsettinger av merket smolt i den

kalkede Audna har gitt svært stor feilvandring til andre vassdrag.

I mange vassdrag som kalkes settes det ut fisk. Antall utsatte fisk har variert fra vassdrag til vassdrag, men har gjennomgående vært lavt. Kun i ett vassdrag (Audna) kan utsettingene karakteriseres som betydelige, og bare i ett av årene (1990) ble det satt ut så mye fisk at det tilsvarte ca. halvparten av vassdragets midlere, opprinnelige smoltproduksjon. Basert på resultatene fra vassdragene som kalkes er det foreløpig vanskelig å si noe bestemt om hvilken betydning utsettinger har for reetableringsprosessen i vassdrag som kalkes. Tildels har det blitt satt ut svært lite fisk, og i tillegg er effekten av utsettingene gjennomgående dårlig dokumentert. Det er imidlertid sannsynlig at den noe raskere reetablering som vi synes å observere i enkelte vassdrag kan ha sammenheng med utsetting av fisk. Eksemplet fra Vikedalselva viser at utsettinger ikke er nødvendig for å få full reetablering i et vassdrag hvor deler av bestanden er intakt, og eksemplet fra Sokndalselva viser at det heller ikke er nødvendig å sette ut fisk hvor bestanden av laks var utryddet for å få til fullstendig reetablering. Spørsmålet er imidlertid om vi ville fått raskere reetablering dersom det hadde blitt satt ut fisk, f.eks. betydelige antall smolt, i disse vassdragene?

Vi har foreslått bruk av en indeks for reetablering som et enkelt hjelpemiddel for å si noe om hvor langt reetableringsprosessen er kommet i det enkelte vassdrag. Indeksen er basert på tetthet av ungfisk og fangst av laks i vassdraget samme år. En serie med slike "indekser" vil kunne brukes som et uttrykk for stabiliteten i reetableringen.

I vassdrag hvor målet kun er å kalke med tanke på sjøauren og hvor kalkingsmålet derfor er satt lavere enn for laks som f.eks. Lygna og Kvina, har vi liten grad av reetablering av laks. I Arendalsvassdraget hvor kalkingsmålet er "på sikt å gjøre forholdene levelige for laks" og hvor det har vært en gradvis opptrapping av kalkingen lokalt med kalking av Nisser i 1996 og Fyresvatn i 1997, har vi foreløpig ingen reetablering av laks. I Audna har kalkingen de senere år medført en jevnt over stabil, gunstig vannkvalitet i vassdraget, men på grunn av tilførsler av surt vann fra sidefeltene, kan ustabil vannkvalitet forekomme. Også i Ynnesdalsvassdraget hvor kalking kom igang i 1989, har reetableringen gått sakte på den 6 km lange lakseførende strekningen. Dette skyldes at vannkvaliteten på denne strekningen har vært sterkt påvirket spesielt av et stort sidevassdrag som fører surt vann. Det er foreløpig bare Sokndalselva og Vikedalselva som kan betraktes som fullstendig reetablerte. I begge vassdragene har reetableringen skjedd gradvis over en 10-års periode uten utsettinger. I Sokndalselva var den stedegne laksestammen utryddet, og det er foreløpig uvisst hvor godt tilpasset den nyetablerte stammen i vassdraget er.

Resultatene fra de norske vassdragene viser at dersom målet om reetablering av laks skal kunne nås må følgende forutsetninger være oppfylt:

- kalkingsmålet må være innrettet mot laks
- kalkingsstrategien må være tilpasset forholdene i det enkelte vassdrag
- kalkingen må gjennomføres med god driftskontroll og på en slik måte at den resulterer i stabil forbedring av vannkvaliteten.

Avslutningsvis har vi på bakgrunn av de erfaringer som er framkommet fra de kalkede vassdragene, pekt på en del sentrale områder hvor det er nødvendig å styrke kunnskapsgrunnlaget for å øke suksessen med reetablering av laks. Disse områdene er:

- krav til vannkvalitet i smoltutvandringsperioden
- betydningen av "blandsoner" (sidebekker, sidevassdrag, munningsområder/brakkvannsområder) både for ungfisk, smolt og gytefisk
- kalkingsstrategier og blandsoner
- bedre dokumentasjon av effekter av utsetting av ulike stadier (egg, uforet yngel, settefisk) endrede konkurranseforhold laks-aure
- feilvandring hos tilbakevandrende laks – mekanismer
- kan reetableringsprosessen aksellereres ved storstilte utsettinger av f.eks. smolt og hva fører en slik utsettingsstrategi til med hensyn på lokal tilpasning hos den "nye" stammen?
- hvor lang tid tar det å etablere tilpasninger til f.eks. optimalt smoltutvandringstidspunkt, gytetidspunkt, størrelsesfordeling hos den "nye" stammen?
- kan lokale tilpasninger "styres" ved f.eks. utsetting av stammer som er antatt å ha de ønskede egenskaper?
- vassdragets bæreevne. Hva er optimal ungfisktetthet/smoltproduksjon og hva er forventet fangst av laks?

Erneord: Laks – sjøaure – forsuring – kalking – vannkvalitet – reetablering – elv – utsetting.

Bjørn Ove Johnsen, Terje Nøst, Per Ivar Møkkelgjerd & Bjørn Mejdell Larsen, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Abstract

Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I. & Larsen, B.M. 1999. Report from the reestablishment project: Status for Atlantic salmon populations in limed rivers. – NINA Oppdragsmelding 582: 1-79.

The main goal with this report is to summarize experiences from salmon rivers that are being limed to compensate for the impact of acidification and to use these experiences in further work to reestablish Atlantic salmon and anadromous brown trout populations. The report describes the development in 20 rivers sited in the counties Aust- and Vest-Agder, Rogaland, Hordaland and Sogn & Fjordane.

Acidification of Norwegian watercourses has resulted in extensive damage to our fish stocks both in lakes and in salmon rivers. Registered catches in the large salmon rivers of the counties Aust- and Vest-Agder decreased dramatically around 1900, and in the county of Rogaland, dead Atlantic salmon and brown trout were observed in several rivers in 1920. At the same time, the first problems with mortality among eggs and newly hatched fry appeared in hatcheries in this part of the country. These were connected to acid water. The most acidified rivers were sited in the counties of Aust- and Vest-Agder. In these counties, salmon populations were exterminated in six of the seven rivers mentioned in this report (Arendalsvassdraget, Tovdalselva, Mandalselva, Audna, Lygna, Kvina). Acidification also led to extermination of the salmon populations in the rivers Sokndalselva and Frafjordelva in the county of Rogaland and in the river Ynnesdalsvassdraget, which is sited in the counties of Hordaland and Sogn & Fjordane. In the river Bjerkreimselva in the county of Rogaland, the salmon were exterminated from large parts of the watercourse. In most of the other rivers of the counties Rogaland, Hordaland and Sogn & Fjordane, the Atlantic salmon were threatened, but not exterminated. In the river Ognå, the salmon stock was reduced without being directly threatened. Among the rivers which are mentioned in this report the salmon were exterminated from nine of them and partly exterminated from another. The anadromous brown trout were not exterminated from any of the rivers, but were regarded as strongly threatened in one river. This confirms that Atlantic salmon is the species most sensitive to acidification.

Compensatory efforts against acidification, such as liming began in hatcheries more than 60 years ago. In spite of this, it was not until the 1960 and 1970 that liming seriously began through voluntarily efforts by local associations. In 1979, a large liming program was started and in 1984, the first action plan for liming was presented by the Directorate for Nature Management. Liming of salmon rivers on a large scale was

started in 1985 and now liming is conducted in about 20 rivers in an attempt to reestablish or maintain salmon populations.

Conservation of biodiversity is the primary goal of the liming activity. Based on this main goal, both biological goals and water quality goals were formulated for each river. These goals play a significant role in the choice of strategy and approach to liming. Biological and water quality goals for liming vary from river to river, and there appears to be a need for updating and coordination among the different rivers.

Liming with a lime feeder is the most common method for streams and rivers. It is difficult to lime running water, because the volume of flow and water quality may change quickly. Most lime feeders which are placed in Norwegian rivers are controlled by the volume of flow in one way or another. The systems may be simple or they may be based on accurate measures of flow volume that control the feeder. It is, however, quite common that the water quality varies throughout the year. In acid rivers without lakes such changes may take place very fast, and in such rivers, control by water quality will be a better liming strategy. Liming of lakes is also a common method in watercourses. Liming of lakes usually involves direct application to the water surface or via an inlet stream. The most common liming method in lakes is by boat. A third liming method involves application to soils, though liming of the catchment area around a lake requires a lot of calcium and spreading is expensive.

Liming of Norwegian rivers so far has been carried out according to a plan which gradually escalates through several years towards a situation of full-scale liming. So far, only two rivers (Vegårvassdraget and Vikedalselva) are limed on a full-scale in accordance to the water quality goals for reestablishing Atlantic salmon.

The effects of liming vary from river to river, but the results show that it is possible to attain stable, good water qualities with the methods that are used. Experience shows that in most cases it is necessary to incorporate a technical run-up period to achieve the necessary stability in water quality. The fact that only two rivers are being limed fullscale according to the water quality goal, indicates that this run-up period is too long.

In some rivers the water quality is still unstable in spite of all the liming that has been going on for many years and in other rivers there are periods of unfavourable water quality. Infusion of acid water, rich in aluminium from tributaries may create blending zones that are very poisonous to fish. Poisonous blending zones probably will be avoided more easily if the liming is spread to more localities within the watercourse (liming of tributaries).

Liming has brought Atlantic salmon parr back into most rivers, but the densities remain low in most cases. High or "normal" densities have so far been registered in only three rivers, and this illustrates that it takes time to achieve the goals. Liming has also brought the adult salmon back to the rivers, but the catch has still been very small in most rivers. Stocking of Carlin-tagged smolts in the limed river Audna has led to a large number of strays to other rivers.

Fish are being released in many of the limed rivers. The number of released fish has varied from river to river, but has been low on the whole. Only in one river (Audna) can stocking be characterized as considerable, and only for one of the years; in 1990 the number of fish released corresponded to half of the original average yearly smolt production in the river. Based on the results from the limed rivers so far, it is hard to tell how effective stocking is for reestablishing fish in limed rivers. Few fish have been released and in addition, the effects of stocking are, on the whole, poorly documented. It is, however, likely that the somewhat faster reestablishment of fish that we observe in some rivers may be related to stocking. The example from the river Vikedalselva shows that it is not necessary to release fish to achieve full reestablishment in a river where part of the stock is intact, and the example from the river Sokndalselva shows that stocking is not necessary to achieve full reestablishment in a river where the stock was exterminated. The question, however, is whether we would have had faster reestablishment if, for example, considerable numbers of smolts had been released in these rivers.

We have suggested the use of an index for reestablishment as a simple tool to describe how far the reestablishment process has come in a river. The index is based on the density of young fish and the catch of salmon in the river during the same year. A set of such indices may provide an expression of the stability of the reestablishment.

In rivers where the main goal of liming is to reestablish anadromous brown trout, and therefore is lower than that for reestablishing Atlantic salmon, as for example in the rivers Lygna and Kvina, we have had a small degree of reestablishment of salmon. In the river Arendalsvassdraget where the long term goal of liming is to make the conditions suitable for salmon and where a gradual increase in liming has taken place in the large lakes Nisser in 1996 and Fyresvatn in 1997, we have so far seen no reestablishment of salmon. In the river Audna, liming in the later years has led to an overall stable, suitable water quality in the river, but because of supplies of acid water from tributaries unstable water quality may still occur. Also in the river Ynnesdalsvassdraget where liming was started in 1989, reestablishment has taken time on the 6 km long stretch of the river to which salmon have access.

The water quality on this stretch has been strongly influenced by a large tributary which carries acid water. So far only the rivers Sokndalselva and Vikedalselva may be considered as fully reestablished. In both rivers the reestablishment has taken place over a ten year period in the absence of fish stocking. In the River Sokndalselva the local salmon were exterminated and so far it is uncertain how well adapted the new salmon population is.

The results from the Norwegian rivers show that to achieve the goal of reestablishment of Atlantic salmon the following conditions must be fulfilled:

- the goal for the liming must be adjusted to salmon
- the liming strategy must be adapted to the local river conditions
- the liming must be conducted with good control and in such a way that it results in a stable improvement of the water quality

Finally, based on the experiences from the limed rivers, we have pointed out some important fields where it is necessary to strengthen the knowledge to increase the success of reestablishment of salmon. These fields are:

- water quality criteria during the smolt run
- the significance of blending zones (tributaries, estuaries) to young fish, smolts and ascending fish.
- liming strategy and blending zones
- improvement in the documentation of the effects of stocking of different stages (eggs, unfed fry, fingerlings)
- changes in competition between salmon and brown trout
- straying among returning adult salmon - mechanisms
- is it possible to accelerate the reestablishment process by large stockings of, for example, smolt, and what would this lead to regarding local adaptation in the new stock?
- how long will it take to establish local adaptations, for example, timing of smolt migration, timing of spawning and age structure in the new stock?
- is it possible to manage for local adaptations by releasing stocks which are supposed to have the requested characteristics?
- the carrying capacity of the river. What is the optimum density of young fish/smolt production, and what is the expected catch of ascending salmon?

Key words: Atlantic salmon, Anadromous brown trout, acidification, liming, water quality, reestablishment, stocking.

Bjørn Ove Johnsen, Terje Nøst, Per Ivar Møkkelgjerd & Bjørn Mejdell Larsen, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N - 7485 Trondheim, Norway.

Forord

Prosjektet Reetablering av laks i Tovdalselva og Mandalselva: Økologiske og genetiske undersøkelser, kom igang i 1996 på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning. I forbindelse med dette prosjektet ble det foreslått å samle erfaringer om reetablering av laks fra de vassdrag som allerede kalkes. Arbeidet med å utforme en statusbeskrivelse av de aktuelle vassdrag kom i gang i 1997, og ble videreført i 1998. Det har bestått i innsamling av opplysninger om effekter av forsuring, kalkingsstrategi, effekter av kalking, utsetting av fisk og fangststatistikk fra det enkelte vassdrag. DN's rapporter om overvåkingsvirksomheten i vassdragene har vært viktige kilder, og i tillegg har en rekke personer ved Fylkesmannens miljøvern-avdelinger, i lokale elveeierlag, kultiveringsanlegg og fiskeforeninger bidratt med opplysninger om de ulike vassdrag. Forfatterne takker alle for velvillig bistand.

Under behandlingen av det enkelte vassdrag har vi forsøkt også å få fram betydningen av andre faktorer enn forsuring og kalking for utviklingen av laksebestanden i vassdraget. Det kan være faktorer som for eksempel vassdragsreguleringer, jordbruksforurensning, bygging av fisketrapper og oppgang av oppdrettslaks i vassdraget. Tilgjengelige opplysninger om disse forhold varierer imidlertid mye fra vassdrag til vassdrag, og dette vanskeliggjør en fullstendig ensartet behandling av vassdragene. De konklusjoner og synspunkter som kommer fram i utredningen må derfor betraktes som innlegg i en diskusjon som skal bringe oss et skritt videre mot en optimal reetableringsstrategi for forsuringsskadede laksevassdrag.

Utredningen er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning og Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim 5. mars 1999

Bjørn Ove Johnsen
prosjektleder

Innhold

Referat	3
Abstract	5
Forord	7
1 Innledning	9
2 Det enkelte vassdrag	9
2.1 Vegårvassdraget (Storelva) – vassdragsnr. 018.Z	9
2.1.1 Vassdragsbeskrivelse	9
2.1.2 Effekter av forsuring	9
2.1.3 Kalkingsstrategi	11
2.1.4 Effekter av kalking	11
2.1.5 Utsettinger av fisk	12
2.1.6 Oppsummering Vegårvassdraget	12
2.2 Arendalsvassdraget (Nidelva, Nisserelva) – vassdragsnr. 019.Z	12
2.2.1 Vassdragsbeskrivelse	12
2.2.2 Effekter av forsuring	12
2.2.3 Kalkingsstrategi	13
2.2.4 Effekter av kalking	14
2.2.5 Utsetting av fisk	14
2.2.6 Oppsummering Arendalsvass- draget	14
2.3 Tovdalselva – vassdragsnr. 020.Z	14
2.3.1 Vassdragsbeskrivelse	14
2.3.2 Effekter av forsuring	15
2.3.3 Kalkingsstrategi	15
2.3.4 Effekter av kalking	15
2.3.5 Utsetting av fisk	15
2.3.6 Oppsummering Tovdalselva	16
2.4 Mandalselva – vassdragsnr. 022.Z	17
2.4.1 Vassdragsbeskrivelse	17
2.4.2 Effekter av forsuring	17
2.4.3 Kalkingsstrategi	17
2.4.4 Effekter av kalking	18
2.4.4 Utsetting av fisk	19
2.4.5 Oppsummering Mandalselva	19
2.5 Audna – vassdragsnr. 023.Z	20
2.5.1 Vassdragsbeskrivelse	20
2.5.2 Effekter av forsuring	20
2.5.3 Kalkingsstrategi	21
2.5.4 Effekter av kalking	21
2.5.5 Utsettinger av fisk	22
2.5.6 Oppsummering Audna	23
2.6 Lygna – vassdragsnr. 024.Z	23
2.6.1 Vassdragsbeskrivelse	23
2.6.2 Effekter av forsuring	24
2.6.3 Kalkingsstrategi	24
2.6.4 Effekter av kalking	25
2.6.5 Utsettinger av fisk	25
2.6.6 Oppsummering Lygna	26
2.7 Kvina – vassdragsnr. 025.Z	27
2.7.1 Vassdragsbeskrivelse	27
2.7.2 Effekter av forsuring	27
2.7.3 Kalkingsstrategi	27
2.7.4 Effekter av kalking	28
2.7.5 Utsettinger av fisk	28
2.7.6 Oppsummering Kvina	28
2.8 Sokndalselva – vassdragsnr. 026.4Z	28

2.8.1	Vassdragsbeskrivelse	28	2.16.6	Oppsummering Rødneelva.....	46
2.8.2	Effekter av forsurening	28	2.17	Vosso – vassdragsnr. 062.Z	46
2.8.3	Kalkingsstrategi.....	29	2.17.1	Vassdragsbeskrivelse	46
2.8.4	Effekter av kalking.....	29	2.17.2	Effekter av forsurening	46
2.8.5	Utsettinger av fisk	30	2.17.3	Kalkingsstrategi	47
2.8.6	Oppsummering Sokndalselva.....	30	2.17.4	Effekter av kalking	48
2.9	Bjerkreimsvassdraget (Tengs - Bjerkreimselva) – 027.Z.....	30	2.17.5	Utsettinger av fisk.....	48
2.9.1	Vassdragsbeskrivelse	30	2.17.6	Oppsummering Vosso	48
2.9.2	Effekter av forsurening	31	2.18	Ekso – vassdragsnr. 063.Z	48
2.9.3	Kalkingsstrategi.....	31	2.18.1	Vassdragsbeskrivelse	48
2.9.4	Effekter av kalking.....	32	2.18.2	Effekter av forsurening	49
2.9.5	Utsettinger av fisk	32	2.18.3	Kalkingsstrategi	49
2.9.6	Oppsummering Bjerkreimselva.....	32	2.18.4	Effekter av kalking	50
2.10	Ogna – vassdragsnr. 027.6Z	33	2.18.5	Utsettinger av fisk.....	50
2.10.1	Vassdragsbeskrivelse	33	2.18.6	Oppsummering Ekso.....	50
2.10.2	Effekter av forsurening	33	2.19	Ynnesdalsvassdraget (Frøysetelva) – vassdragsnr. 067.6Z	50
2.10.3	Kalkingsstrategi.....	33	2.19.1	Vassdragsbeskrivelse	50
2.10.4	Effekter av kalking.....	33	2.19.2	Effekter av forsurening	51
2.10.5	Utsetting av fisk.....	34	2.19.3	Kalkingsstrategi	51
2.10.6	Oppsummering Ogna.....	35	2.19.4	Effekter av kalking	51
2.11	Frafjordelva – vassdragsnr. 030.Z.....	35	2.19.5	Utsettinger av fisk.....	52
2.11.1	Vassdragsbeskrivelse	35	2.19.6	Oppsummering Ynnesdalsvassdraget	52
2.11.2	Effekter av forsurening	35	2.20	Flekk-Guddalsvassdraget – vassdragsnr. 082.Z	52
2.11.3	Kalkingsstrategi.....	36	2.20.1	Vassdragsbeskrivelse	52
2.11.4	Effekter av kalking.....	37	2.20.2	Effekter av forsurening	52
2.11.5	Utsettinger av fisk	37	2.20.3	Kalkingsstrategi	53
2.12	Espedalselva (Mæleelva, Helleelva) – 030.4Z.....	37	2.20.4	Effekter av kalking	53
2.12.1	Vassdragsbeskrivelse	37	2.20.5	Utsettinger av fisk.....	54
2.12.2	Effekter av forsurening	38	2.20.6	Oppsummering Flekke- Guddalsvassdraget	54
2.12.3	Kalkingsstrategi.....	38	3	Oppsummering av resultater fra ulike vassdrag	54
2.12.4	Effekter av kalking.....	38	3.1	Effekter av forsurening	54
2.12.5	Utsettinger av fisk	38	3.2	Kalkingsmål	55
2.12.6	Oppsummering Espedalselva	39	3.2.1	Biologisk mål for kalking.....	58
2.13	Lyseelva – vassdragsnr. 031.Z.....	39	3.2.2	Vannkvalitetsmål for kalking.....	59
2.13.1	Vassdragsbeskrivelse	39	3.3	Kalkingsmetoder.....	60
2.13.2	Effekter av forsurening	40	3.4	Effekter av kalking	60
2.13.3	Kalkingsstrategi.....	40	3.5	Utsettinger	60
2.13.4	Effekter av kalking.....	41	3.6	Reetablering	63
2.13.5	Utsettinger av fisk	41	4	Diskusjon	64
2.13.6	Oppsummering Lyseelva	41	4.1	Effekter av forsurening	64
2.14	Jørpelandselva – vassdragsnr. 032.Z.....	41	4.2	Kalkingsmål	64
2.14.1	Vassdragsbeskrivelse	41	4.2.1	Biologisk mål for kalking	65
2.14.2	Effekter av forsurening	41	4.2.2	Vannkvalitetsmål for kalking	65
2.14.3	Kalkingsstrategi.....	41	4.3	Kalkingsmetoder.....	66
2.14.4	Effekter av kalking.....	41	4.4	Effekter av kalking	67
2.14.5	Utsettinger av fisk	42	4.5	Utsettinger	68
2.14.6	Oppsummering Jørpelandselva	42	4.6	Reetablering	69
2.15	Vikedalselva – 038.Z.....	42	5	Konklusjon	71
2.15.1	Vassdragsbeskrivelse	42	6	Referanser	72
2.15.2	Effekter av forsurening	43			
2.15.3	Kalkingsstrategi.....	43			
2.15.4	Effekter av kalking.....	44			
2.15.5	Utsettinger av fisk	44			
2.15.6	Oppsummering Vikedalselva	44			
2.16	Rødneelva (Sandeidelva) – vassdragsnr. 038.3Z	44			
2.16.1	Vassdragsbeskrivelse	44			
2.16.2	Effekter av forsurening	45			
2.16.3	Kalkingsstrategi.....	45			
2.16.4	Effekter av kalking.....	45			
2.16.5	Utsettinger av fisk	46			

1 Innledning

Forsuringen av norske vassdrag har resultert i store skader på våre fiskebestander både i innsjøer og lakseførende vassdrag (Overrein et al. 1980). Beregninger utført ved Det norske meteorologiske institutt viser at overskridelser av naturens tålegrense i de mest følsomme områdene i Sør-Norge sannsynligvis skjedde så tidlig som før 1880. Registrerte laksefangster i de store Sørlandselvne gikk sterkt tilbake i perioden omkring 1900 (Direktoratet for naturforvaltning 1995). I Mandalselva og Kvina i Vest-Agder ble det i perioden 1911–21 rapportert om flere episoder med betydelig fiskedød av voksen laks (Jensen & Snekvik 1972). I Rogaland ble det observert død laks og aure i flere elver i 1920 (Huitfeldt-Kaas 1922). På samme tid ble også de første problemene med dødelighet på egg og nyklekt laksyngel registrert i klekkerier på Sørlandet, og dette ble satt i sammenheng med surt vann (Dahl 1927). Men det var ikke før på 1950-tallet at forsuringen og tapet av fiskebestandene på Sørlandet ble relatert til langtransporterte forurensninger (Dannevig 1959). Det årlige tapet av laks i Norge på grunn av sur nedbør er anslått å være mellom 345 og 1150 tonn. I alt ble 25 elver vurdert til å ha tapt sine laksebestander helt eller delvis på grunn av forsuring (Hesthagen & Hansen 1991).

Tiltak mot forsuring i form av kalking startet i klekkerier allerede for over 60 år siden. Rundt midten av 1930-årene hadde de fleste av klekkeriene i de mest forsuringbelastede områdene installert kalkfilter. Likevel var det ikke før i 1960- og 1970-årene at kalking kom i gang for alvor gjennom dugnadsinnsats fra lag og foreninger. I 1979 ble det startet et større kalkingsprosjekt med fem års varighet (Baalsrud et al. 1985). En håndbok i kalking av surt vann ble også utarbeidet gjennom kalkingsprosjektet (Hindar 1985). Den beskriver planlegging og gjennomføring av kalking, doserings- og spredningsteknikker, kalktyper, beregning av kalkmengde og kalkingsøkonomi.

Med erfaringer fra kalkingsprosjektet er det fra 1983 ytet statlig tilskudd til kalking av sure vann og vassdrag, og i 1984 vedtok Direktoratet for naturforvaltning (DN) den første handlingsplanen for kalking. I 1990 kom handlingsplan nr. 2 og i 1995 kom handlingsplan for kalkingsvirksomheten i Norge mot år 2000 (Direktoratet for naturforvaltning 1995). En revidert handlingsplan for kalking for perioden 1999-2002 (DN 1998) er nå sendt ut på høring.

Denne rapporten, som inkluderer data til og med 1997, tar sikte på å gi en beskrivelse av utviklingen før og etter kalking i lakseførende vassdrag som kalkes i dag. Målet med denne oppsummeringen er å lære av erfaringer som er gjort, og bruke disse erfaringene i det videre arbeid med reetablering av laksebestander.

2 Det enkelte vassdrag

Figur 2.1 gir en oversikt over Sør-Norge med vassdragene.

2.1 Vegårvassdraget (Storelva) – vassdragsnr. 018.Z

2.1.1 Vassdragsbeskrivelse

Vegårvassdraget ligger i Aust-Agder og Telemark fylker og har et nedbørfelt på 466 km². Vassdraget renner ut i Sandnesfjorden nordvest for Tvedestrand. Gjennomsnittlig middelvannføring er 13,2 m³/s. Det er ingen reguleringsinngrep i vassdraget.

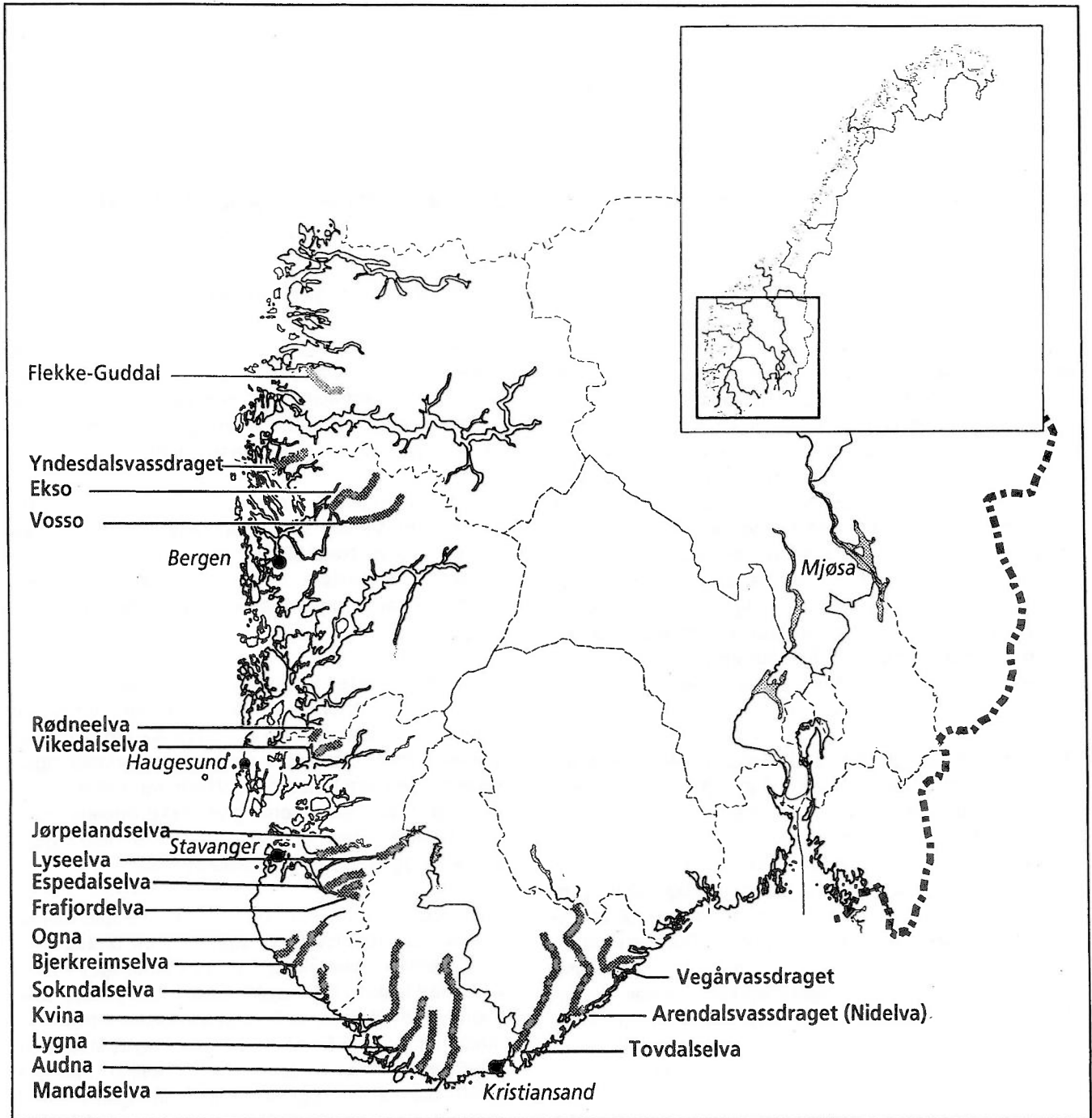
Vassdraget har sitt utspring i heiområdene nord og nordøst for Vegår, som med sine 18 km² er feltets største innsjø. Nedbørfeltet inneholder ellers et stort antall mindre innsjøer, hvorav 3 har arealer større enn 1 km². Vegår er også feltets dypeste innsjø, nær 200 m dyp.

Årsnedbøren øker fra kysten og innover, fra ca. 900 mm i ytre strøk til ca. 1300 mm i indre strøk. Geologien i området består av tungt forvitrende grunnfjellsbergarter. Den store sørlandske forkastningslinje skjærer gjennom feltet, med Vegår sentralt beliggende i denne. I nord dominerer granittiske gneiser, mens i sør opptrer ulike gneiser. Løsmassedekningen er sparsom og konsentrert til dalbunnene.

Laks og sjøaure kan gå opp til Hauglandsfossen ovenfor Ubergsmoen, en strekning på omlag 15 km. Vannkjemisk overvåking i Vegårvassdraget i forbindelse med kalking har pågått siden 1985 (Kaste 1997). I Storelva er det foretatt ungfiskregistreringer på 3-6 stasjoner i noen år på 1990-tallet, og resultatene fra 1995 er publisert i Kaste et al. (1998a). Fra høsten 1996 ble det i regi av NINA igangsatt en årlig overvåking av ungfisk i Storelva (Larsen 1998a).

2.1.2 Effekter av forsuring

Fangstene av laks og sjøaure har vært svært lave og tilfeldige gjennom de siste hundre årene (figur 2.1.2a). Det er ikke rapportert om fangster i periodene 1880-1909 og 1932-70. Etter 1970 ble det igjen fanget laks og sjøaure (figur 2.1.2b). Status for den opprinnelige stedeagne laksebestanden i Storelva er usikker. I følge Sivertsen (1989) betraktes den opprinnelige stedeagne bestanden som utdødd, men sjøaurebestanden finnes fortsatt selv om den er redusert.



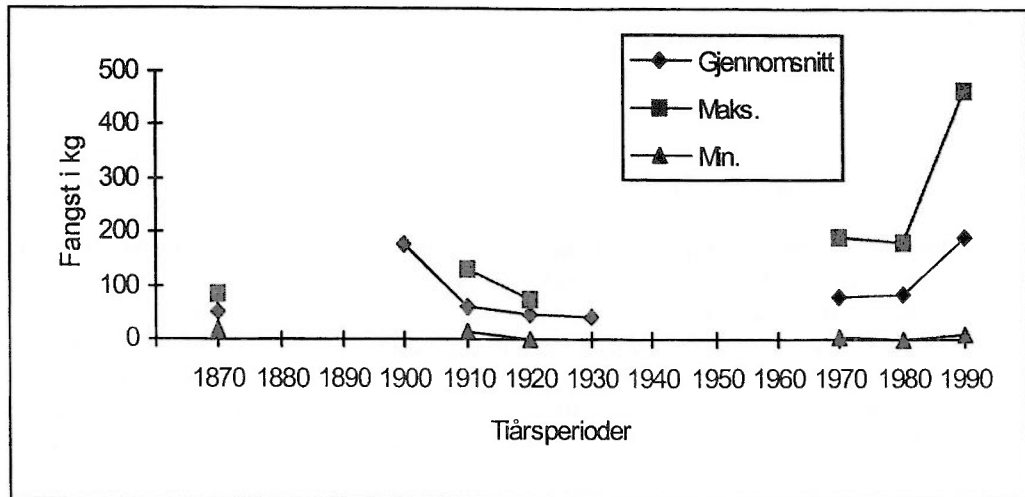
Figur 2.1. Oversiktskart over Sør – Norge med vassdragene.

I henhold til Anon. (1994a) hadde Storelva fortsatt oppgang av laks før kalking, men det er usikkert om dette var rester av den opprinnelige bestanden eller tilfeldig oppvandring. I en beskrivelse av vannkjemien i vassdraget i 1993 uttaler Kaste & Hindar (1995) at det er tvilsomt om vannkvaliteten i Storelva er tilstrekkelig for å sikre en reproduserende laksestamme. I DN's kategoriseringssystem er imidlertid bestanden av laks kategorisert som sårbar og ikke som utryddet (Anon. 1995). Genetiske undersøkelser av laks innsamlet i Storelva i 1996 viser at laksen likner på laksen i det nærliggende Skiensvassdraget (Hindar & Johnsen 1998). Dette er forenlig med at det har vært en naturlig

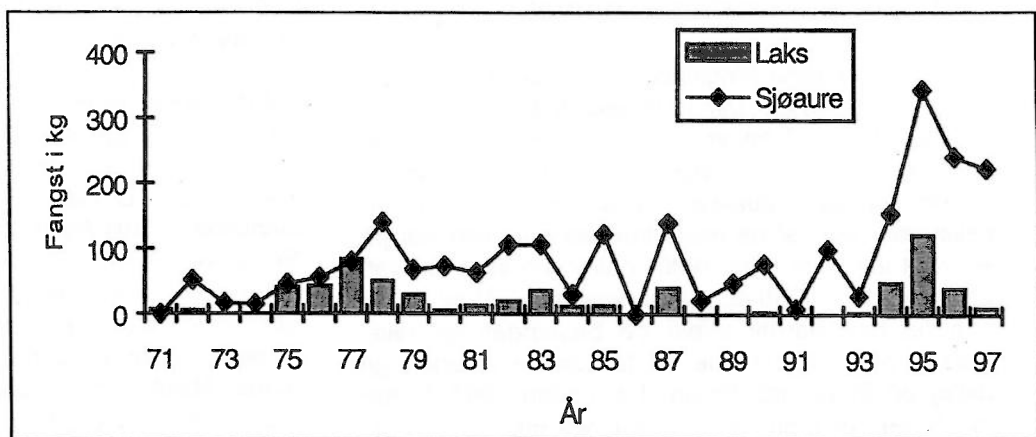
restbestand der, men ikke noe bevis for at bestanden aldri døde ut.

Økende forurening har også forårsaket en sterkt nedgang i fiskebestandene i innsjøen Vegår på begynnelsen av 1980-tallet (Låbee-Lund 1985).

Figur 2.1.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Storelva i tidsrommet 1876-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk). Det er ikke rapportert fangster i periodene 1880-1990 eller 1932-70. Fangstene i 1910 og 1931 er de eneste i sine perioder.



Figur 2.1.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Storelva i perioden 1971-97 (Norges Offisielle Statistikk).



2.1.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av fisk i Vegår. Vannkvalitetsmål: I den lakseførende delen (Storelva) skal pH være 6,5 i perioden 15.2-15.6 og 6,2 ellers i året (Kaste 1998a).

Innsjøkalking i Vegår har pågått siden 1985. I 1986 ble et kalkdoseringsanlegg i Vegårvasselva satt i drift. Denne dosereren skal vedlikeholde østre del av Vegår. Selve Storelva er kalket med egen doserer ved Hauglandsfossen siden 1996. Kalkingsplanen er i henhold til Hindar (1990).

2.1.4 Effekter av kalking

I Storelva nedstrøms Hauglandsfossen ble det i 1996 ikke målt pH under 6,0 etter at kalkingen ble igangsatt våren 1996 (Kaste 1997a). I 1997 lå pH-verdiene noe over de fastsatte målene, som følge av at det i perioder har foregått overdosering fra anlegget ved Hauglandsfossen (Kaste 1998a). Etter kalking har konsentrasjonene av labilt aluminium blitt målt i nivået 10-20 µg/l i 1996 og enda lavere i 1997 (< 5 µg/l).

Dette er konsentrasjoner som innebærer at det er liten til moderat fare for skade på laks i smoltfiseringsperioden om våren (Kroglund et al. 1994, Staurnes et al. 1995, Hindar et al. 1997a).

Ungfiskundersøkelser ble foretatt på 10 stasjoner i lakseførende del av vassdraget høsten 1996 (Larsen 1997a). Det ble funnet laks på samtlige stasjoner, men tetthetene varierte. Tetthetene var lav ovenfor Ubergsmoen (< 5 individer per 100 m²), moderat mellom Ubergsvatn og Nes Verk (20-40 individer per 100 m²) og tildels høy på strekningen nedenfor Nes Verk (60-80 individer per 100 m²). I 1997 ble noenlunde tilsvarende nivåer påvist (Larsen 1998a). Det er også tidligere på 1990-tallet fanget laksunger på samtlige stasjoner fra Saglia til Angelstad (Kaste et al. 1998a). Men i motsetning til 1996 og 1997 da det ble registrert høye tettheter av laksyngel på hele strekningen opp til Nes Verk, er det tidligere særlig nedenfor Fosstveit at innslaget av laksunger har vært stort (Kaste 1994).

Laks har kommet inn i fangstene utover 1990-tallet (figur 2.1.2b), sannsynligvis som en respons på bedret vannkvalitet. I 1998 var det pr. 9.11. innrapportert 148 kg laks fra Storelva (D. Matzow, Fylkesmannen i Aust-Agder pers. medd.).

Kalkingen av Storelva er ennå i startfasen, og eventuelle effekter for laksen med mer stabile og økende fangster vil avspeile seg i årene som kommer.

2.1.5 Utsettinger av fisk

Det ble satt ut noe laks og sjøaure (sannsynligvis fra Grenland Sportsfiskerforenings klekkeri) tidlig på 1980-tallet (Dag Matzow pers.medd.). Det foregår ingen utsetting av laks eller sjøaure i vassdraget i dag.

Materialet fra 19 hannfisk er tatt vare på i genbanken (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers.medd.).

2.1.6 Oppsummering Vegårvassdraget

Det er ingen reguleringsinngrep i vassdraget. Forsuring forårsaket en sterk nedgang i fiskebestandene i innsjøen Vegår på begynnelsen av 1980-tallet. Status for den opprinnelig, stedege laksestammen er usikker og sjøaurebestanden er redusert. Fangststatistikken viser at de årlige fangstene av laks var på et svært lavt nivå etter 1980. Kalkingen som ble satt igang i Vegår i 1985 og i Vegårvasselva i 1986 ser ut til å ha hatt positiv effekt på bestanden av laks. Naturlig nok tok det noe tid før denne effekten ga utslag på fangststatistikken. I perioden 1988-93 var den årlige fangsten av laks nær null mens vi fikk en økning i 1994. Dersom vi antar at gytingen i 1986 ga større overlevelse enn tidligere på grunn av kalkingen og antar en smoltalder på 2 år, så kan vi tenke oss at disse kom tilbake som en noe sterkere gytefisk-årsklasse i 1990 som igjen ga opphav til fangst-økningen i 1994. Ungfiskundersøkelsene indikerer at reetableringen har tatt tid fordi vassdraget ikke har vært fullkalket. Med fullkalking på hele den lakseførende strekningen fra og med 1997, er det grunn til å forvente en ytterligere gradvis økning i laksefangstene.

2.2 Arendalsvassdraget (Nidelva, Nisserelva) – vassdragsnr. 019.Z

2.2.1 Vassdragsbeskrivelse

Arendalsvassdraget har sine kildeområder i Telemark fylke med de store innsjøene Nisser, Vråvatn, Fyresvatn og Nesvatn. Nisser er den største innsjøen med et areal på 77 km². Tilførselene fra alle disse områdene løper sammen nord for Åmli i Aust-Agder fylke. Totalt nedbørfelt er 4 025 km² og gjennomsnittlig middelvannføring er 115 m³/s. Vassdraget er sterkt berørt av kraftutbygging, noe som preger de hydrologiske

forhold i de fleste vassdragsavsnitt. Mellom Nisser og sjøen er det flere elvekraftverk.

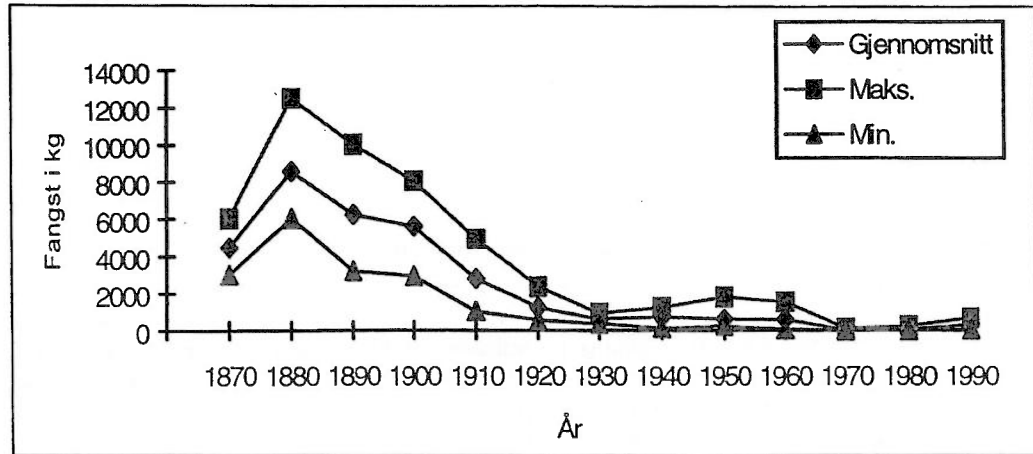
Nelaug sør for Åmli er en stor utvidelse av elva og hadde tidligere en bestand av bleke. Den opprinnelige lakseførende strekning var tidligere til Bøylefoss, ca. 40 km fra sjøen, men de viktigste gyteområdene lå nedenfor Rygenefossen (Thorstad et al. 1997). Den ble bare enkelte år forsert av laks, på meget høy og meget lav vannføring (Landmark 1876, sitert i Matzow 1995). Det ble bygd laksetrapp i Rygenefossen i forbindelse med kraftutbygging i 1909 og ny trapp i 1914 (Matzow 1995). Trappa ble bygd om i 1979 i forbindelse med bygging av det nye Rygene kraftverk. I forbindelse med bygging av ny dam ble det åpnet ei ny laksetrapp igjen i 1991, med ei fiskesluse inne i dammen (Simonsen 1993). Ved bygging av Eivindstad kraftverk ble de øverste 6 km av den opprinnelige lakseførende strekning stengt for oppvandring.

I følge Hindar et al. (1997b) er det tidligere gjennomført fiskeundersøkelser i nedre del av Nidelva i 1976 og i 1983-84 i forbindelse med utvidelse av Eivindstad kraftstasjon. Dessuten er utviklingen av fiskebestandene i Aust-Agder-delen av Nidelva kartlagt av Simonsen (1995). Spesielt ble det undersøkt muligheter for ny reproduksjon av laks i nedre deler av elva etter at det ble åpnet en ny laksesluse i dammen på Rygene. I forbindelse med planlagte kalkingstiltak startet NINA opp en årlig overvåking av ungfiskebestandene av laks og aure i hovedvassdraget opp til Bøylefoss høsten 1996 (Hindar et al. 1997b). Vannkjemiske målinger er foretatt i vassdraget siden 1980, og fra august 1996 er det vannkjemiske programmet tilpasset kalkingstiltaket (Hindar et al. 1997b).

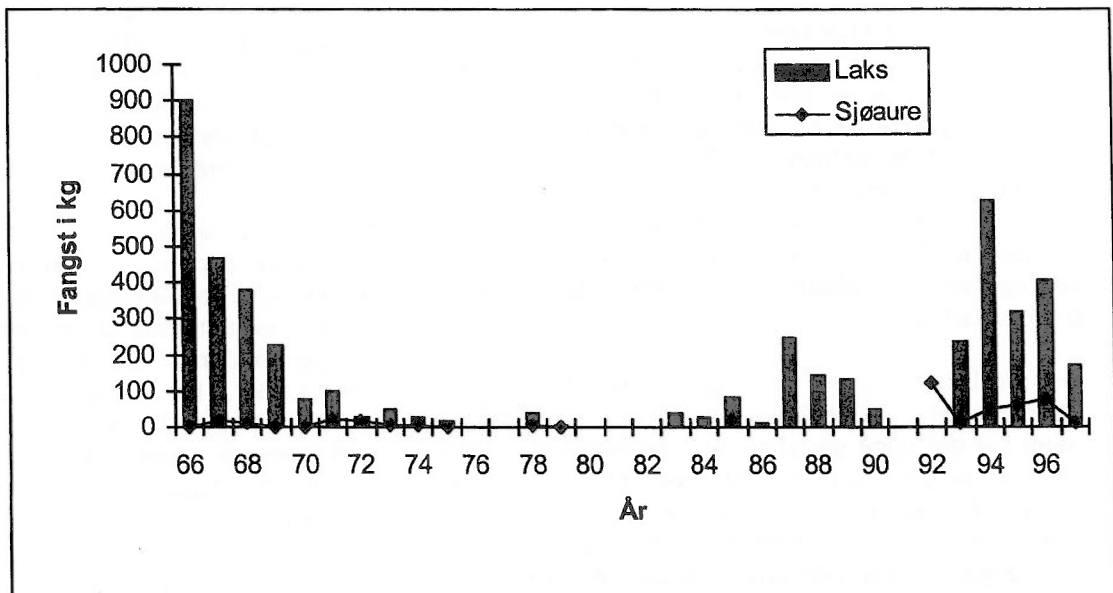
2.2.2 Effekter av forsuring

Arendalsvassdraget var i slutten av forrige århundre og i begynnelsen av 1900-tallet en god lakseelv med årlige fangster på flere tonn (figur 2.2.2a). Som følge av forsuring har imidlertid laksebestanden gått drastisk tilbake utover i dette århundret, og i 1970-årene mistet vassdraget sin laksebestand (figur 2.2.2b) (Sivertsen 1989), og trolig også sin bestand av bleke. Vassdraget har på 1980-tallet stadig hatt episoder med pH under 5,0 og høye konsentrasjoner av labilt aluminium ved Rygene i nedre del (Hindar et al. 1997b). Siden 1990 er vannkvaliteten bedret, både ved at episodene ikke har vært så sure, og ved at labilt aluminium er klart redusert. Dette skyldes i all hovedsak redusert svovelnedfall. Vannkvaliteten i innsjøen Nisser har gjennom årene vist en negativ utvikling (Kaste et al. 1995) og fiskebestandene i Nisser er vurdert som tynne, muligens forårsaket av forsuring (Bredeli & Carm 1991).

