

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Rapportnummer: 0-80006 -03
Undernummer: II
Løpenummer: 1532
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: VANNKJEMISKE OG FISKEBIOLOGISKE UNDERSØKELSER I VIKEDALSVASSDRAGET 1981-1982. Vannkvalitet og fiskedød våren 1982. Overvåkingsrapport 97/83	Dato: 30. september 1983
Forfatter(e): Arne Henriksen Trygve Hesthagen (DVF)	Prosjektnummer: 0-80006-03
Medforfattere: Einar Joranger (NILU) Lars Kirkhusmo (NGU) Iver Sevaldrud (DVF)	Faggruppe: Miljøteknikk
	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag): 64

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Under snøsmeltingsperiodene i 1981 og 1982 ble det registrert fiskedød i Vikedalselva i Vindafjord kommune i Rogaland. I løpet av 95 dager våren 1982 ble det funnet 104 døde fisk (laks og sjøaure). 43 % ble funnet i løpet av en 10 dagers periode. Høyest dødelighet fant sted noen dager etter laveste pH-måling (5,18). Vannkjemiske undersøkelser viser at vassdraget er ionefattig og surt. pH øker nedover i vassdraget (5,1-5,9). Forsuringen (tapet av alkalitet) er 15-25 $\mu\text{ekv/l}$ og størst i nedre deler av vassdraget, men virkningen på pH er størst i øvre deler fordi en her har lavest bufferevne. Grunnvannet viser ingen forsuring. Vassdraget mottar nedbør som i perioder er meget sur (pH 3,65) og i betydelige mengder. En beskjedne økning i tilførsler av sure komponenter kan medføre at vassdraget kan bli permanent surt.

4 emneord, norske: Statlig program
1. Overvåkingsrapport 97/83
2. Forurenset nedbør
3. Fiskedød
4. Vannkemi
Vikedalsvassdraget 1981-1982

4 emneord, engelske:
1.
2. Monitoring
3. Acid precipitation
4. Fish kill
5. Water chemistry

Prosjektleder:

Arne Henriksen

Divisjonssjef:

Epil Gessing

ISBN 82-577-0679-5

For administrasjonen:

J. E. Lunde

Lars Ommundsen

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Oslo

VANNKJEMISKE OG FISKEBIOLOGISKE
UNDERSØKELSER I VIKEDALSVASSDRAGET 1981-1982

VANNKVALITET OG FISKEDØD VÅREN 1982

Oslo, september 1983

Forfattere: Arne Henriksen (NIVA)
Trygve Hesthagen (DVF)
Medforfattere: Einar Joranger (NILU)
Lars Kirkhusmo (NGU)
Iver Sevaldrud (DVF)

FORORD

Statens forurensningstilsyn (SFT) er tillagt ansvaret for gjennomføring av overvåkingsprogrammet for langtransportert forurenset luft og nedbør. Arbeidet utføres hovedsakelig ved Norsk institutt for luftforskning (NILU), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF) - Fiskeforskningen. Også Norsk institutt for skogforskning (NISK) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) deltar i enkelte av aktivitetene. De undersøkelser som er beskrevet i denne rapport, er et resultat av et direkte samarbeid mellom de nevnte institusjoner. Arne Henriksen (NIVA) har bearbeidet de vannkjemiske data og redigert rapporten. Trygve Hesthagen (DVF) har organisert de fiskebiologiske undersøkelsene. Einar Joranger (NILU) har gitt en vurdering av de nedbørmessige forhold og Lars Kirkhusmo (NGU) har bidratt med geologiske beskrivelser av nedbørfeltet og vurderinger av de grunnvannsmessige forhold.

En undersøkelse av denne art er avhengig av hjelp fra lokale krefter. Vi vil rette en takk til våre medarbeidere og observatører i Vikedal.

Vi vil rette en spesiell takk til Jonny Langhelle og hans sønner, Einar og Helge, for registrering av død fisk og innsamling av vannprøver våren 1982. Harald Leifsen samlet inn de månedlige vannprøver for rutineprogrammet. Harald Stølsmark sto for innsamling av de månedlige grunnvannsprøver, mens Magne Hundseid samlet inn de ukentlige nedbørprøver. Jørn Ousdal har aldersbestemt fiskematerialet. Bjørn O. Rosseland og Odd K. Skogheim har gitt verdifulle kommentarer til denne rapporten. Upubliserte aluminiumdata (O.K. Skogheim, pers. medd.) fra våren 1982 er benyttet.

INNHOILDSFORTEGNELSE	Side
FORORD	3
1. SAMMENDRAG	6
2. INNLEDNING	8
3. OMRÅDEBESKRIVELSE	10
3.1 Berggrunnsgeologi	10
3.2 Løsmassegeologi	12
3.3 Morfologi og hydrologi	12
3.4 Fiskearter	14
3.5 Hydrobiologi	15
4. TIDLIGERE UNDERSØKELSER	15
5. UNDERSØKELSESPROGRAM FOR INTENSIVUNDERSØKELSE	18
5.1 Vannkjemi	18
5.1.1 Elveprøver	18
5.1.2 Grunnvann	21
5.1.3 Nedbør	22
5.1.4 Innsjøundersøkelser	22
5.1.5 Fiskeundersøkelser	22
6. METODER	23
6.1 Kjemiske analysemetoder	23
6.2 Kjemisk analyseprogram	24
6.3 Innsamling av død fisk	24
6.4 Prøver av fisk	25
7. RESULTATER OG DISKUSJON	26
7.1 Fiskedøden våren 1981	26
7.2 Fiskedød våren 1982	27
7.2.1 Observasjon av fiskedød	27
7.2.2 Lengde- og aldersfordeling	30
7.2.3 Artsfordeling	32

INNHOLDSFORTEGNELSE forts.

	Side
7.3 Vannkvalitetsendringer under vårmeltingen 1982	33
7.4 Vannkvalitetsendringer mars-desember 1982	35
7.5 Forsuringssituasjonen i Vikedalselva	42
7.6 Nedbørkjemiske forhold i Vikedal	45
8. DISKUSJON AV FISKEDØBSEKSERVASJONENE	48
9. LITTERATUR	54
APPENDIKS	59

1. SAMMENDRAG

Vikedalsvassdraget (119 km²) har vært blant de bedre fiskeelver i Ryfylke i Rogaland. Siden 1972 er vassdraget fulgt rutinemessig ved månedlige prøvetakinger gjennom de "elveserier" som Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk - Fiskeforskningen - har hatt gående i Norge siden 1965. I 1980 ble prøvetakingen overtatt av det Statlige program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør og deres virkninger.

Våren 1981 ble det registrert fiskedød i Vikedalselva. På bakgrunn av denne episoden ble det satt igang en intensivundersøkelse av vassdraget i mars 1982 for å følge med i vårsmeltingen dette året. Undersøkelsen omfattet vannprøvetaking og kartlegging av fiskeforholdene i elva og i innsjøene, prøvetaking av grunnvann i løsavsetninger i nedbørfeltet og innsamling av nedbørprøver for kjemisk analyse. Denne undersøkelsen er ment å danne grunnlag for en langsiktig overvåking av vassdraget.

Denne rapporten gir en omtale av tidligere undersøkelser, en generell beskrivelse av vassdraget, en vurdering av fiskedøden våren 1981 og 1982, og en generell vurdering av vann- og nedbørkvalitet i vassdraget. En avsluttende og mer omfattende vurdering av de innsamlede data er planlagt ferdig i løpet av 1983.

I 1982 ble det opprettet fire faste strekninger langs elva med en samlet lengde på 1130 m for taksering av eventuell død fisk og for innsamling av vannprøver. Registreringene ble satt igang 18/3 og avsluttet 95 dager senere (21/6). Hensikten med undersøkelsen var å se på sammenhengen mellom eventuell fiskedød og vannkvalitet under snøsmeltingen og om dødeligheten var arts- eller aldersspesifikk. Totalt ble det registrert 70 døde lakseunger, 34 aurer (pluss 3 laks eller aure), to åler og fem niøyer. 42 prosent (45 stk.) av de døde laks- og aureungene ble funnet i løpet av en 10 dagers periode (17/4-26/4).

Denne episoden syntes å ha skjedd momentant, da de fleste fiskene hadde vært døde i kort tid. Da denne episoden inntraff, var pH 5,33. 5-6 dager tidligere ble de laveste pH-verdiene i elva våren 1982 målt til 5,15 og 5,21. For både laks og aure var det størst dødelighet blant presmolt. Individier som var 2 år og eldre, utgjorde 69 prosent av den døde laksen og 76 prosent av auren. Sammenliknet med artsfordelingen funnet ved elektrofiske høsten 1981 og 1982 ble det ikke påvist noen signifikant forskjell i dødeligheten mellom de to artene.

Det vannkjemiske prøveprogrammet omfatter ukentlig prøvetaking 4 steder i vassdraget og i en grunnvannskilde. Analyseresultatene for mars-desember 1982 viser at vassdraget er ionefattig og surt. Middelverdiene viser at pH øker nedover i vassdraget fra 5,1 i innløpet til Fjellgårdsvatn, den største innsjøen i vassdraget, til 5,9 ved utløpet i Vindafjorden. Konsentrasjonene av alle hovedkomponenter øker også nedover i vassdraget, delvis på grunn av øket sjøvannspåvirkning fra nedbøren og delvis en økende geologisk påvirkning fra nedbørfeltet. Den ikke-marine sulfatkonsentrasjonen øker også nedover i vassdraget, som mest sannsynlig skyldes en avtagende gradient i sur nedbør-påvirkning fra kysten og innover i vassdraget. Grunnvannskilden viser fra april til august små variasjoner i kjemisk sammensetning, og disse ligger nær de en finner i elva ved det nærliggende prøvetakingssted. I slutten av august endrer sammensetningen av kilden seg, og kalsiumnivået øker til det dobbelte i september, men avtar mot opprinnelig nivå i slutten av året. Denne økningen skyldes antagelig at kilden i denne perioden med lavt grunnvannspeil ble tilført vann fra magasin med en annen kjemisk sammensetning.

Forsuringen (tapet av alkalitet) i Vikedalsvassdraget er 15-25 $\mu\text{ekv/l}$, og størst i nedre del av vassdraget. Virkningen på pH er imidlertid størst i øvre deler av vassdraget fordi en her har lavest opprinnelig alkalitet. Kilden viser ingen forsuring, åpenbart fordi lengre kontakttid med grunnen reduserer virkningen av den sure nedbøren.

Selv om forsuringsverdiene er relativt lave (15-25 $\mu\text{ekv/l}$ mot 60-100 $\mu\text{ekv/l}$ på Sørlandet) er virkningen betydelig fordi vassdraget er svakt bufret fra naturens side. Det skal derfor ikke store endringer til i tilførsler av sur nedbør før vassdraget kan bli permanent surt. Et anslag viser at en økning av sulfattilførslene til vassdraget på 25 prosent vil medføre at de øvre deler av vassdraget blir klart sure, mens en økning på 50 prosent vil gi lave pH-verdier i hele vassdraget.

Nedbøren ble samlet inn som ukeprøver, bortsett fra i september da det ble samlet inn døgnprøver. Det var lite nedbør våren og sommeren 1982 (20 mm i juni). Til gjengjeld var august og september meget våte med ialt 800 mm. For perioden april-november var veid middel-pH 4,43 (pH av nedbøren samlet i en beholder). I perioden kom det til dels meget sure episoder, den sureste kom siste uke i mai, 8,6 mm med en pH på 3,65.