Figur 2.2.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Arendalsvassdraget i tidsrommet 1876-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.2.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Arendalsvassdraget i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk). I perioden 1976-82 er det oppgitt fangster av laks i bare to år. Det var heller ingen laksefangster i 1991 og 1992.



Siden 1989 er det årlig registrert oppvandring av flere hundre laks av ukjent opprinnelse (jf. bla. Matzow 1995). På grunn av en lang periode med dårlig vannkvalitet er det lite sannsynlig at elva har en egen selvreproduserende stamme lenger (Sættem & Boman 1985, Matzow 1995, Simonsen 1995). Årsaken til manglende reproduksjon synes å være forsurening, men også regulering påvirker i betydelig grad gytemulighetene, særlig på den 2,5 km lange strekningen fra Rygene til Helle hvor minstevannføringen om vinteren er lav (Simonsen 1995). Laks og sjøaure forhindres/forsinkes også i oppvandringen på strekningen med minstevannføring opp til Rygene kraftverk, og i tillegg virker gassovermetning og trefiberutslipp negativt inn på oppvandringen (Thorstad et al. 1997). Ifølge Simonsen (1995) er det også ovenfor Rygene stort sett begrensede gytemuligheter.

2.2.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Langsiktig mål: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Denne vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringsfølsomme vannorganismer. Tiltaket bygges trinnvis opp mot dette målet. Vannkvalitetsmål: Kortsiktig mål: Oppkalking av de tre store innsjøene til pH 6,0-6,2 (Hindar 1998a).

Bakgrunnen for en kalkingsplan (jf. Hindar et al. 1997b) er den negative effekten forsurening har påført fiskebestandene på lakseførende strekning og i de store innsjøene. Første gangs kalking av Nisser ble gjennomført i 1996. En trinnvis oppkalking av vassdraget er deretter planlagt som innebærer kalking av Nisser og Fyresvatn samtidig med at vannkvaliteten i Nesvatn bygges opp ved tiltak i innløpet. Vest for Nisser og i nedbørfeltet til Nesvatn og Rore er det allerede en betydelig kalking igang. Kalking av Fyres-

vatn ble satt igang i 1997. Summen av alle kalkings-tiltak i vassdraget skal på sikt gjøre vassdraget levelig for laks.

2.2.4 Effekter av kalking

Kalkingen av Nisser har gitt en positiv vannkvalitets-utvikling, og i 1997 var pH stabilt god med omlag 6,1 om våren og seinhøstes og noe høyere (6,2-6,4) om sommeren (Hindar 1998a). Kalking i nedbørfeltet til Nesvatn har nå gitt dette vannet en vannkvalitet som trolig er akseptabel for fisk, både fordi pH er økt og fordi aluminiumskonsentrasjonen er redusert som følge av kalking i tilløpsbekkene.

I hovedvassdraget har kalkingen medført at vannkvaliteten bygges sakte, men sikkert opp. Vannkjemiske data fra 1997 viser at nedre grense for pH ved Rygene på den lakseførende strekningen nå er hevet til 5,5. Bufferkapasiteten er imidlertid liten som følge av at det ikke er kalkdosering nedstrøms de store innsjøene. Det er således fortsatt fare for gjennombrudd av dårlig vannkvalitet. Med full virkning av kalkingen i Fyresvatn kan vannkvalitetsforbedringen bli ytterligere forsterket (Hindar 1998a).

Det ble ikke registrert laksunger mellom Rygene og Helle ved elfiske i 1997 (Larsen & Berger 1998). I 1996 ble det også påvist bare 3 laksyngel på denne strekningen (Hindar et al. 1997), og det er ikke påvist laksyngel ved tidligere undersøkelser. Simonsen (1995) klassifiserte området til ikke å ha egenproduksjon av laks. Den eneste laksen som ble fanget i 1997 var en årsyngel på en stasjon nedenfor Eivindstad. Det ble heller ikke fanget laksunger ved prøvefiske med garn ved Rossøya og Blakstad i 1997. Dette samsvarer med resultatet fra prøvefisket i 1994 (Larsen & Berger 1998).

I 1998 er det pr. 9.11. innrapportert 546 kg laks fra Nidelva (D. Matzow, Fylkesmannen i Aust-Agder pers. medd.). Kalkingen er ennå i startfasen, og eventuelle effekter for laksen vil avspeile seg i årene som kommer.

2.2.5 Utsetting av fisk

Fram til ca.1984 ble det satt ut noe laksunger og sjøaureunger av Nedenes laksestyre. Fisken kom fra Grenland sportsfiskeres anlegg i Skien. I årene 1989-992 hadde laksestyret en midlertidig konsesjon for klekkeri i Nidelva. Anlegget ble drevet på dugnadsbasis og det ble tatt stamfisk fra elva. Fiskens opprinnelse er uklar. I 1990 ble det satt ut 10 000 yngel og i 1991 og i 1992 ble det satt ut 12 000 yngel i hvert av årene. Fisken ble satt ut i sideelver (Dag Matzow pers.

medd.). Det foregår ingen utsetting av laks eller sjøaure i vassdraget i dag.

2.2.6 Oppsummering Arendalsvassdraget

Arendalsvassdraget var i slutten av forrige århundre og i begynnelsen av 1900-tallet en god lakselv med høge årlige fangster. Vassdraget er sterkt berørt av kraftutbygging, og den opprinnelige lakseførende strekning på 40 km er redusert. Som følge av forsurening gikk laksebestanden drastisk tilbake utover i dette århundret, og i 1970-årene mistet vassdraget sin laksebestand. Vassdraget har hatt bedret vannkvalitet siden 1990 sannsynligvis på grunn av redusert svovelnedfall. De økte laksefangstene som er registrert f.o.m.1993 synes i første rekke å ha sammenheng med bedre vannkvalitet, men også bedre oppvandringsmuligheter for laksen etter at ny fisketrapp ble bygget tillegges betydning.

Kalkingen er ennå i en startfase og det er lagt opp til en trinnvis opptrapping i kalkingsomfanget. Vest for Nisser og i nedbørfeltet til Nesvatn og Rore er det allerede en betydelig kalking igang. Kalking av Nisser ble gjennomført i 1996 og i Fyresvatn ble kalking satt igang i 1997. I hovedvassdraget har kalkingen medført at vannkvaliteten bygges sakte, men sikkert opp til et nivå som vil være akseptabel for fisk. Eventuelle effekter for laksen vil avspeile seg i årene som kommer.

2.3 Tovdalselva – vassdragsnr. 020.Z

2.3.1 Vassdragsbeskrivelse

Tovdalsvassdraget er et relativt stort vassdrag (1885 km²) og består av to hovedgreiner i øvre del; Tovdalselva og Uldalsåna. Tovdalselva har sitt utspring i grensetraktene mellom Straume i Setesdalen og Fyresdal, og renner ut i havet ved Topdalsfjorden nær Kristiansand. Vassdragets lengde er ca. 12 mil. Gjennomsnittlig middelvannføring er 65 m³/s. Tovdalselvas nedbørfelt er relativt smalt ned til Herefossfjorden. Like ved Tovdalselvas utløp i Herefossfjorden munner også Uldalsåna ut, som bidrar med 58 % av vanntilførselen til Herefossfjorden, mens Tovdalselva bidrar med de resterende 42 % (Samlet Plan 1984). Uldalsvassdraget består av tre hovedgreiner; Skjeggedalsåna, Hovlandsåna og avrenning fra Ogge-området.

Deler av Uldalsvassdraget er idag regulert til vannkraftproduksjon. Hanefossen kraftverk utnytter fallet mellom Hanefossmagasinet og Herefossfjorden, totalt 69 meter. Tovdalsgreina (Øvre Tovdal og Tovdal) er

relativt uberørt av tekniske inngrep, og deler er vernet mot kraftutbygging. I nedre deler har Boenfossen i flere tiår blitt benyttet til produksjon av elektrisk kraft og det er nå planlagt opprusting av kraftstasjonen. Det er ingen reguleringsinngrep av betydning forbundet med denne utnyttelsen, men fossen vil være en "flaskehals" m.h.t. vandringer av anadrom fisk i Tovdalsvassdraget.

Tovdalsvassdraget er karakterisert ved et stort spekter av naturtyper, fra nakent fjell-landskap i nord (800-1 000 m o.h.) til småkupert Sørlandsnatur i sør.

Vassdraget er lakseførende fra Kjevik til like ovenfor Herefossfjorden (ca. 35 km), men laks kan ikke passere Boenfossen før vannføringen er nede i 10-12 m³/s (Saltveit 1984). Nedenfor Boenfossen er elva brakkvannspåvirket på de siste 6-7 km før utløpet i sjøen. Avstanden fra Boenfossen til elvas utløp i sjøen er ca. 10 km.

Det er foretatt årlige målinger av vannkvaliteten i vassdraget siden 1980, og fra 1995 er det vannkjemiske programmet tilpasset kalkingstiltaket (Hindar & Skiple 1997). Det er tidligere gjennomført ungfiskundersøkelser i Tovdalselva i 1981 (Saltveit 1984). I forbindelse med kalkingstiltaket startet NINA en overvåking av ungfiskbestandene av laks og aure i hovedvassdraget nedenfor Herefossfjorden i 1995 (Larsen 1997b).

2.3.2 Effekter av forsuring

Tovdalselva var tidligere en god lakseelv med årlige fangster på mer enn 10 000 kg ved århundreskiftet (figur 2.3.2a). Som følge av økende forsuring har det utover på 1900-tallet vært en jevn nedgang i fangstene. På 1970-tallet ble det dokumentert fiskedød og betydelige skader på fiskebestander i vassdraget (Muniz et al. 1975, Leivestad et al. 1976). I følge Sivertsen (1989) forsvant elvas egen laksestamme allerede i 1967. Fangster av laks utover på 1990-tallet har sannsynligvis sammenheng med bedret vannkvalitet som følge av redusert svovelnedfall. Fangstene har imidlertid vært ubetydelige (figur 2.3.2b). Nedstrøms Boenfossen har sidevassdragene Vesbekken, Prestbekken og Knarrestadbekken gode bestander av sjøaure (Haraldstad 1987).

2.3.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet til å skape reproduksjonsmuligheter og akseptable leveforhold for fisk og næringsdyr (invertebrater) i vassdraget. Kalking høyt oppe i vassdraget skal også sikre innlandsbestander av fisk. Vannkvalitetsmålet er under utredning. I forbindelse med reetablering av laks

er det foreløpig satt et lavere mål (pH 5,8-6,0) enn det som ansees nødvendig for smolt (Nøst 1998a).

Bakgrunnen for kalkingsplanen (Hindar 1991) var at vassdraget er sterkt forsuret og har mistet sin naturlige laksestamme. Hele vassdraget ble kalket fra oktober 1996. Innsjøen Ogge ble første gang kalket i juli 1996. Det er satt opp fem kalkdoserere i hovedvassdraget og de viktigste sidegreinene: (1) ved Bås oppstrøms Dølemo i Tovdalsgreina, (2) i Skjeggedalsgreina, (3) i Vatndalsåna, (4) nedstrøms innsjøen Høvringen i Hovlandsgreina og (5) nedstrøms Herefossfjorden. I tillegg er det satt opp en mindre doserer i Kateråsåna, et av tilløpene til Ogge. Innsjøen Ogge skal kalkes hvert år. Kalkdosereren nedstrøms Herefossfjorden har automatisk dosering avhengig av pH og vannføring.

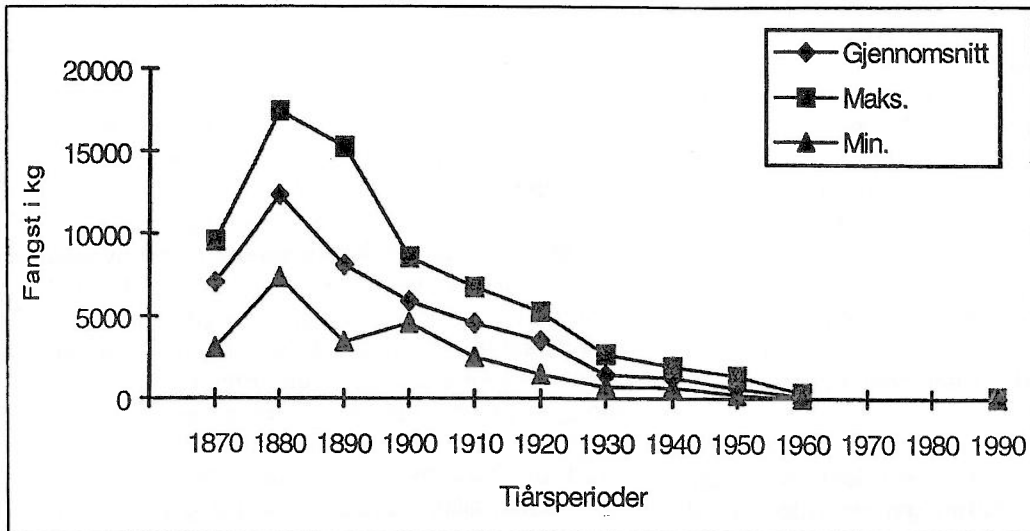
2.3.4 Effekter av kalking

Kalkingen er inne i en tidlig fase, men de vannkjemiske målingene viste en umiddelbar respons og bedring i vannkvaliteten i nedre deler av vassdraget. På den lakseførende strekningen var det en generell vannkvalitetsforbedring fra 1990, dvs. før kalking, men bedringen har naturlig nok skutt fart etter kalking. pH i de manuelt innsamlede prøvene ved Boenfossen var i 1997 hele tiden over 6,0, dvs. ved eller over vannkvalitetsmålet for kalkingen. Resultatene fra den kontinuerlige pH-målingen ved Boen viser at pH i perioder har vært noe lavere enn vannkvalitetsmålet (Hindar 1998b). De øvre deler av vassdraget trenger tilsynelatende en lengre innkjøringsperiode for å oppnå stabil og gunstig vannkvalitet (Hindar & Skiple 1997). I Uldalsgreina har sviktende dosering til nå vært et problem, og data fra 1997 viste at vannkvaliteten i dette området var uakseptabel for fisk gjennom mesteparten av året (Hindar 1998).

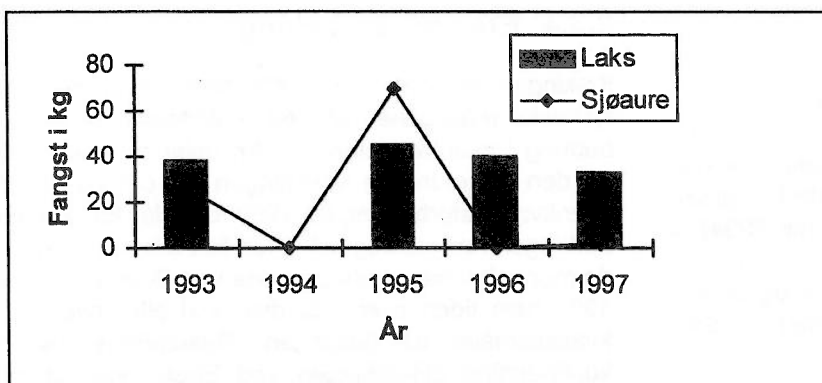
Høsten 1996 ble det gjennomført ungfiskundersøkelser på 14 stasjoner i hovedelva opp til Herefossfjorden, men det ble ikke påvist laksunger (Larsen 1997b). Undersøkelser på de samme stasjonene i august 1997 ga funn av laksunger på to stasjoner. Den ene ligger nedstrøms Boenfossen, og den andre ligger ca. 2 km nedstrøms Flaksvatn (Larsen 1998b). Undersøkelser i 1998 viser ingen økning i tettheten av laksunger, men fangst av ettårige laksunger viser at en del av yngelen fra 1997 har overlevd i vassdraget.

2.3.5 Utsetting av fisk

Den 15.4.1996 ble det satt ut to grupper à 2 000 smolt (stamme lmsa 1. gen.) ved henholdsvis Kjevik og nedenfor Boenfoss, den 5.5.1997 ble det satt ut 2 grupper à 2 000 smolt (stamme lmsa 1.gen.) ved henholdsvis Kjevik og nedenfor Boenfoss bru.



Figur 2.3.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Tovdalselva i tidsrommet 1876-1997, samt største og minste fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk). Det er ikke rapportert fangster av laks i perioden 1970-92 og i 1994. Fangster av sjøaure er rapportert bare i 1993 og 1995.



Figur 2.3.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Tovdalselva i perioden 1993-97 (Norges Offisielle Statistikk).

I 1997 ble 6750 ensomrige settefisk (gj.sn. vekt 2,8 g, gj.sn. lengde 65 mm) av Storelvstammen satt ut på 10 ulike punkter på strekningen mellom Sundtjørnhølen og Herefossfjorden. I august 1998 ble tilsammen sju stasjoner elfisket på denne strekningen. Samtlige laksunger som ble fanget var fettfinneklipt, og tettheten av laksunger varierte fra 0 til 12,5/100 m². Elvestrekningen ble delt i seks delstrekninger inndelt etter de sju lokalitetene hvor det ble foretatt elfiske. Gjennomsnittlig tetthet på hver delstrekning ble beregnet som middelveien av øvre og nedre stasjon på delstrekningen og arealet av hver delstrekning ble beregnet på 1:5000 kart (arealet er korrigert for sommervannføring med en reduksjon på 25 %). Med bakgrunn i dette ble det beregnet at det befant seg ca. 1 800 laksunger på strekningen mellom Sundtjørnhølen og Herefossfjorden på det tidspunkt da elfisket ble foretatt. Dette tallet utgjør ca. 27 % av antall fisk som ble utsatt. Tjuefem laksunger som ble lengdemålt hadde en gjennomsnittslengde på 144,5 mm, og de aller fleste kommer til å vandre ut som to-årig smolt våren 1999.

I 1998 ble det ikke satt ut fisk i Tovdalselva.

2.3.6 Oppsummering Tovdalselva

Tovdalselva var tidligere en god lakselv. Deler av vassdraget er regulert til vannkraftproduksjon (Uldalsvassdraget og Boenfossen). Som følge av økende forurening mistet elva sin naturlige laksestamme. Kalking av Tovdalselva kom igang i 1996, men ungfiskundersøkelsene har så langt (1997 og 1998) påvist lave antall laksunger oppstrøms Boenfossen og ingen ville laksunger oppstrøms Teinefossen. I 1996 ble det satt ut 6 750 ensomrige settefisk i Tovdalselva på det øverste strykpartiet opp mot Herefossfjorden. Dette var den første utsettingen av fisk oppstrøms Boenfossen på mange år. De utsatte laksungene vokste meget godt og ungfiskundersøkelser på strekningen i 1998 tyder på god overlevelse. Dersom vi får god overlevelse i sjøen av den smolten som kommer til å vandre ut i 1999, vil vi sannsynligvis kunne se økt oppvandring i Boenfossen i år 2000.

2.4 Mandalselva – vassdragsnr. 022.Z

2.4.1 Vassdragsbeskrivelse

Mandalsvassdraget har et nedbørfelt på 1800 km² og en midlere vannføring på 89,6 m³/s ved utløpet i sjøen. Mandalselva var tidligere kronisk sur, med målte pH-verdier i området 4,7-4,9 i perioden 1989-90. De fleste uregulerte sidevassdragene hadde i samme periode langt bedre vannkvalitet spesielt i tørrværsperioder med liten avrenning (Blakar & Digernes 1991). Larsen & Haraldstad (1994) anførte at flere sidevassdrag ble kalket i større eller mindre grad, og at dette var hovedårsaken til høyere pH-verdier i sidevassdrag enn i hovedelva.

Mandalselva er lakseførende til Kavfossen nord for Bjelland, en strekning på ca. 50 km. I tillegg kan laksen vandre opp en strekning i Kosåna som er uregulert. Oppstrøms Kavfossen er elva tørrlagt. Det er gjennomført flere reguleringer i Mandalselva i perioden 1930-85 både i hovedvassdrag og sidevassdrag. Bjelland kraftverk har inntak i Tungefoss og utløp ved Monan. Etter utbygging av Bjelland kraftverk (1974-75) ble laksefisket på strekningen Monan-Kavfossen avskrevet fullstendig på grunn av sterk reduksjon i vannføringen på denne strekningen. Det viktigste bidraget kommer fra Kosåna. Tre store terskelbasseng er anlagt mellom Kavfossen og Monan, og det er vist at oppvandrende fisk kan passere tersklene. To radiomerkete laks vandret i 1996 helt opp i Kosåna (Thorstad & Heggberget 1997).

Fra utløpet av Bjelland kraftverk og ned til Mannflåvann er det ca. 7,5 km. Vannføringen på strekningen bestemmes av kjøringen av Bjelland kraftverk som er utstyrt med 2 maskiner som tilsammen kjører ca. 78 m³/s. Vannføringen kan variere over døgnet og ved kjøring av bare 1 maskin kan man gå helt ned til 8 m³/s, men man går sjelden under dette. Minstevannføringen for Bjelland kraftverk er 5 m³/s. I perioden fra slutten av juni til midt i august er vannføringen vanligvis lavest. Om vinteren er det vanligvis mye vann på strekningen.

Områdene ovenfor Laudal var tidligere viktige både som oppvekstområder og for fiske etter laks og sjøaure. I dag ledes vannet fra Mannflåvatn til Laudal i tunnel, og denne delen av vassdraget har derfor sterkt redusert vannføring. Utbyggingen av elva i Laudal kraftverk (1982) begrenset dermed oppvandringen (Heggenes & Saltveit 1992). F.o.m. 1996 er minstevannføringen på strekningen Laudal kraftstasjon-Mannflåvann fastsatt til 3 m³/s i perioden 1.7-4.10 og 1,5 m³/s resten av året. Som kompensasjon er det bygd flere terskler og for å lette fiskens oppvandring

på denne strekningen, ble det også sluppet lokkevannføringer i 1996.

Nedstrøms Laudal kraftverk skal det være en minstevannføring på min.15 m³/s når tilsiget til Mannflåvann er mer enn dette. Er tilsiget mindre og verket stoppes, skal det slippes minst 8 m³/s fra Mannflåvann, men ikke mer enn naturlig tilsig. Maksimal driftsvannføring ved Laudal kraftstasjon er 110 m³/s.

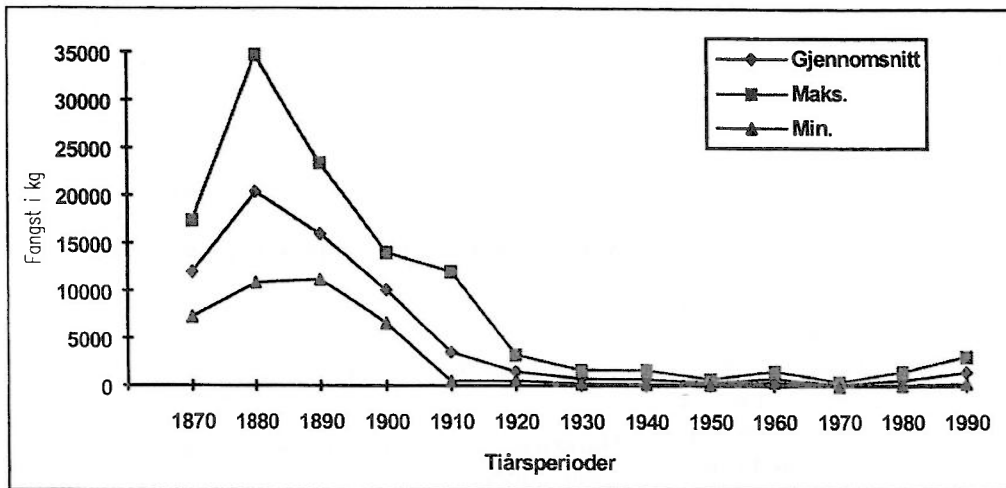
2.4.2 Effekter av forsuring

Mandalselva var før kalkingen ble satt i gang våren 1998, kronisk sur ved utløpet med høye konsentrasjoner av labilt aluminium og lave ANC (syrenøytraliserende kapasitet, jf. Schartau & Nøst 1992) – verdier (Kaste 1997b). I de to-tre seneste årene før kalkingen kom i gang, var det en svak økning av pH-verdiene som sannsynligvis skyldes redusert nedfall av svovel. Sesongvariasjonene i pH følger i stor grad vannføringsmønsteret i vassdraget, som er strekt preget av reguleringer. Vannkvaliteten i elva var før kalking skadelig både for anadrom fisk og innlandsfisk (jf Kaste 1997b).

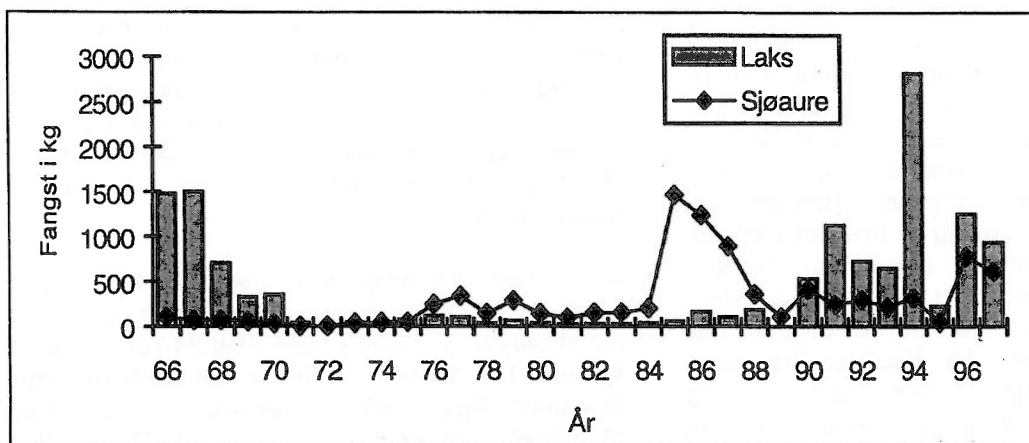
Mandalselva var tidligere ei svært god laks- og sjøaureelv. Fisket var på topp mellom 1880 og 1890, og størst utbytte ga fisket i 1884 med 34 704 kg laks og sjøaure. Fra 1900 til 1920 var det sterk nedgang i fangstene (figur 2.4.2a). I perioden 1970-80 varierte de offisielle fangstene mellom 6 kg (1972) og 500 kg (figur 2.4.2b). Mer enn 90 % av dette ble fanget nedenfor Laudal. Saltveit (1980) nevner at det etter 1976 ble tatt mer sjøaure enn laks. I perioden 1982-93 var årlig fangst gjennomsnittlig 778 kg (Anon. 1994b). En stor andel av fangstene var laks. Dette var trolig laks av ulike stammer som ble satt ut som smolt i Mandalselva, laks som var satt ut andre steder, feilvandrende villaks og rømt oppdrettslaks (Heggenes & Saltveit 1992). Merkeforsøk har vist at en del av laksesmolten som er satt ut i naboelva Audna, vandrer opp i Mandalselva. Dette skyldes trolig at vannføringen i Audna har vært lav i forhold til i Mandalselva (Anon. 1994b). Ifølge Sivertsen (1989) ansees den opprinnelige bestanden av laks som utdødd. Bestanden av sjøaure er noe redusert, men betraktes som reproduksjonsdyktig (Sivertsen 1989).

2.4.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsøringsfølsomme vannorganismer. Det er lagt opp til en gradvis opptrapping av vannkvalitetsmålet i 1997, 1998 og 1999 (Kaste 1998b).



Figur 2.4.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Mandalselva i tidsrommet 1876-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.4.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Mandalselva i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk).

I 1995 ble sidevassdragene Hesså og Logåna kalket ved hjelp av enkle, mekaniske doseringsanlegg som imidlertid ikke så ut til å gi noen stabil vannkvalitet (Kaste et al. 1998). I Kosåna ble to doserere satt i drift i 1996 (Kaste et al. 1997). I hovedvassdraget ble kalking satt i gang i 1997, og fra og med dette året kalkes vassdraget ved hjelp av tre store doserere plassert i hovedelva og fem mindre doserere plassert i sure sidevassdrag (Kaste 1998b). Prøvedrift kom igang ca. 15. mai.

2.4.4 Effekter av kalking

Kalkingen i Kosåna medførte i 1996 en klar forbedring i vannkvaliteten nedenfor doseringsanleggene, men periodevis ble det målt lave pH-verdier som følge av ujevn kalkdosering (Kaste 1997b). pH-verdiene på den lakseførende strekningen tok seg kraftig opp (til om lag 6,0) i 2. halvår i 1997 på grunn av igangsettingen av de store doseringsanleggene i hovedelva. Det ble ikke registrert pH-verdier < 5,5 i løpet av høsten 1997. Nivået av labilt aluminium høsten 1997 (5-35 µg/l) var tidvis noe høyt i forhold til å unngå skader på laks, men en regner med at aluminiumskonsentrasjonen vil

stabilisere seg på et lavt nivå etter hvert som vannkvalitetsmålet for kalkingen heves (Kaste 1998b).

I Mandalselva ble det satt igang årlige ungfiskundersøkelser i regi av NINA i 1996. Totalt 18 stasjoner ble elfisket på strekningen utløpet - Kosåna. Det ble funnet 4 laksunger på 2 stasjoner (Larsen 1997c). Tilsvarende undersøkelser ble gjennomført på de 18 lokalitetene i 1997, og det ble funnet laksunger på 8 av dem. Laksunger ble påvist i Kosåna, ved samløpet mellom Kosåna og hovedelva, ved Sundsfossen på strekningen Kosåna- utløp Bjelland Kraftverk, på en stasjon ved hovedelvas utløp i Mannflåvann og på to stasjoner på strekningen Mannflåvann-Laudal kraftverk. Nedstrøms Laudal kraftverk ble det funnet laksunger ved Helland som ligger ca. 1,5 km oppstrøms Øyslebø og ved Hauge ca. 3,5 km nedstrøm Øyslebø. Vi kan dermed konstatere at det hadde funnet sted gyting på en rekke steder i vassdraget høsten 1996. Tettheten av laksengel (0+) var imidlertid lav på alle stasjoner i 1997 (Larsen 1998c). Ungfiskundersøkelser i 1998 viser at laksen nå er i positiv utvikling ettersom det også ble påvist eldre laksunger som er naturlig reproduert.

2.4.4 Utsetting av fisk

Det er satt ut betydelige mengder fisk i Mandalselva hvert år fra og med 1989 både fra fiskeanlegget på Ims (tabell 2.4.4a) og fra fiskeanlegget på Finså (tabell 2.4.4b)

Den 15.4.1996 ble det satt ut 2 grupper à 2 000 Carlinmerket, 1-årig smolt (stamme Imsa 1. gen.) ved henholdsvis munningen, Piren og ved Stoveland bru. Den 5.5.1997 ble det satt ut 2 grupper à 2 000 smolt (stamme Imsa 1.gen.) på de samme steder som i 1996.

En oversikt over utsettinger i Mandalselva fra klekkeriet på Finså er gitt i tabell 2.4.4b. I perioden 1991-96 var fisken startforet ca. 1 måned og all utsetting ble foretatt i juni måned. I 1997 og 1998 ble det satt ut ensomrig settefisk, det vil si at fisken var foret en sommer og at utsettingene foregikk i august.

I tillegg ble det også satt ut laksunger fra anlegget på Finså i 1989 og 1990.

ligere ei svært god laks- og sjøaureelv, men fra 1900 til 1920 var det sterk nedgang i fangstene. Denne nedgangen fortsatte fram til 1970-tallet. Etter 1976 ble det fanget mer sjøaure enn laks. Utover på 80- og 90-tallet ble det årlig fanget mindre enn 1 000 kg, og den laksen som ble fanget var sannsynligvis hovedsakelig utsatt som smolt i Mandalselva og i nabovassdrag.

Mandalselva ble kalket fra og med 1997 og prøvedrift kom i gang i mai måned. Til tross for at kalkingen kom igang senere i Mandalselva (mai 1997) enn i Tovdalselva (oktober 1996), ser det ut til at reetableringen går mye raskere i Mandalselva enn i Tovdalselva. Også i Mandalselva må laksen passere flere vandringshindre, men her ble det i 1998 registrert laks på de fleste av de 18 stasjonene som ble undersøkt. Den relativt raske etableringen i Mandalselva skyldes sannsynligvis de omfattende utsettingene av laks (smolt og andre stadier) som er foretatt årlig i vassdraget siden 1989 fra anleggene på Finså og Ims. I tillegg har det som tidligere nevnt vært drevet kalking i flere sidevassdrag i større eller mindre grad noe som kan ha bidratt til overlevelse av laks (utsatt eller naturlig produsert).

2.4.5 Oppsummering Mandalselva

Mandalselva har en lakseførende strekning på ca. 50 km. Vassdraget ble regulert i perioden 1930-85 både i hovedvassdrag og sidevassdrag. Mandalselva var tid-

Tabell 2.4.4a. Utsetting av umerkede laksunger fra fiskeanlegget på Ims i Mandalselva i perioden 1989-94 (opplysninger fra Jon G. Backer, Forskningsstasjon Ims). Fisk som er satt ut i "nedre del" er satt ut på strekningen Ime-Nødingfoss

Stamme	Alder		Utsettingssted	Utsettingsdato	Antall	Snittvekt, g.
Alta (kaldt)	0+	Startforet	Nedre del	5.7.1989	2 488	2,13
Alta (varmt)	0+	Startforet	Nedre del	5.7.1989	12 101	3,76
Forskjellige stammer	1+	resmoltifisert	Nedre del	27. & 28.10.1989	15 590	Ca. 150 (32-368)
Forskjellige stammer	2+	smolt	Nedre del	4.&5.4.1990	6 323	Ca. 350 (305-482)
Nidelv (kaldt)	1+	resmoltifisert	Nedre del	25.7.1990	3 399	?
Alta + Oгна	2+	smolt	Nedre del	7.6.1991	1 600	Ca. 385
Imsa oppdrett	1+	smolt	Nedre del	16.7.1991	5 125	Ca. 20
Forskjellige stammer	2+	smolt	Brakkvannssonen	19.5.1992	Ca 1 000	?
Lone	1+	smolt	Brakkvannssonen	20.5.1992	12 108	29
Imsa 1.gen	1+	smolt	Brakkvannssonen	20.5.1992	3 035	52
Forskjellige stammer	1+	resmoltifisert	Nedre del	16.& 17.9.1992	11 800	75
Alta (kaldt)	0+	parr	Nedre del	16.& 17.9.1992	7 200	8
Imsa 1.gen. (varmt)	1+	smolt	Nedre del	21.5.1993	4 478	75
Lone (varmt)						76
Forskjellige stammer	1+	smolt	Nedre del	24.5.1993	9 524	55
Forskjellige stammer	1+	smolt	Nedre del	25.5.1993	9 526	Ca. 40 (34-48,5)
Forskjellige stammer	2+	smolt	Nedre del	6.4.1994	5 293	Ca. 375 (357-390)
Sum				1989-94	110 590	

Tabell 2.4.4b. Utsetting av startforete laksunger (0+) fra fiskeanlegget på Finså i Mandalselva i perioden 1991–98.

År	Sted	Antall
1991	Høyeelva	30 000
1991	Terskelbasseng	60 000
Sum 1991		90 000
1992	Strekningen Mølsbru–Sandnes (brakkvannsonen)	60 000
1992	Terskelbasseng	40 000
1992	Songåna (ned.)	10 000
Sum 1992		110 000
1993	Røyselandsbekken	5 000
1993	Strekningen Mølsbru–Sandnes (brakkvannsonen)	85 000
Sum 1993		90 000
1994	Strekningen Mølsbru–Sandnes (brakkvannsonen)	5 000
1995	Strekningen Mølsbru–Sandnes (brakkvannsonen)	65 000
1996	Strekningen Mølsbru–Sandnes (brakkvannsonen)	30 000
1997	Terskelbasseng 1-2	5 000
1997	Terskelbasseng 9-10	1 000
1997	Terskelbasseng 10-11	1 000
1997	Mannflåvann – Kote 70	18 500
1997	Skjeggstadkilen-Bjelland	5 000
1997	Grasholmen – utløp Bjelland kraftverk	13 500
Sum 1997		44 000
1998	Terskelbasseng 1-2	4 415
1998	Terskelbasseng 7-8	1 000
1998	Terskelbasseng 9-10	735
1998	Terskelbasseng 11-12	1 000
1998	Risesteinen-Toppøynå (strekningen Mannflåvann – kote 70)	9 596
1998	Grasholmen – utløp Bjelland kraftverk	19 766
Sum 1998		36 512

2.5 Audna – vassdragsnr. 023.Z

2.5.1 Vassdragsbeskrivelse

Audnedalsvassdraget ligger i Audnedal og Lindesnes kommuner i Vest-Agder fylke. Nedbørfeltet ligger i det sørnorske grunnfjellsområdet, og berggrunnen består hovedsakelig av gneiser og granitter. Normal årsnedbør i området er ca. 1 700 mm og nedbøren er størst i september-desember, minst i mars-mai. Vassdragets nedbørfelt på 450 km² dekker et kupert landskap dominert av skog. Elva Audna har sitt utspring i Grinheimsvann øverst i Audnedalen, renner gjennom Øvre- og Ytre Øydnvatn og munner ut i Snigsfjorden øst for Lindesneshalvøya. Elva har flere sidevassdrag. De største er Trylandsvassdraget (60 km²) og Grislevassdraget (38 km²). Trylandsvassdraget er regulert for vannkraftproduksjon (siden 1922) i Tryland kraftstasjon.

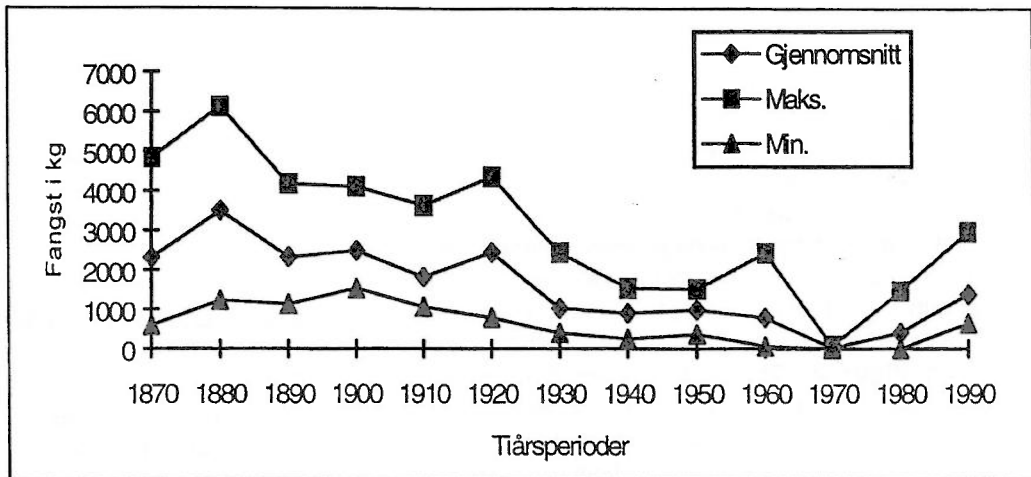
Audna er laks- og sjøaure-førende og den lakseførende strekningen er ca. 50 km.

Vannkjemisk overvåking i Audna i forbindelse med kalkingstiltak (se nedenfor) har pågått siden 1984 (Nøst 1997a), sammen med ungfiskundersøkelser på lakseførende strekning (Barlaup et al. 1997).

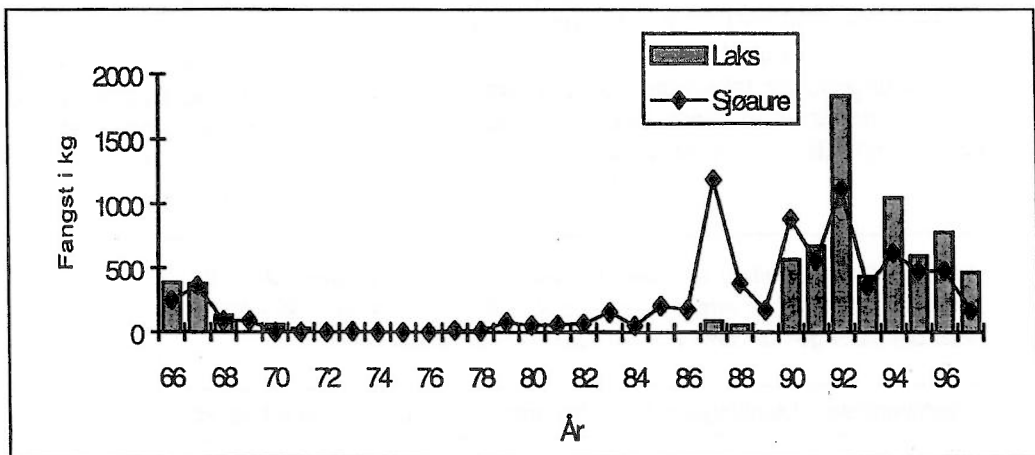
2.5.2 Effekter av forsurening

Audna var tidligere et godt laks- og sjøaurevassdrag med årlige fangster opp mot 5 tonn. Som et resultat av forsurening hadde fangstene av laks og sjøaure i Audna en klar negativ utvikling i perioden 1880-1970 (figur 2.5.2a). I løpet av tiåret 1970-80 døde laksen ut i Audna (figur 2.5.2b). Bestanden av andre fiskearter i elva og i innsjøer gikk også tilbake i denne perioden som følge av forsurening. Omkring 1990 ble det igjen fanget laks i elva, men en klar økning i fangstene i 1990-92 er blitt etterfulgt av lavere fangster i årene etter.

Figur 2.5.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Audna i tidsrommet 1880-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.5.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Audna i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk).



Det ble målt lave pH-verdier i vassdraget i 1984 og 1985 før kalkingen ble iverksatt (Nøst 1997). Særlig førte sidefeltene Våråna og Trylandsvassdraget surt vann med pH-verdier lavere enn 5,0.

i størst mulig grad nærme seg den faunaen som var i Audna før forurening. pH-verdiene skal ligge over 6,0 gjennom hele året (Schartau 1993).

2.5.3 Kalkingsstrategi

Kalkingen av Audna startet i 1985 som en kombinasjon av innsjøkalking og kontinuerlig dosering av kalk til elvevannet. Idag kalkes elva via to doserere. Kalking i Ytre Øydnavatn ble igangsatt i 1985 for å bedre vannkvaliteten i innsjøen og for å få et kalkreservoar for elva ned til Tryland. For å opprettholde tilstrekkelig god vannkvalitet i innsjøen og elva er det satt opp et kalkdoseringsanlegg ved Stedjan, oppstrøms innløpet til Ytre Øydnavatn. Ved Tryland kommer det største sidevassdraget med tilførsel av surt vann. For å sikre vannkvaliteten hele veien ned til brakkvannsområdet er det andre doseringsanlegget plassert nedstrøms samløpet med Trylandsvassdraget.

Kalkingsprosjektet har som mål å sikre en tilstrekkelig god vannkvalitet til at laks kan leve og formere seg naturlig i den kalkede delen av elva. Bunnfaunaen skal

2.5.4 Effekter av kalking

Før kalkingen i 1985 ble det gjennomgående målt lave pH-verdier i hele vassdraget (Nøst & Schartau 1995a). I den kalkede delen av vassdraget har det senere skjedd en markert bedring i vannkvaliteten. Før kalkingen i 1985 lå pH i gjennomsnitt på 5,2 på nedre hovedstasjon som ligger rett nedstrøms Melhufossen. Fra 1986 har pH ligget stabilt mellom 6,2 og 6,6 med en svak bedring fram mot 1997. I 1997 var nivåene for pH, alkalitet og Al-fraksjoner jevnt over stabilt gunstige i den kalkede delen av vassdraget (Nøst 1998b). Doseringsrutinene er blitt bedre de siste to årene, samtidig som det registreres en bedring i vannkvaliteten i den ikke-kalkede delen av vassdraget. Dette kan ha sammenheng med reduserte tilførsler av sure forbindelser (sulfat), og til en viss grad utlagt skjellsand i enkelte områder. Målinger av aluminium på gjeller hos laksunger i 1998 har imidlertid vist at nivåene er høye til tross for gunstig vannkvalitet i hovedelva (Barlaup & Åtland 1998).

Naturlig produsert laksyngel ble for første gang etter kalking påvist i 1989 (Haraldstad 1991), og yngelregistreringene i perioden 1991–95 viste klart at laksen igjen hadde etablert seg i Audna. Til tross for utsettingene av laksyngel antas det at hovedandelen av den registrerte laksyngel stammer fra naturlig rekruttering. Dette fordi de største tetthetene av yngel ble funnet i tilknytning til viktige gyteområder for laks. Dette er områder hvor det ikke settes ut yngel (Barlaup & Raddum 1998a). Samlet viser ungfiskundersøkelsene (Barlaup et al. 1998) og fangststatistikken (**figur 2.5.2b**) at kalkingen har gitt en klar positiv utvikling for alle livsstadier av laks og sjøaure. For ungfisk av både laks og aure har årsklassene 1994-97 vært sterkere enn årsklassene 1991-93. De relativt høye tetthetene av ensomrig laks funnet i 1996 ga i 1997 de høyeste tetthetene av tosomrig og eldre laks (9,1 per 100 m²) som så langt er registrert i Audna (Barlaup et al. 1998). Imidlertid vil de betydelige utsettingene av laksyngel i Audna være en feilkilde som medfører en overestimering av den naturlige rekrutteringen (Barlaup et al. 1998).

Fangststatistikken for laks og sjøaure viser en klar økning i forhold til årene før kalkingen startet i 1985. Etter 1989 har det vært en markert økning i laksefangstene med 1992-sesongen som et foreløpig høydepunkt. Variasjonene i fangstene i årene etter kalkingen kan tilskrives en rekke forhold (kfr. Barlaup et al. 1998).

2.5.5 Utsettinger av fisk

Det er satt ut laksunger årlig i Audna siden 1985. I perioden 1986-92 ble det satt ut Carlin-merket smolt i Audna (**tabell 2.5.5a**). Denne fisken ble produsert på to anlegg; Lundamo i Sør-Trøndelag og på NINA's forskningsstasjon på Imsa i Rogaland (Imsa, Loneelva og diverse stammer) (Hansen et al. 1997).

Resultatene av utsettingene av Carlin-merket smolt i Audna og Lygna er oppsummert av Staurnes et al. 1996 og Hansen et al. (1997). En oppsummering er gitt i kap 2.6.5.

Tabell 2.5.5a. Utsetting av merkete smolt i Audna i perioden 1986–97 (perioden 1986–92 er etter Hansen et al. 1997, og perioden 1993–97 er etter opplysninger fra NINA Forskningsstasjon på Imsa).

Utsettingsdato	Utsettingssted	Stamme	Alder	Antall utsatt
14.5.1986	Elva	Gaula	2+	2 000
14.5.1986	Elva	Lone	1+	433
14.5.1986	Elva	Imsa	2+	465
14.5.1986	Estuariet	Gaula	2+	2 000
14.5.1986	Estuariet	Lone	1+	440
14.5.1986	Estuariet	Imsa	2+	489
21.5.1987	Elva	Gaula	2+	1 781
21.5.1987	Elva	Lone	1+	912
21.5.1987	Estuariet	Gaula	2+	1 807
21.5.1987	Estuariet	Lone	1+	958
19.5.1988	Elva	Diverse	1+ og 2+	2 906
28.4.1989	Elva	Imsa	1+	3 982
16.5.1990	Elva	Diverse	1+ og 2+	1 991
19.5.1992	Elva	Imsa	1+	2 989
19.5.1992	Elva	Lone	1+	2 913
19.5.1993	Elva	Lone	2+	2 000
20.5.1994	Elva	Lone	1+	4 000
08.5.1995	Elva	Alta	1+	1 000
08.5.1995	Elva	Imsa 1.gen.	1+	500
08.5.1995	Elva	Lone	1+	500
15.4.1996	Elva	Imsa 1.gen.	1+	3 000
15.4.1996	Elva	Imsa 1.gen.	1+	3 000
06.5.1997	Elva	Imsa 1.gen.	1+	6 000
Sum 1986-97				35 815

I tillegg til den merkete smolten ble det i perioden 1988–97 satt ut tildels betydelige mengder (tilsammen 198 738) umerkede laksunger av ulike kategorier fra anlegget på lms (**tabell 2.5.5b**).

De første utsettingene fra vassdragets eget fiskeanlegg ble foretatt i 1993, og senere er det satt ut laksunger av ulike kategorier årlig også fra dette anlegget (**tabell 2.5.5c**). I 1996 og 1997 ble henholdsvis 10 000 og 30 000 ensomrige laks fra anlegget merket ved fettfinneklipping før utsetting i elva.

I tillegg til de ovenfor nevnte utsettingene ble det på 80-tallet også kjøpt inn fisk fra andre anlegg (blant andre Grenland Sportsfiskerforenings fiskeanlegg) som ble satt ut i vassdraget. En samlet oversikt over samtlige utsettinger i Audna i perioden 1985–97 er gitt i **tabell 2.5.5d**

2.5.6 Oppsummering Audna

Audna var tidligere et godt laks- og sjøaurevassdrag med årlige fangster opp mot 5 tonn. Som et resultat av forsuring hadde fangstene av laks og sjøaure i Audna en klar negativ utvikling i perioden 1880-1970, og i løpet av tiåret 1970-80 døde laksen ut i Audna.

Kalkingen som startet i 1985 har gitt en gradvis økning i ungfiskbestanden. Årlig mengde fanget laks økte fram til 1992, men avtok deretter. Tettheten av ungfisk har vist en økende tendens med de høyeste verdier registrert i årsklassene 1994-97. Den utsatte smolten har hatt høy feilvandring, og dette kan ha forsinket reetableringen. Bedre doseringsrutiner de siste par årene har medført at vannkvaliteten er jevnt over stabilt gunstig i den kalkede delen av vassdraget. Aluminiumsakkumulering på gjeller hos laksunger viser imidlertid at den lakseførende strekningen har hatt ustabil vannkvalitet sannsynligvis på grunn av surt vann fra sidebekker. Resultatene indikerer at den valgte kalkingsstrategien ikke er godt tilpasset forholdene i vassdraget.

2.6 Lygna – vassdragsnr. 024.Z

2.6.1 Vassdragsbeskrivelse

Lygnavassdraget ligger i Vest-Agder fylke. De ytre og sentrale deler ligger i Lyngdal og Hægebostad kommune, mens de indre deler ligger i Kvinesdal og Åseral kommune. Nedbørfeltet er ca. 670 km².

Tabell 2.5.5b. Utsetting av umerket fisk fra anlegget på lms i Audna i perioden 1988–97 (opplysninger fra NINA Forskningsstasjon på lms).

Utsettingsdato	Utsettingssted	Stamme	Alder	Antall utsatt
19.5.1988	Elva	Lone	1+	2 060
8.9.1988	Elva	Figgjo	0+	6 047
28.4.1989	Elva	lmsa oppdrett	1+	2 000
8.6.1989	Elva	lmsa oppdrett	1+	4 094
8.6.1989	Elva	lmsa oppdrett	0+	13 874
8.6.1989	Elva	Lone	0+	7 353
5.7.1989	Elva	Lone	0+	10 213
7.9.1989	Elva	Lone	0+	20 000
18.5.1990	Elva	lmsa 1.gen.	1+	7 278
1.8.1990	Elva	Forskj. stammer	0+	52 000
4.4.1991	Elva	lmsa 1.gen.	0+/1+	1 100
10.6.1991	Elva	lmsa 1.gen.	0+	33 127
10.6.1991	Elva	Forskj. stammer	1+	4 176
14.5.1992	Elva	lmsa, 1.gen.	1+	700
18.9.1992	Elva	lmsa oppdrett	0+	5 735
18.9.1992	Elva	lmsa, 1.gen.	0+	19 737
18.9.1992	Elva	Figgjo	0+	5 100
6.5.1997	Elva	Lone	1+	4 144
Sum 1988-97				198 738

Tabell 2.5.5c. Utsettinger av laks av ulike kategorier i Audna fra Audna fiskeanlegg i perioden 1993–97 (opplysninger fra Audna fiskeanlegg).

År	Uforet yngel	Startforet	1-somrig	1-årig smolt	2-årig smolt
1993			55 000		
1994			25 000		
1995	28 000	29 000	14 000		
1996	13 500		46 500	1 700	2 000
1997			40 000	4 200	
Sum	41 500	29 000	180 500	5 900	2 000

I 1996 ble 10 000 og 1997 ble 30 000 ensomrige laks fettfinneklippet før utsetting.

Tabell 2.5.5d. Samlet oversikt over utsettinger av laks av ulike kategorier i Audna i perioden 1985–97. Fisken stammer fra Audna fiskeanlegg, fra lms og fra andre fiskeanlegg (bla. a. Grenland sportsfiskere). Opplysningene for perioden 1985–92 er gitt av Audna elveeierlag.

År	Uforet yngel	Startforet/1-somrig	Smolt
1985		5 000	6 000
1986		5 000	6 000
1987	47 000	25 000	6 000
1988		16 500	10 000
1989	200 000	60 000	14 200
1990	70 000	184 500	8 800
1991		33 127	4 176
1992		83 000	5 903
1993		55 000	2 000
1994		25 000	4 000
1995	28 000	43 000	2 000
1996	13 500	46 500	9 700
1997		40 000	14 344

Lygna har sitt utspring i fjelltraktene mellom Setesdal og Sirdal. De øverste partier (500-700 m o.h.) er preget av snauheier og mindre vatn. Herfra kommer elvene Storåni og Landdalselva og munner ut i Lygne som er den største innsjøen i vassdraget (7,3 km²). Fra Lygne renner elva 40 km sørover gjennom Lyngdalen før den møter vassdraget Møska like før utløpet i Lyngdalsfjorden. Nedbørfeltet ligger i sin helhet innenfor det sørnorske grunnfjellsområdet, og harde bergarter som granitt og gneis dominerer. Løsmasse-dekningen er liten og konsentrert i dalbunnen. Årsnedbøren i området er høy og varierer fra 1 200-1 300 mm ute ved kysten til 1 800-2 000 mm i indre deler. Lygnavassdraget har normalt to flomperioder; en under snøsmeltingen i april-mai (20-30 % av avrenningen) og en i september-desember (40-45 %

av avrenningen). Gjennomsnittlig vannføring er ca. 36 m³/s.

Vannkvaliteten i Lygna er overvåket siden 1966 (jf. Larsen & Schartau 1994, SFT 1991, Kaste 1997c).

I Lygna kan laks og sjøaure vandre opp til Kvåsfossen, en strekning på ca 20 km. I tillegg kan anadrom fisk gå opp i Møska til Skolandsfossen (3 km). På strekningen videre opp til Lygne finnes noe bekkerøye. Det er tidligere gjennomført ungfiskregistreringer av anadrom fisk i Lygna og Møska i 1980 (Kildal 1982), og NINA startet fra 1991 en årlig overvåking i vassdraget (Larsen 1998d). Fra 1994 er det i tillegg gjennomført ungfiskundersøkelser i Møska og Littleåna, som referanse til utviklingen i den kalkede delen av Lygna.

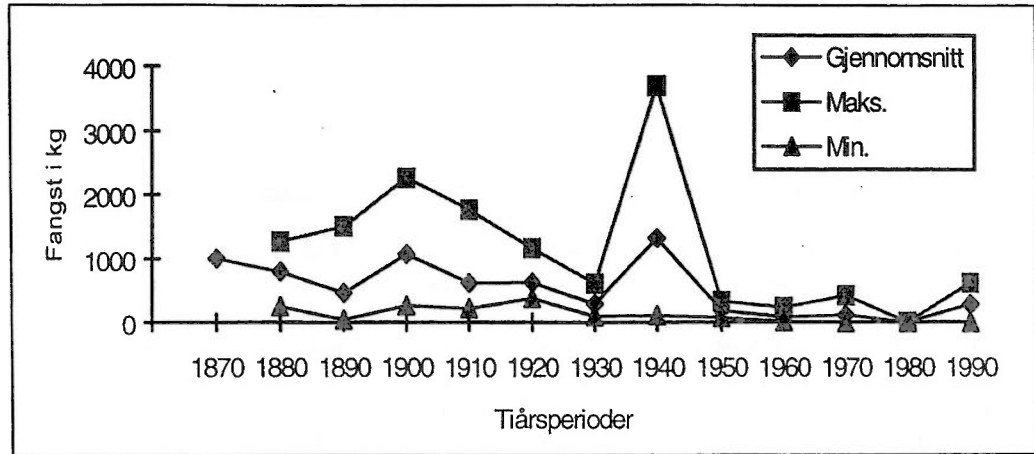
2.6.2 Effekter av forsuring

Lygna er et av de aller sureste av de mellomstore og store vassdragene i Norge. Gjennomsnittlig pH har i årene 1980-90 variert mellom 4,84 og 5,14 ved Lyngdal (SFT 1991). Lygna var tidligere en god lakselv med fangster på 1-4 tonn i gode år (figur 2.6.2a). Laksebestanden begynte imidlertid å gå tilbake på 1950-tallet og på slutten av 1970-tallet var laksen praktisk talt forsvunnet fra elva (figur 2.6.2b). Sjøaurebestanden ble også sterkt redusert i samme periode. Ungfiskregistreringer i 1980 påviste ingen laksunger i noen del av vassdraget (Kildal 1982).

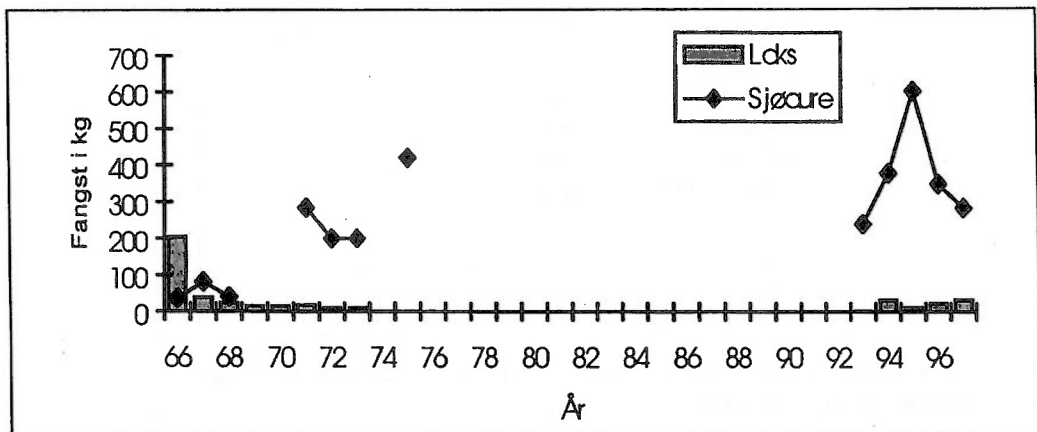
2.6.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig vannkvalitet til at aure kan leve i Lygne og kalkede innsjøer i nærområdet. Sjøaure skal kunne leve og reproducere nedstrøms Kvåsfossen. Vannkvalitetsmål: Lygne, samt Lygna

Figur 2.6.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Lygna i tidsrommet 1880-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.6.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Lygna i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk). Det er ikke rapportert fangster av verken laks eller sjøaure i perioden 1974-92. Sjøaurefangster er heller ikke rapportert i årene 1969 og 1970.



Bakgrunnen for kalking var at laksestammen i Lygna var utdødd samt at sjøauren var truet av forsurening (Vikøyr et al. 1989). Det har hele tiden vært rester av de naturlige aurebestandene i innsjøen Lygna og i hovedelva nedstrøms.

Kalking i vassdraget ble iverksatt fra 1991. Vassdraget kalkes ved hjelp av en kalkdoserer plassert ved innløpet til Rossevatn oppstrøms innsjøen Lygna. I tillegg kalkes flere innsjøer i nedbørfeltet.

2.6.4 Effekter av kalking

Kalkingen har medført at pH i innsjøen Lygna har etablert seg på et stabilt nivå godt over vannkvalitetsmålet på 5,5. Bedring i vannkvaliteten har også blitt registrert på den lakseførende strekning, men fremdeles (pr. 1997) påvises pH ned mot 5,0 under flomperioder (Kaste 1998c).

I sideelva Litleåna, som er kalket siden 1985, ble det registrert laksungel i 1988, og det er antatt at laks gyter her årlig. Kalkingen senhøsten 1991 virket positivt for både laks og aure i Lygna. Laksen etablerte seg på nytt i 1993 og det ble registrert en økning i bestanden fra 1994 med to årsklasser tilstede. Tet-

heten av laksungel i 1996 var imidlertid lavere enn i 1994 og 1995, som tyder på at vannkvaliteten ikke er stabilt god nok for laksungene ved dagens kalkingstiltak (Larsen 1997d). Selv om det var en økning i utbredelse og tetthet av laksungel i 1997 og 1998 er tettheten fortsatt lav og ustabil (Larsen 1998d). Økning i tetthet og bedret vekst hos aure er påvist vesentlig ovenfor lakseførende deler. Det forventes fortsatt variable tettheter av ungfisk på den lakseførende strekningen inntil det blir etablert en ekstra kalkdoserer i overkant av Kvåsfossen (Larsen 1998d). I de siste årene (1994-97) er det igjen fanget laks i vassdraget, men i ubetydelige mengder (figur 2.6.2b).

2.6.5 Utsettinger av fisk

I 1986-88 og i 1993 ble det satt ut Carlin-merket smolt i Lygna (tabell 2.6.5a).

I 1988 og 1989 ble det i tillegg satt ut en del umerket smolt i Lygna (tabell 2.6.5b) som også kom fra anlegget på lms.

Resultatene av utsettingene av Carlin-merket smolt i Audna og Lygna er oppsummert av Staurnes et al. (1996) og Hansen et al. (1997). Laksesmolt av for-

Tabell 2.6.5a. Utsetting av Carlin-merkete smolt i Lygna i 1986 og 1987 (etter Hansen et al. 1997) og i 1988 og 1993 (opplysninger fra anlegget på Ims).

Utsetningsdato	Utsetningssted	Stamme	Alder	Antall utsatt
14.5.1986	Elva	Gaula	2+	1 999
14.5.1986	Elva	Lone	1+	246
14.5.1986	Elva	Imsa	2+	250
14.5.1986	Estuariet	Gaula	2+	1 993
14.5.1986	Estuariet	Lone	1+	490
14.5.1986	Estuariet	Imsa	2+	246
21.5.1987	Elva	Gaula	2+	1 851
21.5.1987	Elva	Lone	1+	851
21.5.1987	Estuariet	Gaula	2+	1 877
21.5.1987	Estuariet	Lone	1+	948
19.5.1988	Øyneskleiv	Lone	1+	1 500
19.5.1988	Veslefoss	Lone	1+	1 500
19.5.1988	Høgefoss	Lone	1+	1 500
19.5.1988	Rødberg	Lone	1+	1 500
19.5.1993	Elvemunning	Lone	2+	2 000
Sum 1986–93				18 751

Tabell 2.6.5b. Utsetting av umerkete smolt i Lygna i 1988 og 1989 (opplysninger fra anlegget på Ims).

Utsetningsdato	Utsetningssted	Stamme	Alder	Antall utsatt
19.5.1988	Høgefoss	Figgjo	1+	1 032
19.5.1988	Rødberg	Figgjo	1+	1 672
28.4.1989	Høgefoss	Imsa oppdrett	1+	1 000
28.4.1989	Rødberg	Imsa oppdrett	1+	1 000
Sum 1988–89				4 704

skjellige stammer ble satt ut på to lokaliteter, i brakkvannsområdet og ca. 5 km opp i en sur elv (Lygna) og en kalket elv (Audna). Det ble observert høy sammenheng mellom gjenfangstprosent av voksen laks og fysiologisk tilstand og dødelighet av smolt som ble holdt i flytekasser på utsetningsstedene. Av smolten som ble satt ut 5 km opp i Lygna ble det gjenfanget svært få voksne laks. Smolten hadde store problemer med osmoreguleringen. Smolten som ble satt ut i Audna kom tilbake til kysten av Sør-Norge, men til ferskvann var feilvandringen stor, og svært mye av laksen ble tatt i andre elver i Sør-Norge. Kun 10,9 % av gjenfangstene i ferskvann ble rapportert fra Audna (Hansen et al. 1997).

Det foregår ingen utsetting av laks eller sjøaure i vassdraget i dag.

2.6.6 Oppsummering Lygna

Lygna har en lakseførende strekning på ca. 20 km og er et av de alle sureste av de mellomstore og store vassdragene i Norge. Lygna var tidligere en god lakselv med fangster på 1-4 tonn i gode år. Laksebestanden begynte å gå tilbake på 1950-tallet og på slutten av 1970-tallet var laksen praktisk talt forsvunnet fra elva.

Kalking i vassdraget ble iverksatt fra 1991. Biologisk mål med kalkingen er å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet til at aure kan leve i Lygna og kalkede innsjøer i nærområdet. Sjøaure skal kunne leve og reproducere på den lakseførende delen.

Til tross for utsettinger av laksesmolt og naturlig reproduksjon av laks i deler av vassdraget, er det registrert

varierende tettheter av laksunger og svært små utslag på fangststatistikken. Dagens kalkingstiltak er ikke gode nok til å gi reetablering av laks i vassdraget.

2.7 Kvina – vassdragsnr. 025.Z

2.7.1 Vassdragsbeskrivelse

Kvinavassdraget ligger Kvinesdal kommune i Vest-Agder fylke. Vassdraget består av to hovedgreiner, Kvina og Litleåna og naturlig nedbørfelt er 1 449 km². Vassdraget er regulert og store deler av det nordlige nedbørfeltet (56 %) er overført til Sira. Middelvannføring før regulering var 81,4 m³/s. Årsnedbøren i området ligger omkring 1 800 mm.

Laks og sjøaure kan gå opp til Rafoss i Kvina (13 km) og til Håfossen ved Åmot i Litleåna (3 km), en samlet strekning på omlag 16 km.

Vannkvaliteten i Kvinavassdraget har vært overvåket siden 1967 (jf. Larsen & Schartau 1994). Fra 1996 har den vannkjemiske overvåkingen vært tilpasset kalkingsplanen i vassdraget (Kaste 1997d).

Det er tidligere gjennomført ungfiskundersøkelser på lakseførende strekning i Kvina i 1985 (Ousland &

Haraldstad 1986) og fra 1995 startet NINA årlig overvåking i forbindelse med kalkingstiltaket (Larsen 1997e).

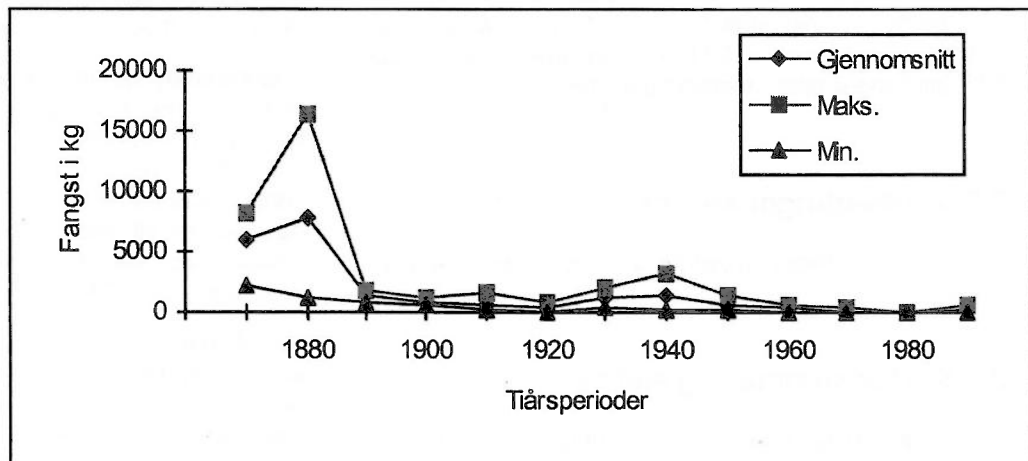
2.7.2 Effekter av forsuring

Kvinavassdraget var før kalking forsuret med pH-verdier i området 4,5-5,2. De lave pH-verdiene, samt høye aluminiumskonsentrasjoner førte til at laks og sjøaure ikke kunne reprodusere naturlig i elva. Bestanden av laks i Kvina betraktes derfor som utdødd (Sivertsen 1989). Haraldstad (1987) rapporterte imidlertid at gytefisk av sjøaure gikk opp både i Kvina og i sidevassdraget Litleåna. I forrige århundre var Kvina et godt laksevassdrag med høye fangster på flere tonn i 10-års periodene 1870-80 og 1880-90 (figur 2.7.2a). Senere har fangstene vært lave og i perioden 1976-92 foreligger det ikke fangstopp-gaver (figur 2.7.2b).

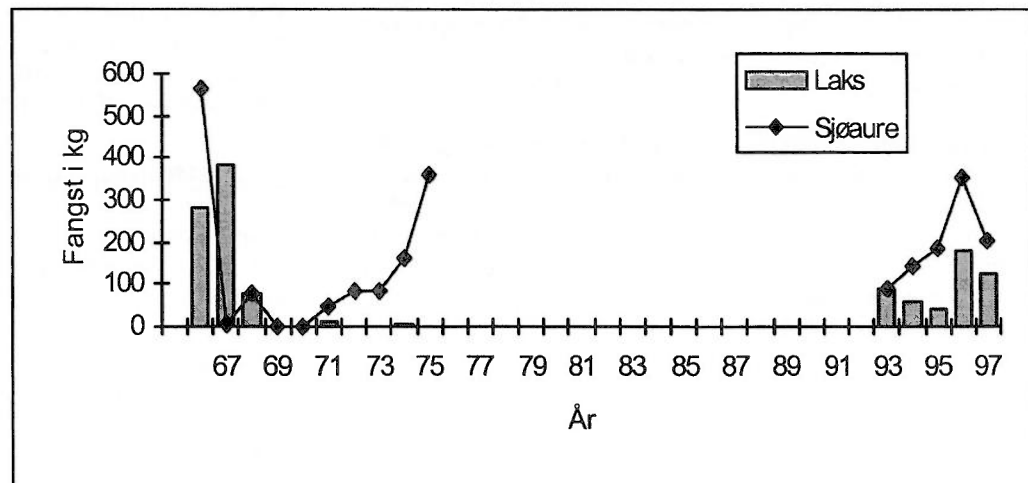
2.7.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre god nok vannkemi i elvene nedstrøms kalkingsanleggene til at stedegen sjøaure og stasjonær aure kan gjennomføre livssyklus. Vannkvalitetsmål: Surhetsgraden i den kalkede delen av elva skal ikke underskride pH 5,5 (Kaste 1998d).

Figur 2.7.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Kvina i tidsrommet 1876-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.7.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Kvina i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk). Fangstopp-gaver for perioden 1976-92 mangler.



Vassdraget er kalket siden 1994. Bakgrunnen for kalkingen var at vannkvaliteten var for dårlig til at laks og sjøaure kunne leve og reprodusere i elva (Hindar 1992a). Vassdraget kalkes idag med en kalkdoserer i Kvina ved Lindeland bru og en dosererer i Littleåna ved Mygland.

2.7.4 Effekter av kalking

Kalking har medført en bedring i vannkvaliteten, men fremdeles (pr. 1997) registreres lav pH og forhøyede aluminiumskonsentrasjoner i forbindelse med flommer (Kaste 1998d). Årsaken til den ustabile vannkvaliteten på den lakseførende strekningen er at kalkdoseringsanleggene ligger for høyt oppe i vassdraget. Ukalkede sidevassdrag som kommer inn nedenfor anleggene, vil i perioder med stor avrenning kunne føre til kraftig forsuring i hovedelva (Kaste 1998d).

Ved ungfiskundersøkelsene i 1985 ble det ikke funnet laksunger i vassdraget (Ousland & Haraldstad 1986). Ungfiskundersøkelsene i 1995 -97 tyder på at laks nå gyter i vassdraget, og at en bedring i vannkvaliteten kan gi muligheter for naturlig reproduksjon (Larsen 1998e). Reproduksjonen av laks er imidlertid sårbar overfor den ustabile vannkvaliteten. Tettheten av laksunger er framdeles lav og variabel, noe som har sammenheng med økt dødelighet av fisk i forbindelse med ustabil vannkvalitet (Larsen 1998e). Fangstoversikt de siste årene (1993-97) dokumenterer at det årlig blir fanget laks i vassdraget, men i små mengder (figur 2.7.2b).

2.7.5 Utsettinger av fisk

Det er ikke foretatt utsetting av laks eller sjøaure i Kvina.

2.7.6 Oppsummering Kvina

Kvina har en lakseførende strekning på ca. 16 km. Tidligere var Kvina et godt laksevasdrag med høye fangster i perioden 1870-90, men senere har fangstene vært lave, og i perioden 1976-92 foreligger det ikke fangstopp-gaver. Vassdraget er regulert, og 56 % av nedbørfeltet er overført til nabovassdraget Sira.

Vassdraget er kalket siden 1994, men kalkingstiltakene er foreløpig ikke tilstrekkelige for reetablering av laks i vassdraget. Det er imidlertid påvist laksunger i vassdraget, men det forventes fortsatt variable tettheter av ungfisk på den lakseførende strekningen inntil det blir etablert en ekstra dosererer i overkant av Rafoss. Siden 1993 er det fanget laks i elva, men foreløpig i små mengder.

2.8 Sokndalselva – vassdragsnr. 026.4Z

2.8.1 Vassdragsbeskrivelse

Sokndalselva ligger i Rogaland fylke i kommunene Sokndal, Egersund og Lund. Vassdragets totale nedbørfelt er 301 km². Vassdraget har fire hovedgreiner, Guddal/Mydlandsvassdraget, Myssa/Orrestadvassdraget, Steinsvassdraget og Barstadvassdraget.

Sokndalselva er et lavlandsvassdrag med høyeste punkt 631 m o.h. Nedbørfeltet er kupert, og karakterisert av trange dalfører omgitt av 100-300 m høye fjell. Det finnes mange større og mindre innsjøer som er sterkt forgreinet og dype.

Den årlige nedbøren varierer fra ca. 1 500 mm ute ved kysten til over 2 000 mm i indre strøk. Vassdraget har en begrenset snøakkumulering, og det observeres ingen flomtopp i forbindelse med snøsmelting. Vannføringen er derimot størst i perioden oktober-januar, og avtar jevnt framover mot lavvannføring i juli. Midlere vannføring i Sokndalselva er ca. 17 m³/s ved utløpet i sjøen.

Geologisk hører Sokndalsvassdraget til det såkalte Egersundfeltet som er endel av det store sørnorske grunnfjellsområdet. Berggrunnen består hovedsakelig av anortositt som er en hard og kalkfattig bergart.

I Guddal/Mydlandsvassdraget kan laks og sjøaure vandre til foss nedstrøms Refsvatn, i Myssa/Orrestadvassdraget ovenfor Frøylog og i Barstadvassdraget til foss ved Lindland kraftverk. I Steinsvassdraget vil vandringshinderet variere med vannføringen, men laks og sjøaure vil normalt kunne ta seg fram til Toksfossen. Den samlede lakseførende strekning i Sokndalselva er ca 12 km.

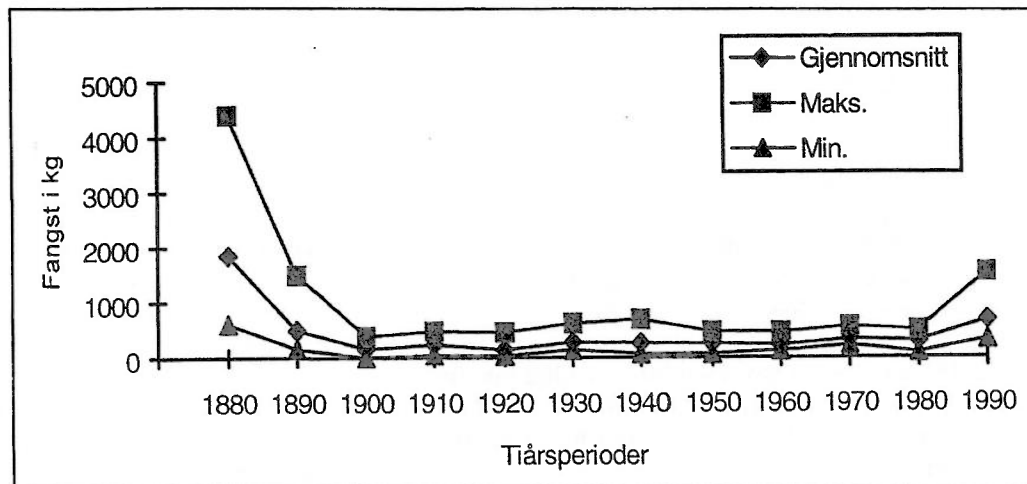
Vannkvaliteten i Sokndalselva har vært overvåket siden 1972 (jf. Larsen & Schartau 1994). Fra 1991 har den vannkjemiske overvåkingen vært tilpasset kalkingsplanen i vassdraget (jf. Nøst 1998c).

Ungfiskundersøkelser av laksefisk er foretatt i 1985 (SFT 1986), 1990 (Enge & Persson 1991) og 1991 (Persson & Enge 1992) før NINA startet en årlig overvåking i vassdraget høsten 1991 i forbindelse med kalkingsplanen (jf. bl.a. Larsen 1997f).

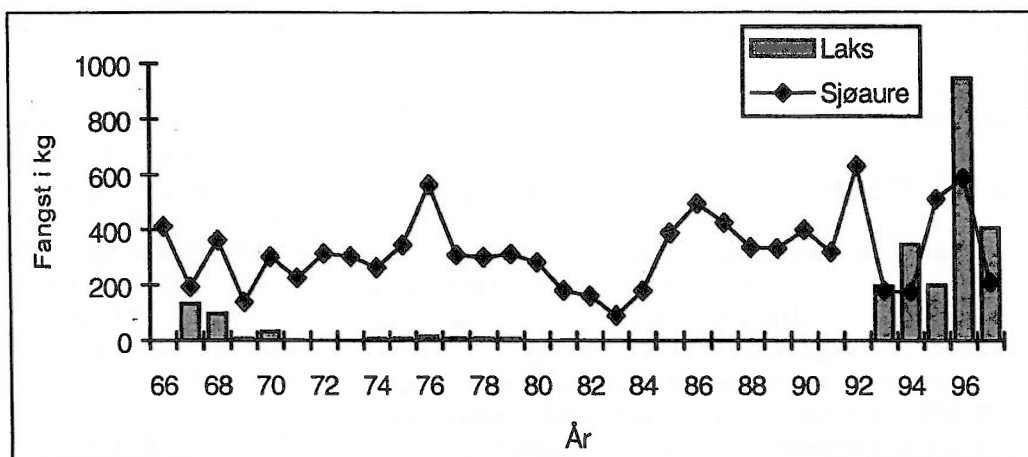
2.8.2 Effekter av forsuring

Sokndalselva i Rogaland var tidligere en god lakselv med årlige fangster på 1 000-4 000 kg på slutten av forrige århundre (figur 2.8.2a). Fram mot århundreskiftet ble fangstene kraftig redusert på grunn av forsuring. Utover 1900-tallet var fangstene av laks og sjøaure stabilt lave, men på 1960- og 70-tallet skjedde en ytterligere reduksjon av fangstene av laks, og utover 1980-tallet ble det ikke registrert laks i vassdraget (figur 2.8.2b). Laksen i Sokndalselva ble derfor betraktet som utryddet på 80-tallet. Ved elfiske utført i

Figur 2.8.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Sokndalselva i tidsrommet 1884-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.8.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Sokndalselva i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk).



1985 ble det ikke registrert ungfisk av laks. Tilsvarende undersøkelse ble utført av Miljøvernvesenheten i Rogaland i 1988 med samme resultat. Sjøaurebestanden trives imidlertid godt i vassdraget (Sivertsen 1989).

2.8.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forureningsfølsomme vannorganismer. pH skal ligge over 6,0 hele året og kalkingen skal derved sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva (Nøst 1998c). I følge Fylkesmannen i Rogaland ble vannkvalitetsmålet trappet opp fra sesongen 1997 i smoltfiseringsperioden til å være pH 6,2 i perioden 15.2.–31.3. og 6,4 i perioden 1.4.–31.5. (Elnan pers. medd).

Bakgrunn for kalking var at laksestammen ble vurdert som truet. Kalking av Sokndalselva ble igangsatt i et begrenset omfang i midten av 1980-årene. Den første større kalkingen av innsjøer i vassdraget ble gjennomført i 1989. Gjennom innsjøkalking har totalavløpet

som er kalket økt fra 35 % i 1989 til ca. 75 % i 1993 og ca. 90 % i 1996 (Larsen 1998f). Det vil si at alle vassdragets fire greiner nå er nærmest totalkalket.

2.8.4 Effekter av kalking

Opptappingen av kalkingen i vassdraget gjennom år har medført en markert økning i pH særlig fra 1991. Årgjennomsnittlig pH i Sokndalselva ved Haneberg har økt fra omkring 5,0 i 1988 til 6,32 i 1997. Resultatene fra 1996 og 1997 viser at vannkvaliteten i elva nå synes å ha stabilisert seg på et jevnere høyt nivå gjennom året enn i tidligere år (Nøst 1998c). Med dagens kalkingsmetode (innsjøkalking) er det imidlertid vanskelig å oppnå det ideelle vannkvalitetsmålet i smoltutvandringsperioden. Resultatene fra 1997 viser at på samtlige 5 prøvetakingsstasjoner var pH i 1997 lavere enn 6,5 i perioden 15.2.–15.6. På tre av stasjonene ble det registrert pH-verdier < 6,0 i denne perioden (figur 2.2 i Nøst 1998c).

Ved ungfiskundersøkelser i 1985 ble det bare påvist aure i Sokndalselva, men den stadig mer omfattende kalking har resultert i at det i 1990 igjen ble påvist vellykket klekking av laks. Eldre laksunger ble fanget

første gang i 1991 (Larsen 1993), og det har vært en jevn økning i utbredelse og tetthet i årene fram til 1997 (Larsen 1998f). Generelt har laksen etablert seg i stadig større del av vassdraget i takt med utvidelsen av kalkingstiltaket, og kalking har hatt en betydelig positiv effekt på tettheten av laksunger. Fra 1993 ble det registrert en klar økning i fangstene av laks som tyder på at laksebestanden er i en klar positiv utvikling (figur 2.8.2b). En markert økning i fangsten av laks ble registert i 1996 med omkring 900 kg, mens fangsten i 1997 ble redusert til samme nivå som i 1994 (ca. 350 kg). Delvis stor vannføring i 1998 medførte en kraftig fangstøkning og det ble fanget ca. 2 500 kg, i første rekke smålaks (opplysninger fra Fylkesmannen i Rogaland).

2.8.5 Utsettinger av fisk

I Sokndalselva settes det ikke ut fisk og reetableringen skjer naturlig.

2.8.6 Oppsummering Sokndalselva.

Den samlede lakseførende strekning i de fire hovedgreinene er ca. 12 km. Sokndalselva var tidligere en god lakselv med årlige fangster på 1 000-4 000 kg på slutten av forrige århundre. Omkring århundreskiftet ble fangstene kraftig redusert på grunn av forsurening. På 1980-tallet ble det ikke registrert laks i vassdraget, mens sjøaurebestanden fortsatt var levedyktig.

Kalking av Sokndalselva ble satt igang i begrenset omfang i midten av 1980-årene. Den første større kalkingen av innsjøer ble gjennomført i 1989, og i 1996 var alle vassdragets fire greiner nærmest totalkalket.

Reetableringen av laks i Sokndalselva ser ut til å foregå i takt med kalkingstiltakene selv om det ikke settes ut fisk i vassdraget. En markert økning i fangsten av laks ble registrert i 1996 med omkring 900 kg, men svært lav vannføring i 1997 medførte reduserte fangster. I 1998 derimot var oppgangs- og fiskeforholdene meget gode og det ble registrert en kraftig fangstøkning av i første rekke smålaks.

2.9 Bjerkreimsvassdraget (Tengs - Bjerkreimselva) – 027.Z

2.9.1 Vassdragsbeskrivelse

Bjerkreimsvassdraget ligger i Bjerkreim, Gjesdal, Sirdal, Egersund og Time kommuner i Rogaland og Vest-Agder fylke. Nedbørfeltet er 706 km². Vassdraget er strekt forgreinet. I øst dreneres feltet av flere større elver som springer ut i heiområdene på grensen

mellom Rogaland og Vest-Agder. Maudalsåni, Austrumdalsåni og Storelva fra Ørdsdalen er de største. En annen gren av betydelig størrelse er Oslandsvassdraget som drenerer Skjevelandsvatn og Røyslandsvatn i nordvest. Nedbørfeltet er rikt på store innsjøer. De største innsjøene er Ørdsalsvatn (12 km²), Byrkjedalsvatn (5,3 km²) Austrumdalsvatn (2,7 km²) og Hofreistevatn (2,6 km²). Området har kystklima med en betydelig nedbørsgradient fra kysten og innover. Årsnedbøren varierer fra ca. 1 400 mm ved Egersund til ca. 2 600 mm i Maudal.

Den elvestrekningen som årlig fører laks og sjøaure er 25-30 km lang, til rett oppstrøms Svelavatn. Men anadrom fisk kan passere helt opp til Indre Vinjavatn og østover gjennom Ørdsdalen til Bjordal. Totalt blir dette ca. 80 km lakseførende strekning. Fotlandsfossen helt i nedre del av lakseførende strekning har imidlertid i lengre tid vært en "flaskehals" m.h.t. oppvandring av fisk. En eldre fisketrapp i Fotlandsfossen har fungert dårlig, spesielt på stor vannføring. Det ble derfor bygget en ny trapp i 1978 som fungerer meget bra på middels og stor vannføring. Av totalfangsten i 1997 på 3.898 kg ble over halvparten tatt ovenfor Fotlandsfossen og i 1998 ble 6 800 kg av totalt 10 100 kg tatt ovenfor fossen. Den gamle trappa vil bli restaurert i 1999 og vil da supplere den nye trappa ved lave vannføringer (H. Lura, Fylkesmannen i Rogaland pers. medd.).

Det er foretatt noen mindre kraftverksinngrep i vassdraget. I Maudalselva ligger Maudal kraftverk som utnytter ca. 300 m av fallet mellom Store Myrvatn og Maudalsvatnet. Etter flere ombygginger og utvidelser er installasjonen på 25,5 MW med en slukeevne på ca. 10 m³/s. Maudal kraftverk er pålagt å slippe en minstevannføring på 350 l/s i elva ved kraftstasjonen. (Fylkesmannen i Rogaland 1998a). I nedre del av elva fra Oslandsvassdraget er det et gammelt kraftverk ved Vikeså (bygd i 1936) som utnytter 60 m fall og eies av grunneierne i området. Kraftverket leverer strøm til eierne på eget nett. Lenger oppe i vassdraget, mellom Såvatna som ligger mellom Oslandvatn og Røyslandsvatn er det også et mindre gårdskraftverk som imidlertid ble satt ut av drift for en del år tilbake (Fylkesmannen i Rogaland 1998b).

Vannkjemisk overvåking i forbindelse med kalking (se nedenfor) ble igangsatt i 1996 (Kaste 1997). Det er tidligere gjennomført ungfiskundersøkelser i Bjerkreimselva i 1977 (Undheim 1981), og vassdraget har inngått i overvåkingen av vassdrag som Fylkesmannen i Rogaland har drevet siden 1989 (Persson & Enge 1992, Persson 1993, Helgøy & Enge 1995). I forbindelse med nye kalkingstiltak i vassdraget startet NINA en årlig overvåking av ungfiskbestandene av laks og aure høsten 1996 (Larsen 1997g).

2.9.2 Effekter av forsurening

Nedbørfeltet har i hovedsak en berggrunn bestående av gneis og gneisgranitt som er tungt forvitrelige bergarter. Det har imidlertid også innslag av mer lett forvitrelige bergarter som resulterer i at nedbørfeltet har en variert vannkemi. I den vestlige delen som kommer fra Oslandsvatnet, ligger pH mellom 6,0 og 7,0. I de østlige delene av feltet er pH rundt 5,0 eller i underkant (Walseng 1998). De nord-østre delene av vassdraget, inkludert Ørdsdalen og områdene oppstrøms Hofreistevatn er sterkt påvirket av forsurening. I og med at omlag 3/4 av avrenningen kommer fra disse områdene, påvirkes også de nedre delene av hovedelva av surt vann og forhøyede aluminiumskonsentrasjoner (Kaste 1997e). Vassdragets østre del ble i 1989 betraktet som fisketomt mens den vestre delen hadde naturlig reproduksjon av både laks og sjøaure i sidevassdragene (Sivertsen 1989).

Fangstene av laks og sjøaure har variert gjennom det siste århundret, og økende forsurening har medført at laks og sjøaure ble utryddet fra deler av vassdraget og fangstene ble redusert (figur 2.9.2a og figur 2.9.2b). Imidlertid må fangstoppgevarene på 1970-tallet og til begynnelsen av 1990-tallet tolkes som svært

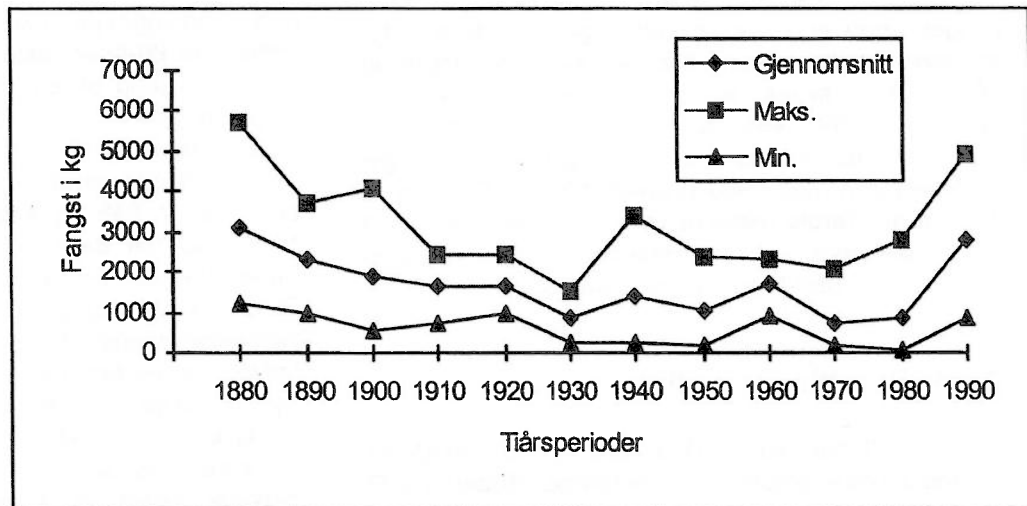
unøyaktige (H. Lura, Fylkesmannen i Rogaland pers. medd.), men trenden kan være reell. Den nye trappa i Fotlandsfossen (bygd i 1978) synes å ha bidratt positivt ved at fisken har hatt muligheter til å gå opp i de mindre sure sidevassdragene for å gyte, og dette kan være forklaringen på den økende fangsten av laks i vassdraget fra midten av 80-tallet (figur 2.9.2b). Ujevne fangster skyldes sannsynligvis først og fremst forskjellig overlevelse hos ungfisk fra år til år på grunn av sure episoder (H. Lura, Fylkesmannen i Rogaland, pers. medd.).

2.9.3 Kalkingsstrategi

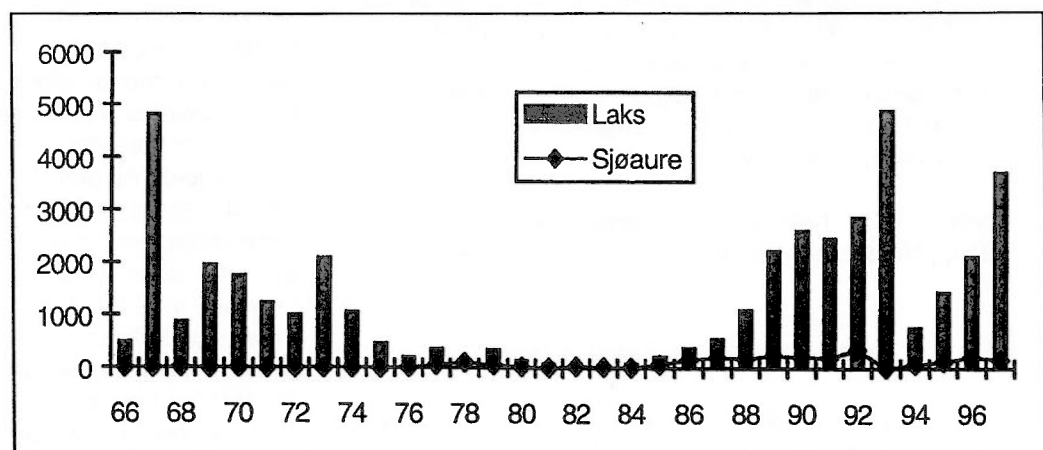
Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsureningsfølsomme vannorganismer. Vannkvalitetsmål: Lakseførende strekning: pH 6,5 i perioden 15/2-15/6, pH 6,2 ellers i året (Walseng 1998).

Kalkingen ble startet opp i 1996 og i løpet av sommeren/høsten ble 21 innsjøer kalket med til sammen 4399 tonn kalk, hvorav 4 050 tonn ble spredt

Figur 2.9.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Bjerkreimsvassdraget i tidsrommet 1884-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.9.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Bjerkreimsvassdraget i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk). Fangsten av laks i 1967 omfatter også fangst fra Tengsvåg.



i Ørdsalsvatn. I tillegg ble Austrumsdalsvatn kalket med 700 tonn. I 1997 ble 25 innsjøer kalket med til sammen 2 369 tonn kalk. En kalkdoserer ved Malmei ved utløp Byrkjelandsvatn ble startet opp i september måned samme år (Walseng 1998).

2.9.4 Effekter av kalking

Kalking av Austrumdalsvatn og Ørdsalsvatn så ut til å gi svært stabil vannkvalitet i hovedelva høsten 1996 (Kaste 1997e). Resultatene fra den kontinuerlige pH-overvåkingen ved Tengs i 1997 viste at pH-verdiene i elva generelt lå 0,2-0,3 pH-enheter under vannkvalitetsmålet i smoltifiseringsperioden (15.2-15.6) (Kaste 1998e). Etter at kalkdoseringsanlegget ved Malmei er kommet i drift, vil det sannsynligvis bli lettere å oppfylle vannkvalitetsmålet under smoltifiseringsperioden.

Ved ungfiskundersøkelsene høsten 1996 ble laksunger bare påvist i lave tettheter i de nedre deler, men yngelen stammet fra naturlig reproduksjon (Larsen 1997g). Det er også i tidligere undersøkelser på 1990-tallet fanget laksunger i mindre antall i hovedvassdraget, og det er registrert tildels høye tettheter av yngel på utsettingslokaliteter i sidebekker (Persson & Enge 1992, Persson 1993, Helgøy & Enge 1995). Lenger oppover i vassdraget utgjør de sure sidegreinene fra øst såpass stor del av vannføringen at laksen ikke synes å reprodusere. Ungfiskundersøkelser i 1997 viste at det var en økning i utbredelsen og tetthet av laksyngel i vassdraget sammenliknet med 1996 (Larsen 1998g). Dette er et resultat av i første rekke høyere overlevelse av utsatt fisk. Resultatene fra undersøkelser i 1998 tyder på en videre positiv utvikling i ungfiskbestanden.