Veid middel-pH og middel-konsentrasjonene av SO_4 og NO_3 i nedbøren i Vikedal og i nabostasjonen Skreådalen i Vest-Agder (avstand 90 km) er omlag de samme, Haukeland i Hordaland (avstand 100 km) har lavere konsentrasjoner og høyere pH. Episoder med meget sur nedbør var mer utpreget i Vikedal enn ved de to andre stasjonene. Vikedalsvassdraget kan åpenbart motta nedbørepisoder med meget lav pH og i betydelige mengder. Sammenholdt med de vannkjemiske data er det klart at det lett kan opptre sure episoder i hele eller deler av vassdraget.

2. INNLEDNING

Vikedalsvassdraget er i landsmålestokk et lite vassdrag med nedbørfelt på 119 km² og et innsjøareal på 7,97 km². Vikedalselva har en laks- og sjøaureførende strekning på bare 10 km. Likevel har elva vært blant de bedre fiskeelver i Ryfylke.

I Vikedalsvassdraget ble det allerede i 70-årene rapportert om fisketomme vann og klar nedgang i laksefiske som sannsynligvis kunne settes i forbindelse med surt vann (Sevaldrud og Muniz 1980, Nordland 1981).

Vikedalselva ble av Stortinget i 1973 vedtatt vernet mot kraftutbygging i 10 år. Dette har medført at vassdraget er blitt undersøkt i årene 1978-80 i forbindelse med prosjektet "10 års vernede vassdrag" (Nordland 1981). Det foreligger også fiskebiologiske undersøkelser fra 1969 og 1970 for enkelte vann i nedbørfeltet (Nordland 1981).

Siden 1972 har vassdraget vært fulgt vannkjemisk ved månedlig prøvetaking gjennom de "elveserier" som Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk - Fiskeforskningen - har hatt gående i Norge siden 1965. I 1980 ble prøvetakingen overtatt av det Statlige program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør.

I april 1981 ble det fra lokalt hold meddelt Fiskerikonsulenten i Vest-Norge, Waatevik, om fiskedød i Vikedalselva. Sammen med han foretok Rosseland, Sevaldrud og Hesthagen ved Fiskeforskningen en befaring av elva i begynnelsen av mai. Høsten 1981 ble det satt igang ungfisketelling på faste stasjoner i elva.

I 1982 ble det besluttet å foreta en intensivundersøkelse av Vikedalsvassdraget. Undersøkellesprogrammet omfattet prøvetaking i elva og vassdragets innsjøer, prøvetaking av grunnvann i løsavsetninger i nedbørfeltet, innsamling av nedbørprøver for kjemisk analyse og kartlegging av fiskeforholdene i elva og i innsjøene.

Hensikten med undersøkelsene av grunnvann er å vurdere samspillet nedbør, overflatevann og grunnvann med hensyn til kjemisk vannkvalitet.

En slik omfattende undersøkelse kan danne grunnlag for en langsiktig overvåking av vassdraget. Mens den månedlige prøvetakingen fortsetter, kan en med visse mellomrom (f.eks. 3-5 år) gjenta denne intensivundersøkelsen eller deler av den for å kunne vurdere eventuelle endringer i perioden mellom undersøkelsene.

Undersøkelsene er gjennomført som et direkte samarbeidsprosjekt mellom DVF, NGU, NILU og NIVA.

Denne rapport gir en omtale av tidligere undersøkelser, en generell beskrivelse av vassdraget og en presentasjon av undersøkelsens opplegg og gjennomføring. Fiskedøden våren 1981 og 1982 blir også beskrevet, og det gis en generell vurdering av vannkvaliteten i vassdraget. En avsluttende og mer omfattende vurdering av de innsamlede data er planlagt ferdig i desember 1983.

3. OMRÅDEBESKRIVELSE

3.1 Berggrunnsgeologi

I vassdragets nedbørfelt finnes bergarter fra alle tre hovedledd i fjellbygningen (fig. 1).

1. Det prekambriske grunnfjellsunderlaget.
2. Den kambro-ordovisiske fylittavdelingen.
3. De prekambriske skyvedekkene.

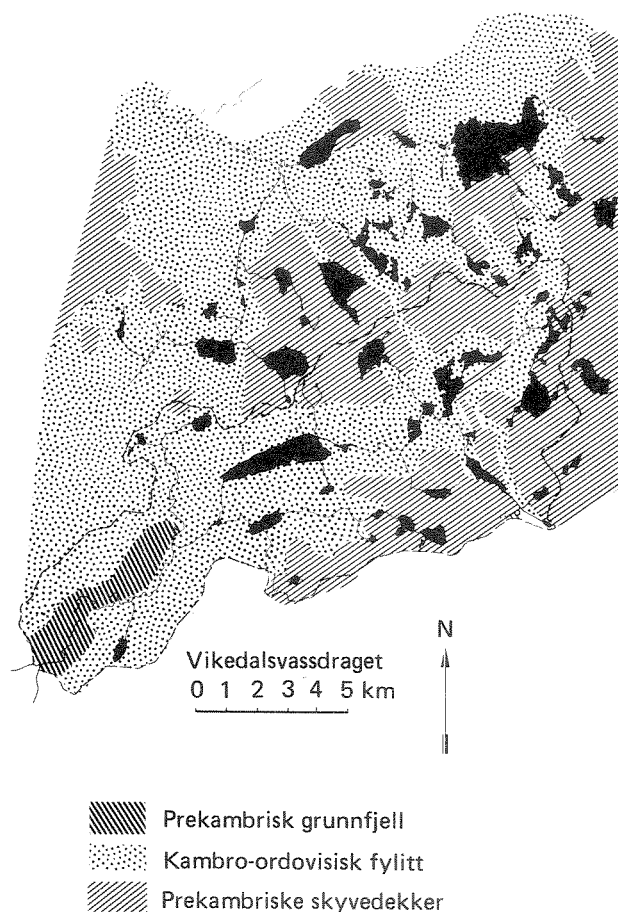


Fig. 1. Berggrunnsgeologi i Vikedalsvassdraget (Kilder: Sigmond 1975, Naterstad (pers. medd.)).

1. I dalbunnen fra Låkafoss til fjorden er prekambriske bergarter blottet. Det er en lysegrå granitt som er både middelskornet granitt og porfyrgranitt. Langs grensen mellom grunnfjellet og de kambro-ordovisiske bergartene har det foregått skyvninger som har forårsaket en konkordant gneisstruktur opptil et par meter ned i grunnfjellsbergartene umiddelbart under grensen.

2. De kambro-ordovisiske fyllittene er utviklet som en svart alunskiferfyllitt nederst. Karbonathorisonter finnes, men opptrer svært sjelden. Opp mot dekkene blir fyllitten en hardere, granatførende glimmerskifer.

3. Over den kambro-ordovisiske fyllittavdelingen ligger et overskjøvet inhomogent kompleks bestående av gneiser av ulike typer. Vanligst er lyse, båndete og folierte gneiser, monzogranittisk-øyegneis og spredte lag med kvartsitt og glimmer-skifer. Helt underordnet opptrer linser og lag av amfibolitt og charnockittiske bergarter.

3.2 Løsmassegeologi

Ved garden Hallingstad opptrer en markert morenerygg på tvers av dalen. Undersøkelser har vist at morenen inneholder betydelige mengder silt og leire (Anundsen 1972), noe som delvis indikerer en marin opprinnelse av avsetningen.

Mellom Hallingstad og Førland opptrer tykke, lagdelte sedimenter. Disse sedimenter finnes i terrasser opp i en høyde av 130 m o.h. Sedimentene er glasilacustrine og avsatt i en isdemt sjø. Øst for Førland opptrer en 80 m tykk akkumulasjon av glasifuvialt materiale. Toppen av denne avsetningen ligger ca. 155 m o.h. Avsetningen er 300-350 m bred ved Førland og smalner av til en ca. 40-50 m bred rygg mot nord-øst.

3.3 Morfologi og hydrologi

Elven har en karakter som er vesentlig forskjellig fra de øvrige fjellelvne i Rogaland (Kontaktutvalget 1972). I motsetning til disse ligger feltet nesten i sin helhet i kaledonske bergarter. Den vide dalen som gjennom dalender og terskler synker jevnt mot fjorden, gir også større relative deler av lavland enn "grunnfjellsvassdragene". Øvre del av vassdraget er sterkt kupert. De høyeste fjelltoppene består av de resistente restene av skyvedekker, stort sett i området 800-1100 m o.h. Den høyeste fjelltoppen, som ligger på grensen av nedbørfeltet, er 1.118 m o.h. (Hustveitsåta). De øvrige topografiske hovedtrekkene i vassdraget er av glasial karakter. Den vide hoveddalen er en typisk glasial dal med utpregede daltrinn. Typiske dalterskler finnes ved Ørnes,

Førland, Hundseid og Roaldkvam. Flere mindre trinn finnes lengre oppe i dalen og i enkelte av sidegrenene. Dalene får dermed et preg av sekkedaler, og fordypningene rommer en rekke vann av fjordsjøtype, hvorav Fjellgardsvatn inntar en dominerende stilling. Det øverste vannet i vassdraget, Fagravatnet (833 m o.h.) ligger ca. 33 km fra sjøen nær grensen til Hordaland fylke. I nedbørfeltet finnes 20 vann med areal større enn 25 da (Nordland 1981). Morfometriske og hydrologiske data for fire av vannene er gitt i tabell 1. Midlere årsnedbør er ca. 1.800 mm, og middelavrenningen for Vikedalselva er ca. $9 \text{ m}^3/\text{sek}$. De teoretiske oppholdstidene er svært korte, ca. 6 mnd. for Fjellgardsvatn og f.eks. bare 2 mnd. for Røyrvatn.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data for 4 innsjøer i Vikedalsvassdraget. Morfometriske data fra Kontaktutvalget (1972).

		Fjellgardsvatn	Røyrvatn	Risvatn	Flotavatn
Nedbørfelt,	km^2	82,25	17,75	8,75	4,00
Høyde over havet,	m	154	230	502	586
Overflateareal,	km^2	2,2	0,44	0,47	0,70
Største lengde,	km	3,7	1,3	1,9	1,6
Største bredde,	m	0,9	0,5	0,45	1,0
Maksimaldyp,	m	95,5	26,5	34,5	38
Volum,	$10^6 \cdot \text{m}^3$	94	7,2	7,6	8,3
Midlere avrenning,	$10^6 \cdot \text{m}^3/\text{år}$	201	42	20,6	9,4
Teoretisk oppholdstid,	år	0,47	0,17	0,37	0,88

Gjennomsnittlig avrenning: ca. $75 \text{ l}/\text{sek} \cdot \text{km}^2$.

I nedbørfeltet til Fjellgardsvatn bor det 50 personer (Nordland 1981), og nedenfor ca. 500 personer. Tettstedet Vikedal fører avløpsvannet direkte i sjøen. I Vikedal sentrum finnes et meieri, et mekanisk verksted og en campingplass. Med unntak av Ternevatn, som er Vikedals drikkevannsmagasin og kan reguleres 60 cm, er det ingen andre reguleringsinngrep i vassdraget.

3.4 Fiskearter

I Vikedalselva forekommer følgende arter: Aure, laks, ål og bekkeniøye. I Fjellgardsvatn er det registrert aure, røye, stingsild og ål (Nordland 1981). Stingsild ble ikke registrert under forsøksfisket høsten 1982. Røye forekommer også i Røyrvatn. I Halsavatn (vest) er det utsatt bekkerøye. Ellers er det bare aure i de andre vannene i vassdraget. De fleste vann over ca. 650 m o.h. er nå fisketomme (Nordland 1981, egne data).