2.9.5 Utsettinger av fisk

Siden 1993 har det hvert år blitt satt ut betydelige mengder uforet laksyngel i vassdraget (**tabell 2.9.5**). Som tidligere nevnt er det ved tidligere undersøkelser på 90-tallet fanget til dels høye tettheter av yngel på utsettingslokalitetene. Det kan derfor tenkes at disse utsettingene er noe av årsaken til den positive fangstutviklingen av laks i vassdraget i 1997 og 1998. I 1997 og 1998 ble en større del av yngelen satt ut i hovedvassdraget nedstrøms Svelavatn.

Melke fra 51 hannfisk er dypfryst i sædbanken (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

2.9.6 Oppsummering Bjerkreimselva

Vassdraget er sterkt forgreinet med et nedbørfelt på 706 km². Vassdraget har en lakseførende strekning på

Tabell 2.9.5. Oversikt over utsettinger av laks (uforet yngel) i Bjerkreimselva i perioden 1993–98 (opplysninger fra fiskeforvalteren i Rogaland).

Utsettingssted	År	Antall
Bjerkreim	1993	280 000
Bjerkreim og sidebekker	1994	?
Bjerkreim og sidebekker	1995	200 000
Skjævelandsåna	1996	20 000
Svelabekk	1996	25 000
Bjerkreim	1997	250 000
Bjerkreim	1998	180 000

25–30 km som årvisst fører laks og sjøaure. Men laksen har tilgang på en strekning på totalt 80 km. Variasjonene i vannkvalitet er store i de ulike delene av nedbørfeltet. Fangstene av laks og sjøaure har variert gjennom det siste århundret, og økende forsurening førte til at laks og sjøaure ble utryddet fra deler av vassdraget. De nordøstre delene av vassdraget som gir opphav til 3/4 av avrenningen er sterkt påvirket av forsurening. Det er foretatt noen mindre kraftverksinngrep i vassdraget.

Etter å ha ligget på et lavmål fra midten av 70-tallet til midten av 80-tallet, økte det årlige fangstutbyttet av laks til en topp på ca. 5 tonn i 1993. Deretter sank fangsten igjen til et lavmål i 1994 for deretter å øke de påfølgende år. I 1997 var totalfangsten på 3 898 kg og i 1998 skjedde en kraftig økning til 10 100 kg, og av dette var 7 646 kg smålaks. Økte fangster utover 1980-tallet har sammenheng med den nye trappa i Fotlandsfossen som synes å ha bidratt positivt ved at fisken har hatt muligheter til å gå opp i de mindre sure sidevassdragene for å gyte. I 1997 og 1998 ble over halvparten av fangstene tatt ovenfor Fotlandsfossen. Ujevne fangster tidligere år skyldes først og fremst forskjell i overlevelse av ungfisken fra år til år på grunn av sure episoder. Sommeren/høsten 1996 ble 21 innsjøer kalket for å sikre reproduksjon av laks i vassdraget. Kalking har medført bedring av vannkvalitet på hele den lakseførende strekningen og høyere overlevelse av ungfisk er nå registrert i hele elva. Den meget store fangstøkningen i 1998 kan delvis skyldes vellykkete utsettinger på 90-tallet og delvis stor vannføring og jevnt gode oppgangs- og fiskeforhold. At den store fangsten i 1998 først og fremst bestod av smålaks, indikerer at smolten fra vassdraget hadde en vellykket utvandring i 1997 til tross for at pH-verdiene i elva ifølge Kaste (1998e), generelt lå 0,2-0,3 pH-enheter under vannkvalitetsmålet i smoltifiseringsperioden (15.2-15.6). Konsentrasjonene av labilt aluminium i smoltifiseringsperioden (15.2.-15.6.) var imidlertid lave (< 10 µg/L) på hele den lakseførende strekningen fra Hofreistevatn til utløpet ved Tengs (Kaste 1998e). For å unngå skader på

laksesmolt i smoltifiseringsperioden (mars-juni) bør konsentrasjonene av labilt aluminium være under 10 µg/L (Hindar et al. 1997a).

2.10 Oгна – vassdragsnr. 027.6Z

2.10.1 Vassdragsbeskrivelse

Oгна ligger i Sør-Rogaland i kommunene Hå og Bjerkreim. Vassdragets totale nedbørfelt er 117 km² hvorav 39 km² er tilført ved overføring av Helgåvassdraget til Hetland kraftstasjon som ligger ca tre kilometer fra utløpet i sjøen. Hovedvassdraget har utspring i heiområdene ved Laksesselafjellet (536 m o.h.) og Svartaknuten (498 m o.h.) vest for Vikeså ca 23 km fra sjøen. I Ognadalen danner elva tre mindre innsjøer.

Årlig nedbørmengde er ca. 2 000 mm. Gjennomsnittlig vannføring er beregnet til 3,9 m³/s ovenfor utløpet fra Hetland kraftstasjon og 6,6 m³/s ved utløpet i sjøen (Enge og Nordland 1989). På grunn av relativt små innsjøer med liten magasinkapasitet i nedslagsfeltet vil vannføringen i hovedelva variere med nedbørmengden.

Området ligger i sin helhet innenfor Egersund-feltets anortositt-bergarter. Det som finnes av løsmasser er vasket vekk fra de høyereliggende områder og ned i senkningene (Abrahamsen et al. 1972). Vegetasjonen utgjøres stort sett av lite kravfulle arter. I høydene dominerer torv- og lyngmark. Lenger nede øker kulturpreget, og i Ognadalen samt fra Hetland og ned til utløpet preges nærområdet av intensivt jordbruk.

Laks og sjøaure kan passere helt opp mot Ognavatnet, en strekning på omlag 30 km.

Vannkvaliteten i Oгна har vært overvåket siden 1971 (jf. Larsen & Schartau 1994). Fra 1991 har den vannkjemiske overvåkingen vært tilpasset kalkingsplanen, og årlig har vannkvaliteten blitt analysert på 5-6 målestasjoner i vassdraget (jf. Nøst 1997b).

Det er tidligere gjennomført ungfiskundersøkelser i Oгна i 1983-88 (Larsen et al. 1992), og i forbindelse med kalkingstiltakene ble det fra 1991 startet en årlig overvåking av ungfiskbestanden i vassdraget (jf. Larsen 1997h).

2.10.2 Effekter av forsuring

Som følge av forsuring var fangstene av laks og sjøaure lave gjennom første halvdel av 1900-tallet (figur 2.10.2a). Etter 1940 har det vært en økning i fangstene, men gjennom 1970 og 1980-årene var vannkvaliteten periodevis marginal for overlevelse av

laks (Skogheim et al. 1984, Larsen et al. 1992). Det har vært flere episoder med fiskedød i Oгна og i 1969 ble det funnet både yngel, ungfisk og voksen fisk langs hele vassdraget (Snekvik 1975). Fiskedøden falt sammen med den første store nedbørsperioden om høsten. På 1980-tallet ble det meldt om fiskedød nesten hvert år, hovedsakelig på de nederste 3 km hvor vassdraget får tilført surt aluminiumsrikt vann fra Helgåvassdraget via Hetland kraftstasjon. Gjentatt dødelighet både av rogn, ungfisk og gytefisk tydet på at Oгна var et av de vassdragene i Rogaland som var mest utsatt for forsuring. I de siste 20-30 årene har det vært store årlige variasjoner i fangstutbyttet av laks med svært små fangster i mange av årene i perioden 1971-84 (figur 2.10.2b).

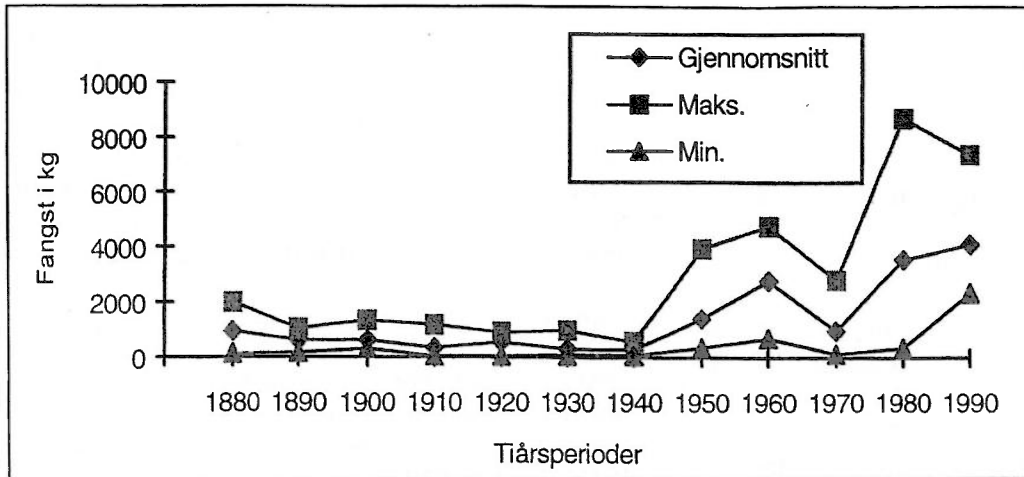
2.10.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet (pH > 6,0) for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer (Nøst 1998d). I følge Fylkesmannen i Rogaland ble vannkvalitetsmålet trappet opp fra sesongen 1997 i smoltifiseringsperioden til å være pH 6,2 i perioden 15.2.-31.3. og 6,4 i perioden 1.4.-31.5. (Elnan pers. medd).

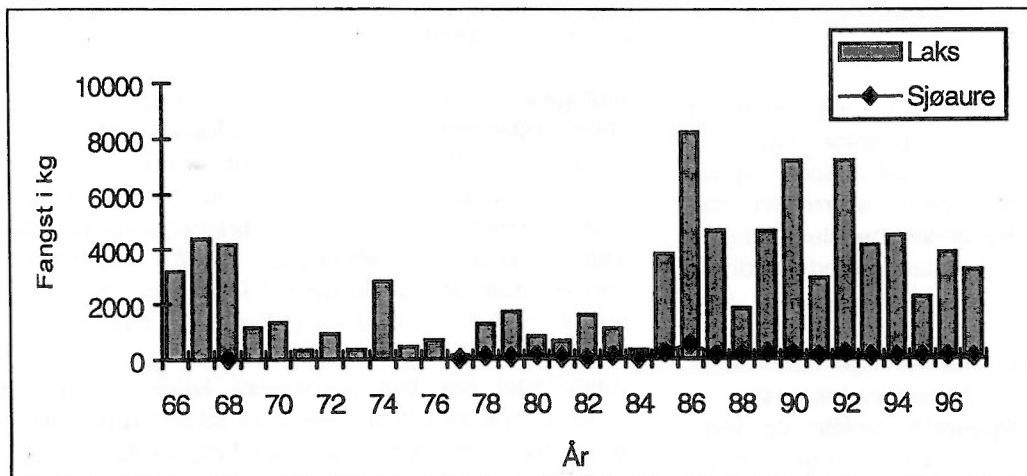
Vassdraget har blitt permanent kalket fra februar 1991. Den øvre kalkdosereren er lokalisert nedstrøms øvre Ognavatn, ved Laksesvela bro, og den nedre er plassert ved Hetland kraftstasjon med kalking av vann som passerer kraftverket. Dosering styres automatisk etter vannføringen i vassdraget. I tillegg foregår det innsjøkalking i øvre Ognavatn, Langavatn, Oppsandsvatn og Leksarvatn.

2.10.4 Effekter av kalking

Utviklingen av pH i Oгна på hovedstasjonen før kraftverket (Nøst 1998d) i perioden 1980-87 viser at årsgjennomsnittet før kalking lå mellom pH 5,2 og pH 5,8. De laveste pH-verdier ble målt i første halvdel av 1980-tallet, da det var tildels betydelige variasjoner i pH gjennom året. pH-verdier lavere enn 5,0 ble målt i forbindelse med snøsmeltingen om våren. Fra 1985 ble de sure episodene mindre utpreget. Det ble registrert en markert bedring i vannkvaliteten etter at kalking startet i 1991. Kalkingen har medført en økning til en gjennomsnittlig pH på 6,15 i 1991 og videre til omkring pH 6,4 i 1994-97. Resultatene fra 1996 og 1997 tyder på at pH-verdiene nå har stabilisert seg på et jevnt høyere nivå gjennom året, dvs. at vannkvaliteten stort sett er tilfredstillende m.h.t. de krav som stilles for at fisk skal kunne reprodusere i elva. Imidlertid er elva framdeles sårbar overfor ujevn kalkdosering, som i perioder kan gi ugunstig vannkvalitet.



Figur 2.10.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Ognå i tidsrommet 1884-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.10.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Ognå i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk).

Kalkingen hadde en positiv effekt på overlevelsen av laksyngel allerede første året (Larsen 1997). I 1991 økte tettheten av laksyngel nedenfor begge kalkdosererne. Strekingen nedenfor Laksesvela er karakterisert som de beste gyte- og oppvektsområdene for laksen i Ognå, men det er fortsatt store årlige variasjoner i tetthet av laksyngel på strekingen, noe som også var typisk før kalking. Dette kan skyldes varierende vannføring om høsten, og lav vannføring kan hindre laksen i å nå opp til de øvre delene av vassdraget. En kraftig økning i tettheten av laksyngel nedenfor kalkdosererne i perioden 1994-97 tyder nå på klarere positive effekter av kalkingen (Larsen 1998h).

Fram til 1985 var årlige fangster av laks og sjøaure lave, mens det senere har skjedd en markert bedring i fangstene av laks (figur 2.10.2b). I perioden 1985-90 ble det i gjennomsnitt fanget 5 029 kg pr. år som er en klar økning fra gjennomsnittsfangsten for perioden 1980-84 som var 894 kg pr. år. Dette har sannsynligvis sammenheng med den gradvise forbedring av vannkvaliteten som fant sted på 80-tallet. Fangstene av laks etter 1990 har vært noe variable, men på tilsvarende nivå som i perioden 1985-90. I 1998 ble det fanget totalt 6 600 kg laks (H.Lura, Fylkesmannen

i Rogaland pers. medd.) og dette resultatet er på høyde med fangstene i 1990 og 1992 (figur 2.10.2b). Økningen i fangstutbyttet i 1998 har sannsynligvis sammenheng med økningen av tetthet av laksunger som fant sted fra 1994.

Fangstutbyttet i 1998 indikerer at det må ha vært en vellykket smoltutvandring fra Ognå i 1997. Vannkvalitetsmålingene fra 1997 viser at på samtlige 5 prøvetakingsstasjoner var pH lavere enn 6,5 i perioden 15.2.-15.6. På tre av stasjonene ble det registrert pH-verdier < 6,0 i denne perioden (figur 2.2 i Nøst 1998d).

2.10.5 Utsetting av fisk

I Ognå har det blitt foretatt utsettinger av laksyngel siden 1960-årene, men det var først fra 1975 at arbeidet ble til en årlig ordning. I perioden 1975-89 varierte antallet mellom 10 000 og 70 000 plomme-sekkyngel pr. år. Siste utsetting ble foretatt i 1990 og antallet var 1 000 yngel. Tilsammen ble det satt ut 557 000 laksyngel i Ognå i perioden 1975-90 (Larsen et al. 1992). Yngelen ble hovedsakelig satt ut på to

områder i elva: mellom Slettabø og Gåsland samt utløpselva fra Gåslandsvatn og strekningen nedstrøms Øvrabøvatnet til Ualand. I mai 1982 ble det i tillegg satt ut 7 000 ettårige laksunger i Gåslandsvatnet og 3 000 i Revsvatnet (Hesthagen et al. 1982). I midten av oktober 1983 ble det satt ut 4 180 en-somrige settefisk av laks fordelt på Gåslandsbekken og øvre del av Oгна (Hesthagen & Ousdal 1983). Larsen et al. (1992) diskuterer hvilken effekt disse utsettingene kan ha hatt og mener at dette er usikkert. Det er ingen påviselig sammenheng mellom utsettingene i de enkelte år og yngeltettheten ved Laksesvela bru eller ved Ualand. Det er imidlertid sannsynlig at utsatt yngel i 1982 kan ha resultert i en høyere tetthet av 1+ laks ved Ualand i forhold til de andre strekningene i 1983 (Larsen et al. 1992). Forutsatt at de fleste laksungene vandrer ut som 2-årig smolt som nevnt av Larsen et al. (1992), synes det ikke å være noen sammenheng mellom utsettingene og oppfisket kvantum laks.

Melke fra 55 hannfisk er dypfryst i sædbanken (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

2.10.6 Oppsummering Oгна

Vassdragets totale nedbørfelt er 117 km² hvorav 39 km² er tilført ved overføringer av Helgåvassdraget til Hetland kraftstasjon ca. 3 km fra utløpet i sjøen. Oгна har en lakseførende strekning på ca. 30 km. Som følge av forsuring var fangstene av laks og sjøaure lave gjennom første halvdel av 1900-tallet. Etter 1940 har det vært en økning i fangstene, men gjennom 1970- og 1980-årene var vannkvaliteten periodevis marginal for overlevelse av laks.

Vassdraget har blitt permanent kalket fra februar 1991, og det er registrert en markert bedring i vannkvaliteten etter at kalkingen startet. Kalkingen hadde en positiv effekt på overlevelsen av laksyngel allerede første året, men det har vært store årlige variasjoner i de etterfølgende år. Imidlertid ser det ut til at laksen nå har etablert seg i øvre deler av vassdraget (Laksesvela), hvor de tradisjonelt beste områdene for laks ligger.

Laksefisket i Oгна økte allerede i 1985 lenge før kalkingen kom igang i 1991. Dette kan ha sammenheng med en generell bedring i vannkvaliteten, som har medvirket til høyere overlevelse av utsatt fisk. Det har i første halvdel av 1980-tallet bl.a. skjedd en nivåheving av pH gjennom reduserte episoder med ekstremt lave verdier (pH < 5) (Nøst 1998d). I tillegg skal en ikke se bort fra at direkte og indirekte negative effekter fra jordbruksavrenning har blitt mindre gjennom årene (jf. bl.a. Larsen & Brørs 1998).

Den meget store fangstøkningen som ble registrert i 1998 kan sannsynligvis tilskrives økningen i tetthet av laksunger som ble registrert fra 1994. I tillegg var det delvis stor vannføring og jevnt gode oppgangs- og fiskeforhold i 1998. I 1997 var det derimot svært liten vannføring gjennom sommeren. Ungfiskresultatene fra 1998 viste reduksjon av laksunger i de øvre deler av vassdraget i forhold til tidligere år, noe som tyder på at laksen har hatt problemer med å ta seg opp på den lave vannføringen i 1997.

2.11 Frafjordelva – vassdragsnr. 030.Z

2.11.1 Vassdragsbeskrivelse

Frafjordelva ligger i Gjesdal kommune i Rogaland. Vassdraget har et nedbørfelt på 171 km² og hever seg til ca. 940 m o.h. over en strekning på 27 km. Vassdraget er regulert ved at 17,6 km² er overført til Fløyrl kraftstasjon ved Lysefjorden.

Årlig nedbørmengde er ca. 2 000 mm. Frafjordelva er preget av store variasjoner og hurtige skiftninger i vannføring. Gjennomsnittlig vannføring er beregnet til 14,3 m³/s.

Frafjordelva er lakse- og sjøaureførende de nederste 5 km, opp til Eikjeskogsfossen i Måna. Langs denne strekningen er det jordbruksaktivitet og bebyggelse. For øvrig er vassdraget svært lite påvirket av menneskelig aktivitet. Sideelva Brådlandsåna har svært ustabil substrat og stor variasjon i vannføring. Elven Måna drenerer ca. 52 % av nedbørfeltet, mens Brådlandsåna drenerer ca. 23 %.

Vannkvaliteten i Frafjordelva har vært overvåket siden 1969 (jf. Larsen & Schartau 1994). Fra 1995 har NMT for Midt-Rogaland stått for den vankjemiske overvåkingen (Løvhøiden 1998).

Det er tidligere gjennomført ungfiskundersøkelser i Frafjordelva i 1981 (Hongve & Matzow 1984), 1985 (SFT 1986) og 1993 (Fylkesmannen i Rogaland upubl. materiale). I forbindelse med kalkingstiltaket startet NINA en årlig overvåking av ungfiskbestandene av laks og aure fra 1994 (Larsen 1998j).

2.11.2 Effekter av forsuring

Frafjordelva var tidligere regnet som en god lakseelv. Det foreligger fangststatistikk tilbake til 1884. Siden århundreskiftet har det vekslet mellom perioder med relativt lave fangster (100-200 kg pr. år) og kortere perioder (ca. 20 års mellomrom) med svært høye fangster. Den siste av disse rike periodene var 1952-54 (figur 2.11.2a). Det foreligger rapporter om

fiskedød i elva fra 1890, 1920, 1921 og 1948 i forbindelse med flomperioder høst og vinter (Huitfeldt-Kaas 1922, Rosseland 1953). Vannkjemiske målinger i perioden 1969–89 (før kalking) har vist at vannkvaliteten har vært marginal for overlevelse av laks med gjennomsnittlig pH på 5,09 (Nøst & Schartau 1996, vedlegg). De senere årene har den årlige fangsten av laks vært svært lav, og har ligget under 100 kg alle år i perioden 1966–94. Fra 1995 tyder fangstene på at laksen er i en positiv utvikling (figur 2.11.2b).

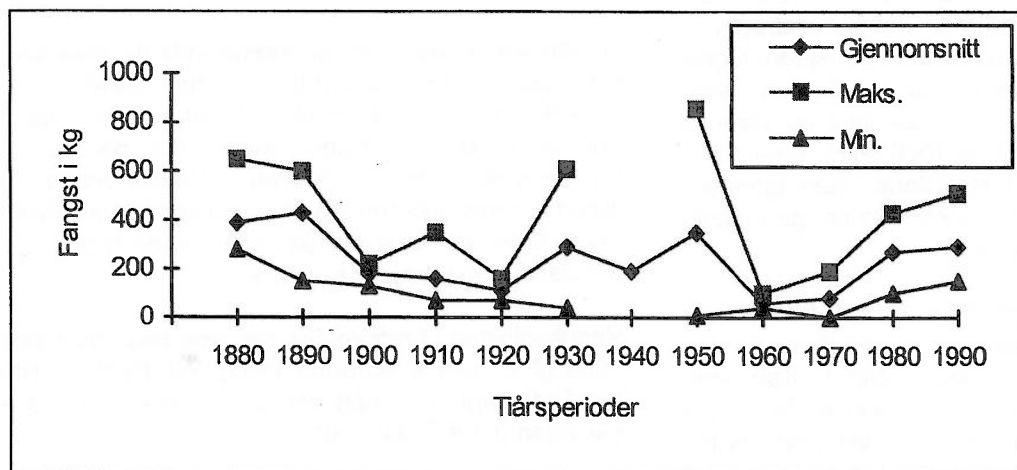
Den årlige fangsten av sjøaure var også svært lav fram til 1980, men har etter den tid vært vesentlig høyere (figur 2.11.2b). På tross av forurensingssituasjonen ble sjøaurebestanden oppgitt å være god på hele 1980-tallet i Frafjordelva. Det ble tidligere drevet et omfattende kultiveringsarbeid (Bergheim et al. 1989), og dessuten er flere av sidebekkene og deler av Molaugvatn viktige rekrutteringsområder for sjøaure. Selv om oppvekstarealene er begrenset, har bekkene vært, og er fortsatt, et viktig bidrag til opprettholdelsen av sjøaurebestanden i vassdraget (Larsen et al. 1997).

Ifølge Sivertsen (1989) ble laksen i Frafjordelva utryddet, tidligere yngelutsetninger ga ikke resultat, og det var ikke mulig å påvise ungfisk av laks i elva. Elfske ble utført i 1985 og i 1987 uten at det ble gjort nevneverdige observasjoner av laks.

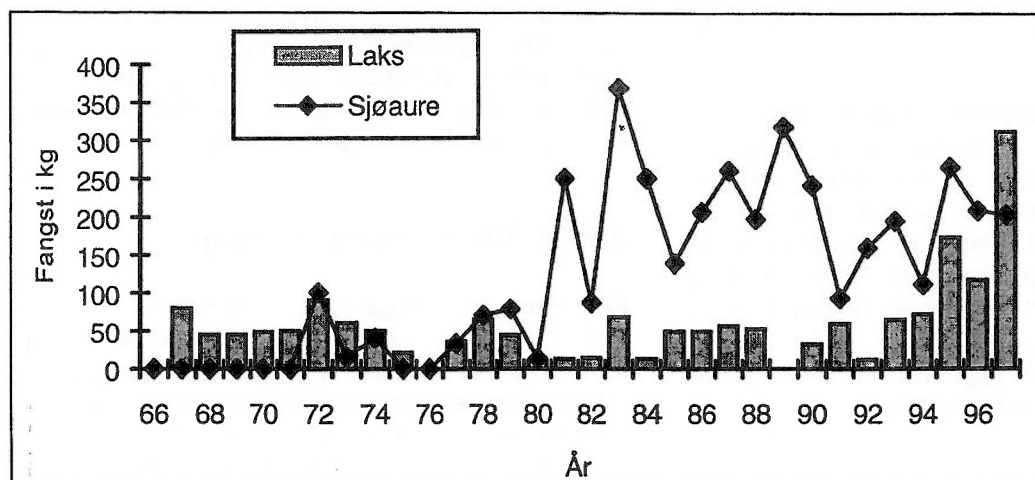
2.11.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forurensningsfølsomme vannorganismer. Vannkvalitetsmål: lakseførende strekning: pH > 6,5 i perioden 15.2.-15.6., pH 6,2 ellers i året (Larsen 1998j).

Frafjordelva var før kalking sur og hadde liten bufferkapasitet mot ytterligere forurensing. I 1993 ble det satt igang forsøk med kalking i Brådlandsåna (Enge 1993). Permanent kalking i vassdraget ble igangsatt fra 1995. Kalking i Frafjordelva foregår ved hjelp av to kalkdoserere, en i hver av hovedgreinene i vassdraget. Hovedstasjonen for kalking er plassert ved gården Eikjeskog som ligger langs Måna. Denne stasjonen kom i regelmessig drift 5. juli 1995. Den andre stasjonen er plassert i Brådlandsåna og kom i regelmessig drift i løpet av 1995.



Figur 2.11.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Frafjordelva i tidsrommet 1884-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk). (Fangsten på 147 kg i 1947 er den eneste i tiårsperioden).



Figur 2.11.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Frafjordelva i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk).

2.11.4 Effekter av kalking

Forsøkskalking i Brådlandsåna i 1993 (Enge 1993) påvirket vannkvaliteten med heving av verdiene for gjennomsnittlig pH og kalsium (Nøst & Schartau 1994, 1995b). Regelmessig kalking i 1995 medførte en markert bedring i vannkvaliteten sammenliknet med før kalking. De vannkjemiske resultatene fra 1997 viser at pH i den mest kritiske perioden med smoltifisering (15.2.–15.6.) jevnt over var lavere enn 6,5 som er fastsatt som styringskriterium for kalkdoseringen. Den viktigste årsaken til dette er at kalkingsanlegget ved Brådland i lange perioder har hatt driftsstans. I perioden 16.6.–14.2. da pH bør ligge over 6,2, har pH-verdiene gjennomgående vært tilfredsstillende (Løvhøiden 1998).

Som følge av bedret vannkvalitet ble det i 1994 påvist naturlig rekruttering av laks og overlevelse av utsatt laksyngel for første gang på mange år (Larsen 1995). Nedenfor Molaugvatn er det også satt ut plomme-sekkyngel av laks siden 1992, men først fra 1994 har utsettingene vært vellykkede. Hvordan fordelingen er mellom utsatt og naturlig produsert yngel er imidlertid usikkert.

Fra 1995 er det blitt påvist eldre laksunger i alle deler av vassdraget, også i Brådlandsåna og Norddalselva (Larsen 1997i). Det har også vært en positiv utvikling i fangstutbytte av laks de siste tre (1995–97) årene (figur 2.11.2.b).

2.11.5 Utsettinger av fisk

Det ble foretatt utsettinger av uforet yngel av laks i vassdraget på 1980-tallet, men disse har vært mislykket. Etter byggingen av eget klekkeri ble det i perioden 1993–1997 årlig satt ut et mindre antall uforet laksyngel i Frafjordelva (tabell 2.11.5).

Melke fra 2 hannfisk er dypfrost i sædbanken (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

Tabell 2.11.5. Oversikt over utsettinger av laks (uforet yngel) i Frafjordelva i perioden 1993–97 (opplysninger fra fiskeforvalteren i Rogaland).

Utsettingssted	År	Antall
Frafjord	1993	10 000
Frafjord	1994	20 000
Frafjord	1995	22 000
Frafjord	1996	45 000
Frafjord	1997	11 000

2.11.6 Oppsummering Frafjordelva

Vassdraget som har et nedbørfelt på 171 km² er regulert ved at 17,6 km² er overført til Fløyrlø kraftstasjon ved Lysefjorden. Vassdraget har en lakseførende strekning på ca. 5 km, og var tidligere en god lakseelv. I perioden 1966–94 var fangstene av laks svært lave, mens det derimot ble fanget en god del sjøaure hvert år siden 1981. Regelmessig kalking som ble satt i gang i 1995 etter forsøkskalking fra 1993, hadde markert effekt på ungfiskpopulasjonene av laks i vassdraget. Det har vært en jevnt økende utbredelse av laksunger fra 1994 til 1997 da laks ble funnet i hele vassdraget (Larsen 1998j). Det var imidlertid en nedgang i tettheten av laksyngel i 1996 og 1997, og dette kan ha sammenheng med periodevis store svingninger i pH gjennom året. Økningen i laksefangstene i 1995, 1996 og 1997 har sannsynligvis sammenheng med kalkingen.

2.12 Espedalselva (Mæleelva, Helleelva) – 030.4Z

2.12.1 Vassdragsbeskrivelse

Espedalselva ligger i Forsand og Gjesdal kommuner i Rogaland med et nedbørfelt på 138 km². Nedbørfeltet ligger på platået mellom Høgsfjorden og Lysefjorden. Det renner mot vest-sørvest og har utløp på nordsiden av Høgsfjorden ved Helle. Høyeste punkt når vel 1 000 m o.h. Deler av nedbørfeltet (12 km²) er overført til Lysefjorden. Vassdraget består av to grener, Vinddalen og Røssdalen/Indredalen, som møtes ovenfor Espedalsvatnet, sentralt i hoveddalføret. Vinddøla drenerer den nordlige delen av feltet. Elva som følger Indredalen/Røssdalen drenerer størst areal. Flere vann i nordøst blir drenert via Fossåna. Øverst i Fossåna ligger Vassleia som opprinnelig var Espedalselvas største innsjø. Vannet er imidlertid demmet opp og overført østover. Espedalsvatnet er således i dag nedbørfeltets største innsjø med et areal på ca. 1,7 km². Fra utløpet av Espedalsvatnet renner hovedelva sørvestover, først i rolige partier, seinere også i

stryk. Elvestrekningen fra Espedalsvatnet til utløpet i sjøen er ca. 10 km.

Berggrunnen består hovedsakelig av ulike gneiser. Løsmassedekket er stedvis mektig, som f.eks. frontavsetningen som demmer opp Espedalsvatnet. Både i Vinddalen og Røssdalen finnes også større løsmasseavsetninger.

Bebyggelsen går inn til østenden av Espedalsvatnet. Nedre deler av Røssdalen er sterkt preget av sauebeiting. Et stort myrområde i Vinddalen er oppdyrket. Totalt er det ca. 3 500 da jordbruksareal i drift i nedslagsfeltet (NOU 1991).

Lakseførende strekning i Espedalselva strekker seg opp til Lona, ca. 2 km oppstrøms Espedalsvatnet, mens sjøauren går opp i Røssdalsvatn. Total lakseførende strekning inklusive Espedalsvatnet er ca. 15 km.

Espedalselva har i perioden 1972-90 og 1993-94 vært inkludert i et vannkjemisk måleprogram (Elveserien) (jf. Larsen & Schartau 1994). Det vannkjemiske programmet har omfattet en målestasjon i vassdraget, og fra 1995 er det vannkjemiske programmet tilpasset kalkingstiltaket og utvidet til å omfatte fem stasjoner (Schartau 1997a).

Det er tidligere gjennomført ungfiskundersøkelser i Espedalselva i 1989-90 og 1992-94 (Persson 1993, Helgøy & Enge 1995, Fylkesmannen i Rogaland upubl. materiale). I forbindelse med kalkingstiltaket startet NINA en overvåking av ungfiskbestandene av laks og aure i 1995 (Larsen 1997j).

2.12.2 Effekter av forsurening

I Espedalselva var fangstene av laks og sjøaure lave fra slutten av forrige århundre fram til 1950-årene (**figur 2.12.2a**). Espedalselva ble nevnt i forsuringssammenheng allerede i begynnelsen av 1920-årene da det ble registrert episoder med massedød av laks og aure (Huitfeldt-Kaas 1922). I de senere tiår har det vært store variasjoner i fangstene. Etter 1980 har de årlige fangstene av laks variert betydelig fra noen titalls kilo til ca. 1,5 tonn (**figur 2.12.2b**). Oppgitt fangst av sjøaure har hele tiden vært liten. Vannkvaliteten i Espedalselva har på 1970 og 1980-tallet vært preget av relativt lav pH med årsgjennomsnitt mellom 5,4 og 6,0 (Schartau 1997a). Variasjonene i årsgjennomsnittet synes å være bestemt av nedbørsforhold.

2.12.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer. Vannkvalitetsmål:

pH 6,5 i smoltifiseringsperioden (15.2.-15.6.) og pH 6,2 resten av året (Hartvigsen 1998a).

Bakgrunn for kalkingen er at det har vært registrert forsuringsskader på innlandsfisk- og laksebestanden. Flere av aurebestandene inne på fjellet var utdødd, og fiskedød ble også observert i den lakseførende delen av vassdraget (Schartau & Larsen 1997). Skadene var av et slikt omfang at kalking var nødvendig for å bedre vannkvaliteten. I juni 1995 ble det foretatt en betydelig innsjøkalking i 11 vatn i nedbørfeltet, og tilsammen ble det benyttet en kalkmengde på 375 tonn. I løpet av sommeren 1996 ble ytterligere 3 vatn kalket og kalkmengden økte til 424 tonn. Dette innebærer kalking av 50 % av nedbørfeltet oppstrøms Røssdalsvatn. Kalkingsomfanget ble ytterligere utvidet ved etableringen av en kalkdoserer i hovedvassdraget ved utløpet av Espedalsvatn samt en enkel kalkdoserer i sidevassdraget Vinddøla. Kalkdoseringsanlegget i hovedelva ble i 1996 styrt etter en modifisert vannføringskurve utarbeidet for nabovassdraget Frafjordelva. Store deler av Espedalselva er nå kalket.

2.12.4 Effekter av kalking

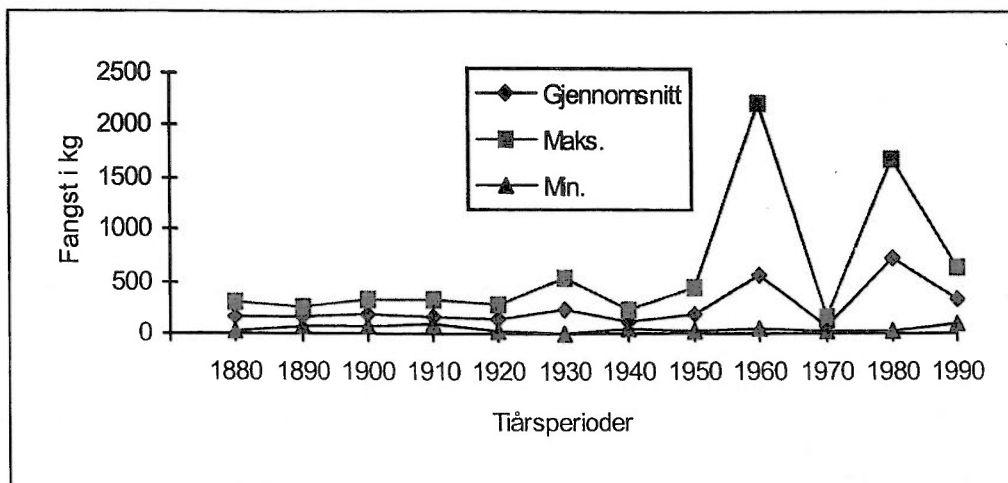
Det har gradvis vært en reduksjon i forsuringssgraden av vassdraget siden 1990 med særlig merkbar positiv respons på vannkvaliteten etter de omfattende kalkingstiltakene fra sommeren 1995 med forhøyede pH-verdier (Schartau 1997a). Til tross for en markant bedring i vannkvaliteten ble det også i 1996 registrert store variasjoner i pH gjennom året, noe som tyder på at doseringsrutinene ennå ikke har blitt gode nok til å opprettholde ønsket vannkvalitetsmål. Variasjonene i pH var mindre utpreget i 1997, men vannkvalitetsmålet særlig i smoltifiseringsperioden, er ennå ikke oppnådd (Hartvigsen 1998a).

Det har vært påvist naturlig rekruttering av laks nedenfor Espedalsvatn hvert år siden 1989, men tettheten har vært lav. Det ble ikke funnet laksunger ovenfor Espedalsvatn i 1989, 1992 eller 1993 (Persson 1993, Fylkesmannen i Rogaland upubl. materiale), og det ble antatt at vannet var for surt for reproduksjon av laks. I perioden 1994-97 er det årlig fanget laksyngel, men i svært varierende antall ovenfor Espedalsvatnet (Larsen 1998k). Klart høyeste tetthet av laksyngel ble påvist i 1996, mens det for eldre laksunger har vært en svak økning i tetthet fram til 1997.

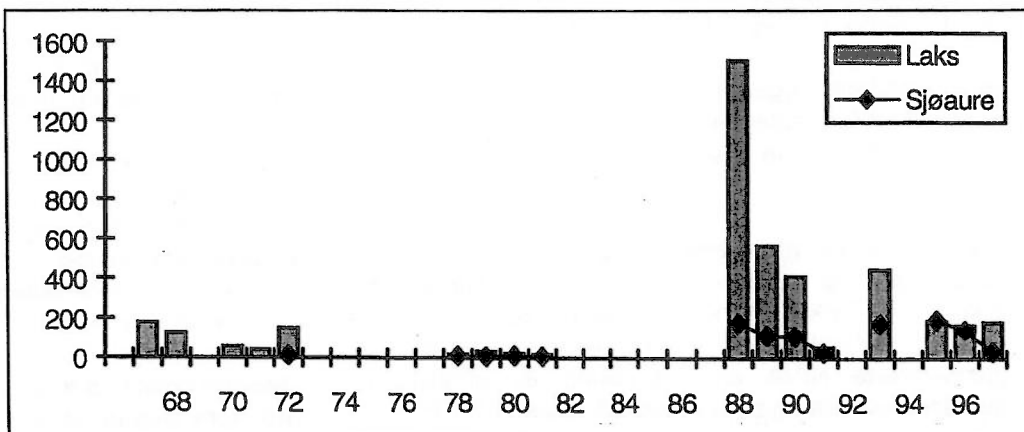
2.12.5 Utsettinger av fisk

Utsettingen av fisk i Espedalsvassdraget startet i 1968 og frem til og med 1985 ble det satt ut ca. 200 000 laksyngel hvert år. Yngelen ble spredt på hele den

Figur 2.12.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Espedalselva i tidsrommet 1884-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk). Gjennomsnittfangstene er utregnet på grunnlag av de årene det er rapportert fangster.



Figur 2.12.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Espedalselva i perioden 1967-97 (Norges Offisielle Statistikk). (Fig. viser at rapporteringen har vært mangelfull både i perioder og enkeltår. Om dette skyldes manglende fangster er uvist).



lakseførende strekningen (Trygve Sedal, Sandnes pers. medd.). Disse utsettingene kan ikke ha hatt noen vesentlig effekt idet det ikke ble fanget laks i perioden 1973-87. Året 1988 ga en sterk og plutselig økning i fangsten av laks i Espedalselva. Dette kan skyldes god overlevelse for yngelen som ble satt ut i 1984 og 1985, noe som igjen kan skyldes en bedring i vannkvaliteten. I perioden 1984-1988 var pH-verdien i Espedalselva noe gunstigere enn årene før og årene etter (figur 2.1 i Schartau 1997a). Fangstutviklingen i 1988-91 kan stemme godt med at utsettingene i 1984 og 1985 var vellykkete og at vi fikk en fordeling av smoltutvandringen over 1986-88 med tilbakevandring av laks i avtakende mengde i 1988-91 siden utsettingene opphørte i 1985.

Et nystartet elveeierlag tok i bruk det gamle klekkeriet på nytt høsten 1994, og i 1995, 1996 og 1997 ble det satt ut ca. 60 000 laksyngel hvert år. I 1995 ble yngelen spredt fra ca. 2 km fra sjøen opp til Espedalsvatn. I 1996 og 1997 ble ca. 40 000 yngel satt ut på samme strekning som i 1995, mens resten ble spredt ovenfor vatnet. På grunn av mangel på hunnfisk ble det bare 20 000 rogn i klekkeriet i 1998. Et nytt klekkeri er under bygging, og dette vil stå ferdig høsten 1998 (Otto Maudal, formann i Espedalselva elveeierlag pers. medd.)

2.12.6 Oppsummering Espedalselva

Vassdraget har et nedbørfelt på 138 km² og deler av nedbørfeltet (12 km²) er overført til Lysefjorden. Vassdraget har en lakseførende strekning på ca. 12 km. Fangstene av laks og sjøaure var lave fra slutten av forrige århundre fram til 1950-årene. Det ble ikke fanget laks i perioden 1973-87. Året 1988 ga en sterk og plutselig økning i fangsten av laks i Espedalselva. Dette kan skyldes god overlevelse for yngelen som ble satt ut i 1984 og 1985 på grunn av midlertidig forbedret vannkvalitet. Etter at kalkingen for alvor kom i gang i 1995 og vannkvaliteten bedret seg, har det jevnt over vært en økning i tettheten av laksunger i vassdraget.

2.13 Lyseelva – vassdragsnr. 031.Z

2.13.1 Vassdragsbeskrivelse

Lyseelva ligger i Forsand kommune i Rogaland. Selve hovedelva er ca. 15 km lang, og renner i sørvestlig retning mot Lysebotn innerst i Lysefjorden. Det naturlige nedbørfeltet er 182 km², mens det nåværende nedbørfeltet etter vassdragsreguleringer bare er 63,5

km². Det øvrige avløpet er ledet bort via kraftstasjonene Lysebotn og Tjodan, som har utløp direkte til Lysefjorden. Gjennomsnittlig middelvannføring før regulering er beregnet til 13,8 m³/s. Årlig nedbørmengde er normalt ca. 2 100 mm.

Lysedalene har bratte fjellsider opp mot 1 000 m o.h. Det er lite skog og ingen store uregulerte vann i nedbørfeltet. Det største sidevassdraget er Stølsåna som kommer fra dammen ved Strandavatnet, og løper sammen med Lyseelva 1 km før utløpet i sjøen. Lakseførende strekning er omlag seks kilometer fordelt på hovedelva og Stølsåna. Ifølge Sivertsen (1989) var årlig fangst av laks i vassdraget i størrelsesorden 10 individer.

Vannkjemisk overvåking ved utløpet av Lyseelva har pågått i perioden desember 1994 til juli 1997 (Kaste 1997f, 1998f), mens prøvetaking i hovedelva ved Lyse og i det nedenforliggende sidevassdraget Stølsåna ble gjennomført fra september 1995 til februar/mars 1997. Ut over dette er det svært få vannkjemiske data fra vassdraget.

Det er tidligere gjennomført ungfiskundersøkelser i 1983, 1991 og 1993-94 (Persson 1993, Helgøy & Enge 1995, Fylkesmannen i Rogaland upubl. materiale). I forbindelse med planlagte kalkingstiltak gjennomførte NINA en overvåking av ungfiskbestandene av laks og aure i 1995-96 (Larsen 1997k).

2.13.2 Effekter av forsuring

Lyseelva er påvirket av vannkraftreguleringer og forsuring. Den relativt store andelen høyfjellsområder i Lysevassdraget medfører at toppen av smelteflommen ofte ikke nås før i juni eller juli. Smeltevannet vil dermed føre til en forverring av vannkvaliteten i hovedelva i tidsrommet når laksen er i ferd med å vandre opp. I tillegg til snøsmeltingsperioden er sannsynligvis

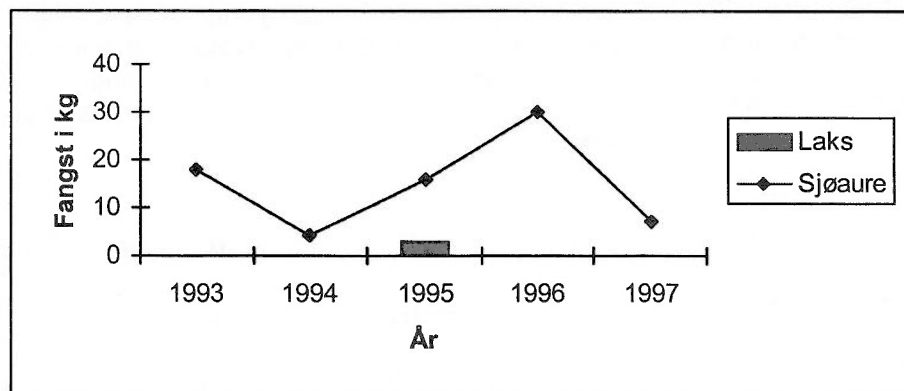
også høsten, som kjennetegnes ved store nedbørmengder, kritisk med tanke på surstøt i elva og utbredelse av blandsoner, spesielt i nedre del av vassdraget (Rosseland & Hindar 1991). Vannkjemiske målinger under snøsmeltingsperioden/vårflommen i 1995, viste pH-verdier ned til 5,4 i hovedelva og 5,3 i Stølsåna (Kaste 1997f, 1998f). Tettheten av laksunger i vassdraget har vært lav de senere årene (Larsen 1997k). I perioden 1993-97 er det fanget ubetydelige mengder laks og sjøaure i elva (figur 2.13.2).

2.13.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer. Vannkvalitetsmål: Lakseførende strekning: pH 6,5 i perioden 15.2.-15.6., pH 6,2 ellers i året (Larsen 1998l).

Bakgrunnen for en kalkingsplan er at ustabil vannkvalitet har medført at laksestammen er i faresonen (Enge & Nordland 1994). Overløp av surt vann fra reguleringsmagasiner kan fra tid til annen være et problem for vannkvaliteten i Lyseelva. De største overløpene kan komme fra Strandavatnet, øverst i Stølsåna (opptil 55 m³/s i 1993). Normalt utgjør Stølsåna omlag 25 % av vannføringen i Lyseelva, men ved store overløp vil sidevassdraget kunne dominere vannføringen i hovedelva. Blandsoneneffekter vil være sterkt rådende under slike forhold. For å kunne ta hensyn til dette, er det i kalkingsplanen for vassdraget anbefalt kalkingstiltak i begge de to vassdragsgrenene.

I kalkingsplanen er det foreslått en doserer i hovedelva oppstrøms Lysegårdene og en doserer i Stølsåna. Kalking var planlagt satt igang i 1997, men er siden utsatt på ubestemt tid.



Figur 2.13.2. Årlig oppfisket kvantum laks og sjøaure i Lyseelva i perioden 1993-97.

2.13.4 Effekter av kalking

Vassdraget er foreløpig ikke kalket.

2.13.5 Utsettinger av fisk

Vi kjenner ikke til at det er foretatt utsetting av laksunger i Lyseelva.

2.13.6 Oppsummering Lyseelva

Det naturlige nedbørfeltet er 182 km², mens det nåværende nedbørfeltet etter vassdragsreguleringer bare er 63,5 km². Lakseførende strekning er omlag seks kilometer fordelt på hovedelva og Stølsåna. Lyseelva er påvirket av vannkraftreguleringer og forsuring og tettheten av laksunger i vassdraget har vært lav de senere årene. Bakgrunnen for en kalkingsplan er at ustabil vannkvalitet har medført at laksestammen er i faresonen. I kalkingsplanen er det foreslått en doserer i hovedelva oppstrøms Lysegårdene og en doserer i Stølsåna. Kalking var planlagt satt igang i 1997, men er siden utsatt på ubestemt tid.

2.14 Jørpelandselva – vassdragsnr. 032.Z

2.14.1 Vassdragsbeskrivelse

Jørpelandselva ligger i Strand, Forsand og Hjelmeland kommuner i Rogaland. Det 80 km² store nedbørfeltet strekker seg 15 km i nordøstlig retning fra Idsefjorden (øst for Stavanger) til fjellområder på over 800 m o.h. Store deler av nedbørfeltet ligger under skoggrensa på ca. 500 m o.h. Vassdraget er regulert, og omfatter innsjømagasiner i Dalavatn, Liarvatn og Svortingsvatn. Fallet mellom Storåsfoss og kote 95 blir idag utnyttet i kraftstasjonen Jørpeland II.

Gjennomsnittlig årsnedbør ligger omkring 1 600 mm og middelvannføring i vassdraget er 6,2 m³/s. Anadrom fisk kan naturlig bare vandre omlag 800 m oppover i vassdraget til Fossen. Det har imidlertid vært satt ut laksengel oppstrøms vandringshinderet i flere år, og i løpet av 1998 ble det åpnet ny lakse-trapp forbi Fossen. Dette utvidet den lakseførende strekningen med 2-3 km.

Vannkvaliteten i Jørpelandselva er overvåket siden 1995 (Kaste 1997g). Det er tidligere gjennomført ungfiskundersøkelser i Jørpelandselva i 1989 og 1992-94 (Persson 1993, Helgøy & Enge 1995). I forbindelse med kalkingsplanen (se nedenfor) i Jørpelandselva startet NINA en overvåking av ungfiskbestandene av laks og aure i 1995 (Larsen 1997I).

2.14.2 Effekter av forsuring

Jørpelandsvassdraget var før kalking surt og hadde liten bufferkapasitet mot ytterligere forsuring. Sidevassdraget fra Svortingsvatn var sterkest forsuret, med pH-verdier i underkant av 5,0 og høye konsentrasjoner av labilt aluminium (Kaste 1997g). Hovedgrenen fra Liarvatn utgjør omlag 70 % av Jørpelandsvassdraget og er ikke fullt så sur som Svortingsvatngrenen. Vannkvaliteten i nedre del av hovedvassdraget domineres vanligvis av avrenningen fra Liarvatn, men i perioder med overløp eller tapping fra Svortingsvatn kan imidlertid blandingsforholdet mellom de to vassdragsgrenene forskyves.

Det foreligger ingen offisiell fangstatistikk før 1981. Som følge av forsuring og ustabil vannkvalitet har fangstene av laks og sjøaure vært lave og variable etter den tid (figur 2.14.2a). Det har også vært årlige variasjoner i overlevelse av laksengel. Det er både utsatt og naturlig produsert laksengel i vassdraget.

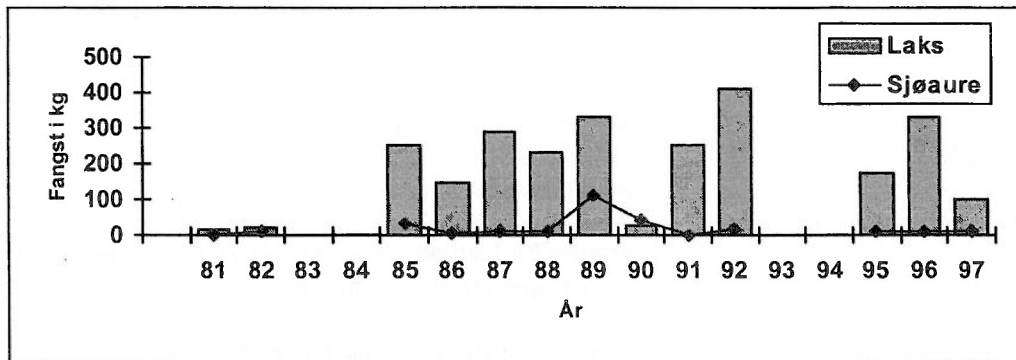
2.14.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer. Vannkvalitetsmål: Lakseførende strekning: pH 6,5 i perioden 15.2.-15.6., pH 6,2 ellers i året (basert på doseringskalking) (Larsen 1998i).

Bakgrunnen for kalkingen er at laksestammen er karakterisert som truet (Enge & Nordland 1994). I kalkingsplanen er det foreslått tre alternative kalkingsstrategier, avhengig av framtidig omfang av kraftutbyggingen i området. Inntil det blir etablert kalkdoserer i elva, satses det på innsjøkalking. Siden høsten 1995 har vassdraget blitt kalket opp gjennom en rekke innsjøkalkinger. Det er foreløpig ikke lagt opp til kalking med doserer (Larsen 1998i).

2.14.4 Effekter av kalking

Den vannkjemiske overvåkingen viser at kalkingen av Jørpelandsvassdraget har medført en betydelig forbedring av vannkvaliteten i elva. Imidlertid viste den vannkjemiske overvåkingen i 1997 at surheten ved utløpet av Jørpelandselva varierte forholdsvis mye over året, fra omkring 5,7 i mars, til om lag 6,7 i august. Høgeste konsentrasjon av labilt aluminium (15 µg/l) ble målt i mars-prøven. Denne aluminiumskonsentrasjonen gir moderat skade på laksesmolt i ferskvann, og betydelig fare for skade dersom smolten vandrer ut i sjøen rett etter eksponeringen (Hindar et al. 1997a). I og med at det er innhentet månedlige stikkprøver, er det stor sannsynlighet for at vannkvaliteten til tider har



Figur 2.14.2a. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Jørpelandselva i perioden 1981-97 (Norges Offisielle Statistikk).

vært dårligere enn det som er dokumentert i forbindelse med overvåkingen. Det generelle pH-nivået i stikkprøvene tatt i 1997 lå på 5,7-6,1 i smoltifiseringsperioden (15.2.–15.6.) og 6,1–6,7 resten av året (Kaste & Skiple 1998). Den mest kritiske perioden for vannkvaliteten er snøsmeltingsperioden/vårflommen, da det kan registreres et tydelig pH-avtak både i utløpet av Liarvatn, Dalavatn og ved stasjon Jørpeland.

Tettheten av laksyngel har vært lav i alle år på 1990-tallet, og fram til og med 1997 er det lite som tyder på at kalking har hatt noen merkbar effekt på forekomsten av laksunger i Jørpelandselva (Larsen 1998i). Dette styrker antakelsen om at vannkvaliteten kan ha vært dårligere enn det stikkprøvene fra vannkjemiovervåkingen indikerer.

For å oppnå det fastsatte vannkvalitetsmålet i Jørpelandselva er det behov for etablering av en kalkdoserer i overkant av den lakseførende strekning.

2.14.5 Utsettinger av fisk

Det ble satt ut uforet laksyngel i Jørpelandselva hvert år i perioden 1993-97. I 1993 ble det satt ut ca. 25 000, i 1994 ca. 60 000, i 1995 ca. 80 000, i 1996 ca. 20 000, og i 1997 ca. 2 000 (opplysninger fra Fiskeforvalteren i Rogaland og fra A. Jørpeland). I 1996 var det problemer i klekkeriet forut for utsettingen. Yngelen var i dårlig kondisjon og ble satt ut tidligere enn normalt, slik at utsettingen ble mislykket (A. Jørpeland pers. medd.).

Melke fra 61 hannfisk er dypfryst i sædbanken (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

2.14.6 Oppsummering Jørpelandselva

Vassdraget som har et nedbørfelt på 80 km² er regulert. Naturlig lakseførende strekning er ca. 800 m. Som følge av forsuring og ustabil vannkvalitet har fangstene av laks og sjøaure vært lave og variable etter 1980. Innsjøkalking kom igang høsten 1995. Selv om vannkvaliteten har blitt bedre, har ikke dette medført en forbedring i antall fangete laks- og aureunger.

Andre faktorer enn vannkvalitet kan imidlertid være med og forklare dette: mulig mislykket yngelutsetting av laks i 1996, og liten gytebestand av aure. Veksten hos både laksunger og aureunger var bedre i 1996 og 1997 enn i 1995, noe som kan indikere en positiv effekt av kalkingen som igjen vil føre til bedre overlevelse på sikt. Med ny laksetrapp i Fossen (fra 1998) har også nye gyte- og oppvekstområder blitt tilgjengelige, og det kan forventes en viss økning i tettheten av ungfisk.

2.15 Vikedalselva – 038.Z

2.15.1 Vassdragsbeskrivelse

Vikedalselva munner ut i Osavika i Sandeidfjorden. Nedbørfeltet er 118,4 km², og størsteparten av dette ligger i Vindafjord kommune i Rogaland fylke. Det er ialt 29 vatn større enn 25 da i vassdraget, og disse har et samlet areal på 7,97 km². Det største vatnet er Fjellgardvatn på 214,5 ha. Et av vatna blir brukt som drikkevannsmagasin og kan reguleres 0,3 m, forøvrig er vassdraget uregulert.

Gjennomsnittlig vannføring ved utløp i sjøen er 10,3 m³/s. Det er høy årsnedbør i området, i gjennomsnitt for året omkring 2 800 mm. Laks og sjøaure kan gå opp til Lokafossen, 10 km fra utløpet. I Opsalfossen/Sunnanåfossen, ca. 1 km fra osen, er det bygd fisketrapp for å lette oppgangen. Forøvrig flyter elva rolig i den nedre del, men har flere stryk og kulper lengre opp (Nordland 1981).

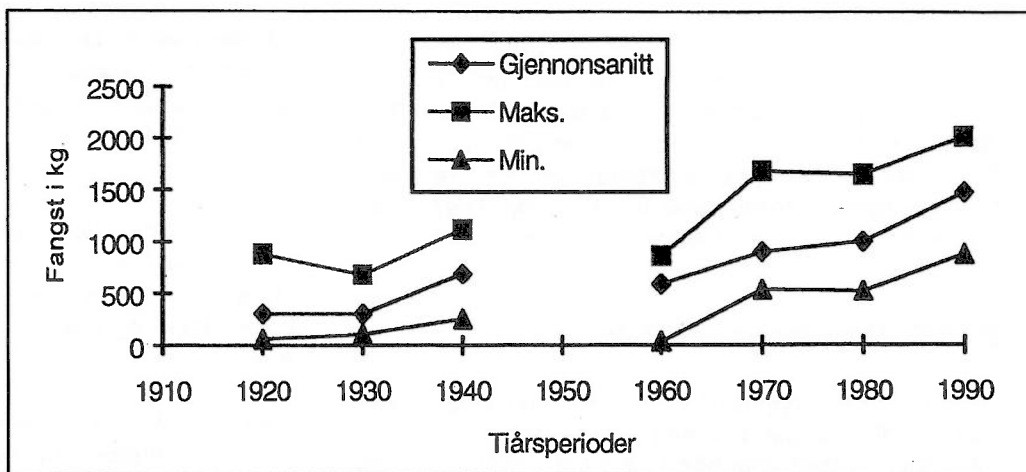
Vikedalselva ble i 1972 inkludert i et vannkjemisk måleprogram (Elveserien) (jf. Larsen & Schartau 1994). I 1980 ble den vannkjemiske overvåkingen av Vikedalselva overtatt av Statlig program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør (SFT 1991). I dette programmet inngikk også ungfiskundersøkelser på lakseførende strekning, som ble satt i gang fra 1981 (Hesthagen 1986, Fjellheim et al. 1987). Vannkjemiske undersøkelser i Vikedalselva i forbindelse med kalkingstiltak har foregått årlig siden 1990 (Kaste 1997h). Tilsvarende undersøkelser for anadrom ungfisk har foregått fra 1987 (Larsen 1997m).

2.15.2 Effekter av forsurening

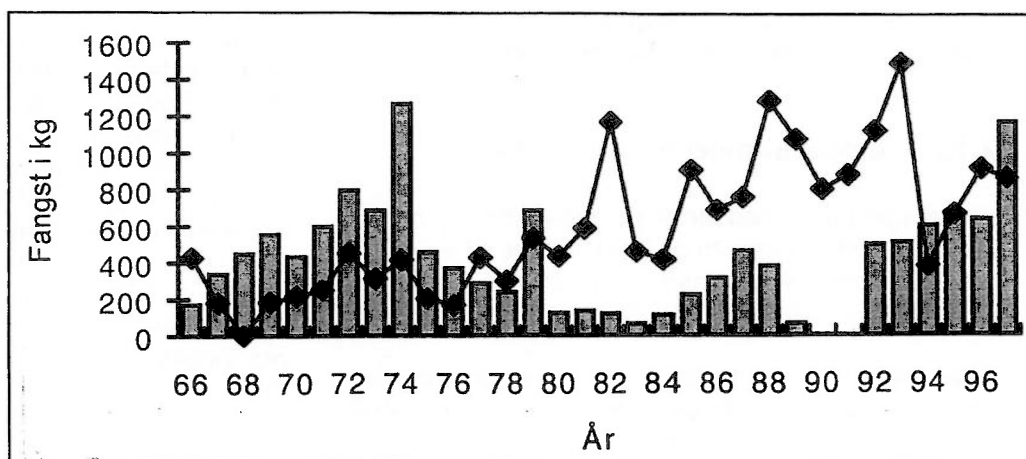
Vikedalselva ligger i ytterkanten av det mest forsurede området i Norge, og forsureningen er liten i forhold til vassdrag på Sørlandet. Virkningen på vannkvalitet og fisk er derimot betydelig, da nedbørfeltet har meget liten bufferevne (Hindar 1992b).

Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i 10-års perioder fra 1920 viser en svak stigning fram til i dag (figur 2.15.2a). Ser vi på laks og sjøaure hver for seg vil vi imidlertid oppdage at i Vikedalselva ble det på begynnelsen av 1970-tallet årlig fisket 500-1 000 kg laks. Fangstene gikk dramatisk ned fra 1975 og fram mot midten av 1980-tallet til mellom 60 og 130 kg laks årlig (figur 2.15.2b). Sure episoder (lav pH) under snøsmelting om våren medførte omfattende fiskedød. Dødelighet av laks- og aureunger i elva ble første gang registrert i 1981 (Rosseland & Skogheim 1982, SFT 1983). Samtidig med en reduksjon av laksebestanden, skjedde det en klar økning av sjøaurebestanden (figur 2.15.2b). Laksen ble fredet i årene 1989-91. Kontroll med oppvandring av laksefisk i fisketrappa i Opsalfossen de siste årene har vist at oppdrettsfisk kan ta seg opp i vassdraget, samtidig er det også blitt påvist furunkulose og vibriose på enkelte fisk (Johnsen et al. 1993).

Figur 2.15.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Vikedalselva i tidsrommet 1922-97, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk). Det er ikke rapportert fangster i tidsrommet 1945-63.



Figur 2.15.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Vikedalselva i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk). Laksen var fredet i årene 1989-91.



2.15.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsureningsfølsomme vannorganismer. Vannkvalitetsmål: Lakseførende strekning: 15.2.-15.6. pH 6,3, ellers i året pH 5,7 (Larsen 1998m).

Bakgrunn for en kalkingsplan var at det i flere år fra 1981 ble registrert dødelighet på smolt og presmolt i elva (SFT 1983), noe som ble satt i sammenheng med sur avrenning og økning i aluminiumskonsentrasjonen (Henriksen et al. 1984). Kalking om våren ble satt igang i 1987 for å unngå dødelighet på smolt og presmolt (Anon. 1992). Fra 1990 ble det innført helårskalking med krav til pH 6,2 om våren. Kalkingsstrategien har vært gjenstand for justeringer underveis, og anlegget ble i 1993 styrt etter vannføring og pH med krav om pH = 6,2 i perioden 15.2-1.6. og pH = 5,7 resten av året (Anon 1995b). I 1994 ble kravet skjerpet til pH 6,5 om våren, men dette ble justert ned til pH 6,3 fra 1995.

Kalkingen har hele tiden foregått ved dosering fra et kalkdoseringsanlegg oppstrøms Låkofossen. Anlegget skal avsyre vannet som passerer fossen, og ikke overdosere med tanke på avrenning lengre nede i vassdraget. Anlegget styres automatisk etter pH nedstrøms dosereren (Larsen 1998m). I 1996 ble det benyttet 512 tonn kalk.

2.15.4 Effekter av kalking

Vannkvalitetsmålet ble stort sett oppnådd hele året både i 1995, 1996 (Larsen et al. 1997) og 1997 (Kaste et al. 1998b). Kalkingen stanset dødeligheten av ungfisk av laks og aure på elva, og samtidig økte fangstene av laks etter 1990 selv om det ble innført fangstreguleringer. Til tross for kalkingen og en bedring i vannkvalitet var utviklingen i tettheten av laksunger ustabil og til dels negativ i perioden 1987-1990. En merkbar positiv utvikling med økning i tettheten av laksunger ble påvist fra 1995 til 1996, men en klar nedgang i tetthet ble registrert i 1997 (Larsen 1998m). Vannkvaliteten i 1997 har imidlertid vært tilfredsstillende hele året utfra gjeldende vannkvalitetsmål, og det er antatt at andre faktorer (ekstreme isforhold og flom) har vært avgjørende for denne negative utviklingen. I 1998 derimot tyder ungfiskundersøkelsene på at rekrutteringen er tilbake på et naturlig nivå i forhold til tidligere år.

Laksen har vokst dårligere i øvre deler av Vikedalselva, og det tyder på at vannkvaliteten fortsatt kan være ugunstig i deler av elva, enten direkte ved økt fysiologisk stress eller indirekte gjennom redusert næringstilgang. Resultatene fra 1996 og 1997 tyder imidlertid på en positiv utvikling i veksten.

2.15.5 Utsettinger av fisk

Utsetting av fisk opphørte fra 1987 da kalkingen kom i gang. Tidligere ble det satt ut betydelige mengder laksunger i vassdraget både på 1960-, 1970 og 1980-tallet.

Melke fra 46 hannfisk er dypfrost i sædbanken (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

2.15.6 Oppsummering Vikedalselva

Vassdraget har et nedbørfelt på 118,4 km², og det er ialt 29 vatn større enn 25 da i vassdraget. Et av vatna blir brukt som drikkevannsmagasin og kan reguleres, forøvrig er vassdraget uregulert.

Vikedalselva ligger i ytterkanten av det mest forsurede området i Norge, og forsuringen er liten i forhold til vassdrag på Sørlandet. Virkningen på vannkvalitet og

fisk er derimot betydelig, da nedbørfeltet har liten bufferevne. Økende forsuring resulterte i ungfiskdød og reduserte laksefangster idet laksefangstene gikk dramatisk ned fra 500-1 000 kg på begynnelsen av 70-tallet til 60-130 kg årlig på midten av 1980-tallet.

Kalkingen kom igang i 1987 og de første årene ble det bare kalket om våren for å hindre fiskedød under snøsmeltingen. Fra 1990 ble det innført helårskalking. Kalkingen har stanset dødeligheten av ungfisk på elva og tettheten av ungfisk av laks er idag sannsynligvis i nærheten av det nivå som kan forventes ut i fra det vi vet om vassdragets produksjonsgrunnlag. Fangstene av laks har økt tilsvarende etter 1990 og lå i 1997 sannsynligvis nær det som kan forventes i vassdraget.

2.16 Rødneelva (Sandeidelva) – vassdragsnr. 038.3Z

2.16.1 Vassdragsbeskrivelse

Rødneelva (nedbørfelt 61,1 km²) ligger hovedsakelig i Vindafjord kommune i Rogaland, men vassdraget dekker også områder innenfor Etne og Ølen kommuner i Hordaland. Hovedelva har sine kilder nær de to største vannene i nedbørfeltet; Lysevattn og Furevatn, og drenerer i sørvestlig retning til utløpet i Sandeidfjorden. De høyestliggende områdene i vassdraget strekker seg over 800 m o.h., og store deler av feltet utgjøres av heiområder over skoggrensene, som ligger rundt 400 m o.h.. I dalførene er det relativt store myrområder.

To relativt store sideelver drenerer til Rødneelva, Fjellstølbekken (12,7 km²) og Hålandselva (Trodalselva) (11,9 km²). De renner sammen med hovedelva ved h.h.v. Neset og Austbø. Middelvannføring i hovedelva er 11,3 m³/s.

Laks og sjøaure vandrer til like ovenfor samløpet mellom Rødneelva og Fjellstølbekken. Fisk kan også vandre et stykke opp i Hålandselva. Lakseførende strekning er tilsammen 3,6 km.

En målestasjon i hovedelva (Helgavoll) har siden 1976 vært inkludert i et årlig måleprogram for overvåking av vannkvaliteten i norske vassdrag ("Elveserien") (Nøst 1997c). I forbindelse med kalkingstiltaket ble det fra 1997 etablert tre vannkjemiske målestasjoner i hovedvassdraget og en stasjon i hver av sideelvene Fjellstølbekken og Hålandselva (Nøst 1998e).

Ungfiskundersøkelser av laks og aure er gjennomført i årene 1985 og 1987-1988 (i regi av Fiskeforskningen ved Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk) (jf. SFT 1995) og senere årlig fra 1991 av NINA (Larsen 1997n).

2.16.2 Effekter av forsuring

Resultatene fra tidligere års overvåking av vannkvaliteten i Rødneelva viser at hovedelva holdt en vannkvalitet som var marginal for overlevelse av laks. Årsgjennomsnitt for pH fra 1980 og fram til kalkings tiltakene startet, har gjennomgående variert mellom 5,0 og 5,5 (Nøst 1997c). Det har vært registrert minimumsverdier lavere enn 5,0 i forbindelse med vårflommer. Fjellstølbekken og Hålandselva har imidlertid god vannkvalitet med en pH som varierer mellom 6,2 og 6,8 (SFT 1994, 1996).

Som følge av forsuringssituasjonen i hovedvassdraget har fangstene av både laks og sjøaure vært lave de siste tiårene (figur 2.16.2). Laksebestanden ble vurdert som truet (SFT 1994) og i perioden 1989-92 var det forbud mot å fiske laks. Det ble notert små laksefangster i perioden 1993-97, mye lavere fangster enn før fredningen.

2.16.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer. Vannkvalitetsmål: Lakseførende strekning: pH omkring 6,5 i smoltfiseringsperioden 1.2.-15.6., pH 6,2 ellers i året (Nøst 1998e).

Bakgrunnen for kalkingen er at laksestammen er truet.

Kalking foregår ved innsjøkalking ved hjelp av helikopter og en automatisk kalkdoserer ved Neset i hovedvassdraget. I Fjellstølbekkens nedbørfelt er Auklandsvatn kalket årlig siden 1989. I innsjøene Holmavatn, Furevatn og Lysevatt, øverst i hovedstregens nedbørfelt, ble kalking satt i gang i august

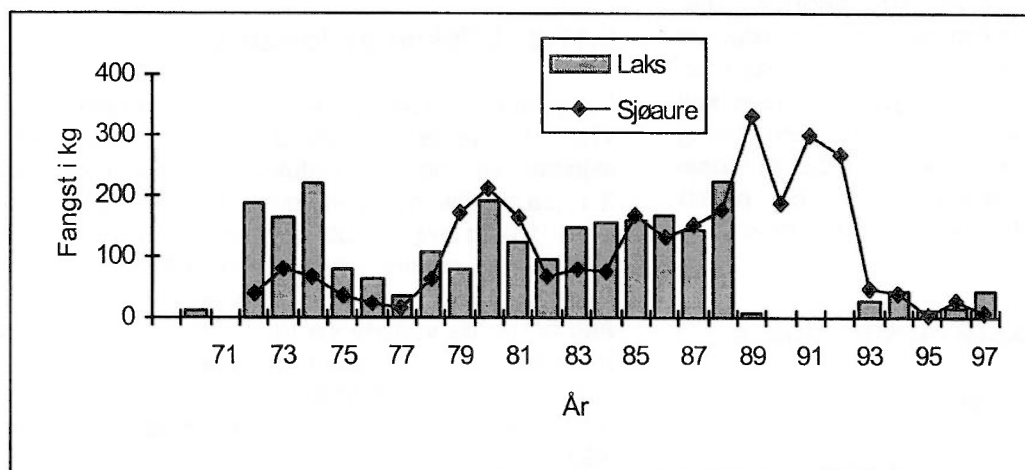
1996, og kalkingsdosereren ved Neset, som ligger i øvre del av lakseførende strekning, ble satt i drift fra våren 1997.

2.16.4 Effekter av kalking

Innsjøkalking i øvre deler av vassdraget fra august 1996 har hatt en positiv effekt på vannkvaliteten med stabilt høye pH-verdier utover høsten 1996 (pH 6,10-6,35) (Nøst 1997c). I 1997 viser resultatene at de nedre deler av vassdraget over året har fått en langt gunstigere vannkvalitet i forhold til tidligere år etter at kalkdosereren ved Neset kom i drift i løpet av våren. Som følge av driftsproblemer og ujevn kalkdosering er imidlertid vannkvaliteten svært variabel nedstrøms dosereren, ofte innenfor korte tidsperioder (Nøst 1998e).

Fordelingen av laksunger mellom de ulike stasjonene har vist betydelig variasjon fra år til år, og vassdraget bærer preg av ustabile forhold. Antall eldre laksunger økte i 1996, og er det høyeste som er registrert i vassdraget (Larsen 1997n). Dette kan ha sammenheng med utvandring av laksunger fra Hålandselva og Fjellstølbekken der det siden 1994 er satt ut laksyngel ovenfor lakseførende strekning. Tettheten av aureunger har vært relativt stabil gjennom 1980- og 1990-tallet.

I 1997 var det derimot en nedgang for laks, men en økning for aure sammenlignet med 1996 (Larsen 1998n). Det var overraskende at det ikke ble fanget laksyngel (0+) i det hele tatt i 1997, og det er usikkert hva årsaken kan være. Store variasjoner i vannkvalitet med betydelige pH-svingninger kan ha betydd en del, men andre faktorer som isgang/flom eller mangel på gytefisk i 1996 kan også ha vært avgjørende. Ungfiskundersøkelser i 1998 viste derimot relativt god rekruttering av laks på sentrale stasjoner i hovedelva.



Figur 2.16.2. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Rødneelva i perioden 1970-97 (Norges Offisielle Statistikk). Det var fiskeforbud etter laks i årene 1989-92, og det foreligger ingen offentlig statistikk fra tiden før 1970.

2.16.5 Utsettinger av fisk

Det ble satt ut uforet (1994) og startforet yngel (1995–96) i Hålandselva og Fjellstølsbekken ovenfor lakseførende strekning i vassdraget i perioden 1994–96. Antallet har variert mellom 4 000 og 8 000 (tabell 2.16.5). I 1997 ble det ikke satt ut yngel.

Melke fra 25 hannfisk er dypfryst i sædbanken (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

Tabell 2.16.5. Oversikt over utsettinger av laks ovenfor lakseførende strekning (uforet yngel 1994 og startforet yngel 1995–97) i Rødneelva i perioden 1994–97 (opplysninger fra fiskeforvalteren i Rogaland).

Utsettingssted	År	Antall
Rødneelva	1994	10 000
Rødneelva	1995	8 000
Rødneelva	1996	4 000
Rødneelva	1997	

2.16.6 Oppsummering Rødneelva

Vassdraget er uregulert med en lakseførende strekning på 3,6 km. Som følge av forsureningsprosessen i hovedvassdraget har fangstene av både laks og sjøaure vært lave de siste tiårene.

Bakgrunnen for kalkingen er å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Kalkingen kom igang i 1996 og ble trappet opp fra 1997. Som følge av driftsproblemer har imidlertid vannkvaliteten vært svært variabel.

Antall eldre laksunger var i 1996 det høyeste som har vært registrert. I 1997 ble det derimot ikke fanget laksyngel (0+) uten at vi kjenner årsaken(e) til dette. Mulige årsaker kan være at kalkingen så langt ikke har vært tilstrekkelig til å gi en god, stabil vannkvalitet, men flom/isgang eller mangel på gytefisk i 1996 kan også ha vært medvirkende årsaker. God rekruttering av laks i hovedelva i 1998 kan tyde på at doseringsrutinene nå er vesentlig bedret. En positiv utvikling for laksen forventes i årene som kommer.

2.17 Vosso – vassdragsnr. 062.Z

2.17.1 Vassdragsbeskrivelse

Vossovassdraget ligger i Voss, Aurland, Ulvik, Vik, Kvam og Vaksdal kommuner i Hordaland og Sogn og Fjordane. Vosso er det største vassdraget på Vest-

landet med et naturlig nedbørfelt på 1 489 km². Totalt finnes 2 018 større og mindre vatn med et samlet areal på 76,3 km² i nedbørfeltet. Gjennomsnittlig årsnedbør i området er ca. 1 300 mm og middelvannføring for vassdraget er 83 m³/s.

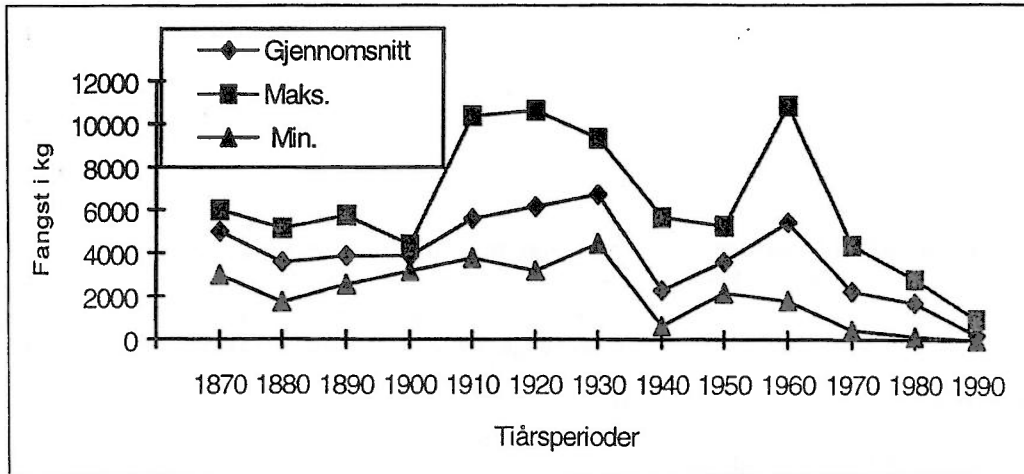
Nederste del av elva, fra utløpet i Bolstadfjorden og opp til Evangervatn kalles Bolstadelva. Den er ca. 3,5 km lang og har en stigning på 11 m. I øvre del av Evangervatnet kommer Teigdalselva inn fra nord. Nedre del av denne elva er lakseførende. Hovedelva fra Evangervatn og opp til Vangsvatn er den egentlige Vosso. Den er, inkludert Seimsvatnet, ca. 9 km lang med en total stigning på 36 m. Laksen stoppes i Rognfossen like ovenfor Vangsvatnet. Her er det bygd fiske-trapp, men grunneierene ovenfor ønsker ikke å få laks i de store vatna ovenfor, og prosjektet er ikke fullført. Det er også bygd trapp i Palmafossen, i sideelven fra Raundalen. Trappa fungerer dårlig, dessuten er det få laks som kommer så langt opp i vassdraget. Totalt har vassdraget en lakseførende strekning på ca. 35 km, hvorav 18 km er elv og resten vatn. Laksefisket i Vosso er kjent langt ut over landegrensene, først og fremst på grunn av storvokst fisk.

Vosso har siden 1988 vært inkludert i et måleprogram for overvåking av vannkvaliteten i norske vassdrag ("Elveserien") (jf. Larsen & Schartau 1994). Fra 1993 ble det vannkjemiske programmet tilpasset eksperimentelle studier av forsureningseffekter på anadrom laksefisk (Kroglund et al. 1998) og senere i forbindelse med overvåking av kalking (Schartau 1997b). Undersøkelser av ungfiskbestandene av anadrom fisk i Vossovassdraget (Bolstadelva, Vosso og Teigdalselva) har pågått siden 1991 (Barlaup & Fjellheim 1997).

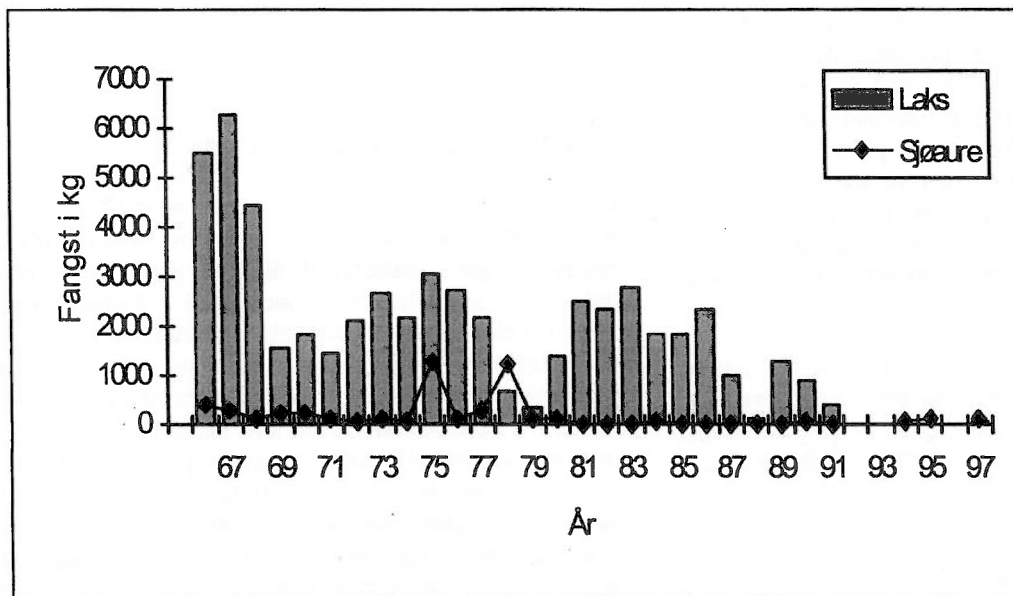
I 1971 ble de øvre deler av Eksingedalsvassdraget (189,6 km²) overført til Evanger kraftverk i Vosso. I sør er mindre deler av Vossovassdraget overført til Bergsdalsvassdraget.

2.17.2 Effekter av forsurening

Fangstene av laks og sjøaure har gjennomgående vært høye de siste hundre år, men i perioden 1980–90 skjedde en merkbar reduksjon i fangstene (figur 2.17.2a,b). Gjennomsnittsfangsten i perioden 1970–79 var 1 916 kg laks og 356 kg sjøaure, mens tilsvarende tall for laks i perioden 1980–90 var 1 663 kg. Sjøaurefangstene i den sistnevnte perioden er oppgitt bare for åtte år, og da varierte de fra 11 kg til 134 kg per år. På slutten av 1980-tallet og starten av 1990-tallet var nedgangen i fangstene av laks og sjøaure så dramatisk at fisken i elva ble totalfredet fra og med 1992.



Figur 2.17.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Vosso i tidsrommet 1876-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.17.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Vosso i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk). Det er ikke rapportert fangster av laks etter 1991. Laks og sjøaure ble totalfredet f.o.m. 1992.

Innsamling av stamfisk i perioden 1990-96 viste at rømt oppdrettsfisk har dominert gytebestanden de siste årene (Barlaup & Fjellheim 1997). Videre har undersøkelser av gytegrøper vist at oppdrettslaksen reproduserer i vassdraget, og rømt oppdrettsfisk utgjør derfor en alvorlig trussel mot den særegne storlaksstammen i Vosso (Sægvog et al. 1997).

Økende forurening har medført ustabil aluminiumskjemi i vassdraget, og antas å være årsaken til skader funnet på laksesmolt ved eksponeringsforsøk i Vosso-vassdraget (Kroglund et al. 1993a). Imidlertid er det foreløpig uklart hvordan villsmolten påvirkes av vannkjemiske forhold.

Rekrutteringen til laksebestanden i Vosso og Bolstad-elva har variert relativt mye i perioden 1991-97. Flere år med lave tettheter av ensomrig laks og relativt stort innslag av settefisk i Bolstad-elva gjenspeiler trolig en liten gytebestand og/eller høy dødelighet på egg- og yngelstadiene. Tettheten av ensomrig laks i Vosso var relativt lav (< 20 fisk per 100 m²) i årene 1994-97

sammenliknet med de tre foregående årene. Innslaget av merket ensomrig laks i Vosso var henholdsvis 7,7 %, 0 %, 77,8 % og 48,3 % i årene 1994-97. Undersøkelser oppstrøms Vangsvatnet har vist en høy naturlig produksjon av aure og laks på en stasjon nedstrøms samløpet av Strondaelva og Raundalselva, noe som indikerer at elvestrekningen mellom Vangsvatnet og samløpet av Strondaelva og Raundalselva har et godt produksjonspotensiale for ungfisk (Barlaup & Fjellheim 1998a).

Sammenliknet med de variable ungfisktetthetene av laks i perioden 1991-97 synes rekrutteringsforholdene for aurebestandene i Bolstad-elva og Vosso å være mer stabile (Barlaup & Fjellheim 1998a).

2.17.3 Kalkingsstrategi

Vannkvalitetsmål for kalkingen av Vosso er pH 6,5 i Bolstad-elva i smoltfiseringsperioden og pH 6,2 resten av året (Kroglund 1998).

Bagrunnen for kalking var at ustabil Al-kjemi ble regnet som den mest sannsynlige årsak til skader funnet på laksesmolt ved eksponeringsforsøk (Kroglund et al. 1993a). Et kalkdoseringsanlegg har siden 1994 sørget for kontinuerlig kalking av vannet fra Evanger kraftstasjon. Dosereren styres etter vannføringen i kraftstasjonen. Kalkforbruket i doseringsanlegget i 1997 var 1 807 tonn. I tillegg er det blitt lagt ut skjellsand i Teigdalselva i perioden 1994-97, i Tverrelva 1994-96 og i Rasdalselva i 1997.

2.17.4 Effekter av kalking

Vannkjemiske målinger de siste årene har vist at kalkingen har redusert tilførselen av surt, aluminiumsholdig vann fra de behandlede sideelvene, men fremdeles oppstår perioder med surt vann (Schartau 1997b, Hartvigsen 1998b). Kalkingen har likevel redusert faren for at utvandrende smolt eksponeres for skadelige vannkjemiske forhold. Vannkjemien i hovedløpet er i forbedring, særlig ved at pH-målingene på flere steder i hovedelva viste mindre variasjon i 1996 og 1997 enn tidligere år. Sideelvene til Bolstad i sør kan ennå i perioder ha dårlig vannkvalitet, som vil kunne utgjøre et problem for laksesmolten i hovedelva.

I Teigdalselva er auren dominerende mens laksen forekommer sporadisk på enkelte stasjoner. Resultatene viser imidlertid en klar økning av naturlig rekruttert laks i Teigdalselva for perioden 1994 til 1997 (Barlaup & Fjellheim 1998a).

2.17.5 Utsettinger av fisk

Siden 1990 har Voss klekkeri årlig satt ut laks- og /eller sjøaureyngel i Bolstadelva, Vosso og Teigdalselva og andre deler av vassdraget. En samlet oversikt over utsettingene av laks er gitt i **tabell 2.17.5**.

Tabell 2.17.5. Samlet oversikt over utsettinger av laks i Vossvassdraget i perioden 1990-97.

År	Antall utsatt		
	0+	1+	Smolt
1990	134 800		800
1991	103 500	11 000	13 000
1992	167 000		
1993	173 000		
1994	38 500		
1995	64 000	1 400	3 200
1996	65 000		
1997	95 500		

Siden den utsatte fisken har blitt merket ved fettfinneklipping har det vært mulig å skille mellom vill og utsatt fisk i ungfiskundersøkelsene. I Bolstadelva var innslaget av tosomrig eller eldre laksunger som stammet fra utsetting av ensomrig settefisk henholdsvis 12,5 %, 22,5 % og 43,1 % i årene 1995-97. I Vosso var innslaget av tosomrig eller eldre laksunger som stammet fra utsetting av ensomrig settefisk henholdsvis 0 %, 11,5 %, 8,6% og 25,6 % i årene 1994-97. Oppstrøms Vangsvatnet ble det funnet ikke ubetydelige innslag av utsatt fisk ved ungfiskundersøkelsene i 1996 og 1997 (Barlaup & Fjellheim 1998a). Disse resultatene indikerer jevnt over god overlevelse for de utsatte laksungene i vassdraget.

Melke fra 77 hannfisk er dypfryst i sædbanken. I tillegg finnes 64 familier (7 års innsamling) i levende genbank (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

2.17.6 Oppsummering Vosso

Vosso er Vestlandets største vassdrag med en lakseførende strekning på ca. 35 km hvorav 18 km er elv og resten innsjø. Vassdraget fikk på 70-tallet overført deler av Eksingedalselvas nedbørfelt til Evanger kraftverk. På slutten av 1980-tallet og starten av 1990-tallet var nedgangen i fangstene av laks og sjøaure så dramatisk at fisken i elva ble totalfredet fra og med 1992. På 90-tallet ble det funnet skader på laksesmolt ved eksponeringsforsøk i vassdraget. Flere år med lave tettheter av 1+ laks i Bolstadelva på 90-tallet tyder på at gytebestanden har vært for liten. Samtidig viser stamfiskmaterialet til Voss klekkeri at rømt oppdrettslaks har dominert gytebestanden i Vosso de siste årene. Siden 1990 har Voss klekkeri årlig satt ut tildels store antall laksunger hvert år.

Selv om kalking ble satt igang i 1994, oppstår fremdeles perioder med surt vann. De senere års ungfiskundersøkelser (1994-97) viser en klar økning i naturlig rekruttert laks i Teigdalselva.

2.18 Ekso – vassdragsnr. 063.Z

2.18.1 Vassdragsbeskrivelse

Ekso (Eksingedalsvassdraget) ligger i Vaksdal kommune i Hordaland fylke. Eksingedalen har en karakteristisk trappetrinnstopografi, og elva Ekso veksler mellom stilleflytende, innsjøpregede partier og fossestryk. Lakseførende strekning er ca. 4 km opptil Raudfoss.

Det er omfattende regulering i vassdragets nedre del og ca. 160 km² av et totalt naturlig nedbørfelt på 410 km² ble overført til Vosso i begynnelsen av 70-årene. Det er bygd et stort antall terskler i vassdraget i forbindelse med reguleringsinngrepet.

Det er høy årsnedbør i området, gjennomsnittlig nesten 2 500 mm. Gjennomsnittlig middelvannføring er 34,2 m³/s (før regulering).

Vannkvalitetsutviklingen i Ekso er fulgt fra 1980 og en årlig overvåking av fisk i den lakseførende delen av Ekso startet i 1995 (Barlaup & Fjellheim 1998b).

2.18.2 Effekter av forsurening

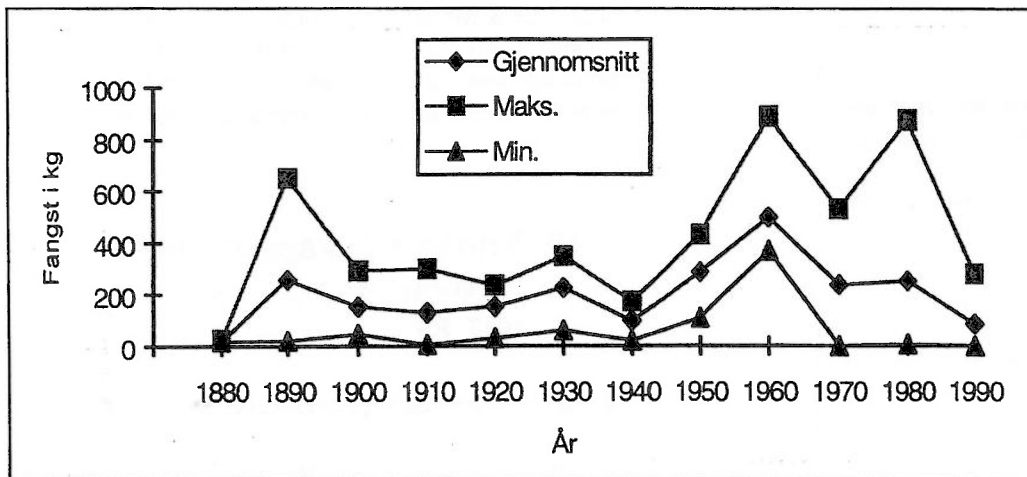
Fangstene av laks har gjennomgående vært lavere enn 500 kg per år de siste hundre år (figur 2.18.2a), men fangster opp mot 1 000 kg er oppnådd enkelte år. Vannkraftutbygging og forsureningseffekter har de siste ti-årene påvirket laksestammen negativt, og i perioden 1990–96 ble det ikke rapportert om fangst av laks i elva (figur 2.18.2b). Forsuringen er først og fremst knyttet til de midtre og nedre delene av vassdraget. Oppstrøms Nesevatn vil sure episoder kunne opptre i forbindelse med snøsmelting eller kraftige nedbør episoder/sjøsaltepisoder (Bjerknes et al.1997). På strekningen nedstrøms Nesevatn fører reguleringen til sterkt redusert vannføring og dominans av sure side bekker ned til utløpet av Myster kraftverk. Vannkvaliteten i denne delen av elva vil derfor i store deler

av året være for dårlig til at laks kan gjennomføre normal livssyklus. Det er også hyppige vannstands- endinger i nedre del av elva i forbindelse med kjøring- en av Myster kraftverk. Det ble ikke påvist ungfisk av laks ved undersøkelser som foregikk i 1995, mens det i 1996 ble påvist svært lave tettheter (Bjerknes et al. 1997). Dette tyder på at gytebestanden er liten og/eller at det er lav overlevelse på egg- eller yngelstadiene.

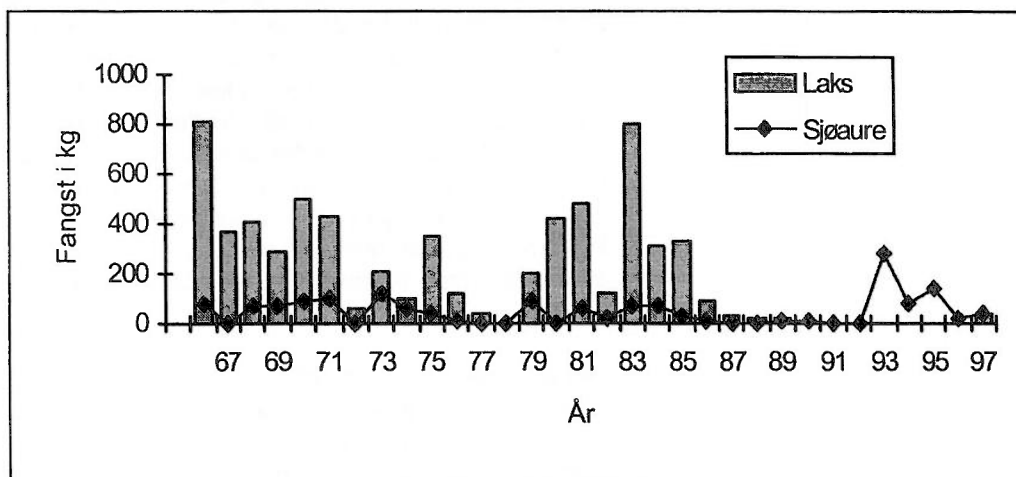
2.18.3 Kalkingsstrategi

Det biologiske målet med kalkingen vil være å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Vannkvalitetsmål er pH 6,5 i perioden 15/2.- 15/6., pH 6,2 ellers i året (Kaste et al. 1996).

Bakrunnen for planlagt kalking er forsurening av lakse- førende strekning. Forholdet forsterkes av regulering- en, som fører det best bufrete vannet vekk fra den øvre lakseførende delen. I kalkingsplanen er det fore- slått en doserer oppstrøms kraftverksinntaket i Nese- vatn og en doserer i restfeltet nedstrøms Nesevatn. Doseringsanlegget nedstrøms Nesevatn ble etablert i 1996 og doseringen startet for fullt 15. april 1997.