Fig. 2 viser fangst i kg og fordeling mellom laks og sjøaure-fisket i Vikedalselva i perioden 1970-1982. Fram til 1976 var

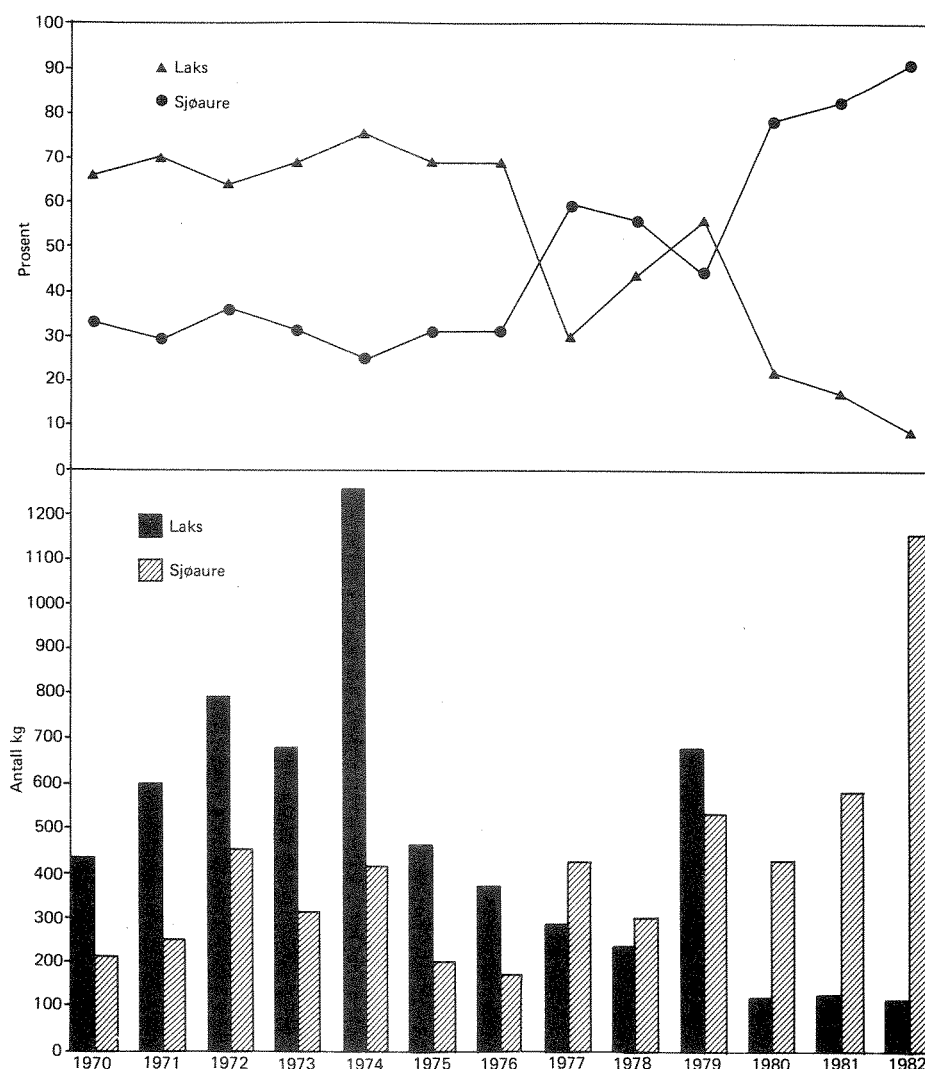


Fig. 2. Fangst og fordeling mellom laks og sjøaure i Vikedalselva fra 1970-1982. (Norges offisielle Statistikk, Statistisk Sentralbyrå).

fordelingen mellom de to artene stabil med ca. 70 prosent laks og 30 prosent sjøaure. Bortsett fra 1979 har det siden 1977 vært fanget mer sjøaure enn laks i Vikedalselva. Fangstene av sjøaure i denne perioden har vært en del større enn i årene 1970-1976. På grunn av det gode sjøaurefisket i Vikedalselva de årene (se fig. 2) må en anta at størstedelen av aureungene er av anadrom form, dvs. sjøaure. 1982 gav rekordfangst med hele 1.156 kg sjøaure. Med unntak av 1979 har laksefisket gått tilbake fra midten av 70-årene. Oppfisket kvantum de tre siste årene har bare vært mellom 117-132 kg mot i gjennomsnitt 578 kg i perioden 1970-1979.

Ved en brukerundersøkelse i elva i 1979 ble det anslått at totalfangsten var fire ganger større enn den oppgitt i den offisielle statistikken. En viktig årsak til denne store forskjellen var en underestimering av sjøaurefangstene (Nordland 1981). Følgelig er trolig forskjellen mellom laks- og sjøaurefangstene større enn det fig. 2 viser.

3.5 Hydrobiologi

Alle innsjøene i Vikedalsvassdraget er oligotrofe (Kontaktutvalget 1972), og det er forholdsvis liten artsvariasjon så vel i fyttoplankton, zooplankton, profundal- og littoralfauna (bunn- og strandfauna) som i makrovegetasjon. Hydrobiologisk sett er gradienten liten fra de høyestliggende til de lavestliggende innsjøene i vassdraget. De fleste fyttoplanktonarter som ble funnet, er vanlige for oligotrofe innsjøer.

4. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Som nevnt er Vikedalsvassdraget ett av de vassdrag Stortinget i 1973 vedtok å verne mot videre kraftutbygging i 10 år. Nordland (1981) gir en klarlegging av de fiskebiologiske verneinteresser som knytter seg til vassdraget, og han har også sammenstilt kjemiske analysedata for noen vann i Vikedalselvas nedbørfelt (tabell 2).

Tabell 2. Kjemiske analyseresultater fra noen innsjøer i Vikedalselvas nedbørfelt i tiden 1969-1978 (etter Nordland 1981).

Vatn	Dato	pH	Konduktivitet μS/cm, 20°C	Ca-Hardhet mg CaO/l
Flotavatn	17/10-1970	5,2	15,9	0,7
	1969	5,4	14,0	1,2
Risvatn	16/10-1970	5,4	15,2	0,6
	15/9-1978	5,8	12,7	1,0
Botnavatn	1969	5,5	12,3	1,5
Røyrvatn	1969	5,0	13,0	0,8
	15/10 1970	5,2	16,0	0,7
Fjellgardsvatn	3/8-1970	6,0	17,1	2,4
	15/10-1970	5,9	16,2	1,0
	13/9-1978	5,9	16,3	1,0
Ternevatn	2/7-1970	5.0	34,8	-
	29/4-1978	5.1	24,2	-

Datoene for prøvetaking i 1969 er ikke oppgitt. Prøvetakingsdyp er heller ikke oppgitt for 1969- og 1970-prøvene, men vi antar at det er overflateprøver som er tatt. I 1970 utførte Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer (1972) en omfattende naturvitenskapelig undersøkelse av Vikedalsvassdraget som en del av en regional undersøkelse av Rogaland. Den limnologiske undersøkelsen omfattet fire av innsjøene i vassdraget. Tabell 3 gir et utdrag av de analyseresultater som er presentert i rapporten. Sulfat er her bestemt som differansen mellom sterke syrers anioner (ionebytter) og analytisk bestemt klorid (potensiometrisk titrering). Eventuelt nitrat er da inkludert i sulfatverdiene. Kalsium og magnesium er bestemt ved EDTA-titrering.

Tabell 3. Analyseresultater fra noen innsjøer i Vikedalsvassdraget i 1970. (Kontaktutvalget 1972.)

Innsjø	Dato	Dyp	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	Alk*	ΣK	ΣA
				mg/l						μekv/l	μekv/l	
Fjellgardsvatn	701014	1	5,9	1,00	0,05	1,70	0,32	3,12	1,9	33	137	161
		12	5,8	1,08	0,07	1,62	0,28	3,23	2,6	29	140	173
		20	5,9	1,12	0,12	1,88	0,70	3,73	2,5	25	167	181
		40	5,8	1,24	0,24	2,12	0,44	4,24	2,7	46	187	222
		60	6,0	1,36	0,24	2,01	0,47	4,24	2,9	57	188	237
Røyrvatn	701015	0,5	5,2	0,68	0,34	1,44	0,32	2,78	2,6	0	139	103
		3	5,2	0,50	0,19	1,54	0,28	2,78	2,5	0	121	102
		10	5,1	0,64	0,26	1,62	0,28	2,90	2,5	0	138	104
		20	5,1	0,68	0,29	2,22	0,28	4,68	2,9	0	170	164
Risvatn	701016	1	5,4	0,64	0,14	1,51	0,28	2,52	1,3	0	120	92
		20	5,4	0,64	0,05	2,01	0,26	2,63	1,4	0	124	104
Flotavatn	701017	1	5,2	0,68	0,05	1,60	0,25	3,12	1,5	0	120	120
		18	5,3	0,64	0,05	1,91	0,28	3,01	0,8	0	132	108

Lars Harald Blikra utførte i perioden juli 1981 til april 1982 en omfattende undersøkelse "Vikedalsvassdraget - vasskvalitet og forsuringsproblem" som semesteroppgave ved Telemark Distrikthøgskole (THD) (Blikra 1982). Undersøkelsen omfattet 16 prøvetakingspunkter, 6 steder i selve elva, i 2 tilløpselver og i utløpet av 8 innsjøer (tabell 4).

Tabell 4. Middelerverdier for observasjoner i Vikedalsvassdraget juli 1981 - april 1982. (Etter Blikra 1982.)

Nr.	Prøvested	Antall prøver	pH	Konduktivitet μS/cm, 20°C	Alkalitet mekv/l	Ca	Mg	EDB-identifikasjon i denne rapport
1	Vikedalselva v/ Oppsalfossen	12	5,86	22,0	0,046	0,88	0,24	OVELV 32.8
2	Vikedalselva v/ Ørnes	10	5,67	19,6	0,038	0,87	0,26	-
3	Vikedalselva v/ Nes	12	5,47	18,4	0,031	0,68	0,21	" 32.1
4	Littleelva v/ Førland	12	5,13	20,8	0,023	0,60	0,21	" 32.2
5	Fløen v/ Koladal	10	4,94	16,2	0,018	0,46	0,15	" 32.3
6	Fjellgardsvatn - utløp	10	5,40	16,1	0,029	0,64	0,21	" 32.6
7	Elva v/ Roaldkvam	10	5,10	15,8	0,020	0,44	0,16	" 32.4
8	Elva v/ Sjurstøl	3	5,30	12,6	0,023	0,33	0,12	
9	Krossvatn - utløp	4	5,20	15,0	0,022	0,45	0,18	
10	Djupetjern - utløp	4	5,28	15,3	0,024	0,53	0,17	
11	Botnavatn - utløp	4	5,32	13,4	0,025	0,60	0,20	
12	Kambetjern - utløp	3	5,60	12,4	0,039	0,41	0,08	
13	Risvatn - utløp	4	5,28	14,2	0,024	0,48	0,13	
14	Halsvatn - utløp	5	4,91	17,2	0,015	0,45	0,14	
15	Elva fra Gullvatn - utløp	5	4,92	16,0	0,016	0,50	0,14	
16	Øyevatn - utløp	5	4,96	15,3	0,014	0,37	0,10	

Sommeren 1981 ble det foretatt en befaring til Vikedalselva, og det ble tatt prøver fra 8 steder i vassdraget (se SFT 1981).

Den rutinemessige prøvetakingen i Vikedalselva ble startet i 1972 i DVF - Fiskeforskningens - elveserie med månedlige prøver ved pkt. 1 i figur 4.