Figur 2.18.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Ekso i tidsrommet 1884-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk).



Figur 2.18.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Ekso i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk). Det er ikke rapportert fangster av laks etter 1989.

2.18.4 Effekter av kalking

Undersøkelser av vannkvaliteten i ulike deler av vassdraget i 1997 viser generelt at forsøringsbelastningen øker mot utløpet (Bjerknes 1998). Vannkvaliteten på lakseførende strekning sen vinteren 1997 (før kalkings-tidspunktet) var trolig svært giftig for fisk, og viser at behovet for kalking er tilstede. Kalkingen har medført bedret vannkvalitet, men på grunn av ujevn dosering er det fremdeles periodevis ugunstig vannkvalitet. Overvåkingen av fisk i 1997 viser at det fremdeles er svært lave tettheter av laksunger i elva (Barlaup & Fjellheim 1998b).

2.18.5 Utsettinger av fisk

Det er satt ut både uforet yngel og laksesmolt i vassdraget i varierende mengder de ulike år. På 60-tallet ble det satt ut fisk i to påfølgende år. Deretter var det et opphold fram til 1977, og da ble det satt ut fisk årlig fram til 1987. Etter den tid har utsettingene vært mer spredt og tilfeldige (tabell 2.18.5). En betydelig utsetting av 22 700 smolt i 1989 resulterte ikke i noen fangst av laks i vassdraget idet det ikke er oppgitt laksefangster etter 1989.

Tabell 2.18.5. Samlet oversikt over utsettinger av laks i Eksingedalsvassdraget i 1965 og 1966 og i perioden 1977–97 (i år som ikke er tatt med i tabellen er det ikke satt ut fisk).

År	Antall utsatt	
	0+	Smolt
1965	15 000	
1966	15 000	
1977	antall ukjent	
1978	antall ukjent	
1979		3 000
1980		3 000
1981	9 000	
1982		200
1983	11 000	3 500
1984		2 900
1985		8 266
1986		5 400
1987		1 800
1989		22 700
1992	28.500	
1994	8.220	8 700
1997		5 030

Melke fra 22 hannfisk er dypfryst i sædbanken. I tillegg finnes 9 familier (4 års innsamling) i levende genbank (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

2.18.6 Oppsummering Ekso

Det er omfattende regulering i vassdragets nedre del og ca. 160 km² av et totalt naturlig nedbørfelt på 410 km² ble overført til Vosso i begynnelsen av 70-årene. Vannkraftutbygging og forsuringseffekter har de siste ti-årene påvirket laksestammen negativt. Forsuringen er først og fremst knyttet til de midtre og nedre delene av vassdraget, og bakgrunnen for planlagt kalking er forsuring av lakseførende strekning. Forholdet forsterkes av reguleringen, som fører det best bufrete vannet vekk fra den øvre lakseførende delen. Doseringssanlegget nedstrøms Nesevatn ble etablert i 1996 og doseringen startet for fullt 15.april 1997. Undersøkelser av vannkvaliteten i ulike deler av vassdraget i 1997 viser generelt at forsøringsbelastningen øker mot utløpet. Kalkingen har medført bedret vannkvalitet, men på grunn av ujevn dosering er det fremdeles periodevis ugunstig vannkvalitet. Overvåkingen av fisk i 1997 viser at det fremdeles er svært lave tettheter av laksunger i elva. Nedstrøms Myster kraftverk er det et relativt stort elveparti hvor produksjonen av ungfisk er negativt påvirket av hyppige vannstandsendringer som følge av kjøring av kraftverket.

2.19 Ynnesdalsvassdraget (Frøysetelva) – vassdragsnr. 067.6Z

2.19.1 Vassdragsbeskrivelse

Ynnesdalsvassdraget ligger i Masfjorden og Gulen kommuner i Hordaland og Sogn og Fjordane fylker. Vassdraget drenerer fjellområdene mellom Sognefjorden i nord, Austgulfjorden i vest og Masfjorden i sørøst. Vassdraget renner ut i Fensfjorden ved Frøyset, og strekker seg ca. 15 km i nordøstlig retning. Det hører til ytre region på Vestlandet. Totalt nedbørfelt er 125 km² og middelvannføring er 13 m³/s. Fra hoveddalføret går en rekke sidedaler i nordlig retning. De største er Myrdalen, Steindalen og Furedalen. Hovedvassdraget renner gjennom fire større vatn, Ynnesdalsvatn, Kvamdalsvatn, Ostavatn og Sleirevatn.

Det eksisterer en gammel regulering i vassdraget ved at det er bygd dam på utløpet av Sleirevatn til et lite kraftverk som produserer strøm til lokal bruk like nedenfor (A. Kambestad, Fylkesmannen i Hordaland

pers. medd). Vassdraget er varig vernet mot kraftutbygging (Eie et al. 1996).

Det er bygd fisketrapp (byggeår 1948, Anon. 1990) som fører fisken forbi dammen (Gløvre dam) ved Sleirevatn, og den lakseførende strekningen er på 7 km. Ifølge Einvik (1982) har elveeierlaget også bevilget penger til bygging av nye fisketrapper ved Hindefossen, men arbeidet er stilt i bero på grunn av den sterke forsuringen av vassdraget.

Det er høy årsnedbør i området, gjennomsnittlig 2 200 mm. Middelvannføringen er 14,7 m³/s.

Overvåking av vannkvaliteten i vassdraget har pågått siden 1990 (Bjerknes 1997). Vannkjemiske undersøkelser i deler av vassdraget er også foretatt gjennom tidligere miljøundersøkelser (jf. bl.a. Haaland & Raddum 1981). Ungfiskbestandene av anadrom fisk har vært undersøkt årlig siden 1991 (Barlaup & Raddum 1998b).

Laks og sjøaure kan vandre opp til Hindefossen innerst i Løveidvatnet, totalt ca. 7 km. I sideelva fra Tangedal (Tverrelva) kan fisken gå til en liten foss ved Nordvang. Ovenfor denne fossen er det ca. 3 km elvestrekning med gyte- og oppvekstområder. Fangststatistikken for Frøysetelva er dårlig. Ifølge Einvik (1982) blir det ikke fanget laks i vassdraget. Lokale overslag over fangstmengdene varierer fra 200-300 kg til ca. 2 tonn per år. Sikkert er det at en mange år fanger mer enn 1 tonn sjøaure i elva (Nordland 1983). I perioden 1993–97 ga 1996 den beste fangsten av sjøaure med tett opp mot 400 kg (figur 2.19.1)

2.19.2 Effekter av forsuring

I henhold til Anon. (1983) er vassdraget fiskeriologisk representativt for ytre fjordstrøk på Vestlandet, men skiller seg ut ved særlig lav pH. Vassdraget har i flere ti-år hatt surt vatn. Laksen døde ut allerede på 60-tallet (Sivertsen 1989). Det ble gjort forsøk med utsetting av laksesmolt allerede i slutten av 1960-årene, men alle utsettingene i de påfølgende årene var mislykkete. Ynnesdalsvassdraget er fra

naturens side svært fattig på forvitningsprodukter som kalsium og magnesium. Før kalking (se nedenfor) var kalsium-konsentrasjonen på 0,3-0,4 mg/l og pH var stabilt lav omkring 5,0 (Bjerknes 1997). Sideelvene fører svært surt og aluminiumsholdig vatn. Sivertsen (1989) nevner at vassdraget fortsatt har en god bestand av sjøaure, men at den er sterkt truet av forsuring.

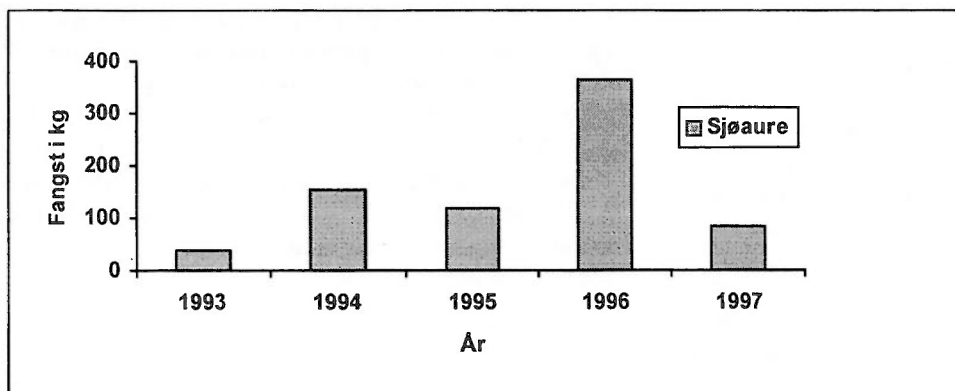
2.19.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for naturlig reproduksjon av laks. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for andre forsuringfølsomme organismer. Vannkvalitetsmål: pH > 6,2 på lakseførende strekning gjennom hele året (Raddum 1998).

Bakgrunnen for kalking er forsuring av lakseførende strekning, forsterket av tilførsler fra en rekke sideelver. Ynnesdalsvatn ble delvis kalket i 1989 ved at det ble spredt 420 tonn grovdolomitt fra Hammerfall i Fauske i innløpsbekken. I mai 1990 ble det spredt ytterligere 240 tonn av samme kalktype (Bjerknes et al. 1995). Kalking av Ynnesdalsvatnet gjennomføres hver høst, med gradvis gjenforsuring av innsjøen og de nedenforliggende elvestrekninger og innsjøer etterfølgende vinter og vår (Bjerknes & Skiple 1998). Vassdraget ble kalket i stor målestokk årlig fra høsten 1991. Fra og med høsten 1994 ble det igangsatt et doseringsanlegg ved Ostavatn.

2.19.4 Effekter av kalking

Kalkingen har bidratt til en positiv utvikling i vannkjemien. Vannkjemiske målinger i 1996 og 1997 viste at dosereren ved Ostavatn stort sett bidro til å holde pH over kalkingsmålet (pH > 6,2) på den lakseførende strekningen (Bjerknes 1997, Bjerknes & Skiple 1998). Giftige blandsoner nedstrøms sure sidevassdrag forekommer imidlertid når disse dominerer vannføringen. God vannkvalitet i Ynnesdalsvatn er viktig for stabiliteten i de vannkjemiske forhold.



Figur 2.19.1. Årlig oppfisket kvantum av sjøaure i Ynnesdalsvassdraget i perioden 1993–97 (Norges Offisielle Statistikk). Det foreligger ingen offisielle oppgaver over fangst av laks.

Ungfiskundersøkelser har vist at det bare sporadisk har forekommet laks på den lakseførende strekningen, og i perioden 1991-95 ble det bare funnet seks årsyngel på denne strekningen (Raddum & Barlaup 1997). I 1996 ble det funnet totalt 24 årsyngel og i 1997, 74 årsyngel. I 1997 ble det for første gang funnet laks i øvre del av den lakseførende strekningen, noe som viser at laksen nå har rekolonisert hele denne strekningen. I 1997 ble det også funnet en klar økning i tettheten av tosomrig laks, dette var som forventet utfra den relativt sterke årsklassen av laks registrert i 1996. Resultatene i 1996 og 1997 tyder på at laksen er i en positiv utvikling på den lakseførende strekningen. Veksten hos laksungene er meget god og indikerer at de fleste fiskene vandrer ut som 2-årig og 3-årig smolt. (Raddum & Barlaup 1997, Barlaup & Raddum 1998b). Det er for øvrig interessant å legge merke til at økningen i tetthet av laksunger som fant sted på lakseførende strekning i 1996 og 1997 skjedde samtidig med registrering (1996) og økning av forekomsten (1997) av den forsuringfølsomme døgnfluarten *Baetis rhodani* og av vårfluene *Hydropsyche* sp. Faunaen i vassdraget er derfor fundamentalt endret etter at dosereren ved Ostavatn kom i drift (Raddum & Fjellheim 1998).

2.19.5 Utsettinger av fisk

Ifølge Einvik (1982) har Frøysset elveeierlag satt ut laksyngel i vassdraget fra 1968 til ut i første halvdel av 70-åra. Arbeidet synes å ha vært fånyttet fordi ingen laks er fanget etter at utsettingen tok til.

Det ble satt ut henholdsvis 5 000, 20 000 og 7 000 startforet laksyngel ovenfor lakseførende strekning i 1991, 1992 og 1993. Etter 1993 er det ikke satt ut fisk (opplysninger fra Flekke og Guddal grunneierlag). I perioden 1991-95 viste ungfiskundersøkelser at laks bare forekom sporadisk i vassdraget og ble stort sett registrert på den ene stasjonen som ligger oppstrøms lakseførende strekning (Barlaup & Raddum 1998b). Den utsatte fisken har muligens bidratt til økningen i tettheten av årsyngel av laks i 1996 og 1997.

2.19.6 Oppsummering Ynnesdalsvassdraget

Vassdraget har en lakseførende strekning på ca. 7 km. Det er bygd et lite kraftverk ved Sleirevatn. Som følge av forsuring har laksen forsvunnet fra vassdraget. Kalking fra 1989 har bidratt til en positiv utvikling i vannkjemien, men tettheten av laksunger var lav i den lakseførende delen i perioden 1991-1995. Ungfiskundersøkelser i 1996 og 1997 tyder imidlertid på at laksen nå er i en positiv utvikling på den lakseførende strekningen. Utsatt yngel oppstrøms lakse-

førende strekning har sannsynligvis bidratt til denne økningen.

2.20 Flekke-Guddalsvassdraget – vassdragsnr. 082.Z

2.20.1 Vassdragsbeskrivelse

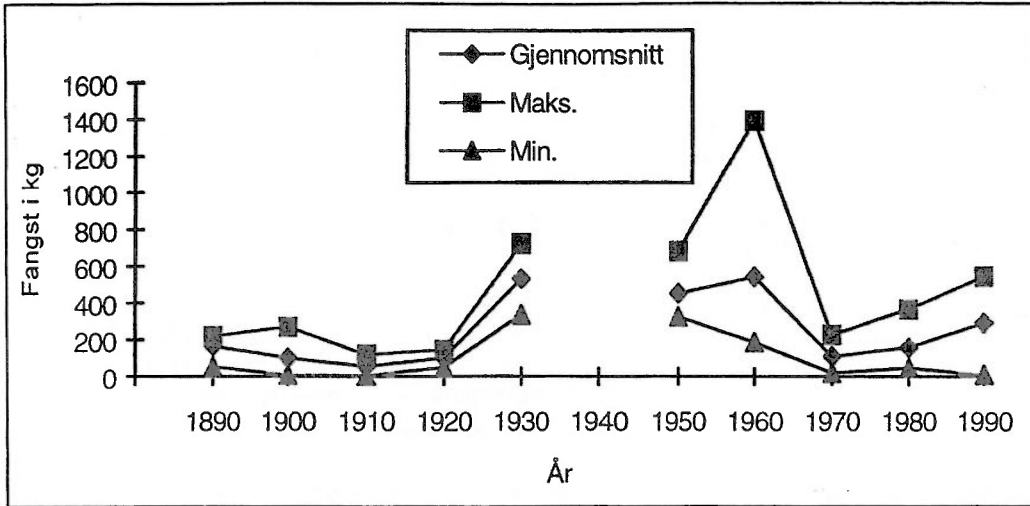
Flekk-Guddalsvassdraget ligger i Fjaler, Hyllestad, Gaular og Høyanger kommuner i Sogn og Fjordane fylke. Vassdraget består av et høyereliggende subalpint område som inneholder en rekke innsjøer. De lavereliggende delene er karakterisert ved flere store innsjøer med korte elvestrekninger i mellom. Totalt nedbørfelt er 263 km² og den midlere vannføringen ved utløpet er 23 m³/s. Lakseførende strekning er ca. 8 km opp til Harefossen som ligger ved utløpet av Hovlandsdalsvatnet. Noen av sideelvene i nedre del, særlig Hovlandselva og Espedalselva, er også inkludert i den lakseførende strekningen. Vassdraget er ikke regulert (Hindar et al. 1995).

Vannkjemisk overvåking i forbindelse med kalkingsplan startet i januar 1996 (Schartau 1997). Tilsvarende årlig overvåking av ungfisk på lakseførende strekning ble startet høsten 1995 (Barlaup & Raddum 1997). Det ble også utført ungfiskundersøkelser i 1993 (Raddum 1995).

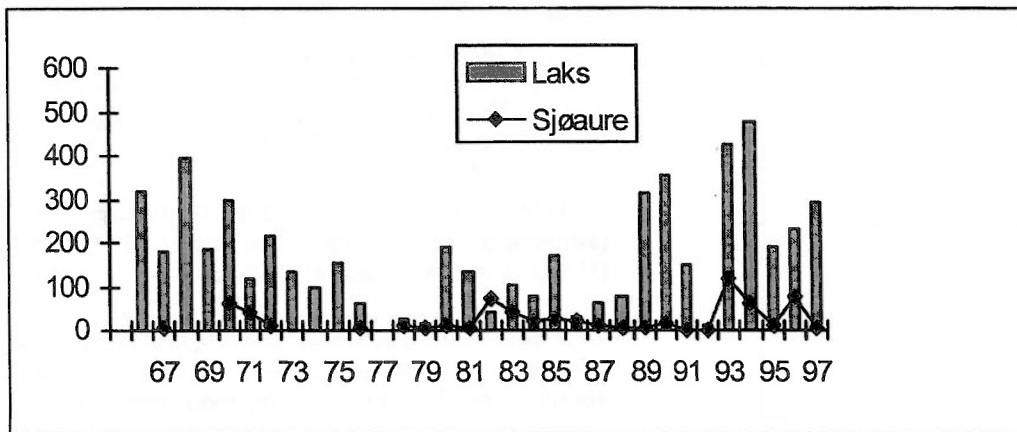
2.20.2 Effekter av forsuring

Forsuring av vassdraget har vært dokumentert på 1980- og 1990-tallet ved hjelp av bunndyrprøver og vannkjemiske analyser. I hovedvassdraget har forsuringsskadene vært størst i de nedre delene (Raddum 1998). Resultatene fra den vannkjemiske overvåkingen i 1996 (Schartau 1997c) viste at Guddalselva hadde litt høyere pH ovenfor Harefossen enn nedenfor. Ovenfor fossen var pH hovedsakelig mellom 5,5 og 5,9, mens pH nedenfor var noen tiendedeler lavere. Sidevassdragene svingte stort sett mellom pH 5,0 og 5,9 og var mer ustabile enn hovedelva.

Fangstene av laks og sjøaure har vært variable, men gjennomgående lave gjennom det siste århundret (figur 2.20.2a). I de siste par ti-årene har de årlige fangstene av laks variert fra ingen fangst og opptil 500 kg (figur 2.20.2b). Den naturlige rekrutteringen til laksebestanden i vassdraget er på grunnlag av undersøkelser i 1995-96 vurdert som relativt lav. Høge tettheter av laksunger på enkelte stasjoner var trolig utsatt fisk (Barlaup & Raddum 1997).



Figur 2.20.2a. Gjennomsnittlig årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i hver 10-årsperiode i Flekke-Guddalvassdraget i tidsrommet 1890-1997, samt største og minste årlige fangst i de forskjellige periodene (Norges Offisielle Statistikk). Det er ikke rapportert fangster av laks i følgende enkeltår og perioder: 1915, 1918-19, 1921-27, 1933-52 og 1977.



Figur 2.20.2b. Årlig oppfisket kvantum av laks og sjøaure i Flekke-Guddalvassdraget i perioden 1966-97 (Norges Offisielle Statistikk).

2.20.3 Kalkingsstrategi

Biologisk mål for kalking: Å sikre god vannkvalitet for forsuringsfølsomme invertebrater og fisk i og ovenfor lakseførende strekning (Raddum 1998).

Vannkvalitetsmål: pH 6,4–6,5 i smoltfiseringsperioden (1.2.–15.6.) og pH 6,2 eller bedre resten av året (Hindar et al. 1995).

Bakgrunnen for kalkingen er forsurening av lakseførende strekning og innsjøer i nedbørfeltet. Tre innsjøer er kalket fra 1991, 1992 og 1993, og det ble også lagt ut skjellsand på enkelte elvestrekninger fra 1993 (Hindar et al. 1995). I 1996 ble det gjennomført innsjøkalking og skjellsandkalking i enkelte sideløp (Schartau 1997c), og i 1997 ble Guddalvassdraget kalket både ved hjelp av innsjøkalking, skjellsandkalking i enkelte sideløp og kalkdoseringsanlegg. To kalkdoserere kom i drift i april 1997, og fra november 1997 har det vært stabil drift på begge dosererne (M. Farstad, Fylkesmannen i Sogn og Fjordane pers. medd.)

Det er utarbeidet et kalkingsplan for vassdraget (Hindar et al. 1995).

2.20.4 Effekter av kalking

Vannkjemiske målinger nedstrøms kalkdosererne i Guddalselva og Espedalselva i løpet av 1997 viste klare indikasjoner på avsyring av vannet, og en betydelig bedring av vannkvaliteten sammenliknet med 1996 (Hartvigsen 1998c). Imidlertid var det på grunn av ujevn dosering fremdeles periodevis ugunstig vannkvalitet.

Ungfiskundersøkelser ble gjennomført i 1993 og er gjennomført årlig siden 1995. Den naturlige rekrutteringen til laksebestanden var lav i 1995, men markert høyere i 1996 og 1997, noe som indikerer en kraftig økning i rekrutteringen. Økningene i 1996 ble trolig påvirket av utsettinger. Til tross for at det ikke ble satt ut laks i 1997, ble det registrert en økning i tettheten av laksyngel noe som tyder på høy naturlig rekruttering (Barlaup & Raddum 1998c).

I 1997 ble døgnfluen *Baetis rhodani* funnet på alle stasjonene i hovedelva om høsten, både ovenfor og nedenfor Harefossen. Dette er en forbedring fra tidligere år (Barlaup & Raddum 1998c).

2.20.5 Utsettinger av fisk

I perioden 1991–98 ble det satt ut både uforet og startforet laksyngel i vassdraget hvert år unntatt 1997 (tabell 2.20.5). De fleste år ble yngelen fordelt på hovedløpet, Espedalselva og Hovlandselva. I perioden 1993–96 ble det også satt ut sjøareyngel i vassdraget (opplysninger fra Flekke og Guddal grunneierlag).

Melke fra 52 hannfisk er dypfryst i sædbanken (V. Moen, Veterinærinstituttet i Trondheim pers. medd.).

Tabell 2.20.5. Oversikt over utsettinger av laks i Flekke-Guddalsvassdraget i perioden 1991–98 (opplysninger fra Flekke og Guddal grunneierlag).

År	Antall utsatt	
	Uforet yngel	Startforet yngel
1991	27 000	0
1992	26 000	0
1993	0	13 000
1994	0	15 000
1995	0	1 000
1996	35 000	0
1997	0	0
1998	48 000	0

2.20.6 Oppsummering Flekke-Guddalsvassdraget

Flekk-Guddalsvassdraget ligger i Fjaler kommune i Sogn og Fjordane fylke. Totalt nedbørfelt er 263 km². Lakseførende strekning er ca. 8 km. Fangstene av laks og sjøaure har vært variable og gjennomgående lave gjennom det siste århundret. I de siste par ti-årene har de årlige fangstene av laks variert fra ingen fangst og opptil 500 kg. Den naturlige rekrutteringen til laksebestanden i vassdraget ble på grunnlag av undersøkelser i 1995-96 vurdert som relativt lav, og rekrutteringen ble da opprettholdt ved utsettinger av laksyngel. Kalkingsplanen går ut på at vassdraget skulle være fullkalket fra 1997 ved hjelp av innsjøkalking, skjellsandkalking i enkelte sideløp og kalkdoseringsanlegg. Kalkingen har i løpet av 1997 medført en betydelig bedring av vannkvaliteten, men periodevis ugunstig vannkvalitet kan ennå forekomme. Til tross for at det ikke ble satt ut laks i 1997, ble det registrert en økning i tettheten av laksyngel noe som tyder på høy naturlig rekruttering. Med mer stabil vannkvalitet vil en forvente en videre positiv utvikling for laksen.

3 Oppsummering av resultater fra ulike vassdrag

3.1 Effekter av forsuring

De sure vassdragene som kalkes ligger i fylkene Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane. De største vassdragene ligger hovedsakelig i Agder-fylkene, men det er flest vassdrag i Rogaland (figur 2.1, tabell 3.1a).

Det største vassdraget er Arendalsvassdraget med et nedbørfelt på 4 025 km² og det minste er Rødneelva som har et nedbørfelt på 61,1 km². Bare fem av vassdragene har nedbørfelt som er større enn 1 000 km². Middelvannføring over året varierer mellom 6,2 m³/s (Jørpelandselva) og 115 m³/s (Arendalsvassdraget). Bare fem vassdrag har middelvannføring på mer enn 50 m³/s (tabell 3.1a).

Lakseførende strekning varierer mellom 0,8 km (Jørpelandselva før bygging av trapp i 1997) og 50 km (Mandalselva, Audna) (tabell 3.1a).

De mest forsuringsutsatte vassdragene ligger i Agder-fylkene. Her var bestanden av laks utryddet fra samtlige av våre sju vassdrag med unntak av Vegår-vassdraget hvor den stedeigne laksestammen har usikker status (tabell 3.1b). Men også i Sokndalselva og Frafjordelva i Rogaland og i Ynesdalsvassdraget i Hordaland og Sogn & Fjordane førte forsuringen til utryddelse av laksebestandene. I Bjerkreimselva i Rogaland var laksen utryddet fra store deler av vassdraget. I de fleste av vassdragene i Rogaland, Hordaland og Sogn & Fjordane var laksen truet, men ikke utryddet. I Oгна var bestanden av laks redusert uten å være direkte truet (tabell 3.1b).

Når det gjelder sjøauren og effekten av forsuring på bestandene i de ulike vassdrag, er bildet mer variert. I de sju vassdragene i Agder-fylkene hvor forsuringsskadene antas å ha vært størst, omtales sjøaurebestandene som redusert (Vegår-vassdraget, Arendalsvassdraget, Tovdalselva, Mandalselva, Audna) eller sterkt redusert (Lygna og Kvina). I Bjerkreimselva ble sjøauren utryddet fra deler av vassdraget og i Ynesdalsvassdraget ble bestanden ansett å være sterkt truet. I Oгна, Vosso og Flekke-Guddal-vassdraget ansees sjøaurebestanden som uberørt, mens i ett vassdrag (Vikedalselva) ga en tilbakegang i bestanden av laks, en økning i fangsten av sjøaure (tabell 3.1b).

I Anon. (1995a) er vassdragene inndelt i følgende kategorier basert på en vurdering av status for hver enkelt bestand av laks og sjøaure:

Tabell 3.1a. Beliggenhet, nedslagsfelt, middelvannføring og lakseførende strekning hos vassdrag som kalkes.

Vassdrag	Fylke	Nedslagsfelt (km ²)	Middelvannføring (m ³ /sek)	Lakseførende strekning (km)
Vegårds-vassdraget	Aust-Agder, Telemark	466	13,2	15
Arendals-vassdraget	Telemark, Aust-Agder	4 025	115,0	40
Tovdalselva	Vest-Agder, Aust-Agder, Telemark	1 885	65,0	35
Mandalselva	Vest-Agder, Aust-Agder	1 800	89,6	50
Audna	Vest-Agder	450		50
Lygna	Vest-Agder	670	36,0	20
Kvina	Vest-Agder	1 449*	81,4*	16
Sokndalselva	Rogaland	301	17,0	12
Bjerkreimselva	Rogaland	706		25-30 (80)
Ogna	Rogaland	117	6,6	30
Frafjordelva	Rogaland	171	14,3	5
Espedalselva	Rogaland	138		15
Lyseelva	Rogaland	63,5 (182*)	13,8*	6
Jørpelandselva	Rogaland	80	6,2	0,8 (3-4)
Vikedalselva	Rogaland	118,4	10,3	10
Rødneelva	Rogaland	61,1	11,3	3,6
Vosso	Hordaland, Sogn og Fjordane	1 489	83	35
Ekso	Hordaland	250 (410*)	34,2*	4
Ynnesdals-vassdraget	Hordaland, Sogn og Fjordane	125	14,7	6
Flekke/Guddal-vassdraget	Sogn og Fjordane	263	23	8

* Før regulering

- 0: Art forekommer ikke
 1: Bestand utryddet
 ½: Ny bestand i kategori 2
 1/3: Ny bestand i kategori 3
 1/4: Ny bestand i kategori 4
 2: Truet bestand
 3: Sårbar bestand
 4: Liten bestand
 5: Stor bestand

Kategori 3 er inndelt i fire underkategorier basert på situasjonen i vassdraget:

- 3a: Det finnes en trusselfaktor som ennå ikke har påvirket bestanden på en målbar måte.
 3b: Bestanden er i en negativ utvikling på grunn av en eller flere trusselfaktorer
 3c: Det er etablert en ny stabil tilstand med bestander av nærmest opprinnelig størrelse og sammensetning, eventuelt ved hjelp av kompensasjonstiltak.
 3d: Det er etablert en ny stabil tilstand med bestander av redusert størrelse, eventuelt ved hjelp av kompensasjonstiltak.

Bestandsstatus for laks og sjøaure pr. 1.1.1998 i de 20 vassdragene som kalkes er vist i **tabell 3.1b**. Av de seks vassdragene i Agder-fylkene hvor laksen var utryddet, er en ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse etablert i Audna. I de tre vassdragene i Rogaland/Hordaland hvor laksen var ut-

ryddet (Sokndalselva, Frafjordelva og Ynnesdalsvassdraget), er det etablert nye stabile tilstander med bestander av redusert størrelse.

Når det gjelder sjøauren ansees bestanden i Bjerkreimselva fortsatt som sårbar, mens det i Ynnesdalsvassdraget nå er en stor bestand. I vassdragene Tovdalselva, Mandalselva, Lygna og Kvina er det etablert nye stabile tilstander med bestander av redusert størrelse. I Audna er det en ny stabil tilstand med bestand av tilnærmet opprinnelig størrelse (**tabell 3.1b**).

Materiale fra ti av laksebestandene er dypfrost i sædbanken. Dette gjelder Vegårds-vassdraget, Bjerkreimselva, Ogna, Frafjordelva, Jørpelandselva, Vikedalselva, Rødneelva, Vosso, Ekso og Flekke-/Guddalsvassdraget. I tillegg finnes materiale i levende genbank fra Vosso og Ekso.

3.2 Kalkingsmål

Bevaring av biologisk mangfold er den overordnede målsettingen for kalkingsvirksomheten (Direktoratet for naturforvaltning 1995). På denne bakgrunn er det formulert både et biologisk mål for kalkingen og et vannkvalitetsmål for det enkelte vassdrag (jr. f.eks. Anon. 1997, 1998). En oversikt over biologiske mål og vannkvalitetsmål er gitt i **tabell 3.2**.

Tabell 3.1b. Oversikt over effekter av forsurening på laks og sjøaure, og bestandsstatus pr. 1.1.1998 for laks og sjøaure i de ulike vassdrag. Opplysningene om bestandsstatus er i henhold til DN's kategoriseringssystem for vassdrag (Anon. 1995) med oppdatering pr. 1.1.1998 (opplysninger fra DN).

Vassdrag	Effekter av forsurening	Bestandsstatus
Vegår-vassdraget	Stedegen laksestamme med usikker status, sjøaure redusert	Laks: Ny stabil tilstand med bestand av tilnærmet opprinnelig størrelse (3c) Sjøaure: Stor bestand (5)
Arendals-vassdraget	Stedegen laksestamme utdødd, sjøaure redusert	Laks: Opprinnelig bestand utryddet (1) Sjøaure: Bestand i negativ utvikling (3b)
Tovdals-elva	Stedegen laksestamme utdødd, sjøaure redusert	Laks: Opprinnelig bestand utryddet (1) Sjøaure: Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (3d)
Mandals-elva	Stedegen laksestamme utdødd, sjøaure redusert	Laks: Opprinnelig bestand utryddet (1) Sjøaure: Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (3d)
Audna	Stedegen laksestamme utdødd, sjøaure redusert	Laks: Opprinnelig bestand utryddet. Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (1/3d) Sjøaure: Ny stabil tilstand med bestand av tilnærmet opprinnelig størrelse (3c)
Lygna	Stedegen laksestamme utdødd, sjøaure sterkt redusert	Laks: Opprinnelig bestand utryddet (1) Sjøaure: Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (3d)
Kvina	Stedegen laksestamme utdødd, sjøaure sterkt redusert	Laks: Opprinnelig bestand utryddet (1) Sjøaure: Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (3d)
Sokndals-elva	Stedegen laksestamme utdødd, sjøaure redusert	Laks: Opprinnelig bestand utryddet. Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (1/3d) Sjøaure: Sårbar bestand (3)
Bjerkreims-elva	Laks og sjøaure utryddet fra deler av vassdraget	Laks: Bestand i negativ utvikling (3b) Sjøaure: Sårbar bestand (3)
Ogna	Laks redusert, sjøaure uberørt	Laks: Stor bestand (5) Sjøaure: Liten bestand (4)
Frafjord-elva	Laks utryddet, sjøaure redusert	Laks: Opprinnelig bestand utryddet. Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (1/3d) Sjøaure: Sårbar bestand (3)
Espedals-elva	Laks truet, sjøaure sårbar	Laks: Sårbar bestand (3) Sjøaure: Sårbar bestand (3)
Lyseelva	Laks truet, sjøaure sårbar	Laks: Truet bestand (2) Sjøaure: Sårbar bestand (3)
Jørpeland-elva	Laks truet, sjøaure sårbar	Laks: Truet bestand (2) Sjøaure: Sårbar bestand (3)
Vikedalselva	Laks truet, sjøaure økning i bestanden	Laks: Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (3d) Sjøaure: Stor bestand (5)
Rødneelva	Laks truet, sjøaure sårbar bestand	Laks: Truet bestand (2) Sjøaure: Sårbar bestand (3)
Vosso	Laks truet, sjøaure uberørt	Laks: Truet bestand (2) Sjøaure: Stor bestand (5)
Ekso	Laks truet, sjøaure redusert	Laks: Truet bestand (2) Sjøaure: Liten bestand (4)
Ynnesdals-vassdraget	Laks utryddet på 60-tallet, sjøaure sterkt truet	Laks: Opprinnelig bestand utryddet. Ny stabil tilstand med bestand av redusert størrelse (1/3d) Sjøaure: Stor bestand (5)
Flekkе/Gud-dal	Laks truet, sjøaure uberørt	Laks: Bestand i negativ utvikling (3b) Sjøaure: Liten bestand (4)

Tabell 3.2. Biologisk kalkingsmål og vannkvalitetsmål i de ulike vassdrag. (Romertallene referer seg til inndeling i kategorier som er nærmere omtalt i teksten).

Vassdrag	Biologisk kalkingsmål	Vannkvalitetsmål
Vegårds- vassdraget	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av fisk i Vegår. (I)	I den lakseførende delen (Storelva) skal pH være 6,5 i perioden 15.2 - 15.6 og 6,2 ellers i året. (I)
Arendals- vassdraget	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Denne vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsurningsfølsomme vannorganismer. (I)	Kortsiktig mål: Oppkalking av de tre store innsjøene til pH 6,0-6,2. (II)
Tovdals- elva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet til å skape reproduksjonsmuligheter og akseptable leveforhold for fisk og næringsdyr (invertebrater) i vassdraget. Kalking høyt oppe i vassdraget skal også sikre innlandsbestander av fisk. (II)	Vannkvalitetsmålet er under utredning. I forbindelse med reetablering av laks er det foreløpig satt et lavere mål (pH 5,8 - 6,0) enn det som ansees nødvendig for smolt. (III)
Mandals- elva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsurningsfølsomme vannorganismer. (I)	Det er lagt opp til en gradvis opptrapping av vannkvalitetsmålet i 1997, 1998 og 1999. (IIIa)
Audna	Å sikre en tilstrekkelig god vannkvalitet til at laks kan leve å formere seg naturlig i den kalkede delen av elva. Bunndyrfaunaen skal i størst mulig grad nærme seg den faunaen som var i Audna før forsuring. (I)	pH skal ligge over 6,0 gjennom hele året. (IV)
Lygna	Å sikre tilstrekkelig vannkvalitet til at aure kan leve i Lygne og kalkede innsjøer i nærområdet. Sjøaure skal kunne leve og reproducere nedstrøms Kvåsfossen. (IIIa)	Lygne, samt Lygna nedstrøms Kvåsfossen må til enhver tid ha pH over 5,5 og alkalitet (Alk-E) over 20 µekv/l. (V)
Kvina	Å sikre god nok vannkjemi i elvene nedstrøms kalkingsanleggene til at stedegen sjøaure og stasjonær aure kan gjennomføre livssyklus. (IIIb)	Surhetsgraden i den kalkede delen av elva skal ikke underskride pH 5,5. (VI)
Sokndals- elva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsurningsfølsomme vannorganismer. (I)	pH skal ligge over 6,0 hele året (IV)
Bjerkreims- elva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsurningsfølsomme vannorganismer. (I)	Lakseførende strekning: pH 6,5 i perioden 15/2-15/6, pH 6,2 ellers i året. (I)
Ogna	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet (pH>6,0) for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsurningsfølsomme vannorganismer. (I)	pH>6,0. (IV)
Frafjord- elva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsurningsfølsomme vannorganismer. (I)	Lakseførende strekning: pH > 6,5 i perioden 15.2 - 15.6, pH 6,2 ellers i året. (I?)
Espedals- elva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsurningsfølsomme vannorganismer. (I)	pH 6,5 i smoltfiseringsperioden (15.feb. - 15.juni) og pH 6,2 resten av året. (I)

Tabell 3.2 forfts.

Vassdrag	Biologisk kalkingsmål	Vannkvalitetsmål
Lyseelva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer. (I)	Lakseførende strekning: pH 6,5 i perioden 15.2 – 15.6, pH 6,2 ellers i året. (I)
Jørpelandselva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer. (I)	Lakseførende strekning: pH 6,5 i perioden 15.2 – 15.6, pH 6,2 ellers i året (basert på doseringskalking). (I)
Vikedalselva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer. (I)	Lakseførende strekning: 15.2 - 15.6: pH 6,3, ellers i året pH 5,7. (Ib)
Rødneelva	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer. (I)	Lakseførende strekning: pH omkring 6,5 i smoltifiseringsperioden 1.2 - 15.6, pH 6,2 ellers i året. (I)
Vosso		Vannkvalitetsmål for kalkingen av Vosso er pH 6,5 i Bolstadelva i smoltifiseringsperioden og pH 6,2 resten av året. (I)
Ekso	Det biologiske målet med kalkingen vil være å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. (I)	Vannkvalitetsmål er pH 6,5 i perioden 15/2-15/6, pH 6,2 ellers i året. (I)
Ynnesdalsvassdraget	Sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for naturlig reproduksjon av laks. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for andre forsuringfølsomme organismer. (I)	pH>6,2 på lakseførende strekning gjennom hele året. (VII)
Flekk/Guddalvassdraget	Å sikre god vannkvalitet for forsuringfølsomme invertebrater og fisk i og ovenfor anadrom strekning. (IV)	pH 6,4-6,5 i smoltifiseringsperioden 1.2.-15.6. og pH 6,2 eller bedre resten av året.

3.2.1 Biologisk mål for kalking

For samtlige vassdrag unntatt Vosso eksisterer en biologisk målbeskrivelse for kalking. Det biologiske målet varierer noe i ordlyd fra vassdrag til vassdrag, men de ulike målene kan deles inn i 4 hovedkategorier:

- I. Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringfølsomme vannorganismer.
- II. Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet til å skape reproduksjonsmuligheter og akseptable leveforhold for fisk og næringsdyr (invertebrater) i vassdraget. Kalking høyt oppe i vassdraget skal også sikre innlandsbestander av fisk. (Tovdalselva)
- III. Hovedformålet med kalkingen skal være å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet til å sikre reproduksjonsmuligheter for sjøaure og akseptable levefor-

hold for næringsdyr i vassdraget (dette er en fellesbeskrivelse av kategoriene IIIa (Lygna) og IIIb (Kvina) i **tabell 3.3**)

- IV. Å sikre god vannkvalitet for forsuringfølsomme invertebrater og fisk i og ovenfor lakseførende strekning (Flekk/Guddalvassdraget).

De fleste (15 av 19) vassdrag hører inn under kategori I. Selv om ordlyden er avvikende for Vegårvassdraget indikerer vannkvalitetsmålet kategori I. Kategoriene II (Tovdalselva) og IV (Flekk-Guddalvassdraget) er varianter av kategori I med noe avvikende ordlyd. I kategori III kan vi plassere 2 vassdrag (Lygna og Kvina). Dette målet er mindre ambisiøst og begrenser seg til å sikre reproduksjonsforhold for sjøaure.

Tabell 3.3. Kalkingsmetode, tidspunkt for start kalking og for fullkalking i de ulike vassdrag.

Vassdrag	Kalkingsmetode	År start kalking	År fullkalking
Vegårds- vassdraget	Innsjø (Vegår) Elv (1 doserer)	1985 (Vegår), 1987 (Vegårva-sselva), 1996 (Storelva)	1997
Arendalsvass- draget	Innsjøer	Gradvis opptrapping lokalt. 1996 (Nisser), 1997 (Fyresvatn)	-
Tovdalselva	Innsjøer, elv (6 doserere)	juli 96 (Ogge), oktober 1996 (Tovdalselva)	-
Mandalselva	Elv (8 doserere)	Kosåna (1996)	-
Audna	Innsjø, elv (2 doserere)	1985 (Elv + Ytre Øydnvatn)	-
Lygna	Flere innsjøer, elv (1 doserer)	1991	-
Kvina	Elv (2 doserere)	1994	-
Sokndalselva	Innsjøer	1980-årene, første større kalking i 1989	-
Bjerkreimselva	Innsjøer, elv (1 doserer)	1996: 21 innsjøer, Sept. 1997: doserer	-
Ogna	Innsjøer, elv (2 doserere)	1991	-
Frafjordelva	Elv (2 doserere)	1993 (forsøk), regelmessig kalking fra 1995	-
Espedalselva	Innsjøer, elv (2 doserere)	1995 (11 innsjøer), 1996 (2 doserere).	-
Lyseelva	Planlagt 2 doserere i elv	Foreløpig ikke kalket	-
Jørpelandselva	Innsjø, planlagt 1 doserer i elva	1995 (innsjøkalking)	-
Vikedalselva	Elv (1 doserer)	1987	1995 i.h.t.kalkingsmål
Rødneelva	Innsjø, elv (1 doserer)	1996 (innsjø), 1997 (elv)	-
Vosso	Elv (1 doserer)	1994 (skjellsand, 1 doserer)	-
Ekso	Elv (1 doserer)	Elv: 15.4.1997	-
Ynnesdalsvass- draget	Innsjø, elv (1 doserer)	1989 (Ynnesdalsvatn), 1994 (doserer)	-
Flekk/Guddal- vassdraget	Innsjøer, elv (2 doserere)	1996 (innsjøer), okt./nov.1997 (elv)	-

3.2.2 Vannkvalitetsmål for kalking

For samtlige vassdrag er det formulert et vannkvalitetsmål (tabell 3.2) som varierer fra vassdrag til vassdrag, men som kan deles inn i 7 hovedkategorier:

- I. I den lakseførende delen skal pH være 6,5 i perioden 15.2.-15.6. og 6,2 ellers i året.
- lb. I den lakseførende delen skal pH være 6,3 i perioden 15.2.-15.6. og 5,7 ellers i året (Vikedalselva).
- II. Kortsiktig mål: Oppkalking av de tre store innsjøene til pH 6,0-6,2. (Arendalsvassdraget)
- III. Vannkvalitetsmålet er under utredning. I forbindelse med reetablering av laks er det foreløpig satt et lavere mål (pH 5,8-6,0) enn det som ansees nødvendig for smolt. (Tovdalselva, Mandalselva).
- IV. pH skal ligge over 6,0 gjennom hele året. (Audna, Sokndalselva, Ogna)
- V. Lygna, samt Lygna nedstrøms Kvåsfossen må til enhver tid ha pH over 5,5 og alkalitet (Alk-E) over 20 µekv/l. (Lygna)

- VI. Surhetsgraden i den kalkede delen av elva skal ikke underskride pH 5,5. (Kvina)
- VII. pH > 6,2 på lakseførende strekning gjennom hele året. (Ynnesdalsvassdraget)

Halvparten av vassdragene (11) hører inn under kategori I. Da har vi tatt med Vikedalselva som har noe lavere ambisjonsnivå med hensyn til pH enn de øvrige og Fráfjordelva hvor det heter at pH skal være større enn 6,5 i perioden 15.2.-15.6. Kategoriene IV (Audna, Sokndalselva, Ogna) og VII (Ynnesdalsvassdraget) ligger nær opp til kategori I selv om de ikke presiserer et pH-mål på 6,5 i perioden 15.2.-15.6. Kategori III gjelder midlertidig for Tovdalselva og Mandalselva. Disse vassdragene skal opp i kategori I når smoltutvandring kommer i gang i vassdragene.

Kategoriene II (Arendalsvassdraget), V (Lygna) og VI (Kvina) er de minst ambisiøse. For disse vassdragene er det å oppnå naturlig reproduksjon av laks ikke en del av målet. Når det gjelder Arendalsvassdraget er det imidlertid et langsiktig biologisk mål å sikre

reproduksjon av laks i vassdraget. I Lygna og Kvina ligger vannkvalitetsmålet klart under det som ansees nødvendig for å sikre reproduksjon av laks.

3.3 Kalkingsmetoder

Både innsjøkalking og kalking med doserer i elv brukes i de fleste vassdragene (**tabell 3.3**). Unntakene er Arendalsvassdraget og Sokndalselva hvor det forekommer kun innsjøkalking og Kvina, Mandalselva, Frafjordelva og Vikedalselva som alle tre kalkes bare ved hjelp av doserere. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at det også i nedslagsfeltene til Kvina, Mandalselva og Frafjordelva foregår kalking av innsjøer for å bedre forholdene for innlandsfisk. Denne kalkingen vil ha en viss betydning for vannkvaliteten i lakseførende del.

For å få til fullstendig reetablering av laks i et vassdrag som kalkes, må vannkvaliteten være slik at skader på laksungene unngås. Vannkvalitetsmålet i de fleste vassdragene er definert slik: pH: 6,5 i perioden 15.2.-15.6 (smoltifiseringsperioden), pH: 6,2 ellers i året. Når vannkjemiske målinger viser at vannkvalitetsmålet er oppnådd både i perioden 15.2.-15.6. og resten av året, kan vassdraget betegnes som "fullkalket". Selv om dette er en streng definisjon av begrepet "fullkalket", har vi valgt å bruke denne for å angi når et vassdrag er fullkalket. **Tabell 3.3** viser at kalkingen enda er ung i Norge. Bare Vegårvassdraget og Vikedalselva (lavere vannkvalitetsmål enn de øvrige) er fullkalket i henhold til vår strenge definisjon. I mange av vassdragene har kalkingen kommet igang i løpet av de siste 3 år. Mer enn 5 års kalking har vi bare i Vegårvassdraget, Audna, Lygna, Sokndalselva, Vikedalselva og Ynnesdalsvassdraget. Når det gjelder Vegårvassdraget er det imidlertid viktig å være oppmerksom på at fullstendig kalking av lakseførende strekning først kom i gang i 1996 da dosereren i Storelva kom i drift.

3.4 Effekter av kalking

I **tabell 3.4** har vi laget en summarisk framstilling av effekter av kalking på vannkemi i lakseførende del av vassdragene, på ungfiskbestanden av laks og på fangst av laks.

I mange av vassdragene er det etterhvert oppnådd stabil vannkvalitet med pH > 6,0 gjennom året. Dette gjelder Vegårvassdraget, Tovdalselva, Audna, Sokndalselva, Bjerkreimselva, Ognå, Frafjordelva og Ynnesdalsvassdraget. Vikedalselva står i en særstilling med lavere vannkvalitetsmål enn de øvrige. Det er imidlertid bare Vegårvassdraget og Vikedalselva som holder tilstrekkelig vannkvalitet også i smoltifiseringsperioden. Flere av vassdragene preges av

ustabil pH (Espedalselva, Jørpelandselva, Rødnelva, Vosso, Flekke-Guddalsvassdraget) og enkelte vassdrag har i perioder ugunstig vannkvalitet (Arendalsvassdraget, Mandalselva, Lygna, Kvina, Ekso).

I Arendalsvassdraget er det få eller ingen registreringer av ungfisk av laks. I alle øvrige vassdrag er det påvist laksunger. Til og med i de vassdragene som bare kalkes med tanke på sjøaure (Lygna, Kvina) finnes laksunger i lave tettheter. I Audna ble det registrert relativt høge tettheter av laksunger i 1996 og 1997. De betydelige utsettingene av laksyngel i Audna vil imidlertid være en feilkilde som medfører en overestimert av den naturlige rekrutteringen. I de øvrige vassdrag hvor det kalkes med hensyn på reetablering av laks er resultatene så langt variable. Høge eller "normale" tettheter har vi kun i Sokndalselva, Ognå, Vikedalselva og Ynnesdalsvassdraget.

Med unntak av Ynnesdalsvassdraget er det gjort sportsfiskefangster av laks i samtlige vassdrag, men i de fleste vassdragene er fangstene små. I Vikedalselva, Sokndalselva, Bjerkreimselva og Ognå er fangstene på det nivå man kan forvente i disse vassdragene. I de tre sistnevnte ble det notert store fangster særlig av smålaks i 1998.

3.5 Utsettinger.

I tre vassdrag har det ikke blitt satt ut fisk (Kvina, Sokndalselva, Lyseelva), mens i fire vassdrag har det blitt satt ut lite fisk (Vegårvassdraget, Arendalsvassdraget, Tovdalselva, Lygna). I to vassdrag opphørte utsettingene for flere år siden like før kalkingen kom igang (Ognå, Vikedalselva). I to vassdrag er det satt ut lite fisk, men mengdene er ikke ubetydelige sett i forhold til vassdragenes størrelse (Rødneelva, Ynnesdalsvassdraget). I sju vassdrag er det satt ut rikelig med fisk på 90-tallet (Bjerkreimselva, Frafjordelva, Espedalselva, Jørpelandselva, Vosso, Ekso, Flekke-Guddal). Bare i to vassdrag har det blitt satt ut mye fisk av ulike kategorier over en lang periode (Audna, Mandalselva). Det er imidlertid kun i Audna at det har vært foretatt betydelige utsettinger etter at kalkingen kom igang (**tabell 3.5**).

Uforet yngel har vært det mest brukte utsetningsstadiet. Startforet yngel/1-somrig settefisk har blitt satt ut i Tovdalselva, Mandalselva, Audna, Vosso, Ynnesdalsvassdraget og Flekke-Guddalsvassdraget. Smoltutsettinger har forekommet i Tovdalselva, Mandalselva, Audna, Lygna, Vosso og Ekso.

Effekten av de utsettinger som er foretatt er gjennomgående dårlig dokumentert, men noen resultater foreligger. Uforet yngel blir vanligvis ikke merket ved

Tabell 3.4. Effekter av kalking på vannkjemi, ungfiskbestand av laks og fangst av laks i de ulike vassdrag som kalkes.

Vassdrag	EFFEKTER AV KALKING PÅ		
	Vannkjemi i lakseførende del	Ungfiskbestand av laks	Fangst av laks
Vegårds- vassdraget	pH>6,0 i 1996 og 1997 1997: Labilt Al < 5 µg/l.	Laksunger finnes på hele lakseførende strekning, men i varierende tettheter	Økende på 90-tallet, men små mengder
Arendals- vassdraget	Nedre grense for pH var hevet til 5,5 i 1997. Fare for dårlig vannkvalitet	Få eller ingen registreringer av ungfisk av laks	Små fangster på 90-tallet
Tovdalselva	pH > 6,0 i 1997	Få registreringer av laks	Ubetydelige fangster
Mandalselva	pH > 5,5, labilt Al tidvis noe høgt høsten 1997.	Lave tettheter, men laksunger spredt utover anadrom strekning	Lave fangster
Audna	I 1997 jevnt over stabilt gunstige nivåer for pH, kalsium, alkalitet og Al-fraksjoner	Relativt høge tettheter av laksunger i 1996 og 1997	Økning fram til 1992, deretter nedgang
Lygna	pH ned mot 5,0 i flomperioder	Lave tettheter	Sporadisk fangst
Kvina	Ustabil vannkvalitet. Lav pH og høyt aluminiums-nivå under flom	Lave tettheter	Sporadisk fangst
Sokndalselva	Stabil, høg pH (1997: gj.sn pH: 6,32)	"Normale tettheter"	Stor fangst i 1998
Bjerkreims- elva	Stabil, høg pH, men noe under målet i smoltifiseringsperioden	Variierende tetthet	Meget stor fangst i 1998
Ogna	Stabil, høg Ph	Store tettheter	Meget stor fangst i 1998
Frafjordelva	Stabil, høg pH, men noe under målet i smoltifiseringsperioden	Moderate tettheter	Positiv utvikling
Espedals- elva	Bedring i pH, men fremdeles noe under vannkvalitetsmålet	Moderate tettheter	Små fangster
Jørpeland- elva	Variierende pH, fremdeles noe lavere enn vannkvalitetsmålet	Lave tettheter	Moderate til lave fangster
Vikedalselva	Stabil, høg pH	Høge tettheter	Høge fangster
Rødneelva	Høg pH, men variabel	Ustabile tettheter	Små fangster
Vosso	Høg pH, men variabel	Lave tettheter	Vassdraget er fredet, men rømt oppdrettslaks dominerer gytebestanden
Ekso	Periodevis ugunstig vannkvalitet	Lave tettheter	Ubetydelig fangst
Ynesdals- vassdraget	Høg, stabil pH. Giftige blandsoner	Høge tettheter	Ingen fangst
Flekk/Guddal- vassdraget	Høg, men ustabil pH	Lave/moderate tettheter	Moderate fangster

Tabell 3.5. Samlet utsetting av ulike kategorier av laksunger i ulike perioder i vassdragene

Vassdrag	Uforet yngel	Startforet yngel/1-somrig settefisk	Smolt
Vegårds-vassdraget	Tidlig på 80-tallet		
Arendals-vassdraget	1984-? 1990-92: 34 000		
Tovdalselva		1997: 6 750	1996-97: 8 000
Mandalselva	1991-96: 680 000	1989:14 500, 1997: 44 000, 1998: 36 500	1989-98: 100 000
Audna	1987-96: 358 500	1985-97: 621 630	1985-97: 93 120
Lygna			1986-93: 19 000
Bjerkreimselva	1993-98: 955 000		
Ogna	1975-90: 557 000		
Frafjordelva	1993-97: 108 000		
Espedalselva	1968-85: 3 6 mill 1994-97: 240 000		
Jørpelandselva	1993-95:145 000 1996-97:?		
Rødneelva	1994-96: 22 000 1997:?		
Vosso	1990-97: 830 000	1991-95:12 400	1990-95: 17 000
Ekso	1965-94: 86 720		1979-97: 64 496
Ynnesdals-vassdraget		1991-93: 32 000	
Flekkе/Guddal-vassdraget	1991-98: 136 000	1993-95: 29 000	

utsetting. Effekten av slike utsettinger kan derfor bare registreres indirekte ved økte tettheter av ungfisk eller økte fangster av laks. Når det gjelder Ogna og Frafjordelva antydes usikker effekt av utsettingene. I Flekke-Guddalsvassdraget (utsetting av uforet og startforet yngel) var økningen i rekruttering i 1996 trolig påvirket av utsettinger. I Bjerkreimsvassdraget ble det ved undersøkelser på 90-tallet registrert til dels høge tettheter av yngel på utsettingslokalitetene. Det kan derfor tenkes at disse utsettingene er noe av årsaken til den positive fangstutviklingen av laks i vassdraget i 1997 og 1998. I Espedalselva hadde utsettingene i perioden 1968–85 ingen vesentlig effekt idet det ikke ble fanget laks i perioden 1973-87. Året 1988 ga en sterk og plutselig økning i fangsten av laks i Espedalselva. Dette kan skyldes god overlevelse for yngelen som ble satt ut i 1984 og 1985. Effektene av utsettinger av uforet yngel kan måles direkte i form av forekomst og tetthet av ungfisk når yngelen er satt ut på ikke-lakseførende strekning. I Rødneelva økte antall eldre laksunger i 1996 til det høyeste som er registrert i vassdraget. Dette kan ha sammenheng med utvandring av laksunger fra Hålandselva og Fjellstøbekken der det siden 1994 er satt ut laksyngel ovenfor lakseførende strekning.

Startforet yngel/1-somrig settefisk har som nevnt blitt satt ut i Tovdalselva, Mandalselva, Audna, Vosso,

Ynnesdalsvassdraget og Flekke-Guddalsvassdraget. I perioden 1991–95 viste ungfiskundersøkelser at laks bare forekom sporadisk i Ynnesdalsvassdraget og ble stort sett registrert på den ene stasjonen som ligger oppstrøms lakseførende strekning. Den utsatte fisken har muligens bidratt til økningen i tettheten av årsyngel av laks i 1996 og 1997. I Flekke-Guddalsvassdraget (utsetting av uforet og startforet yngel) var økningen i rekruttering i 1996 trolig påvirket av utsettinger. I Audna kom merking av den utsatte fisken først igang i 1996 og all fisk fanget ved elfiske har vært betraktet som naturlig rekruttert fisk. Det antydes imidlertid at de betydelige utsettingene av laksyngel i Audna vil være en feilkilde som medfører en overestimering av den naturlige rekrutteringen. Utsettingene av ensomrig settefisk i Vosso, Tovdalselva og Mandalselva er relativt godt dokumentert. Når det gjelder Vosso og Tovdalselva tyder resultatene på god overlevelse hos settefisken, mens resultatene fra Mandalselva har gitt noe mer varierende og tildels svært lave gjenfangster.

Smoltutsettinger har forekommet i Tovdalselva, Mandalselva, Audna, Lygna, Vosso og Ekso. Det foreligger ikke rapporterte resultater fra utsettinger av Carlin-merkete smolt i Vosso og Ekso. At smoltutsettinger har gitt dårlig resultat viser en betydelig utsetting av 22 700 umerkete smolt i 1989 i Ekso. Denne utsettingen resulterte ikke i noen fangst av laks

i vassdraget idet det ikke er oppgitt laksefangster etter 1989. I Tovdalselva, Mandalselva, Audna og Lygna er det satt ut Carlin-merket smolt i flere år. I Audna og Lygna ble laksesmolt av forskjellige stammer satt ut på to lokaliteter, i brakkvannsområdet og ca. 5 km opp i en sur elv (Lygna) og en kalket elv (Audna). Det ble observert sammenheng mellom gjenfangstprosent av voksen laks og fysiologisk tilstand og dødelighet av smolt som ble holdt i flytekasser på utsettingsstedene. Av smolten som ble satt ut 5 km opp i Lygna ble det gjenfanget svært få voksne laks. Smolten hadde store problemer med osmoreguleringen. Smolten som ble satt ut i Audna kom tilbake til kysten av Sør-Norge, men til ferskvann var feilvandringen stor, og svært mye av laksen ble tatt i andre elver i Sør-Norge. Kun 10,9 % av gjenfangstene i ferskvann ble rapportert fra Audna (Hansen et al. 1997).

3.6 Reetablering

Nedenfor har vi forsøkt å kvantifisere reetableringsprosessen for sju vassdrag i Agder-fylkene og Rogaland (tabell 3.6). I Kvina ble kalking satt igang i 1994 og i Vegårvassdraget kom fullstendig kalking av lakseførende strekning først i gang i 1996 da doseringen i Storelva kom i drift. For de øvrige vassdrag i tabellen har kalking foregått i 5 år eller mer. Bare Vegårvassdraget og Vikedalselva er "fullkalket" i forhold til vannkvalitetsmålet.

Graden av reetablering er angitt ved hjelp av en "indeks" på en skala fra 0 til 10, hvor 0 betyr ingen reetablering og 10 betyr fullstendig reetablert med selvreproduserende laksebestand, god tetthet av laksunger og en årlig fangst av laks omkring det som kan forventes. Skalaen kan forøvrig beskrives som dårlig

reetablering (1-3), middels reetablering (4-6) og god reetablering (7-9). For hvert vassdrag foreligger en antatt forventet verdi både for fangst av laks og tetthet av laksunger. Forventet fangst av voksen laks er hentet fra Hesthagen & Hansen (1991). For Vegårvassdragets og Vikedalselvas vedkommende er forventet fangst vurdert på grunnlag av data fra de øvrige vassdragene. Når det gjelder ungfisitetthet har vi tatt utgangspunkt i Hesthagen & Hansen (1991) som anslår smoltproduksjonen i vassdrag på Sørlandet til å ligge mellom 3 og 6 smolt/100 m² basert på en smoltalder på 2-3 år. Med bakgrunn i dette har vi beregnet en "forventet tetthet" som sum tetthet av 0+, 1+ og 2+ laksunger i august/september på 34-69 laksunger/100 m², med en middelvei på 51,5. Disse "forventningsverdiene" må betraktes som grove anslag, og vil kunne forbedres etterhvert som kunnskapen om vassdragene forbedres. Indeksen beregnes slik:

$$\text{Indeks for reetablering-1998} = ((\text{Indeksfangst-1998} + \text{Indekstetthet-1998})/2) * 10$$

$$\text{Indeksfangst-1998} = \text{Fangst-1998} / \text{Forventet fangst} \\ (\text{Hvis Indeksfangst-1998} > 1, \text{ settes Indeksfangst-1998} = 1).$$

$$\text{Indekstetthet-1998} = \text{Tetthet-1998} / \text{middel av Forventet tetthet} \\ (\text{Hvis Indekstetthet-1998} > 1, \text{ settes Indekstetthet-1998} = 1)$$

"Reetableringsindeksen" for det enkelte vassdrag er beregnet for hvert av årene 1996, 1997 og 1998, og verdiene er avrundet til hele tall (tabell 3.6).

I Vikedalselva kan vi regne reetableringen for god med en indeks på 8 allerede i 1996. Denne situasjonen var uendret i 1997, mens indeksen økte til 10 i 1998. Vassdraget kan dermed betegnes som full-

Tabell 3.6. Fangst av laks og tetthet av laksunger i forhold til forventede verdier av fangst og tetthet og indeks for reetablering i sju vassdrag i Agder-fylkene og Rogaland for årene 1996, 1997 og 1998.

Vassdrag	Forventet fangst (kg)	Fangst (kg)			Forventet tetthet av laksunger n/100 m ²	Tetthet av laksunger (n/100 m ²)			Index for reetablering**		
		1996	1997	1998		1996	1997	1998	1996	1997	1998
Vegårvassdraget	ca. 1000	41	11	148	51,5	38,6	39,3	20,6	4	4	3
Arendalsvassdraget	6,583*	409	168	546	51,5	0,4	0,1	3,9	< 1	< 1	1
Audna	3,424*	781	466	2393	51,5	17,0	27,7	19,2	3	3	5
Lygna	1,011*	22	32	292	51,5	1,0	7,4	4,9	< 1	1	2
Kvina	9,041*	179	125	943	51,5	3,8	10,7	6,5	< 1	1	1
Sokndalselva	2,492*	949	408	2483	51,5	27,8	70,5	46,5	5	6	10
Vikedalselva	ca.1000	629	1152	1344	51,5	79,9	27,1	49,0	8	8	10

* Gj.sn. fangst 1876-1885 (etter Hesthagen & Hansen 1991).

** Indeks for reetablering: 0: ingen reetablering, 1-3: dårlig, 4-6: middels, 7-9: god, 10: Fullstendig reetablert

stendig reetablert. I Sokndalselva har vi hatt en positiv utvikling i perioden fra en indeks på 5 i 1996 til 6 i 1997 og til 10 i 1998. Vassdraget kan dermed i 1998 betegnes som fullstendig reetablert.

I Audna har vi også hatt en positiv utvikling i perioden fra dårlig reetablering i 1996 og 1997 til middels reetablering med en reetableringsindeks på 5 i 1998.

I Vegårvassdraget har vi i alle tre år hatt relativt gode tettheter av laksunger. Men fangsten av laks har ligget på et lavt nivå hittil, så her har vi foreløpig dårlig/middels reetablering, men framtidsutsiktene er gode.

I Lygna og Kvina er reetableringen foreløpig dårlig, men med en svak positiv tendens i tallene.

I Arendalsvassdraget har vi så langt ingen reetablering, og det er heller ingen utvikling å spore i tallene.

4 Diskusjon

4.1 Effekter av forsuring

Rogn og yngel er stadier i laksefiskenes utvikling som er utsatt for påvirkning fra forsuring. Det har imidlertid vist seg at laksen er enda mer følsom under smoltifiseringsperioden (november–mai) enn som rogn, yngel og parr (Rosseland & Skogheim 1982). Spesielt for laksen er derfor vårflommen kritisk, idet kombinasjoner med nedvandrende "superfølsom" smolt og episodisk (flomdominert) surt og giftig smeltevann, raskt kan medføre omfattende fiskedød (Rosseland 1987). Også gytefisk av anadrome arter synes å være svært følsomme, spesielt i forbindelse med fiskens endring i miljø fra sjøvann til ferskvann. Omfattende dødelighet på gytelaks i Ogna på grunn av en episode med surt og aluminiumsrikt vann, illustrerer dette forholdet klart (Skogheim et al. 1984). Det var derfor ikke noen tilfeldighet at nettopp laksen var den første arten som ble rammet av fiskedød (Huitfeldt-Kaas 1922), og som siden var den første til å forsvinne fra de forsuringsrammede områdene på Sørlandet (Rosseland 1987). I alt er 25 elver vurdert til å ha tapt sine laksebestander totalt eller er nær utryddelse på grunn av forsuring (Hesthagen & Hansen 1991).

Blant de vassdragene som omtales i denne rapporten var laksen utryddet i 9 og delvis utryddet i ett av vassdragene. Sjøauren var ikke utryddet fra noen av vassdragene, men ble ansett som sterkt truet i ett vassdrag. Dette bekrefter at laksen er den mest forsuringfølsomme av de to artene.

Eksemplet fra Vikedalselva hvor forsuringen førte til en nedgang i bestanden av laks og en økning i bestanden av sjøaure dokumenterer at konkurranseforholdet mellom arter kan spille en viktig rolle. I tre svenske elver hvor kalking førte til en økning i bestanden av laks ble det registrert en nedgang i bestanden av aure (Degerman & Appelberg 1992). Fra vassdrag hvor lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* har desimert bestanden av laksunger til et minimum, kjenner vi til at i noen vassdrag har vi fått en økning mens i andre vassdrag er det ingen økning i bestanden av aureunger (Johnsen & Jensen 1991).

4.2 Kalkingsmål.

Ved starten i 1983 var målsettingene for den statlig finansierte kalkingsvirksomheten å "ta vare på forsuringstruede fiskebestander" og "bedre forholdene for fritidsfiske i de forsuringsramma områdene". Etter hvert har en blitt mer oppmerksom på at forsuring har negativ virkning på hele økosystemet i ferskvann. Samtidig viser resultater fra kalkingsvirksomheten at kalking av forsurrede ferskvannslokalteter vil gjen-

skape en tilnærmet naturlig vannkvalitet, ta vare på forsurede ferskvannsorganismer og skape grunnlag for reetablering av forsuringfølsomme arter. Målsettingen om å ta vare på biologisk mangfold er nå styrende for miljøforvaltningens virksomhet, og en naturlig følge er at bevaring av biologisk mangfold blir den overordnede målsettingen for kalkingsvirksomheten (Direktoratet for naturforvaltning 1995). Etter hvert har man kommet fram til at kalkingsmålet angis med et "biologisk mål" og et "vannkvalitetsmål (Anon. 1998).

4.2.1 Biologisk mål for kalking

Den overordnede biologiske målsetting som Direktoratet for naturforvaltning har gitt er omformet i en praktisk orientert biologisk målsetting for kalking i det enkelte lakseførende vassdrag. Disse biologiske målsettingene kan grovt sett deles i to kategorier: Vassdrag som kalkes med tanke på reetablering av laks og vassdrag som kalkes med tanke på reetablering av sjøaure. De fleste vassdragene tilhører den første kategorien, men to av vassdragene (Lygna og Kvina) hører hjemme i den andre kategorien. Dette har sin bakgrunn i handlingsplanen hvor det er tatt følgende forbehold for disse to vassdragene: "Vi foreslår å ikke prioritere utvidelse av prosjektet i Lygna til å gi sikker vannkvalitet for laks i denne planperioden" og "vi går ikke inn for å prioritere utvidelse av prosjektet i Kvina til å omfatte laks i denne planperioden" (Direktoratet for naturforvaltning 1995).

De to sistnevnte vassdragene har med andre ord et biologisk mål for kalking som ikke samsvarer med miljøforvaltningens overordnede mål for kalkingsvirksomheten.

4.2.2 Vannkvalitetsmål for kalking

I Norge har forvaltningens vannkvalitetsmål gjennomgått en utvikling siden kalkingen av lakseførende vassdrag kom igang på 1980-tallet. I Vikedalselva f.eks. var målet i 1987 å hindre fiskedød om våren. Dette ble endret i 1990 til pH 6,2 om våren (15.2.-1.6.) og pH 5,7 resten av året. Fra 1995 ble dette igjen endret til pH 6,3 om våren.

Hos laks har det vist seg at smoltstadiet er særlig følsomt overfor forsuring. Labilt aluminium er trolig den kritiske faktoren, og konsentrasjoner helt ned til 10-20 mg/l kan være skadelig. En vet fortsatt ikke når den mest forsuringfølsomme perioden inntreffer, men med den kunnskapen vi har idag (Direktoratet for naturforvaltning 1995), bør det kalkes med økte doser i perioden 15. februar til 1. juni. Da bør pH på lakseførende strekning være pH 6,4. Resten av året skal

pH være 6,2 også i lakselver (Direktoratet for naturforvaltning 1995).

Denne overordnede målsetting for vannkvalitet som ble formulert av Direktoratet i 1995 er omformet i et praktisk vannkvalitetsmål for det enkelte lakseførende vassdrag. Bare halvparten av vassdragene har et vannkvalitetsmål som er i samsvar med DN's overordnede mål. De øvrige har lavere målsetting spesielt i smoltfiseringsperioden. Det er interessant å legge merke til at målet i de vassdrag som har formulert et vannkvalitetsmål for smoltutvandringsperioden er mer ambisiøst både med hensyn til pH (pH = 6,5) og varighet (15.2.-15.6.) enn DN's vannkvalitetsmål fra 1995.

Arendalsvassdraget, Lygna og Kvina har de minst ambisiøse vannkvalitetsmål. For disse vassdragene er det å oppnå naturlig reproduksjon av laks ikke en del av målet. Når det gjelder Arendalsvassdraget er det imidlertid et langsiktig biologisk mål å sikre reproduksjon av laks i vassdraget. I Lygna og Kvina ligger vannkvalitetsmålet klart under det som ansees nødvendig for å sikre reproduksjon av laks.

For Mandalselva og Tovdalselvas vedkommende er også vannkvalitetsmålet satt lavere enn det optimale under oppstartingsfasen av kalkingen, og tankegangen her er at det ikke er noen grunn til å kalke med tanke på smolt før det finnes laksesmolt i vassdragene.

Hindar et al. (1998) fant at i Tovdalselva og Mandalselva forelå en betydelig andel av aluminiumet som høymolekylært aluminium sammenlignet med humusfattige Vestlandsvassdrag. Dette er en form som trolig er bundet til humus og som trolig ikke er så reaktiv som lavmolekylært aluminium. Dette kan gi grunnlag for ulike vannkvalitetsmål (pH-mål) i vassdrag innenfor Sørlandsregionen spesielt og i de forskjellige landsdeler generelt (Hindar et al. 1998).

I den reviderte handlingsplanen (DN 1998) er forvaltningens overordnede målsetting for vannkvalitet endret slik: "Ved kalking av laksevassdrag har DN fra og med 1998 bestemt følgende pH-mål for lakseførende strekning:

15. februar–31. mars:	pH 6,2
1. april–31. mai:	pH 6,4
1. juni–14. februar:	pH 6,0 "

Dette betyr en senkning av pH i smoltutvandringsperioden i forhold til tidligere. I den forbindelse kan vi nevne at de store fangstene av smålaks i Sokndalselva, Bjerkreimselva og Ogna i 1998 indikerer at utvandringen av villsmolt fra disse vassdragene i 1997 må ha vært betydelig. I Bjerkreimsvassdraget (ved Tengs) lå pH-verdiene i elva 0,2–0,3 pH-enheter under vannkvalitetsmålet i smoltutvandringsperioden

(15.2.–15.6.). I Sokndalselva er det med dagens kalkingsmetode (innsjøkalking) vanskelig å oppnå det ideelle vannkvalitetsmålet i smoltutvandringsperioden. Både når det gjelder Sokndalselva og Ogna viser resultatene fra 1997 at på samtlige 5 prøvetakingsstasjoner var pH lavere enn 6,5 i perioden 15.2.–15.6. I begge vassdragene ble det på tre av stasjonene registrert pH-verdier < 6,0 i denne perioden (figur 2.2 i Nøst 1998c, d).

4.3 Kalkingsmetoder

Kalking av bekker og elver er nødvendig for å sikre naturlig reproduksjon av bekk- og elvegytende fiskebestander. Samtidig er det vanskelig å kalke rennende vann fordi vannføringen og vannkvaliteten kan endres raskt. En kontinuerlig kalking for at fisk skal kunne leve i rennende vann, må tilfredsstillende følgende krav (Hindar 1985):

- en kontinuerlig kalkdosering som styres etter vannføring
- kalkingen må gi en vannkvalitet med akseptabelt pH-nivå hele året
- kalkdoseringen må ta hensyn til ny, sur tilrenning nedenfor doseringspunktet
- kalkmiddelet bør løses raskt for å gi god effekt.

Doserings og spredningsteknikker er nærmere beskrevet av Hindar (1985). De fleste doseringsanleggene som er utplassert i norske vassdrag styres etter vannføringen på en eller annen måte. Det kan være enkle og mindre nøyaktige systemer der det ikke kreves stor nøyaktighet, eller de kan være basert på nøyaktige vannføringsmålinger for styring av dosering. Der vannkvaliteten er noenlunde stabil vil dosering etter vannføringen være tilstrekkelig. Doseringsanleggene i Audna er blitt styrt etter denne metoden med godt resultat. Det er imidlertid vanlig at vannkvaliteten varierer gjennom året. Ofte varierer den raskt, f.eks. i forbindelse med flomsituasjoner. I forsuredde elver uten innsjømagasiner kan slike endringer skje svært raskt. På Vestlandet kan vannkvaliteten variere mye, og i vestlandsvassdrag vil som regel styring etter vannkvalitet være en mer optimal kalkingsstrategi både økologisk og økonomisk. Mange elver som fører anadrom fisk er av denne typen, og disse har samtidig store krav til god vannkvalitet. Kalkingsanlegget i Vikedalselva er styrt etter pH siden 1990. Kalking fra doseringsanlegg fører til jevnere vannkvalitet enn innsjøkalking. Ved tilførsel av surt vann gjennom sidevassdrag er det vanlig at elvene gjenforsures nedstrøms et doseringsanlegg. Blir gjenforsuringen stor må det plasseres et tilsvarende doseringsanlegg lengre nede. Ynnesdalsvassdraget kalkes ved hjelp av årlig innsjøkalking i Ynnesdalsvatnet øverst i vassdraget, og vannkvaliteten i nedre del vedlikeholdes ved hjelp av et doseringsanlegg ved innløpet til Ostavatnet (Direktoratet for naturforvaltning 1995).

Innsjøkalking foregår vanligvis ved at innsjøen kalkes direkte på innsjøoverflaten eller den kalkes kontinuerlig via en innløpsbekk. For innsjøkalking gjelder at (Hindar 1985):

- innsjøens oppholdstid bestemmer hvor ofte det må kalkes
- ved korte oppholdstider (kortere enn 3-4 måneder) bør kalking foretas fra innløpsbekk, eller det må kalkes mer enn en gang i året
- kalken må spres over et så stort område av innsjøen som mulig
- kalken må være finmalt
- kalken bør slemmes opp i vann før spredning.

Kalking på innsjøoverflaten er nærmere beskrevet i Hindar (1985).

Den mest vanlige metoden for kalking av innsjøer er kalking med båt. Slik båtkalking foregår fra spesialbygde båter som slemmer opp kalken før den spres. Båtkalking brukes som regel på større innsjøer, de utføres av kalkentreprenører og er ofte anbudsprosjekter. Som regel kalkes i ett års intervaller, men med lengre intervaller for innsjøer med lang oppholdstid. Dette fører til en viss svingning i vannkvaliteten. Forholdsvis høy pH like etter kalking (pH opp mot 7,0) og relativ lav pH like før rekalking (pH i underkant av 6,0). Noen innsjøer kalkes via doseringsanlegg i innløpselva, eller via oppstrøms kalka innsjøer. Dette gir normalt en mer jevn vannkvalitet. Innsjøen Vegår i Aust-Agder kalkes via en kombinasjon av disse metodene. Et doseringsanlegg er plassert i den største innløpselva, og to mindre bassenger kalkes ved hjelp av båt hvert andre til tredje år. Hovedbassenget Nordfjorden, som omfatter det absolutt største vannvolumet i Vegår, er ikke kalka direkte (Direktoratet for naturforvaltning 1995).

En tredje kalkingsmetode er terrengkalking. Dette er kalking av nedbørfeltet rundt en innsjø for eksempel og krever stor kalkdose og dyr spredning. Dette er derfor bare aktuelt i spesielle tilfelle. Dårlig kalkutnyttelse gjør at kalkbehovet pr. år er vesentlig høyere enn ved spredning direkte på innsjøen. Kalken bør fortrinnsvis spres i hele nedbørfeltet. I de fleste områdene som er aktuelle å kalke, må det benyttes helikopter til slik spredning. Både av økonomiske og estetiske grunner er terrengkalking i stor skala som regel uaktuelt (Hindar 1985). I Anon. (1995b) er det beskrevet erfaringer fra terrengkalking av to forsøksfelt i Norge. Det ene er Tjønnstrondfeltet som er blitt kalket siden 1983, og hvor hele nedbørfeltet er kalket. Det andre er Røynslandsvatn som er kalket siden 1990 og hvor bare deler av nedbørfeltet er kalket. I begge prosjektene er det oppnådd en forbedring av vannkvalitet med en økning av pH og en nedgang i Al-konsentrasjonen (Anon. 1995b). Årsaken til at terrengkalking hittil bare har vært på forsøksstadiet i Norge er at metoden har vist seg å ha store, negative effekter på den terrestriske vegetasjonen. Forvaltningen har

likevel prioritert å få økt kunnskap om effektene av terrengkalking i forsøkssammenheng. Dette fordi forsøk her i landet og erfaringer fra Sverige, har vist at metoden gir god vannkvalitet som sikrer lokalitetenes forsyningstruede ferskvannsorganismer. En viktig positiv effekt av terrengkalking er at metaller, som aluminium, holdes tilbake i nedbørfeltet. Kalking i terrenget kan derfor være en god metode for å forhindre giftige blandsoner i elver (Direktoratet for naturforvaltning 1995).

Degerman et al. (1990), Degerman & Appelberg (1992) undersøkte effekten av ulike kalkingsmetoder (innsjøkalking, dosererkalking og terrengkalking) på fiskesamfunn i 22 kalkede elver i Sverige i perioden 1974-89. De fant ingen forskjeller mellom de ulike kalkingsmetodene: "Generelt förelåg inga skilnader i vattenkemiskt utfall eller respons hos fiskbestånden mellan de tre dominerande kalkmetodarna. De kalkingsprojekt som "gått bäst" var de äldsta, de mest välskötta samt ofta de där flera kalkningsmetoder kombinerats" (Degerman et al. 1990). I den forbindelse kan det nevnes at Engblom & Lingdell (1985) fant størst antall bunnfaunataxa i vassdrag med en kombinasjon av mark-, innsjø- og dosererkalking, noe som sannsynligvis henger sammen med at markkalking binder metallene best og at dosererkalking demper surstøtene bedre enn innsjø- og markkalking (Bergquist et al. 1992).

I 1978 ble kalkingsprosjektet i Högvadsån i Sverige startet. Det var ved oppstarten verdens største kalkingsprosjekt i rennende vann. Kalkingstrategien har blitt revidert en rekke ganger med suksessiv bedring av vannkvaliteten som resultat. Metoder som spredning av kalk på skogsmark og jordbruksmark, knust kalk i elver og direkte i innsjøer fra lastebiler har gitt dårlige resultater og anvendes ikke mer. Nå brukes kalking av innsjøer og kalking av våtmarker i kombinasjon med elvedoserere. Selv om påliteligheten av doserere har blitt vesentlig forbedret over år, ansees ikke doserere alene å være tilstrekkelig til å gi akseptabel vannkjemi (Alenäs et al. 1995).

4.4 Effekter av kalking

Effektene av kalking varierer fra vassdrag til vassdrag, men resultatene viser at det er mulig å oppnå stabilt, gode vannkvaliteter med de metoder som anvendes. I vassdrag hvor kalking har pågått i kort tid (jf. Tovdals-elva, Rødneelva, Frafjordelva, Ekso, Flekke-Guddalsvassdraget) har driftsproblemer og ujevn kalkdosering medført variabel vannkvalitet nedstrøms dosereren. Men også i Ognå som har vært kalket med doserere siden 1991, kan ujevn kalkdosering fortsatt gi ugunstig vannkvalitet i perioder. Det går igjen de fleste steder at det er nødvendig med en teknisk innkjøringsperiode for å oppnå den nødvendige stabilitet i vannkvaliteten.

At bare to av vassdragene er "fullkalket" i henhold til vannkvalitetsmålet indikerer at denne innkjøringsperioden er for lang.

I enkelte vassdrag er vannkvaliteten fortsatt ustabil til tross for at kalkingen har pågått i mange år og atter andre vassdrag har perioder med direkte ugunstig vannkvalitet. I Audna har kalkingen de senere år medført en god og stabil vannkvalitet i vassdraget, men på grunn av tilførsler av surt vann fra sidefeltene er den lakseførende strekningen fortsatt utsatt for ujevn vannkvalitet. Tilførsler av surt, aluminiumsrikt vann fra sidevassdragene kan skape blandsoner i elva som er svært giftige for fisk (Rosseland et al. 1992) ved at lavmolekylært aluminium fra den sure kilden bidrar til aluminiumsakkumulering på gjelleoverflaten (Oughton et al. 1992, Kroglund et al. 1993b). Også i Ynnesdalsvassdraget er vannkvaliteten på lakseførende strekning fortsatt sterkt påvirket spesielt av et stort sidevassdrag som fører surt vann. Giftige blandsoner vil sannsynligvis lettere kunne unngås hvis man sprer kalking på flere punkter (kalking av sidevassdrag).

Kalkingen har fått laksungene tilbake i de aller fleste vassdragene selv om det enda er lave tettheter i de fleste vassdrag. At det er funnet høge eller "normale" tettheter foreløpig bare i 4 vassdrag illustrerer at det tar tid før de ønskede resultater er oppnådd. I den svenske elva Fylleån som er kalket siden 1982, fikk man ingen økning i populasjonen av laksunger før laveste målte pH gjennom året var større enn pH 6. Denne populasjonen var ansett som truet av forsyning før kalkingen kom igang og i en periode før og etter 1980 ble det ikke fanget laksunger (parr) ved de årlige ungfiskundersøkelsene (Degerman & Appelberg 1992)

Kalkingen har også brakt den voksne laksen tilbake til vassdragene, men fangstene har foreløpig vært små i de fleste vassdragene. I enkelte vassdrag i Rogaland ble det imidlertid registrert store fangster av smålaks i 1998. Når det gjelder fangsten av laks i vassdragene er det imidlertid viktig å være oppmerksom på andre faktorer som har innvirkning. For eksempel blir det påpekt i et brev fra Rogaland Jeger- og Fiskerforbund til Statens dyrehelsetilsyn av 23.9.1998 at situasjonen for de ville laks- og sjøaurestammene i Ryfylke og Høgsfjord er alarmerende på grunn av store mengder lakselus.

Utsettinger av merket smolt i den kalkede Audna har gitt svært stor feilvandring til andre vassdrag. De viktigste av disse var Otra hvor ialt 31,1 % av ferskvannsgjenfangstene var rapportert, mens 23,6 % ble rapportert gjenfanget i Mandalselva. Til sammenlikning ble kun 10,9 % av gjenfangstene i ferskvann rapportert fra Audna. Dette er unormalt høg feilvandring sammenlignet med utsetting på andre lokaliteter, og den er så høy at det er naturlig å stille

spørsmål om tilbakevandringen til elva er tilfeldig. Det kan ikke utelukkes at feilvandringen skyldes kalkingen (Hansen et al. 1997).

I Ätran og Högvadsån på den svenske vestkysten ble det gjort merkeforsøk med 7852 smolt i perioden 1973-85. Kalkingen kom igang i 1978 og resultatene viste at merket smolt som var satt ut før kalkingen kom igang, vendte tilbake som voksen laks til den kalkede elven. Av de laksene som ble utsatt som smolt i Högvadsån i 1973, 1978, 1983 og 1985 ble henholdsvis 2,7 %, 8,9 %, 6,9 % og 11,2 % gjenfanget i en felle i Högvadsån. Den smolten som ble satt ut i 1978 ble satt ut i ukalket vann og kom tilbake som gytelaks til Högvadsån som da hadde vært kalket i ca. 1 år. Resultatene viser at den svenske Atlanterhavslaksen vender tilbake til kalkede elver (Alenäs 1994). Det omtales kun 3 gjenfangster i andre elver fra disse merkingene. To laks ble gjenfanget i Lagan og en laks ble gjenfanget i Vegeå i nordvestre Skåne (Edman 1993).

4.5 Utsettinger

I mange av vassdragene som kalkes settes det ut fisk. Antall utsatte fisk har variert fra vassdrag til vassdrag, men har gjennomgående vært lavt. I halvparten av vassdragene har det enten ikke blitt satt ut fisk eller det har blitt satt ut svært lite fisk. Kun i ett vassdrag (Audna) kan utsettingene karakteriseres som betyde like. En sammenlikning av utsettingsmengdene med vassdragenes opprinnelige produksjon av ungfisk

understreker dette. Med grunnlag i Hesthagen & Hansen's (1991) oppgaver over elveareal og smoltproduksjon har vi beregnet den opprinnelige, årlige smoltproduksjon for en del av vassdragene. I **tabell 4.5** har vi sammenliknet denne årlige smoltproduksjon med mengde utsatt fisk (omregnet i smoltenheter) etter at kalkingen kom i gang. Ved omregning av utsettingsantall til smoltenheter har vi regnet med at 100 uforete yngel gir en smolt, og at 10 ensomrige settefisk tilsvarer en smolt. I de tilfelle hvor det er satt ut startforet yngel har vi vurdert utsettingstidspunktet og gjort en skjønnsmessig beregning med utgangspunkt i omregningstallene for uforet yngel og ensomrig settefisk. Ved en slik betraktningssmåte ser vi at til og med i Audna, som har hatt de mest omfattende utsettingene, utgjør antall utsatte smoltenheter gjennomgående bare 10-20 % av vassdragets opprinnelige, midlere naturlige smoltproduksjon. Bare i ett av årene (1990) ble det satt ut så mye fisk at det tilsvarte ca. halvparten av den midlere, opprinnelige smoltproduksjon. I de øvrige vassdragene har de årlige utsettingsmengdene ligget klart under 10 % av vassdragets opprinnelige naturlige smoltproduksjon (**tabell 4.5**).

De beskjedne utsettingene som hittil er foretatt i de vassdragene som kalkes, er i tråd med forvaltningens syn på kultiveringsvirksomhet. I handlingsplan for kalkingsvirksomheten i Norge mot år 2000 (Direktoratet for naturforvaltning 1995) heter det om kultivering:

Tabell 4.5. Smoltproduksjon (etter Hesthagen & Hansen 1991) og årlig utsetting etter kalking (i smoltenheter) i en del av vassdragene som kalkes.

Vassdrag	Smoltproduksjon (3-6/100m ²)	Årlig utsetting etter kalking (smoltenheter)
Arendalsvassdraget	96 060-192 120	0
Tovdalselva	56 760-113 520	1997: 2.675, 1998: 0
Mandalselva	125 400-250 800	1997: 8 400, 1998: 5 600
Audna	46 260-92 520	1985: 6.500, 1989: 22 200, 1993: 7.500 1986: 6 500, 1990: 27 950, 1994: 6 500 1987: 8 970, 1991: 7 500, 1995: 6 580 1988: 11 650, 1992: 14 203, 1996: 14 485 1997: 18 344
Lygna	36 990-73 980	1993: 2 000
Kvina	41 430-82 860	0
Bjerkreimselva	36 780-73 560	1997: 2 500, 1998: 1 800
Frafjordelva	5 280-10 560	1995: 220, 1996: 450 1997: 110
Ynnesdalsvassdraget	1 470-2 940	1991: 500, 1992: 400 1993: 140

“All kultiveringsaktivitet i forbindelse med kalking skal gjøres etter de generelle retningslinjene som gjelder for slik virksomhet. Ved all fiskekultivering bør det være et mål å begrense utsetting til det absolutt nødvendige. Dette begrunnes både med fare for spredning av sjukdommer, og fare for genetisk påvirkning av naturlige bestander. Der biotopforbedrende tiltak kan gi effekt bør dette velges framfor utsetting av fisk. Kalking er et slikt biotopforbedrende tiltak. Målet med alle kalkingsprosjekter i lokaliteter med en fiskebestand er å få til en sjøreproduserende fiskestamme. Som hovedregel bør det ikke settes ut fisk dersom fiskebestanden kan bygge seg opp igjen på egen hånd etter kalking. Dersom det må settes ut fisk, bør det som hovedregel ikke settes ut fisk av andre stammer. Behovet for slike støtteutsettinger må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Dersom det kalkes i en lokalitet som har mistet sin naturlige fiskebestand og ny fisk skal introduseres, skal det settes ut fisk av samme art som var opprinnelig i lokaliteten. Det skal brukes fisk av lokal stamme, dvs. fisk som stammer fra samme kultiveringszone” (Direktoratet for naturforvaltning 1995).

Dersom vi setter ut fisk med tanke på reetablering vil valg av utsettingsstadium (rogn, uforet yngel, settefisk, smolt) ha stor betydning for hvor raskt resultatene melder seg i form av tilbakevandrende laks til vassdraget. Utsetting av smolt av god kvalitet vil allerede året etter resultere i tilbakevandrende laks som kan fiskes på og som vil gyte i vassdraget. Ved utsetting av rogn og uforet yngel derimot vil det i beste fall ta 3-4 år før resultatene melder seg i form av tilbakevandrende laks. I de kalkede vassdragene har uforet yngel vært det mest brukte utsettingsstadiet. Mens smolten er kostbar å produsere i anlegg som krever store investeringer, behøves det relativt små investeringer for å få fram uforet yngel.

Effekten av utsettingene av uforet yngel er dårlig dokumentert, og foreløpig har ikke disse utsettingene gitt vesentlig ny kunnskap om betydningen av slike utsettinger. Det samme kan man si om utsettingene av startforet yngel/ensomrig settefisk. I de senere år har man imidlertid kommet igang med systematisk merking av den fisken som settes ut i Audna, Mandalselva og Tovdalselva, og her vil man etterhvert vinne erfaringer. Mye av den smolten som har vært satt ut har vært Carlin-merket og effekten av disse utsettingene er godt dokumentert og har gitt ny verdifull viten om smoltutsetting i vassdrag som kalkes (kfr. Hansen et al. 1997).

Foreløpig kan vi konkludere med at det er vanskelig å si noe bestemt om hvilken betydning utsettinger har for reetableringsprosessen i vassdrag som kalkes. Tildels har det blitt satt ut svært lite fisk, og i tillegg er effekten av utsettingene gjennomgående dårlig dokumentert. Det er imidlertid mulig at den noe raskere reetablering som vi synes å observere i Mandalselva i

forhold til Tovdalselva kan ha sammenheng med årlige utsettinger av fisk i Mandalselva i en lang periode mens det i Tovdalselva overhodet ikke ble satt ut fisk før i 1996. Fangsten av laks i Bjerkreimselva holdes også muligens oppe av utsettinger da det er lave tettheter av laksunger i elva, men høge tall på fangststatistikken (jf. Larsen 1997g s.179). I Ynnesdalsvassdraget tyder ungfiskundersøkelser i 1996 og 1997 på at laksen nå er i en positiv utvikling på den lakseførende strekningen. Utsatt yngel oppstrøms lakseførende strekning har muligens bidratt til denne økningen selv om utsettingene i antall har vært beskjedne. Eksemplet fra Vikedalselva viser at utsettinger ikke er nødvendig for å få full reetablering i et vassdrag hvor deler av bestanden er intakt, og eksemplet fra Sokndalselva viser at det heller ikke er nødvendig å sette ut fisk hvor bestanden av laks var utryddet for å få til fullstendig reetablering. Spørsmålet er imidlertid om vi ville fått raskere reetablering dersom det hadde blitt satt ut fisk, f.eks. betydelige antall smolt, i disse vassdragene?

Vi kjenner eksempler på at smoltutsettinger kan "viske ut" effektene av miljøingrep og resultere i betydelige fangster dersom antallet smolt som settes ut er betydelig i forhold til vassdragets egenproduksjon. I Vikja i Sogn ble den lakseførende strekningen redusert fra 6 km til 2 km som følge av regulering. For å kompensere skadene ble regulanten pålagt en årlig utsetting av 12 000 laksesmolt og 4 000 sjøauresmolt. Vassdraget ble infisert av parasitten *G. salaris* sannsynligvis i 1975 (Gyrodactylusprosjektet 1982), og infeksjonen var tilstede i vassdraget fram til rotenonbehandling i 1981/82. Til tross for at *G. salaris* – angrepet ga store reduksjoner i tettheten av laksunger, fikk man ikke tilsvarende reduksjoner i den årlige fangsten av laks i vassdraget. Dette skyldes sannsynligvis de store mengder smolt som settes ut (Johnsen & Jensen 1985). Ved reguleringsskjønnet i 1968 antydte de fiskerisakkyndige en maksimal avkastning på 400–600 kg pr. år i vassdraget. I perioden 1989–96 har imidlertid fangsten av laks variert mellom 491 og 1 331 kg pr. år, med et gjennomsnitt på 870 kg.

4.6 Reetablering

Vår foreslåtte indeks for reetablering kan være et enkelt hjelpemiddel som kan si noe om hvor langt reetableringsprosessen er kommet i det enkelte vassdrag. Brukt over flere år kan en slik indeks også gi et bilde av stabiliteten i reetableringen. Som et prøveprosjekt har vi foreløpig bare indeksert sju av vassdragene. Dette er sju vassdrag hvor vi har data om "forventet" fangst og tetthet av laksunger. Men også for disse vassdragenes vedkommende er våre "forventningsverdier" beheftet med usikkerheter. Når det gjelder fangststatistikken baserer vi forventnings-

verdiene på data fra forrige århundre i en tid da beskatningsmønsteret for laksen var forskjellig fra dagens. I enkelte av vassdragene har det skjedd betydelige reguleringsinngrep, og dette kan endre forutsetningene vesentlig. Det kan også ha skjedd endringer i lengden på lakseførende strekning. Våre forventningsverdier om ungfisk er standardisert for alle vassdragene uten hensyn til de forskjeller i produktionsgrunnlag som eksisterer mellom dem. Det foreligger med andre ord et stort forbedringspotensiale i vårt forslag til reetableringsindeks. Med økt kunnskap om vassdragene vil forventningsverdiene på en riktigere måte kunne tilpasses det enkelte vassdrag.