En analyse av dataene fra 1972-79 (Henriksen et al. 1981) viste en tendens til nedgang i denne perioden. Tar en med dataene for 1980 og 1981 (SFT 1982) (fig. 3), endrer den nedadgående tendens seg, og verdiene for disse to årene ligger på omtrent samme nivå som i de første observasjonsår.

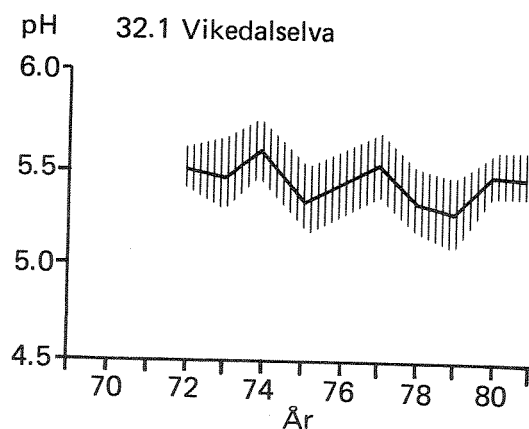


Fig. 3. Arsmidler av pH med standardavvik for Vikedalselva (SFT 1981).

5. UNDERSØKELSESPROGRAM FOR INTENSIVUNDERSØKELSE

5.1 Vannkjemi

5.1.1 Elveprøver

Det tas ukentlige prøver ved følgende steder i Vikedalselva (fig. 4 og 5):

- 32.4 Innløp til Fjellgardsvatn
- 32.3 Elv fra Røyrvatn
- 32.9 Ovenfor Låkafoss
- 32.8 Søndenåfoss

Prøvene tas av lokal observatør og sendes umiddelbart til NIVA pr. post. Prøvetakingen startet 23. mars 1982. Den rutinemessige månedlige prøvetakingen i overvåkingsprogrammet for de 20 elvene på Sør- og Vestlandet går parallelt med intensivundersøkelsen. Denne prøven tas like nedenfor Låkafossen etter samløp fra Littleelva (fig. 5).

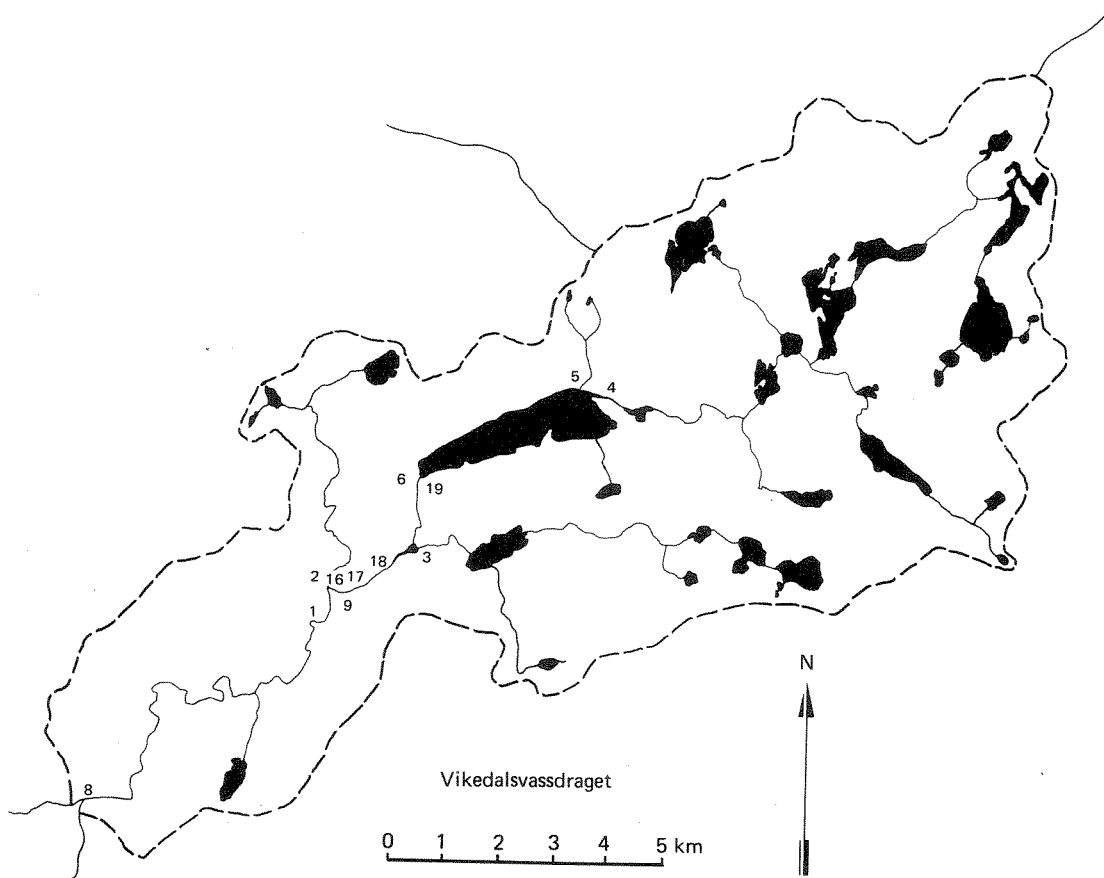


Fig. 4. Lokalitetsnummer for vannprøvetakingspunkter i Vikedalsvassdraget.

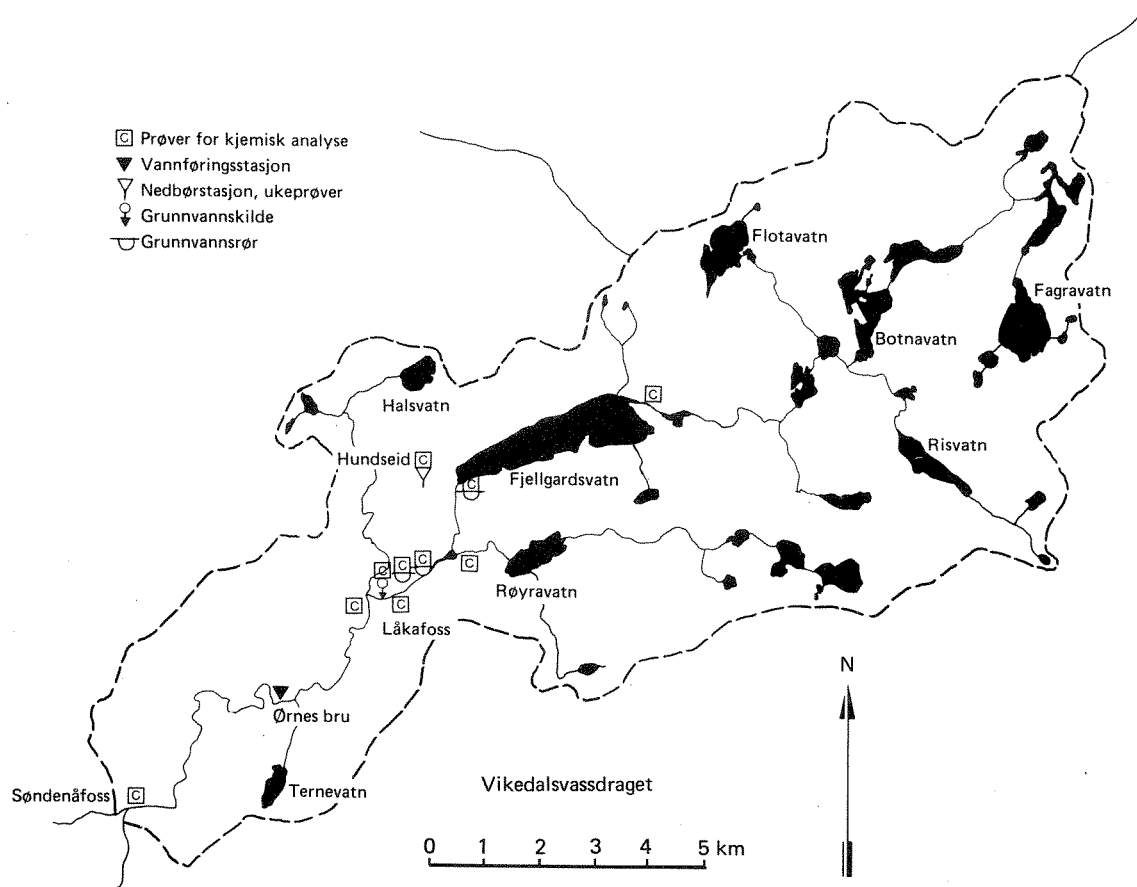


Fig. 5. Oversikt over prøvetakingsopplegg i Vikedalsvassdraget.

I regi av Odd Skogheim ved Fiskeforskningen ble det under snøsmeltingsperioden 24/3-82 til 22/5-82 tatt daglige prøver nedenfor Låkafoossen (på motsatt side av stedet for den månedlige prøvetakingen). Fra 24/3 til 21/6 ble det tatt prøver annen hver dag, i slutten av perioden hver tredje dag. Ved Ørnes bru ble det tatt døgnlige prøver fra 18/3 - 23/3 og fra 8/5 - 22/5. Fra 24/5 til 21/6 fulgte en samme prøvetakingsprogram som ovenfor.

Disse vannprøvene ble tatt på 1-liters plastflasker. 1-2 timer etter prøvetaking ble noe av vannet overført til små plastflasker. Samtidig ble det tatt ut prøver for aluminiumanalyser. Vann for analyse av reaktivt aluminium (RAL) ble overført til et polypropylenrør. Vann for analyse av ikke-labil aluminium (ILAL) ble tatt etter at prøven hadde passert en ionebytter

(DOWEX 50 x 8, 100/50 mesh, Na⁺-form). Disse prøvene ble oppbevart i kjøleskap inntil en uke før de ble sendt til Fiskeforskningen der de ble analysert.

5.1.2 Grunnvann

For kjemisk analyse samt måling av grunnvannstand er det etablert 3 grunnvannsrør langs vassdraget ovenfor Låkafossen. Det tas månedlige prøver fra disse rørene. Det blir også tatt prøver for kjemiske analyser fra en grunnvannskilde (32.16) som slår ut i kanten nedenfor terrassen øst for Førland. Prøvene tas ukentlig samtidig med de 4 prøvene fra Vikedalselva.

Rør 1 (32.17) er plassert i løsmasser, ca. 150 m nordøst for Låkafossen. Røret (påmontert en 1 m lang sandspiss) har en total dybde på 7,35 m under bakkenivå hvorfra prøvene for kjemisk analyse tas. Den 9/2-82 var grunnvannstanden i røret 2,43 m under bakkenivå. Røret ligger like i elvekanten, og den 9/6-82 var vannstanden i elva i bakkenivå for røret. Det vil si at grunnvannstanden i røret lå 2,43 m under elvevannstand. Dette viser at grunnvannsmagasinet ligger dypere enn elva, og det tyder på at bunnen av elva er tett (igjenslammet). Imidlertid kan elva godt infiltrere løsmassene på siden høyere oppstrøms i elva.

Rør 2 (32.18) er plassert ved elvekanten, ca. 450 m oppstrøms rør 1. Røret (påmontert 1 m lang sandspiss) har en total dybde på 5,40 meter under bakkenivå. Den 9/6-82 lå grunnvannsstanden 2,50 m under bakkenivå. Den 9/6-82 lå grunnvannsstanden 2,22 m under elvevannstanden målt rett ut for røret.

Rør 3 (32.19) er plassert ved vannkanten, like ved utløpet av Fjellgardsvatn. Røret (påmontert 1 m lang sandspiss) har en total dybde på 4,45 m under bakkenivå. Den 10/6 lå grunnvannsstanden 0,40 m under bakkenivå. Grunnvannsstanden lå på samme nivå som vannstanden i Fjellgardsvatn.

5.1.3 Nedbør

En nedbørstasjon med innsamling av prøver for kjemiske analyse ble etablert nær Meteorologisk Institutt's stasjon nr. 4685 på gården Hundseid (fig. 5). Nedbørprøvene samles inn ukentlig og sendes NILU for analyse. I september 1982 ble det tatt døgnlige prøver.

5.1.4 Innsjøundersøkelser

I Vikedalselvas nedbørfelt finnes det 29 innsjøer av varierende størrelse (fig. 5). Området er ulendt og noe vanskelig tilgjengelig. I sammenheng med fiskeundersøkelsene (se nedenfor) i en del av innsjøene ble det tatt prøver fra utløpene av en rekke vatn. I tillegg ble det benyttet sjøfly for prøvetaking av noen av de større innsjøene i nedbørfeltet. I tillegg ble 5 vann i tilliggende nedbørfelt (Etneelva og Rødneelva) prøvetatt for sammenligning med innsjøene i Vikedalselvas nedbørfelt. Det ble tatt prøver fra 2 dyp, 1 m og 10 m. Prøvene ble tatt i august-september under normal vannføring og før høstsirkulasjonen var begynt.

I Fjellgardsvatn ble det tatt prøver fra 3 dyp i begynnelsen av september, og prøvetakingen ble gjentatt i oktober og i desember fra 6 dyp. I oktober ble det også tatt prøver fra Røyrvatn på 4 dyp.

Resultatene fra innsjøundersøkelsene vil bli diskutert i neste rapport.

5.1.5 Fiskeundersøkelser

I slutten av april 1981 ble det som nevnt rapportert fiskedød i hovedelva. Det ble foretatt en befarings av elva i begynnelsen av mai. Både høsten 1981 og høsten 1982 ble det foretatt ungfisktellinger på faste stasjoner i elva. Under hele snøsmeltingsperioden våren 1982 ble det foretatt takseringer på bestemte strekninger langs elva kombinert med innsamling av

vannprøver (se ovenfor). Høsten 1982 ble det utført en omfattende undersøkelse av fiskebestanden i en rekke av vannene i vassdraget. Disse resultatene vil bli presentert i neste rapport. En del data vil også bli presentert i Årsrapport for 1982 (SFT 1983).

6. METODER

6.1 Kjemiske analysemetoder

De rutinemessige vann- og nedbørprøver ble analysert med de rutinemetoder som anvendes ved NIVA og NILU. (Se SFT, 1981).

Følgende metoder ble brukt ved Fiskeforskningen (O. Skogheim, pers. medd.):

pH	- Radiometer PHM82
Konduktivitet	- Philips PW9501
Ca og Mg	- Atomabsorpsjonsspektrofotometri (Perkin Elmer Mod. 603).
Na og K	- Atomemisjonsspektrofotometri (Perkin Elmer Mod. 603).
UV	- Ultrafiolett adsorbans (254 mm bølge- lengde, 1 cm kuvettlengde). UV brukes her som et relativt mål på organisk materiale.
Aluminium	- Analysert etter Norsk Standard (NS 4747) men uten oppslutning. Analysen foregikk direkte i polypropylenrørene. Differan- sen mellom RAL og ILAL kalles labilt aluminium (LAL) og representerer den fraksjon som blir ionebyttet. LAL antas å inneholde bl.a. de fraksjonene (alu- miniumhydroksyder) som er antatt å være mest giftig for fisk i surt vann.

6.2 Kjemisk analyseprogram

Analyseprogrammene for de forskjellige kjemiske undersøkelsene av vann og nedbør er summert i tabell 5.

Tabell 5. Analyseprogram for vann og nedbørprøver fra Vikedalselva 1982.

Prøvetype	pH	KOND	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO ₃	SO ₄	Alk	PERM	SiO ₂	NH ₄	RAL	ILAL
Elveprøver, rutine	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
" , våren 1982 (DVF)	x	x	x	x	x	x								x	x
Grunnvann	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
Innsjøer	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
Nedbør	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		

6.3 Innsamling av død fisk

For å få et relativt mål på omfanget av fiskedøden i 1982 ble det opprettet fire faste takseringsstrekninger i Vikedalselva, tabell 6.

Tabell 6. Takseringsstrekninger i Vikedalselva våren 1982.

Sone	Strekning	Lengde
1	Ved Årekol	100 m
2	Ørnes Bru, Balafoss - Kattahøl	370 "
3	Fra Oppsalfossen - Prestaneset	410 "
4	Fra Meieriet - Sagbruket	250 "

Lokaliseringen av hver strekning er avmerket på fig. 6. Totalt utgjorde de fire stasjonene en lengde på 1130 m. Disse strekningene ble valgt på grunnlag av erfaringer fra våren 1981 hvor det ble funnet død fisk. Det ble observert ved hovedsakelig å gå langs land. I sone 1, 3 og 4 ble det observert på venstre elvebredd, i sone 4 på høyre elvebredd.

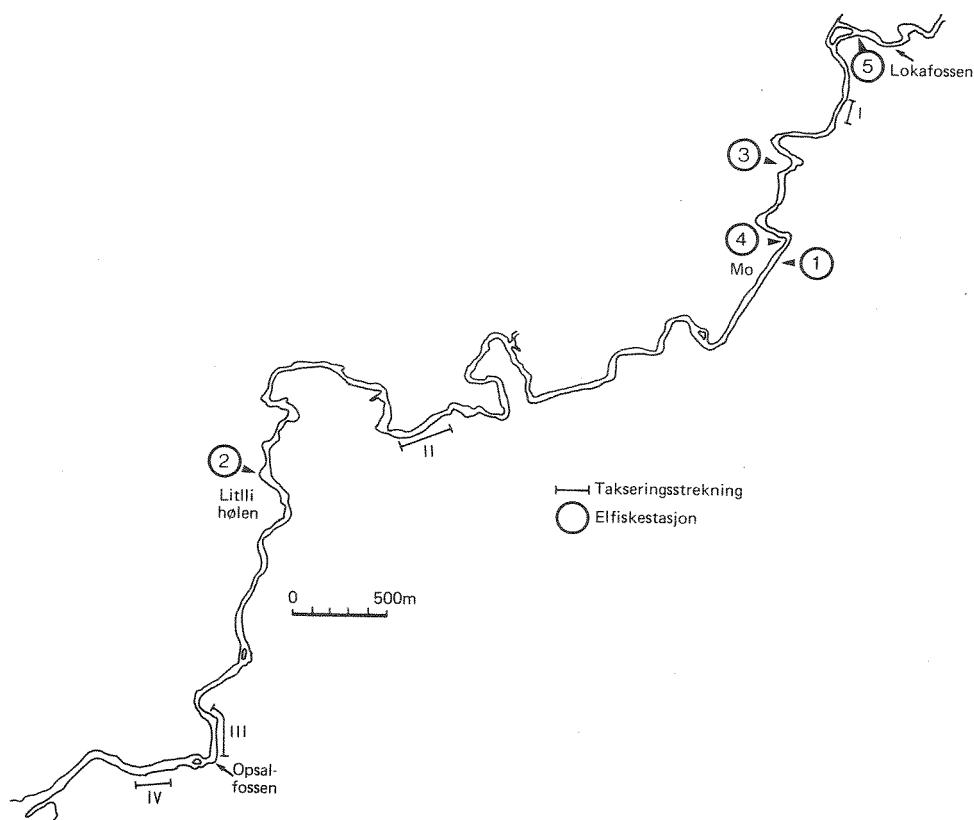


Fig. 6. Vikedalsvassdraget med inntegning av takseringsruter, stasjoner for vannprøvetaking og el. fiskestasjoner fra høsten 1981 og 1982.

Generelt varierte observasjonsbredden effektivt mellom 5 og 10 m, uavhengig av vannføringen. Observatøren brukte polaroide solbriller under takseringen.

6.4 Prøver av fisk

Død fisk fra hver sone ble lagt i plastposer og nedfrosset for senere arts- og aldersbestemmelse (v.h.a. otholitter). Av materialet fra elfiske høsten 1981 ble 71 lakser og 68 aurer aldersbestemt, fra 1982 31 lakser og 16 aurer. Disse aldersanalysene ble videre benyttet ved splitting av lengdefordelingen i aldersgrupper. Det forutsettes at dette gir en tilnærmet riktig aldersfordeling av totalmaterialet.

7. RESULTATER OG DISKUSJON

7.1 Fiskedøden våren 1981

Denne fiskedøden inntraff etter kraftig snøsmelting kombinert med litt regn rundt midten av april (J. Langhelle, pers. medd.). Etter dette ble det registrert relativt mye død fisk og mest i brakkvannsområdet nedenfor Oppsalfossen. Denne episoden var av et slikt omfang at flere hadde lagt merke til den døde fisken på dette området. Etter størrelsen å dømme var trolig mye av denne fisken presmolt. Ved befaring lenger oppe i elva, ble det også her registrert en del død fisk, men ikke på langt nær så mye som lenger nede i elva (J. Langhelle, pers. medd.).

Lengdefordelingen av 28 døde laks- og aureunger, funnet ovenfor Oppsalfossen og ved Ørnes bru den 7.-8. mai, er vist i fig. 7. Blant disse individene dominerte fjorårets yngel, dvs. fisk under 8 cm. Denne gruppen utgjorde henholdsvis 64 prosent for auren og 79 prosent for laksen. Denne fisken var trolig mindre enn den som ble funnet nedenfor Oppsalfossen i april. Det ble også funnet en død sjøaure på 39 cm.

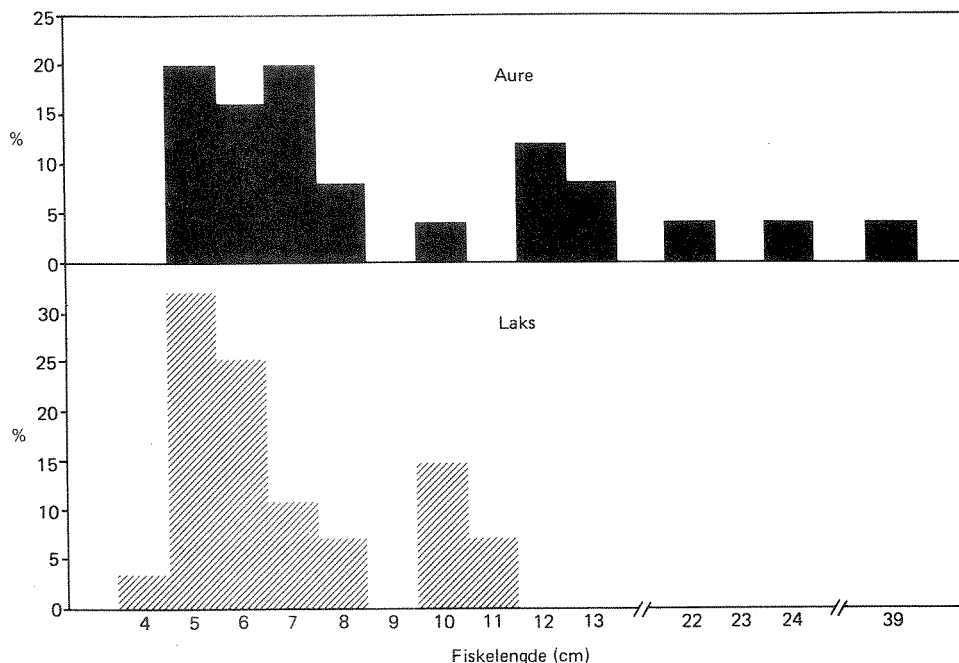


Fig. 7. Lengdefordeling av død laks og aure funnet i Vikedalselva den 6.5-8.5 1981.