Manglende reetablering så langt i Arendalsvassdraget, som har vært kalket siden 1996, skyldes at vannkvaliteten foreløpig har vært for dårlig for produksjon av laksunger i vassdraget. Selv om nedre grense for pH i 1997 var hevet til 5,5 på den lakseførende strekningen, var faren for gjennombrudd av dårlig vannkvalitet fortsatt tilstede på grunn av liten bufferkapasitet.

Dårlig reetablering av laks i Lygna skyldes også dårlig vannkvalitet til tross for at vassdraget har vært kalket siden 1991. Kvina har vært kalket siden 1994, og også i Kvina skyldes den dårlige reetableringen dårlig vannkvalitet. For disse vassdragene er hverken det biologiske målet med kalkingen eller vannkvalitetsmålet innrettet med tanke på laks, og da kan man ikke forvente at laksen vil reetablere i vassdragene. Den svake reetableringen i Lygna og Kvina viser tydelig at kalkingsmålene må justeres opp om man ønsker å reetablere laksebestanden i vassdragene.

I Audna har kalkingen de senere år medført en god og stabil vannkvalitet i vassdraget, men på grunn av tilførsler av surt vann fra sidefeltene er den lakseførende strekningen fortsatt utsatt for ujevn vannkvalitet. Kalkingen startet allerede i 1985 i Audna og ungfiskbestanden av laks har enda ikke nådd det forventede nivå. Fangstene av voksen laks er også ustabile, og vassdraget er fortsatt i 1998 bare middels reetablert med en reetableringsindeks på 5. Dette skyldes sannsynligvis ustabil vannkvalitet på lakseførende del. Betydelige utsetninger av laks i vassdraget viser at utsetting ikke gir tilstrekkelige effekter dersom vannkvaliteten ikke er slik den bør være. I Audna er det brukt store ressurser på utsetting av laks med tanke på å etablere en bestand av laks i vassdraget. Siden vassdraget har vært kalket siden 1985 er det tilfredsstillende at det har tatt så lang tid å oppnå tilfredsstillende vannkvalitet på den lakseførende strekningen. Resultatene gir grunnlag for en vurdering av kalkingsstrategien.

I Vegårvassdraget ble kalking satt igang i 1985, men den lakseførende delen fikk egen kalkdoserer først i 1996. Det er derfor først etter at denne dosereren kom i drift at de nødvendige forutsetninger for reetablering

av laks har vært tilstede. På denne bakgrunn er tallene for ungfisktettheter tilfredsstillende, og med en forventet positiv utvikling i fangsten av laks, kan vi forvente en økning i reetableringsindeksen.

Sokndalselva har gått fra å være middels reetablert i 1996 til å være fullstendig reetablert i 1998. Dette skyldes både økning i fangstkvantum og i ungfisktetthet. Innsjøkalking kom i gang i vassdraget i 80-årene, men første større kalking ble gjennomført i 1989. Etter dette skjedde en gradvis økning i kalkingsvirksomheten til ca. 90 % av totalavløpet i 1997. Generelt har laksen etablert seg i stadig større del av vassdraget i takt med utvidelsen av kalkingen. Denne gradvise reetableringen fram mot full reetablering i løpet av en 10-års periode har foregått uten utsetninger, og ved hjelp av feilvandret laks fra andre vassdrag og sannsynligvis også en del oppdrettslaks. Det blir derfor svært interessant å følge dette vassdraget i årene framover med tanke på stabiliteten i reetableringen.

I henhold til våre forventningsverdier for fangst og tetthet hadde vi god reetablering i Vikedalselva allerede i 1996. Også i 1997 var reetableringsindeksen på 8 og den økte til 10 i 1998, og vassdraget kan dermed karakteriseres som fullstendig reetablert, men stabiliteten i systemet er noe usikker. Etter kalkingen som startet våren 1987 skjedde det en hurtig reetablering av sensitive bunndyr i hovedelva. Vårsituasjonen var imidlertid kritisk de første årene, og de mest sensitive bunndyrene hadde problemer i denne perioden (Fjellheim & Raddum 1995). Etter 1994 har imidlertid den sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* hatt gode tettheter nedstrøms kalkdosereren. Etter en lang periode uten registreringer ble ferskvannssneglen *Lymnaea peregra* funnet i 1995, 8 år etter kalkingen av vassdraget startet. Ferskvannsneglene er svært sensitive overfor både forurening og lavt kalkinnhold (Økland 1990). Tettheten av laksunger har økt mest i den øverste delen av vassdraget de siste årene. Dette faller langt på vei sammen med hevingen av pH-nivået om våren fra 1994. Imidlertid har kalkingen av Vikedalselva vært styrt etter pH 5,7 om vinteren, og dette kan ha vist seg å være for lavt i enkelte år. Det er derfor forventninger til en mer stabil situasjon fra og med 1998 når Litleelva kalkes og pH-nivået justeres opp til ca 6,0 om vinteren (Larsen 1998m). Kommende års undersøkelser vil vise om vi kan forvente en ytterligere økning i tettheten av ungfisk og dermed også i fangsten av laks. Det er mulig at våre forventningsverdier er satt for lavt i Vikedalselva, og at vassdraget enda har litt igjen før det er fullstendig reetablert.

Også i Vikedalselva har reetableringen foregått uten utsetninger av laksunger i vassdraget.

Resultatene fra de norske vassdragene viser at dersom målet om reetablering av laks skal kunne nås må følgende forutsetninger være oppfylt:

- kalkingsmålet må være innrettet mot laks
- kalkingsstrategien må være tilpasset forholdene i det enkelte vassdrag
- kalkingen må gjennomføres med god driftskontroll og på en slik måte at den resulterer i stabil forbedring av vannkvaliteten.

I vassdrag hvor målet kun er å kalke med tanke på sjøauren og hvor kalkingsmålet derfor er satt lavere enn for laks som f.eks. Lygna og Kvina, har vi liten grad av reetablering av laks. Dette til tross for at kalking har pågått i flere år. I Arendalsvassdraget hvor kalkingsmålet er "på sikt å gjøre forholdene levelige for laks" og hvor det har vært en gradvis opptrapping av kalkingen lokalt med kalking av Nisser i 1996 og Fyresvatn i 1997, har vi foreløpig ingen reetablering av laks. I Audna har kalkingen de senere år medført en jevnt over stabilt gunstig vannkvalitet i vassdraget, men på grunn av tilførsler av surt vann fra sidefeltene, kan ustabil vannkvalitet forekomme. Også i Ynnesdalsvassdraget hvor kalking kom igang i 1989 (fullstendig kalking i 1991), har reetableringen gått sakte på den 6 km lange lakseførende strekningen. Dette skyldes at vannkvaliteten på denne strekningen har vært sterkt påvirket spesielt av et stort sidevassdrag som fører surt vann. Etter at kalkdosereren ved utløpet av Ostavatn kom i drift i 1994 har vannkvaliteten på lakseførende strekning blitt mer stabil, og pH-verdiene fra 1997 indikerer en overdosering i forhold til kalkingsmålet som er pH = 6,2. Til tross for dette viser kontinuerlige pH-målinger at sure episoder med stort fall i pH finner sted ved kraftig regnvær og/eller snøsmelting som gir hurtig oppflomming av sidevassdraget (Bjerknes & Skiple 1998).

Reetablering vil ta lengre tid i vassdrag hvor bestanden var utryddet i lang tid før kalkingen kom i gang enn i vassdrag som har rester av bestanden intakt, først og fremst fordi det tar tid før ny laks føler tilhørighet og vil vandre opp til de øvre deler av vassdraget. En slik prosess kan sammenliknes med nykolonisering av elvestrekninger etter bygging av laksetrappet. I Vefsna tok det mange år før laksen ble registrert i de øverste deler av de elvestrekningene som var åpnet (Berg 1966). Laksetrappa i Målselv-fossen ble åpnet i 1910 og allerede samme sommer ble de første laksene fanget ovenfor trappa. Noen vesentlig oppgang i laksefisket i vassdraget ble imidlertid ikke registrert før på 1920-tallet (Berg 1964).

Erfaring med reetablering av laks i vassdrag som er behandlet med rotenon for å utrydde parasitten *G. salaris*, tyder på at reetableringen skjer raskt i vassdrag hvor bestanden fortsatt er intakt og hvor det er en 'havreserve' tilstede på tidspunktet for rotenonbehandling. Reetablering ser også ut til å gå greit i små vassdrag med store utsetninger ihvertfall bedømt ut fra fangststatistikken. I vassdrag hvor bestanden av laks var bortimot utryddet før rotenonbehandling går reetableringen langsomt enten det settes ut fisk (Valldalselva, Bævra) eller det ikke settes ut fisk (Lakselva) (Johnsen et al. 1997).

5 Konklusjon

Forsuringssituasjonen på Sørlandet og Sørvestlandet har gitt dramatiske konsekvenser for mange laksebestander. Gjennom kalkingstiltak er man nå gradvis i ferd med å rette på denne situasjonen. Norske myndigheter har bevaring av biologisk mangfold som den overordnede målsettingen for kalkingsvirksomheten. Med bakgrunn i denne overordnede målsetting er det formulert biologiske mål og vannkvalitetsmål for kalking i det enkelte laksevassdrag. Disse målene har stor betydning for valg av strategi og gjennomføring av kalkingen. Det synes å være et visst behov for oppdatering og samordning mellom de ulike vassdrag.

Kalking av laksevassdrag i større målestokk ble satt i gang i 1985, og nå drives det kalking i nær 20 vassdrag med tanke på å reetablere eller holde ved like en laksebestand. Flere års forskning omkring vannkvalitetsmål har gitt norske myndigheter kunnskap om hvordan vassdrag skal kalkes for å oppnå optimale resultater med hensyn til reetablering av laks på en mest mulig økonomisk måte. Vannkvalitetsmålet i de fleste vassdragene er definert slik: pH: 6,5 i perioden 15.2.-15.6. (smoltifiseringsperioden), pH: 6,2 ellers i året. Når vannkjemiske målinger viser at målet er oppnådd både i perioden 15.2.-5.6. og resten av året, kan vassdraget betegnes som "fullkalket". Så langt viser den praktiske kalking av vassdrag at tiltakene gir de forventede resultater. Erfaringer fra enkelte vassdrag tyder imidlertid på at det kan gjøres mer for å perfektionere gjennomføring av kalkingen for å oppnå en stabil vannkvalitet. Erfaringer fra enkelte vassdrag gir også grunnlag for vurdering av kalkingsstrategier i retning av større vekt på avsyring av sidevassdrag for å gjøre effekten av giftige blandsoner mindre.

Kalkingen av norske vassdrag har så langt vært drevet etter en kalkingsplan med gradvis opptrapping over flere år mot en situasjon med fullkalking. Så langt er bare to vassdrag fullkalket i henhold til de oppsatte vannkvalitetsmål for reetablering av laks. På den annen side er et vassdrag fullstendig reetablert uten at vannkvalitetsmålet er fullt og helt oppnådd (Sokndalselva).

Utsettinger av laksunger har vært svært beskjedne i de fleste vassdrag. Det er sannsynlig at forvaltningens holdning til utsettinger i noen grad har virket hemmende på utsettingsvirksomheten. I det ene vassdraget hvor det er gjort betydelige utsettinger etter at kalkingen kom i gang, har ikke vannkvaliteten vært god nok til å gi fullstendig reetablering av laks. Generelt kan vi si at i vassdrag som kalkes tilstrekkelig slik at vannkvalitetsmålet oppnås, vil utsettinger bidra til at reetableringen går raskere enn om det ikke settes ut fisk. Utsetting av fisk med kjent bakgrunn gir også muligheter til å "styre" reetableringen i ønsket retning.

og dermed motvirke eventuelle påvirkninger fra rømt oppdrettslaks.

Reetablering tar tid og effektiv kalking har pågått i kort tid i Norge. Blant vassdragene er det foreløpig bare Vikedalselva og Sokndalselva som kan betraktes som fullstendig reetablerte. I begge vassdragene har reetableringen skjedd gradvis over en 10-års periode uten utsettinger. I Sokndalselva var den stedegne laksestammen utryddet. Reetableringen har derfor foregått ved hjelp av feilvandrerer og rømlinger, og det er foreløpig uvisst hvor godt tilpasset den nyetablerte stammen i vassdraget er.

I noen vassdrag har det ikke skjedd fullstendig reetablering til tross for at kalking har pågått i lang tid. Dette skyldes for dårlig vannkvalitet noe som igjen delvis skyldes at målsettingen med kalkingen ikke er innrettet mot laks eller det skyldes at kalkingsstrategien er for dårlig tilpasset det enkelte vassdrag.

På bakgrunn av de erfaringer som er framkommet fra de kalkede vassdragene vil vi peke på en del sentrale områder hvor det er nødvendig å styrke kunnskapsgrunnlaget for å øke suksessen med reetablering av laks:

- krav til vannkvalitet i smoltutvandringsperioden
- betydningen av "blandsoner" (sidebækker, sidevassdrag, munningsområder/brakkvannsområder) både for ungfisk, smolt og gytefisk
- kalkingsstrategier og blandsoner
- bedre dokumentasjon av effekter av utsetting av ulike stadier (egg, uforet yngel, settefisk)
- endrede konkurranseforhold laks-aure
- feilvandring hos smolt-mekanismer
- kan reetableringsprosessen aksellereres ved storstilte utsettinger av f.eks. smolt og hva fører en slik utsettingsstrategi til med hensyn på lokal tilpasning hos den "nye" stammen?
- hvor lang tid tar det å etablere tilpasninger til f.eks. optimalt smoltutvandringstidspunkt, gytetidspunkt, størrelsesfordeling hos den "nye" stammen?
- kan lokale tilpasninger "styres" ved f.eks. utsetting av stammer som er antatt å ha de ønskede egenskaper?
- vassdragets bæreevne. Hva er optimal ungfisktetthet/smoltproduksjon og hva er forventet fangst av laks?

6 Referanser

- Abrahamsen, J., Pallesen, P.F. & Solbakken, T. 1972. Fylkeskompendium for Rogaland. Om naturvitenskapelige interesser knyttet til uregulerte og ubetydelig regulerte vassdrag. Bind II. - Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer, Univ. Oslo: 1-372.
- Alenäs, I. 1994. Laxen återvänder till den kalkade Högvadsån vid Falkenberg på svenska västkusten. - Laks & Miljø, Fagtidsskrift om laksefisk og vassdragsmiljø nr. 3: 19-23.
- Alenäs, I., Degerman, E. & Henrikson, L. 1995. Liming strategies and effects: the River Högvadsån case study. - P 363-374 Chapter 14 in Henrikson, L. & Brodin, Y.W., eds. Liming of Acidified Surface Waters. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Anon. 1983. Ynnesdalsvassdraget. - S 102-104 i Verneplan for vassdrag III. NOU 1983, 41.
- Anon. 1990. Fisketrappet. Funksjoner og virkemåte. Innstilling fra fisketrappetutvalget - Direktoratet for naturforvaltning og Vassdragsregulantenenes forening, 71 s.
- Anon. 1992. Kalking i vann og vassdrag. FoU-årsrapporter 1990. - DN-notat 1992-4: 220 s.
- Anon. 1994a. Vegår. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1992. - DN-notat 1994-3: 141-152.
- Anon. 1994b. Flerbruksplan for Mandalsvassdraget. Faggruppe for fisk og forurensning. - Sluttrapport fra faggruppen, januar 1994. 28 s.
- Anon. 1995a. Oversikt over norske vassdrag med laks, sjøaure og sjørøye pr. 1. januar 1995. Utskrift fra lakseregisteret. - DN-notat 1995-1: 1-80.
- Anon. 1995b. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1993. - DN-notat 1995-2: 1-181.
- Anon. 1995c. Kalking i vann og vassdrag. FOU-virksomheten. Årsrapporter 1994. - DN-notat 1995-9: 1-180.
- Anon. 1997. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 1-288.
- Anon. 1998. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 1-376.
- Baalsrud, K., Hindar, A., Johannesen, M. & Matzow, D. 1985. Kalkingsprosjektet. Sluttrapport 1985. Kalking av surt vann. - Miljøverndepartementet, 145 s.
- Barlaup, B. & Fjellheim, A. 1997. Vossovassdraget. Fisk. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat nr.1-1997: 237-241.
- Barlaup, B. & Fjellheim, A. 1998a. Vossovassdraget. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 309-313.

- Barlaup, B. & Fjellheim, A. 1998b. Eksingedalsvassdraget. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 327-328.
- Barlaup, B. & Raddum, G.G. 1997. Guddalsvassdraget. Fisk.I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 275-276.
- Barlaup, B. & Raddum, G.G. 1998a. Audna. Fisk. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. - DN-notat 1998-1: 71-73.
- Barlaup, B. & Raddum, G.G. 1998b. Yndesdalsvassdraget. Fisk.I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1997. - DN-notat 1998-3: 345-348.
- Barlaup, B. & Raddum, G.G. 1998c. Guddalsvassdraget. Fisk.I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1997. - DN-notat 1998-3: 357-358.
- Barlaup, B. & Åtland, Å. 1998. Gjelleundersøkelser av presmolt- og smoltstadiet i tre vassdrag med ulik grad av kalkpåvirkning: Audna, Vosso og Daleelva. - Fremdriftsrapport til DN, 9 s.
- Barlaup, B., Raddum, G.G. & Sundt, R.C. 1997. Audna. Fisk. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-Notat 1997-1: 105-107.
- Barlaup, B., Raddum, G.G. & Sundt, R.C. 1998. Audna. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 117-120.
- Berg, M. 1964. Nord - Norske lakseelver. - Johan Grundt Tanum forlag, Oslo, 300 s.
- Berg, M. 1966. Nord - Norske laksetrapper. - Fisk og Fiskestell, Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfiske, 3: 1-52.
- Bergheim, A., Nøttestad, L., Nøttestad, H. & Nordland, J. 1989. Registrering av sjøaureyngel og -unger i Frafjordelva september 1989. - Rapport til Stavanger Jeger- og Fiskerforening, 3. nov. 1989, 7 s.
- Bergquist, B., Engblom, E. & Lingdell, P.E. 1992. Förekomst och kolonisation av bottenfauna i kalkade vatten. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 4: 79-108
- Bjerknes, V. 1997. Yndesdalsvassdraget. Vannkjemi.I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 257-259.
- Bjerknes, V. 1998. Eksingedalsvassdraget. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1997. - DN-notat 1998-3: 325-327.
- Bjerknes, V. & Skiple, A. 1998. Yndesdalsvassdraget. Vannkjemi. I Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1997. - DN-notat 1998-3: 342 - 344.
- Bjerknes, V., Kaste, Ø. & Skiple, A. 1997. Eksingedalsvassdraget. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. DN-notat 1997-1: 243-253..
- Bjerknes, V., Hobæk, A. Hindar, A., Raddum, G. & Fjellheim, A. 1995. Yndesdalsvassdraget. I Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1993. - DN-notat 1995-2: 60 - 83.
- Blakar, I. & Digernes, L. 1991. Vannkvalitet i Mandalselva med sidevassdrag. - VAE, rapport (upubl.).
- Bredeli, I. & Carm, K. 1991. Fiskeundersøkelser i Nisser 1990. - Fylkesmannen i Telemark, Miljøvern avdelingen, Rapport 4/91: 1-30.
- Dahl, K. 1927. The effect of acid water on trout fry. - Salmon and Trout Magazine 46: 35 - 43.
- Dannevig, A. 1959. Nedbørens innflytelse på vassdragenes surhet og på fiskebestanden. - Jeger og Fisker 3: 116 - 118.
- Degerman, E. & Appelberg, M. 1992. The response of stream-dwelling fish to liming. - Environmental Pollution 78: 149-155.
- Degerman, E., Sjölander, E., Johlander, A., Sjöstrand, P., Höglind, K., Thorsson, L. & Carlstrand, H. 1990. Kalking för att motverka försurningspåverkan på fisk i rinnande vatten. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 4: 27-214.
- Direktoratet for naturforvaltning 1995. Handlingsplan for kalkingsvirksomheten i Norge mot år 2000. - DN-rapport 1995-8: 1-74.
- DN 1998. Revidert handlingsplan for kalking (1999-2002). "Foreløpig versjon - II". Kalking av surt vatn. - Direktoratet for naturforvaltning: 1-26.
- Edman, G. 1993. Utsättning av märkt laxsmolt i Högvadsån och Ätran åren 1973-85, samt återfangster därav. - Laxforskningsinstitutet Meddelande 1/1993: 1-24 s.
- Eie, J.A., Faugli, P.E. & Aabel, J. 1996. Elver og vann. Vern av norske vassdrag. - Grøndahl Dreyer, Norges Vassdrags- og Energiverk: 288 s.
- Engblom, E. & Lingdell, P.E. 1985. Hur påverkar kalkdoserare bottenfaunaen? - Naturvårdsverket. Rapport 1994: 81 s.
- Enge, E. 1993. Utprøving av Helland-kalkdoserer i Brådlandselva i Frafjord. - Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvern avdelingen. Miljø-notat 1/93: 13 s.
- Enge, E. & Nordland, J. 1989. Kalkingsplan for Rogaland. - Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvern avdelingen. Rapport 2/89: 1-32.
- Enge, E. & J. Nordland. 1994. Behovet for kalking som mottiltak mot forsuring i Rogaland. Notat, oppdatert versjon. - Fylkesmannen i Rogaland, miljøvern avdelingen, 9 s.
- Enge, E. & Persson, U. 1991. Tetthetsregistreinger av laks og aure i Rogalandsvassdrag, 1990. - Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvern avdelingen. Miljø-notat1/91: 1-29.
- Einvik, K. 1982. Fiskeriundersøkelser i 10 års vernede vassdrag. Sluttrapport. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk: 1-206.

- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1995. Overvåking av bunndyr i Vikedal. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1993. - DN-notat 1995-2: 44-45.
- Fjellheim, A., Hesthagen, T., Raddum, G.G. & Larsen, B.M. 1987. Production, growth and food of young Atlantic salmon in two rivers with different acidification. - P 500-507 in Perry, R., Harrison, R.M., Bell, J.N.B. & Lester, J.N., eds. Acid rain: scientific and technical advances. Publications Division, Selper Ltd., London.
- Fylkesmannen i Rogaland 1998a. Espeland kraftverk. Maudalselva i Bjerkreimsvassdraget. - Direktoratet for naturforvaltning, Vassdragsrapport 20: 1-44.
- Fylkesmannen i Rogaland 1998b. Vikeså kraftverk. Oslandsvassdraget i Bjerkreimsvassdraget. - Direktoratet for naturforvaltning, Vassdragsrapport 21: 1-46.
- Gyrodactylusprosjektet 1982. Rapport fra Gyrodactylusutvalget over virksomheten i 1981 og program for virksomheten i 1982. 43 s.
- Hansen, L.P., Staurnes, M., Fugelli, K. & Haraldstad, Ø. 1997. Overlevelse og vandring av laks utsatt som smolt i Audna og Lygna. - NINA Oppdragsmelding 469: 1-17.
- Haraldstad, Ø. 1987. Vassdragsområder og kalkingsprosjekter i Vest-Agder. - Fylkesmannen i Vest-Agder. Miljøvernavdelingen. Rapport 3/87: 1-104.
- Haraldstad, Ø. 1991. Laksen er tilbake i Audna - rapport fra et elvekalkingsprosjekt. - Direktoratet for naturforvaltning/Fylkesmannen i Vest-Agder.
- Hartvigsen, R. 1998a. Espedalselva. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 245-247.
- Hartvigsen, R. 1998b. Vossovassdraget. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 306-309.
- Hartvigsen, R. 1998c. Guddalsvassdraget. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 354-357.
- Heggenes, J. & Saltveit, S.J. 1992. Reetablering av fiskebestanden i Mandalselva. - Rapport fra Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske, Oslo, 135: 1-77.
- Helgøy, S. & Enge, E. 1995. Tettleiksregistreringer av laks og aure i Rogalandsvassdrag 1994. - Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelingen. Miljønotat 1/1995: 1-75.
- Henriksen, A., Skogheim, O.K. og Rosseland, B.O. 1984. Episodic changes in pH and aluminum kill fish in a norwegian salmon river. - Vatten 40: 255-260.
- Hesthagen, T. 1986. Fish kills of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in an acidified river of SW Norway. - Water, Air, Soil Poll. 30: 619-628.
- Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991. Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge - NINA Utredning 094: 1-12.
- Hesthagen, T. & Ousdal, J.O. 1983. Ungfiskregistreringer i Ognå på Jæren høsten 1983. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskeforskningen. Teknisk notat 3/83: 1-14.
- Hesthagen, T., Sevaldrud, L. & Skogheim, O.K. 1982. Ognå og Helgøsvassdraget i Rogaland. Fiskestatus og vannkvalitet. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskeforskningen. Rapport 4/82: 1-34.
- Hindar, A. 1985. Håndbok i kalking av surt vann - Kalkingsprosjektet 1985. - Miljøverndepartementet, Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk: 48 s.
- Hindar, A. 1990. Overvåking av Vegårsvassdraget etter kalking i perioden 1985-1989. - Kalking av surt vann, rapport 10/90. NIVA. Grimstad: 1-53.
- Hindar, A. 1991. Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. - O-91032, NIVA-Sørlandsavdelingen, Grimstad. 31 s.
- Hindar, A. 1992a. Kalkingsplan for Kvina-vassdraget og Litleåna. - NIVA-rapport 2775: 1-34.
- Hindar, A. 1992b. Vikedalselva. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1990. - DN-notat 1992-4: 47-54.
- Hindar, A. 1998a. Arendalsvassdraget. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 45-46.
- Hindar, A. 1998b. Tovdalselva. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 83-85.
- Hindar, A. & Skiple, A. 1997. Tovdalselva. Vannkjemi. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 1-66.
- Hindar, A., Kroglund, F. & Skiple, A. 1995. Kalkingsplan for Guddalsvassdraget i Sogn og Fjordane. - NIVA-rapport 3388: 1-20.
- Hindar, A., Kroglund, F. & Skiple, A. 1997a. Forsuringssituasjonen i lakseførende vassdrag på Vestlandet; vurdering av behovet for tiltak. - NIVA-rapport 3606: 1-96.
- Hindar, A., Teien, H.C., Lierhagen, S. & Salbu, B. 1998. -Hvordan kan generell vannkvalitet, kalkingsstrategi, hydrologi og temperatur påvirke aluminiumskjemien i Tovdals- og Mandalsvassdraget og dermed vannkvalitetsmålet for laks? - Reetableringsprosjektet - årsrapport 1997-98.
- Hindar, A., Walseng, B., Lindstrøm, E.-A., Brandrud, T.E., Larsen, B.M. & Skiple, A. 1997b. Arendalsvassdraget. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 28-41.
- Hindar, K. & Johnsen, B.O. 1999. Prosjekt: Reetablering av laks i forbindelse med kalking - Reetablering av laks i Tovdalselva og Mandalselva. - I Årsrapport 1998 fra Prosjektgruppe FoU: Reetablering av laks i forbindelse med kalking. - DN-notat 1999-, (i trykk).

- Hongve, D. & Matzow, D. 1984. Kalkingsforsøk i Fra-fjordelva. - Miljøverndepartementet, Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. Kalkingsprosjektet, Rapport nr. 8-84: 1-42.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1922. Om aarsaken til massedød av laks og ørret i Fra-fjordelven, Helleelven og Dirdalselven i Ryfylke høsten 1920. - Norsk Jæger Fiskefor. Tidsskrift. (1/2): 37-44.
- Haaland, S. & Raddum, G.G. 1981. Ferskvannbiologiske undersøkelser i Yndesdalsvassdraget 1977. - Lab. for Ferskvannskol. og Innlandsfiske, Zool. Mus., Univ. i Bergen. Rapport nr. 31.
- Jensen, K.W. & Snekvik, E. 1972. Low pH levels wipe out salmon and trout in southern Norway. - *Ambio* 1: 223-225.
- Johnsen, B.O. & A.J. Jensen 1985. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laksunger i norske vassdrag, statusrapport. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Reguleringsundersøkelsene, rapport 12-1985: 145 s.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. 1991. The *Gyrodactylus* story in Norway. - *Aquaculture* 98: 289-302.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Jensen, A.J. 1993. Furunkulose i norske vassdrag - statusrapport. - NINA Forskningsrapport 038: 1-73.
- Johnsen, B.O., Jensen, A.J. & Møkkelgjerd, P.I. 1997. Reetablering av laks i rotenonbehandlede vassdrag. I Hartvigsen, R. Effektene av rotenon på fiskefaunaen i norske laksevassdrag: Rapport fra konsensusmøtet - NINA Oppdragsmelding 497: 1-30.
- Kaste, Ø. 1994. Storelva i Vegårvassdraget. Vurdering av behov for kalkingstiltak. - NIVA-rapport Lnr. 3153: 1-18.
- Kaste, Ø. 1997a. Vegårvassdraget. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 49-50.
- Kaste, Ø. 1997b. Mandalselva. Vannkjemi. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-Notat 1997-1: 75-76.
- Kaste, Ø. 1997c. Lygna. Vannkjemi. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 111-112.
- Kaste, Ø. 1997d. Kvina. Vannkjemi. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 119-121.
- Kaste, Ø. 1997e. Bjerkreimsvassdraget. Vannkjemi. - I: Kalking i vann og vassdrag 1997. - DN-notat 1996-1: 137-139.
- Kaste, Ø. 1997f. Lysevassdraget. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 185-186.
- Kaste, Ø. 1997g. Jørpelandselva. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. DN-notat 1997-1: 192-193.
- Kaste, Ø. 1997h. Vikedalselva. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 204.
- Kaste, Ø. 1998a. Vegårvassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 67-78.
- Kaste, Ø. 1998b. Mandalselva. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 96-97.
- Kaste, Ø. 1998c. Lygna. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 136-137.
- Kaste, Ø. 1998d. Kvina. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 152-153.
- Kaste, Ø. 1998e. Bjerkreimsvassdraget. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 177-178.
- Kaste, Ø. 1998f. Lysevassdraget. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 259-260.
- Kaste, Ø. & Hindar, A. 1995. Vegår. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1993. - DN-notat 1995-2: 121-128.
- Kaste, Ø. & Skiple, A. 1998. Jørpelandsvassdraget. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: s. 265.
- Kaste, Ø., Henriksen, A. & Hindar, A. 1995. Forsuringssituasjonene i Arendalsvassdraget 1993/1994. Forslag til kalkingsstrategi basert på tålegrenseoverskridelser fram mot år 2010. - NIVA-rapport nr. O-93184: 1-54.
- Kaste, Ø., Liel, M.C. & Skiple, A. 1997. Mandalselva. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 75.
- Kaste, Ø., Kleiven, E. & Håvardstun, J. 1998a. Vegår og Storelva. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. - DN-notat 1998-1: 39-43.
- Kaste, Ø., Skiple, A. & Veidel, A. 1998b. Vikedalselva. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: s. 280.
- Kaste, Ø., Hindar, A., Skiple, A. & Henriksen, A. 1996. Tiltak mot forsuring i Ekso. Kalkingsplan, samt prognose for kalkbehov basert på tålegrenseoverskridelser fram mot år 2000. - NIVA-rapport nr. 3462: 1-66.
- Kaste, Ø., Brandrud, T.E., Larsen, B.M. & Raddum, G.G. 1998. Mandalselva. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. - DN-notat 1998-1: 58-64.
- Kildal, T. 1982. Fiskeribiologiske undersøkelser i Lyngdalsvassdraget 1980. - Rapport Fiskerikon-sulenten i Øst-Norge: 1-37.
- Kroglund, F. 1998. Vossovassdraget. Vannkjemi. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1995. - DN-notat 1998-1: 127 - 131.

- Kroglund, F., Staurnes, M. & Kvellestad, A. 1994. Vannkvalitetskriterier for laks. Kalking av Vikedalselva. I: Kalking i vann og vassdrag 1992. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1992. - DN-notat 1994-2: 208-223.
- Kroglund, F., Hindar, A., Kaste, Ø. & Rosseland, B.O. 1998. En vurdering av vannkvaliteten i Vossovassdraget, 1967-1997. - NIVA-rapport 3823-98: 1-71.
- Kroglund, F., Åtland, Å., Berntssen, M. & Rosseland, B.O. 1993a. Er laksen truet selv ved svært moderat forurening. Eksempler fra Vosso, Hordaland 1993. - NIVA rapport 2947: 1-38.
- Kroglund, F., Lydersen, E., Rosseland, B.O., Salbu, B., Kvellestad, A., Poleo, A.B.S., Staurnes, M. & Vogt, R. 1993b. Tilslig fra sure sidebekker i kalkede vassdrag: Kompleks aluminiumskjemi og akutt giftighet for laksefisk. I: Kalking av vann og vassdrag 1991. FOU-årsrapporter. DN-notat 1993-1: 31-40.
- Låbee-Lund, J.H. 1985. Fiskeribiologiske undersøkelser i Vegår. - MV-avdelingen i Aust-Agder, rapport 1-1985: 1-28.
- Larsen, B.M. 1993. Sokndalselva. Fiskebiologiske undersøkelser. I: Kalking i vann og vassdrag 1991. FoU-årsrapporter. - DN-notat 1993-1: 256-263.
- Larsen, B.M. 1997a. Vegårvassdraget. Fiskebiologiske undersøkelser. - I: Kalking i vann og vassdrag 1997. - DN-notat 1997-1: 50-51.
- Larsen, B.M. 1997b. Tovdalselva. Anadrom fisk.. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 58-60.
- Larsen, B.M. 1997c. Mandalselva. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 81-82.
- Larsen, B.M. 1997d. Lygna. Fiskeundersøkelser. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 113-115.
- Larsen, B.M. 1997e. Kvina. Fisk. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 121-123.
- Larsen, B.M. 1997f. Sokndalselva. Fiskebiologiske undersøkelser. - I: Kalking i vann og vassdrag 1997. - DN-notat 1997-1: 126-132.
- Larsen, B.M. 1997g. Bjerkreimsvassdraget. Fisk. - I: Kalking i vann og vassdrag 1997. - DN-notat 1996-1: 145-147.
- Larsen, B.M. 1997h. Ognå. Fiskebiologiske undersøkelser. - I: Kalking i vann og vassdrag 1997. - DN-notat 1997-1: 151-162.
- Larsen, B.M. 1997i. Frafjordelva. Fiskeundersøkelser. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 163-172.
- Larsen, B.M. 1997j. Espedalselva. Anadrom fisk. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1991. - DN-notat 1997-1: 177-178.
- Larsen, B.M. 1997k. Lysevassdraget. Fisk. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 187-188.
- Larsen, B.M. 1997l. Jørpelandselva. Fisk. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 194-195.
- Larsen, B.M. 1997m. Vikedalselva. Fisk. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 209-212.
- Larsen, B.M. 1997n. Rødneelva. Anadrom fisk. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 218-220.
- Larsen, B.M. 1998a. Vegårvassdraget. Anadrom fisk.. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 72-74.
- Larsen, B.M. 1998b. Tovdalselva. Anadrom fisk.. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 85-87.
- Larsen, B.M. 1998c. Mandalselva. Anadrom fisk. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 98-100.
- Larsen, B.M. 1998d. Lygna. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 138-140.
- Larsen, B.M. 1998e. Kvina. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 153-155.
- Larsen, B.M. 1998f. Sokndalselva. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 166-168.
- Larsen, B.M. 1998g. Bjerkreimsvassdraget. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 178-181.
- Larsen, B.M. 1998h. Ognå. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 216-218.
- Larsen, B.M. 1998i. Jørpelandsvassdraget. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 266-268.
- Larsen, B.M. 1998j. Frafjordelva. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 234-236.
- Larsen, B.M. 1998k. Espedalselva. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 247-249.
- Larsen, B.M. 1998l. Lysevassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 257-261.
- Larsen, B.M. 1998m. Vikedalsvassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 276-292.
- Larsen, B.M. 1998n. Rødneelva. Anadrom fisk. I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 298-299.
- Larsen, B.M. & Berger, H.M. 1998. Arendalsvassdraget. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 47-50.

- Larsen, B.M. & Brørs, S. 1998. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Oгна, Rogaland. Utbredelse og bestandsstatus. - NINA Oppdragsmelding 537: 1-20.
- Larsen, P.A & Haraldstad, Ø. 1994. Kalkingsplan for Mandalsvassdraget i Vest-Agder. - Flerbruksplan for Mandalsvassdraget. Fagrapport til faggruppe for fisk og forurensning: 1-57.
- Larsen, B.M. & Schartau, A.K.L. 1994. Kjemisk overvåking av vann og vassdrag. Elveserien-dataoversikt 1965-1993. - NINA Oppdragsmelding 238:1-31.
- Larsen, B.M., Hesthagen, T. & Lierhagen, S. 1992. Vannkvalitet og ungfisk av laks og aure i Oгна, Rogaland. - NINA Oppdragsmelding 130: 1-37.
- Larsen, B.M., Kaste, Ø. & Raddum, G.G. 1997. Vikedalselva. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 202-214.
- Larsen, B.M., Løvhøiden, F & Brandrud, T.E. 1997. Frafjordelva. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 163-172.
- Larsen, P.A. & Haraldstad, Ø. 1994. Kalkingsplan for Mandalsvassdraget i Vest-Agder. - Flerbruksplan for Mandalsvassdraget. Fagrapport til faggruppe for fisk og forurensning: 1-57.
- Leivestad, H., Hendrey, G.R., Muniz, I.P. & Snekvik, E. 1976. Effects of acid precipitation on freshwater organisms, p. 86-111 in Brække, F.H., ed.. Impacts of acid precipitation on forest ecosystems in Norway. - SNSF-project FR 6/76: 1-111.
- Løvhøiden, F. 1998. Frafjordelva. Vannkjemi. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 229-233.
- Matzow, D. 1995. Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder. Vurdering av gassovermetning, minstevannføring og fisketrapp. - Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernavdelingen. Notat 1-1995: 1-16.
- Muniz, I.P., Leivestad, H., Gjessing, E., Joranger, E. & Svalastog, D. 1975. Fiskedød i forbindelse med snøsmelting i Tovdalsvassdraget våren 1975. - SNSF-project IR 13/75: 1-60.
- Nordland, J. 1981. 10-års verna vassdrag i Vest-Norge. Vikedalsvassdraget. - DVF-Fiskerikon-sulenten i Vest-Norge. 42 s.
- Nordland, J. 1983. Ferskvassfiskeressursane i Hordaland. - Hordaland Fylkeskommune, Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fylkesmannen i Hordaland: 272 s.
- NOU 1991. Verneplan for vassdrag IV. - Utredning nr. 4 fra kontaktutvalget - Naturvern: 1-151.
- Nøst, T. 1997a. Audna. Vannkjemi. - I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 94-101.
- Nøst, T. 1997b. Oгна. Vannkjemi. - I: Kalking i vann og vassdrag 1997. - DN-notat 1997-1: 151-162.
- Nøst, T. 1997c. Rødneelva. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 218-220.
- Nøst, T. 1998a. Tovdalselva. Områdebeskrivelse. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-Notat 1998-3: 80-82.
- Nøst, T. 1998b. Audna. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 114-117.
- Nøst, T. 1998c. Sokndalselva. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 164-166.
- Nøst, T. 1998d. Oгна. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 214-216.
- Nøst, T. 1998e. Rødneelva. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3: 295-297.
- Nøst, T. & Schartau, A.K.L. 1994. Kjemisk overvåking av norske vassdrag - Elveserien 1993. - NINA Oppdragsmelding 301: 1-15.
- Nøst, T. & Schartau, A.K.L. 1995a. Audna. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1993. FOU-årsrapporter 1993. - DN-notat 1995-2: 12-19.
- Nøst, T. & Schartau, A.K.L. 1995b. Kjemisk overvåking av norske vassdrag - Elveserien 1994. - NINA Oppdragsmelding 371: 1-17.
- Nøst, T. & Schartau, A.K.L. 1996. Kjemisk overvåking av norske vassdrag - Elveserien 1995. - NINA Oppdragsmelding 446: 1 - 37.
- Nøst, T. & Schartau, A.K.L. 1998. Audna. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. - DN-notat 1998-1: 66-69.
- Oughton, H.O., Salbu, B. & Bjørnstad, H.E. 1992. Use of an Aluminium-26 tracer to study the deposition of aluminium species on fish gills following mixing of limed and acidic waters. - *Analyst*, V01 117: 619-621
- Ousland, J-O. & Haraldstad, Ø. 1986. Fiskeribiologiske undersøkelser på strekningen Homstølvann-Liknes i Kvina høsten 1985. Forslag til framtidige utsetninger. - Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen. Rapport 1/1986: 1-25.
- Overrein, L.N., Seip, H.M. & Tollan A. 1980. Acid precipitation - effects on forest and fish. - SNSF-prosjektet. Fagrapport 19/80: 175 s.
- Persson, U. 1993. Tetthetsregistreringer av laks og aure i Rogalandsvassdrag 1992. - Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelingen. Miljø-notat 2/1993: 1-99.
- Persson, U. & Enge, E. 1992. Tetthetsregistreringer av laks og aure i Rogalandsvassdrag, 1991. - Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelingen. Miljørapport 1992-3: 74 s.
- Raddum, G.G. 1995. Undersøkelser av laks, aure og bunndyr i Guddalsvassdraget. - Lab. Ferskvannsokol. og Innlandsfiske, Zool. Mus., Univ. i Bergen. Rapport nr. 87.

- Raddum, G.G. & Barlaup, B. 1997. Yndesdalsvassdraget. Fisk. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. - DN-notat 1997-1: 263-266.
- Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1998. Invertebratstudier i Yndesdalsvassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1997, Yndesdalsvassdraget. - DN-notat 1998-3: 340-351.
- Rosseland, B.O. 1987. Forsuring av vassdrag. I Borgstrøm, R. & Hansen, L.P. (red.) Fisk i Ferskvann, økologi og ressursforvaltning. - Landbruksforlaget: 276-290.
- Rosseland, B.O. & Hindar, A. 1991. Mixing zones - a fishery management problem? - P. 161-172 in Olem, H., Schreiber, R.K., Brocksen, R.W. & Porcella, D.B., eds.. International lake and watershed liming practices. Terrene Inst., Washington, DC.
- Rosseland, B.O. & Skogheim, O. 1982. Physiological stress and mortality of Atlantic salmon, *Salmo salar* in acid water with high levels of aluminium. - ICES, C.M. 1982/M:29: 1-15.
- Rosseland, B.O., Blakar, I., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellestad, A., Lydersen, E., Oughton, D.H., Salbu, B., Staurnes, M. & Vogt, R. 1992. The mixing zone between limed and acid river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. - Environ. Pollution 78: 3-8.
- Rosseland, L. 1953. Om virksomheten i 1948. I Fiskeriinspektørens årsmelding for årene 1948, 1949, 1950. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Ås. Kap. 4.
- Saltveit, S.J. 1980. Skjønn Laudal kraftverk. Fiskeribiologiske forhold i Mandalselva og Mannflåvatn. - Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske. Rapport 41: 1-46.
- Saltveit, S.J. 1984. Fiskeundersøkelser i Tovdal. Del IV. En vurdering av den lakseførende del av Tovdalsleva. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 64: 1-27.
- Samlet Plan. 1984. Vassdragsrapport Tovdal. 168 s.
- Schartau, A.K.L. 1993. Vannkjemisk overvåking av Audna. I: Kalking i vann og vassdrag 1991. FOU-årsrapporter. - DN-notat 1993-1: 14-21.
- Schartau, A.K.L. 1997a. Espedalselva. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 173-175.
- Schartau, A.K.L. 1997b. Vossovassdraget. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 223-231.
- Schartau, A.K.L. 1997c. Guddalsvassdraget. Vannkjemi. I: Kalking av vann og vassdrag. FOU-årsrapporter. 1996. DN-notat 1997-1: 269-271.
- Schartau, A.K.L. & Larsen, B.M.L. 1997. Espedalselva. I: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1: 173-183.
- Schartau, A.K.L. & Nøst, T. 1992. Kjemisk overvåking av norske vassdrag - Elveserien 1992. - NINA Oppdragsmelding 246: 1-14.
- SFT (Statens forurensningstilsyn) 1983. Vikedalsvassdraget - vannkjemiske og fiskeribiologiske undersøkelser i 1981-1982. Vannkvalitet og fiskedød våren 1982. - Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 97/83, SFT/NIVA. 64 s.
- SFT (Statens forurensningstilsyn) 1986. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1985. - SFT, Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 256/86. 199 s.
- SFT (Statens forurensningstilsyn) 1991. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1990. - Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 466/91: 1-320.
- SFT (Statens forurensningstilsyn) 1994. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. - Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 583/94: 1-271.
- SFT (Statens forurensningstilsyn) 1995. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. - Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 628/95: 1-282.
- SFT (Statens forurensningstilsyn) 1996. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1995 - Effekter 1995. - Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 671/96: 1-193.
- Simonsen, J.H. 1993. Fisketrapp og fiskesluse i Rygenefossen. - Rapport. 19 s.
- Simonsen, J.H. 1995. Nidelva. Fiskeribiologiske undersøkelser 1993-1994 og 1989-1990. - Rapport, 60 s.
- Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. - NINA Utredning 010: 1-28.
- Skogheim, O.K., Rosseland, B.O. & Sevaldrud, I.H. 1984. Deaths of spawners of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in River Ognå, SW Norway, caused by acidified aluminium-rich water. - Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 61: 195-202.
- Snekvik, E. 1975. Episoder med fiskedød i forbindelse med forsuring av vassdrag i 1969. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskeforskningen, 9 s.
- Staurnes, M., Kroglund, F. & Rosseland, B.O. 1995. Water quality requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in water undergoing acidification or liming in Norway. - Water, Air Soil Pollut. 85: 347-352.
- Staurnes, M., Hansen, L.P., Fugelli, K. & Haraldstad, Ø. 1996. Short-term exposure to acid water impairs osmoregulation, sewerage tolerance and subsequent marine survival of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 53 (8): 1695-1704
- Sægvog, H., Hindar, K., Kålås, S. & Lura, H. 1997. Vossolaksen bli erstattet med rømt oppdrettslaks. - Rådgivende Biologer A/S. Rapport 248: 1-23.

- Sættem, L.M. & Boman, E. 1985. Tilslamming av Nidelva og Rore på grunn av kanaliseringarbeider ved utvidelse av Evenstad kraftstasjon 1983. Rapport nr. 3. Fiskeribiologiske studier i nedre del av Nidelvassdraget i tidsrommet 18. august 1983 til 11. mai 1984. Oppfølgende undersøkelser av fysiske, kjemiske og bakteriologiske forhold. - Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvern avdelingen, 74 s.
- Thorstad, E. & Heggberget, T. G. 1997. Oppvandring hos radiomerket laks og sjørret i Mandalsvassdraget i forhold til minstevannføring, lokkeflommer, terskler og kalking. - NINA Oppdragsmelding 470: 1-41.
- Thorstad, E., Kroglund, F., Økland, F. & Heggberget, T.G. 1997. Vurdering av luftovermetning, trefiberutslipp og oppvandring av laks ved Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder. - NINA Oppdragsmelding 494: 1-36.
- Undheim, P. 1981. 10-års verna vassdrag i Vest-Norge. Bjerkreimsvassdraget.- Rapport Fiskerikonsulentene i Vest-Norge: 1-49.
- Vasshaug, Ø. 1986. Skjønn Ulla-Førre. Anadrome laksefisker. Fiskerisakkyndig delutredning. - Ryfylke Herredsrett, sak nr. 10/1976 B. 43 s.
- Vikøyr, B., Haraldstad, Ø. & Larsen, P.A. 1989. Kalkingsplan Lygna. - Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvern avdelingen, Rapport 4/89: 1-32.
- Walseng, B. 1998. Bjerkreimsvassdraget. I Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1997, Bjerkreimsvassdraget. - DN-notat 1998-3: 173-209.
- Økland, J. 1990. Lakes and snails. Environment and Gastropoda in 1500 Norwegian lakes, ponds and rivers. - Universal book services/Dr. W. Backhuys, Oegstgeest: 1-516.

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1015-0

582

**NINA
OPPDRAKS-
MELDING**

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7485 TRONDHEIM
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01

**NINA
Norsk institutt
for naturforskning**