7.2 Fiskedød våren 1982

7.2.1 Observasjon av fiskedød

Registreringene ble startet 18. mars med befaring av de faste takseringsstrekningene hver dag fram til 22. mai. Videre var det to dager mellom hver befaring fram til 9. juni, og hver 3. dag til registreringene ble avsluttet den 21. juni.

Antall død fisk i observasjonsperioden, fordelt på ulike arter, er vist i fig. 8. Det ble funnet død fisk i perioden 19.3-12.6. Totalt ble det registrert 70 lakseunger, 34 aurer, to åler og fem niøyer. Fem individer (laks eller aure) ble funnet i første del av observasjonsperioden.

Snøsmeltingen var enda ikke startet rundt midten av mars, og vannstanden var under 60 cm (fig. 8). Etter første vannstandsøkning (maks 75 cm) i slutten av mars ble det registrert en øket dødelighet av fisk i elva. Fram til vannstanden igjen kulminerte, 12. april (60 cm), ble det funnet ialt 28 døde fisker, eller 22 prosent av totalen.

I perioden fra 17.4-26.4, dvs. i løpet av 10 dager, skjedde den klart største dødeligheten ved at hele 42 prosent (45 stk.) av all laks og aure ble funnet død. Denne episoden falt sammen med en økning i vannføringen.

5-6 dager før denne episoden ble de laveste pH-verdiene i Vikedalselva våren 1982 målt: 5,15 og 5,21. Konsentrasjonene av labilt Al var på samme tidspunkt 46-48 µg/l. Da denne beskrevne økningen inntraff, var pH 5,33. I første del av denne perioden ble det funnet hele 10 døde fisker første dag, mot bare ett individ fjerde dagen. Mot slutten av perioden ble det igjen funnet noen flere døde fisk.

Det inntraff også en mindre fiskedød fra første del av mai til ca. midten av mai. Fra 19.5 til 29.5 ble det ikke registrert

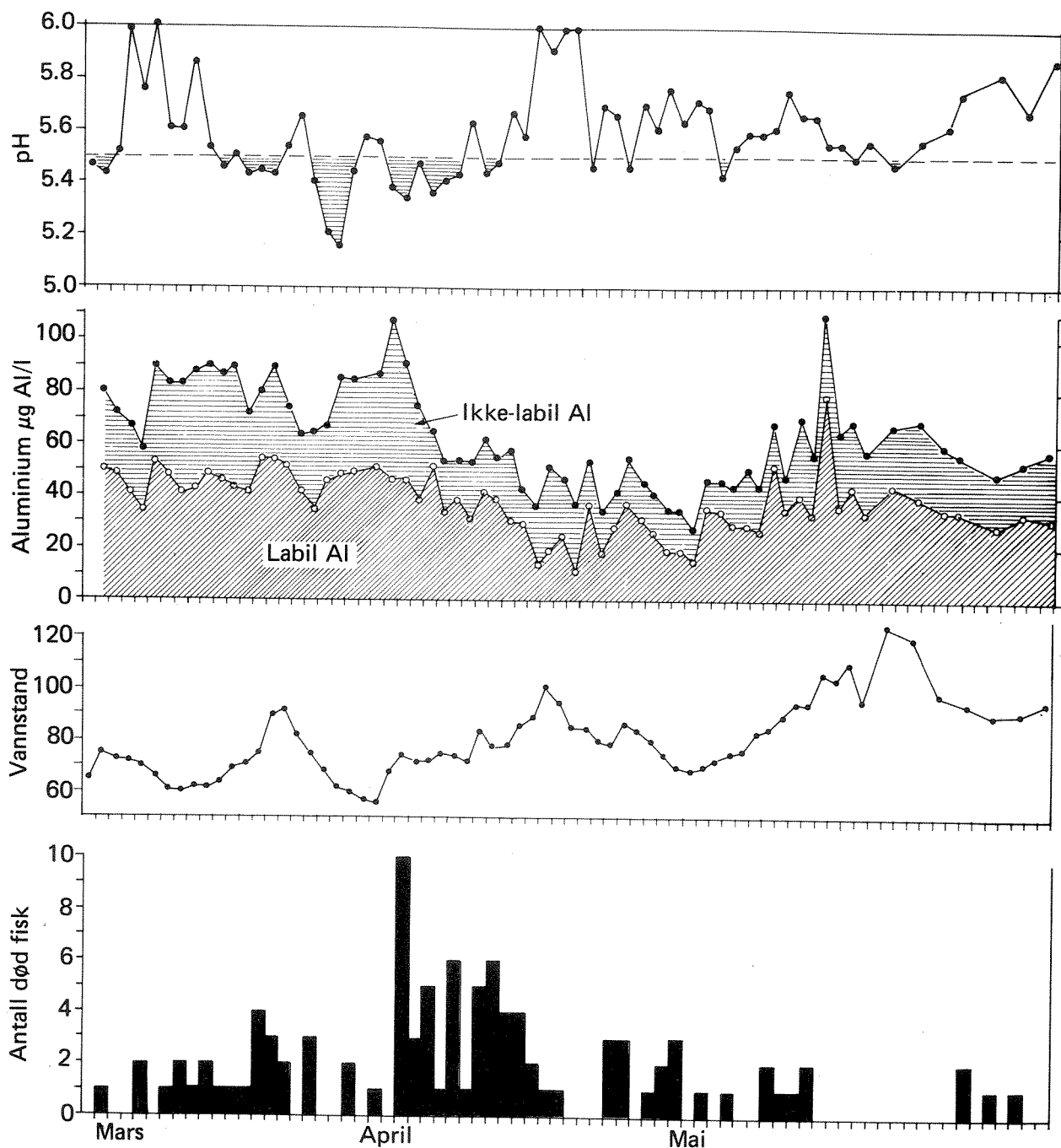


Fig. 8. Antall døde fisker registrert i Vikedalselva i undersøkelsesperioden 18.3-21.6 1982, vist i forhold til vannstand, pH og labilt/ikke labilt aluminium.

død fisk i elva. Fra 30.5 til 5.7 ble de siste døde laks- og aureungene funnet, henholdsvis fire og ett individ. Fra 3.6 til 12.6 ble det bare funnet døde niøyer, ialt fem stk.

Det ble registrert flest døde fisker på strekning 2 (Ørnes Bru) og 3 (ovenfor Oppsalfossen) med henholdsvis 70 (60,3 %) og 41 (35,3 %) fisker. I brakkvannsområdet ble det bare funnet tre døde fisker.

Det ble også foretatt en mer omfattende registrering i brakkvannsonen. Således ble strekningen fra nedstrøms Oppsalfossen og nedover befart med vannkikkert fra båt den 30. april. Imidlertid ble det ikke funnet noen døde fisker i dette området.

For å få et korrekt bilde av når dødeligheten inntraff, ble de døde laks- og aureungene splittet opp i nylig død fisk og fisk som hadde vært død i lengre tid (fig. 9). Kriteriet på nylig død fisk var at den hadde friske gjeller uten belegg av mucus, sopp etc. Forekomsten av fisk som hadde vært død i lengre tid, var liten fram til ca. 20. april. Den markerte økningen i dødeligheten den 17. april synes derfor å ha vært spontan. I løpet av de tre første dagene ble det registrert 17 døde individer. Bare ett individ hadde vært død i lengre tid. Fra fire til syv dager etter 17. april ble det registrert relativt mange døde fisker av eldre dato. Disse fiskene døde trolig i løpet av de tre første dagene i denne perioden. Bortsett fra to dager, da det ikke ble funnet noen død fisk, synes denne episoden å vare fram til 26. april. Det var relativt konstant vannføring i perioden 17.4-26.4 (fig. 8), og følgelig nær samme observasjonsforhold.

I perioden 5.5-16.5 ble det også registrert 10 døende fisk (laks eller aure). Disse fiskene ble observert idet de mer eller mindre ble ført passivt med strømmen.

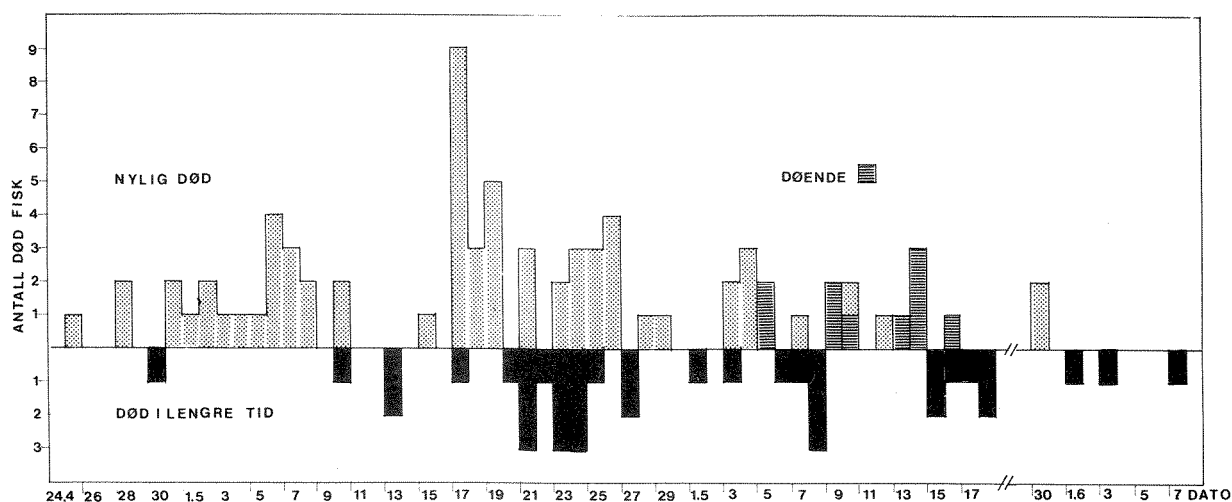


Fig. 9. Fordeling mellom nylig døde laks- og aureunger, de som har vært døde i lengre tid og døende fisk i Vikedalselva våren 1982.

7.2.2 Lengde- og aldersfordeling

Lengdefordeling av den døde fisken fra Vikedalselva, fordelt på laks og aure, er vist i fig. 10. Denne figuren viser også lengdefordelingen fra elfisket i september 1981. Det forutsettes at denne ungfiskundersøkelsen gir et tilnærmet riktig bilde av bestandstrukturen for laks og aure i elva.

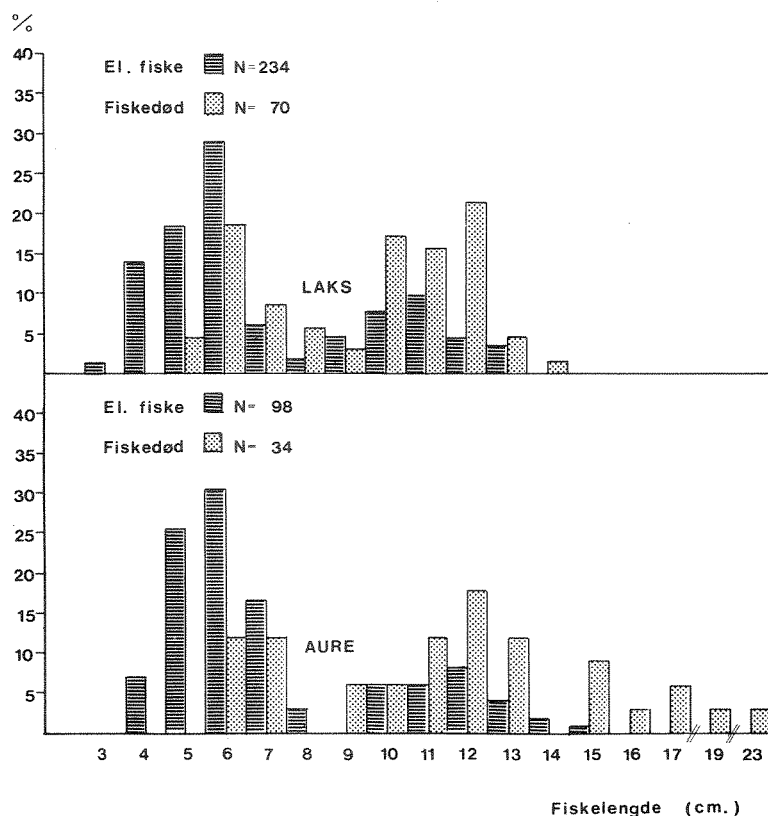


Fig. 10. Lengdefordeling av død laks og aure våren 1982 og fra elfisket høsten 1981 i Vikedalselva. N = antall fisk.

I materialet fra elfisket var hele 71 prosent av laksen og 75 prosent av auren under 9 cm. Tilsvarende tall for de døde fiskene som ble funnet våren 1982, var henholdsvis 37 og 24 prosent. For laks ble det funnet flest døde fisker i lengdeintervallet 10-12 cm (54 prosent). I elfiske-materialet utgjorde denne gruppen bare 21 prosent. Blant auren er det en enda mer markert dødelighet blant den største fisken i bestanden. Hele 53 prosent av den døde auren var over 12 cm, mot bare 14 prosent i lengdefordelingen fra elfisket.

Ved presentasjon av aldersfordelingen blir 0+ fra høsten 1981 betegnet med alder 1 våren 1982 osv. (fig. 11).

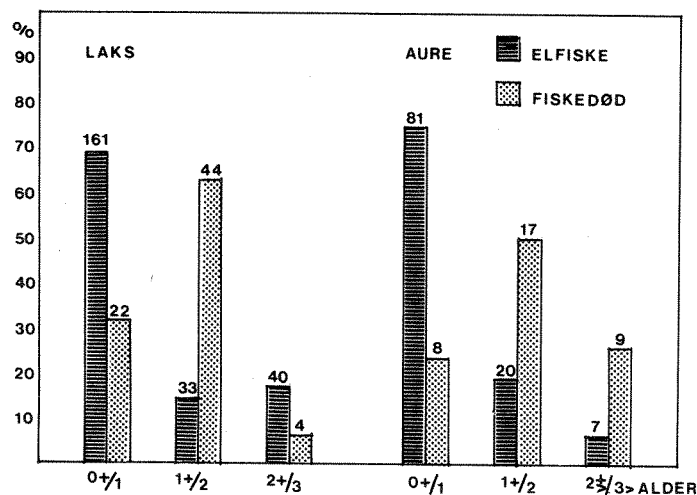


Fig. 11. Aldersfordeling av død laks og aure funnet i Vikedalselva våren 1982 sammenliknet med den fra elfiske høsten 1981. Tallet over hver søyle angir antall fisk i hver aldersgruppe.

Materialet fra høsten 1981 ble samlet inn den 16. september. Det antas at fiskens vekst mellom september 1981 og våren 1982 var ubetydelig. Vanntemperaturen i Vikedalselva var først i midten av mai kommet opp i ca. 7 °C, dvs. etter at det meste av dødeligheten var over (fig. 8). Det er tidligere vist at lakseunger ikke vokser ved temperaturer under ca. 7 °C (Allen 1940).

For både laks og aure var det størst dødelighet blant to-åringene. Denne aldersgruppen utgjorde henholdsvis 63 og 50 prosent av den døde fisken. Blant lakseungene ble det bare funnet fire treåringer (6 prosent) mot 26 prosent for auren inkludert ett individ på fire år. I materialet fra elfiske utgjorde laks 0+ hele 60 prosent og auren av samme alder 75 prosent av bestanden. Blant den døde fisken utgjorde imidlertid denne aldersgruppen (alder 1 våren 1982) bare 31 prosent og 23 prosent av totalen. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i aldersfordelingen mellom de døde laks- og aureungene (signifikansnivå ($p < 0,05$)).

7.2.3 Artsfordeling

Artsfordelingen mellom død laks og aure fra Vikedalselva våren 1981 er vist i fig. 12 som også viser artsfordelingen funnet ved elfiske høsten 1981 og høsten 1982. I materialet fra høsten 1981 utgjorde laksen 68 prosent og fra høsten 1982 61 prosent, dvs. en klar dominans av laks.

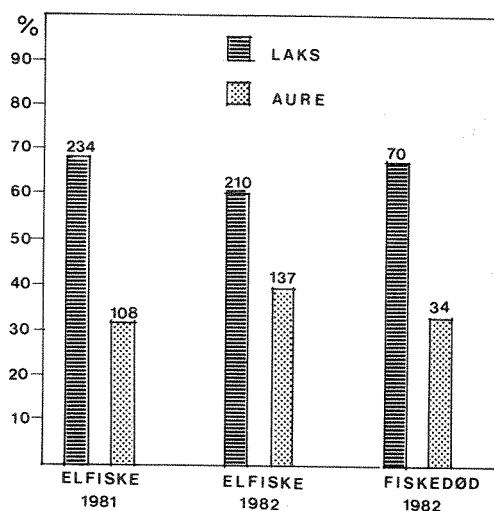


Fig. 12. Artsfordeling mellom laks og aure i Vikedalselva. Data fra elfiske 1981 og 1982 sammenliknet med den registrert under fiskedøden våren 1982. Tallet over hver kolonne angir antall fisk.

Blant den døde fisken fra våren 1982 utgjorde laksen 67 prosent, en ikke signifikant forskjell fra de to fordelingene registrert ved elfiske (signifikansnivå $(p) < 0,05$). Resultatene tyder derfor på at det ikke var noen forskjell i dødeligheten mellom laks og aure registrert i Vikedalselva våren 1982.

7.3 Vannkvalitetsendringer under vårsmeltingen 1982

Analyseresultatene fra snøsmeltingsperioden er gitt i tabell 7 (Appendiks), og pH-variasjonene fremgår av fig. 8. Ukeprøvene som tas ovenfor Låkafossen (32.9), er ikke uten videre sammenliknbare med resultatene gitt i tabell 7, da Litleelva har sitt utløp i Vikedalselva mellom prøvepunktene. Prøver tatt samme dag ved de to prøvepunkter er imidlertid sammenliknet i tabell 8.

Tabell 8. pH i Vikedalselva ved Låkafossen våren 1982.
Sammenlikning av to observasjonsserier.

Dato	DVF nedenfor Låkafoss (32.1)	NIVA ovenfor Låkafoss (32.9)
820329	6,03	5,26
820405	5,43	5,30
820413	5,44	5,41
820419	5,36	5,37
820426	5,58	5,59
820503	5,67	5,77
820510	5,89	5,76
820517	5,66	5,58
820524	5,47	5,65
820601	5,83	5,52
820607	5,60	5,38
820621	5,54	5,63

Døgnprøvene ble samlet over en uke av gangen og deretter sendt til DVF - Fiskeforskningen - for analyse. Tiden mellom prøvetaking og analyse varierer derfor fra prøve til prøve, og det kan ha en innflytelse på pH-målingene, sammenliknet med de rutinemessig innsamlede prøvene, som alle er analysert omtrent like lenge etter prøvetaking (2-3 dager). Hvilken betydning disse forskjeller i prøvebehandling kan ha, er ikke vurdert nærmere. Tabell 8 viser at bortsett fra prøvene fra 29.3, 1.6 og 7.6 er pH-verdiene klart sammenliknbare. Forskjellen på de angitte tidspunkter kan skyldes påvirkning fra Litleelva. Det foreligger målinger fra Litleelva 29.3. Denne (DVF) viser en pH på 4,90. Samtidig viser en måling ovenfor Lå kafossen (DVF) 5,1 tatt samme dag. Denne passer godt til NIVAs måling ovenfor Lå kafossen (5,26).

pH varierer fra dag til dag. I korte perioder er det markerte variasjoner som ikke registreres gjennom ukeprøver. F.eks. sank pH ned til 5,2 den 12. april, dagen før den ukentlige prøven ble tatt. Det er registrert bare to dager med pH under 5,3. Denne perioden inntraff ved relativt lav vannføring, men like før en markert økning i vannføringsnivå, slik at pH-fallet sannsynligvis kan tilskrives en periode med snøsmelting.

Variasjonene i total aluminium og labilt aluminium varierer også sterkt fra dag til dag (fig. 8), og de to aluminiumsformene varierer stort sett i takt. Differansen er imidlertid relativt konstant som rimelig kan være da denne Al-formen i hovedsak er knyttet til det organiske materialet og er lite influert av pH-variasjoner. Labilt aluminium er imidlertid lavest i slutten av april, da pH også er høyest. Konsentrasjonene av aluminium er høyest i en kort periode umiddelbart etter at pH har hatt sitt minimum, i den første fasen av snøsmeltingsperioden. Også i siste del av snøsmeltingsperioden (20.-30. mai) da snøen i den høytliggende delen av nedbørfeltet smelter, finner en også noe høyere konsentrasjoner av total aluminium.

7.4 Vannkvalitetsendringer mars-desember 1982

Som nevnt startet prøvetakingen med ukentlige prøver fra 4 steder i Vikedalselva (fig. 4) og fra kilden ved Låkafossen, 23.3.1982. Mellom 19. juli og 16. august ble det ikke tatt prøver på grunn av ferieavvikling. Analyseresultatene er gitt i tabell 9 (Appendiks). Middelerverdiene (tabell 10) for de enkelte prøvetakingspunkter viser en økende pH fra innløpet til Fjellgardsvatn (32.4) og ned til Søndenaåfoss (32.8). Elven fra Røyrvatn viser den laveste pH, og variasjonene i perioden er små (fig. 13). Variasjonsbredden i pH øker nedover i vassdraget (fig. 13). Alle hovedkomponenter viser også en økning nedover i vassdraget (tabell 10). Dette skyldes delvis en økning i sjøvannspåvirkningen gjennom nedbøren (Na og Cl) og delvis en økende geologisk påvirkning fra nedbørfeltet (Ca og Alk). Den ikke-marine SO₄-konsentrasjonen øker også nedover i vassdraget, noe som mest sannsynlig skyldes en avtagende gradient i sur nedbør-påvirkning fra kysten og innover i vassdraget, men noe av økningen kan også komme fra geologiske kilder og jordbruksaktiviteter i den nedre del av nedbørfeltet. Aluminiuminnholdet avtar nedover i vassdraget som en følge av den stigende pH. Innholdet av organisk stoff (PERM) er meget lavt, slik at pH hovedsakelig bestemmes av alkaliteten (bikarbonat).

Tabell 10. Middelerverdi og standardavvik for noen komponenter i Vikedalsvassdraget for perioden 23.3-31.12 1982 (n = 35).

Lokalitet	pH	Ikke marin								
		Ca mg/l	Na mg/l	SO ₄ mg/l	SO ₄ mg/l	Al µg/l	Alk-E µekv/l	NO ₃ µg N/l	PERM mg O/l	AC µekv/l
32.4 Innl. Fjellgardsvatn	5,13	0,48	1,64	2,1	1,7	67	0,2	141	1,0	19
32.3 Elv fra Røyrvatn	4,94	0,45	1,84	2,3	1,8	104	0	144	1,1	21
32.9 Ovenf. Låkafossen	5,43	0,67	1,78	2,4	1,9	51	2	133	1,0	25
32.8 Søndenaåfoss	5,89	1,09	2,11	2,9	2,3	46	14	247	1,0	34
Kilde	5,72	1,18	2,73	2,0	1,2 1,2	33	37	175	< 0,5	9

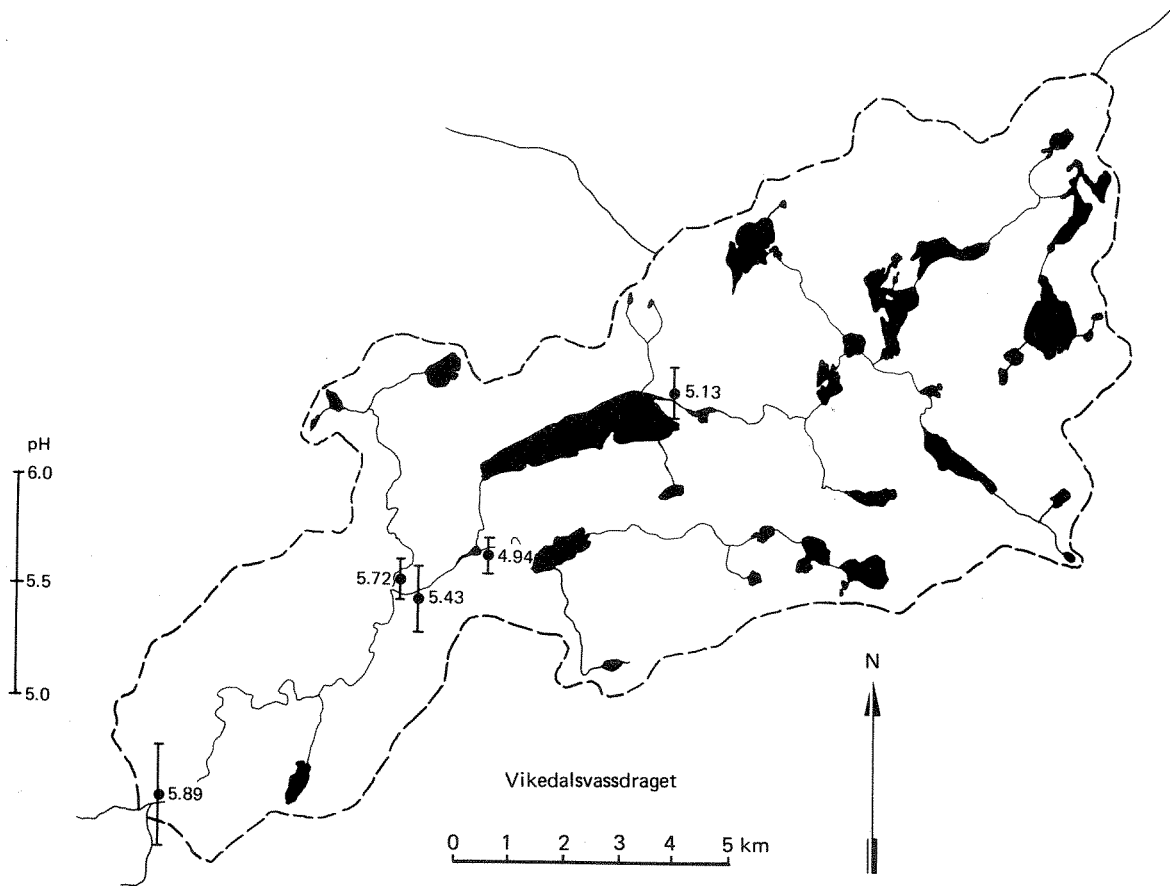


Fig. 13. pH-middeler med standardavvik i Vikedalselva for perioden 23.3-31.12 1982.

Variasjonene i pH, Ca og SO_4 ved de 5 prøvetakingspunktene er vist i fig. 14, 15 og 16.

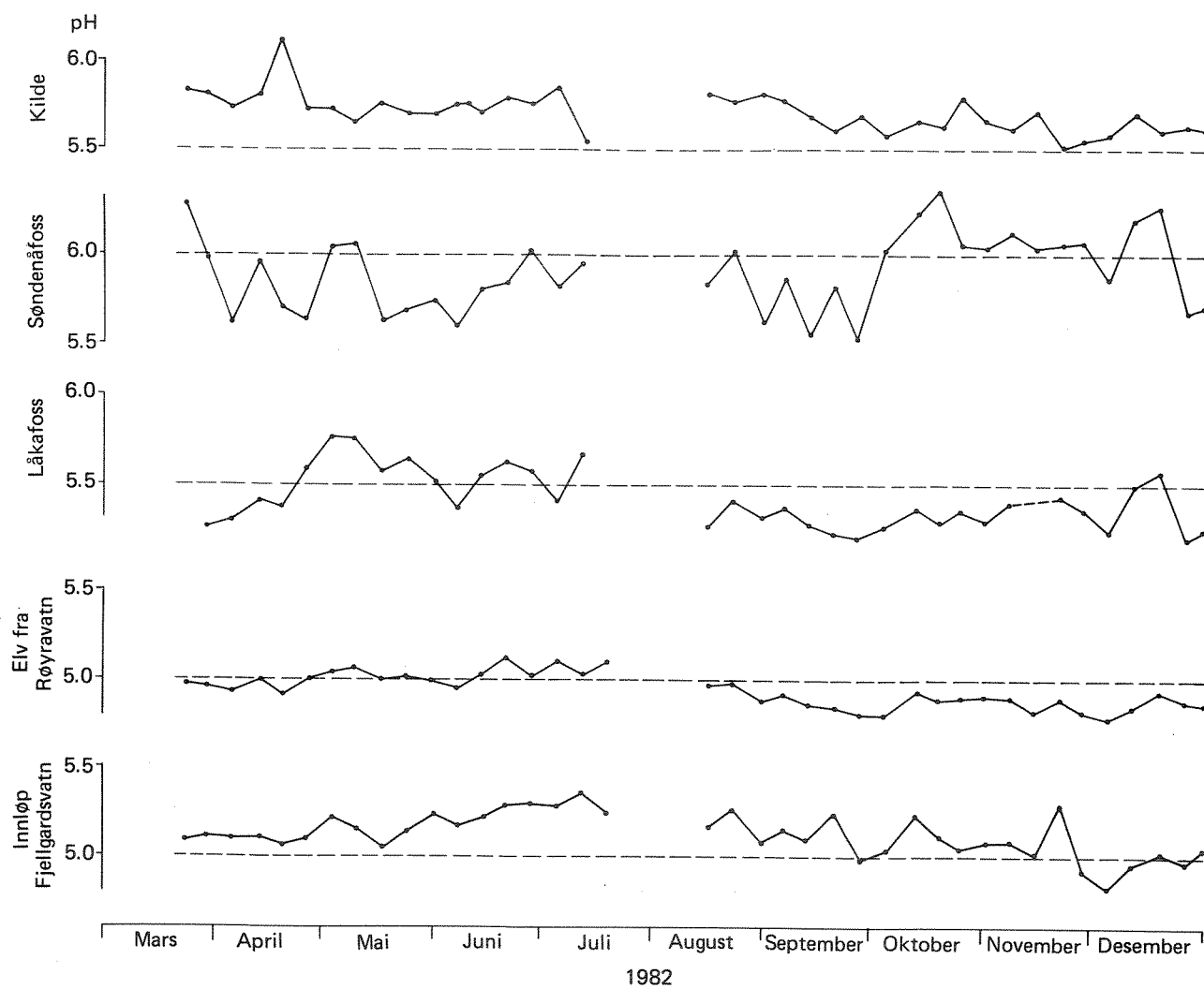


Fig. 14. Variasjoner i pH i kilde og ved 4 lokaliteter i Vikedalselva (se fig. 4).

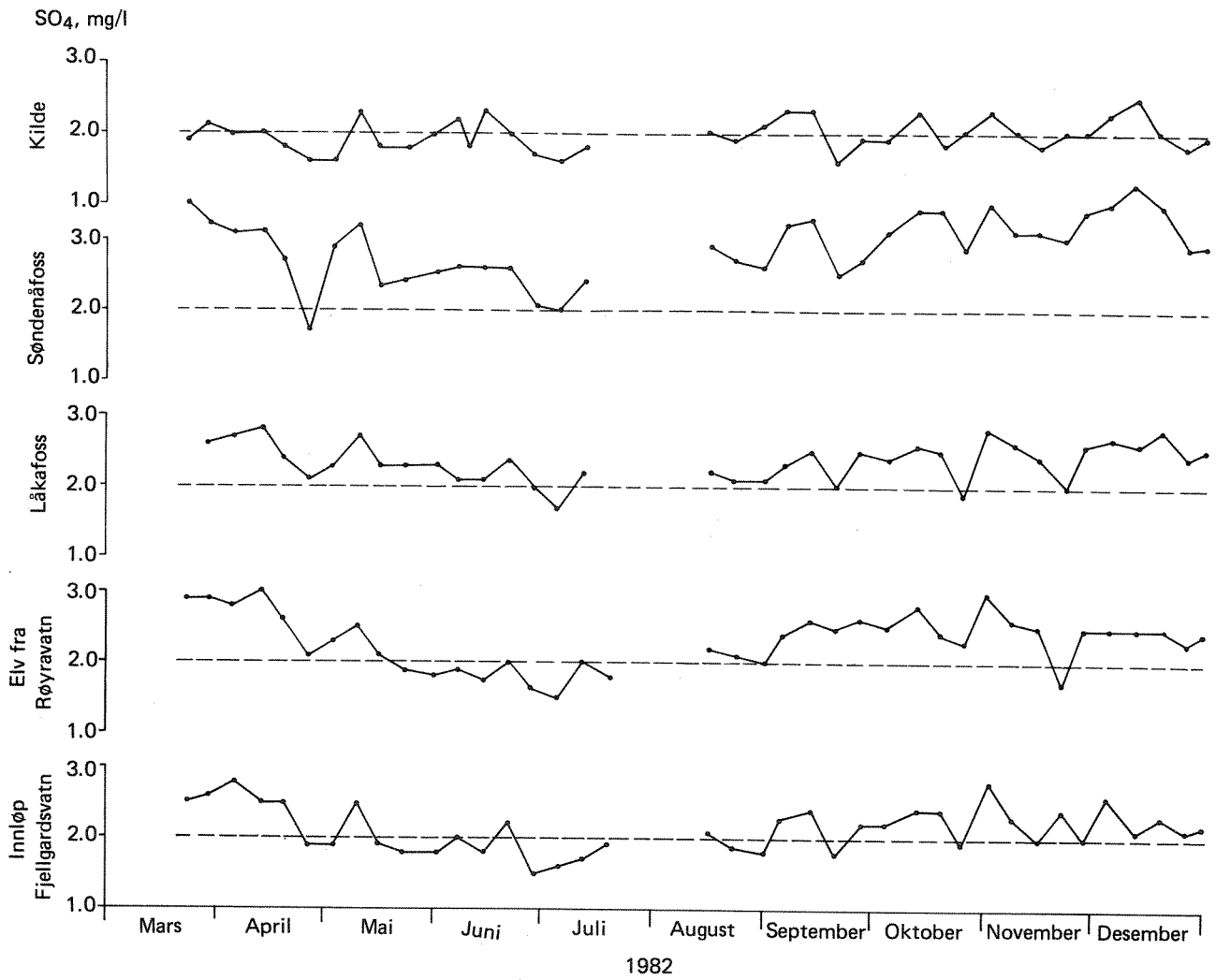


Fig. 15. Variasjoner i sulfatkonsentrasjoner i kilde og ved 4 lokaliteter i Vikedalselva.

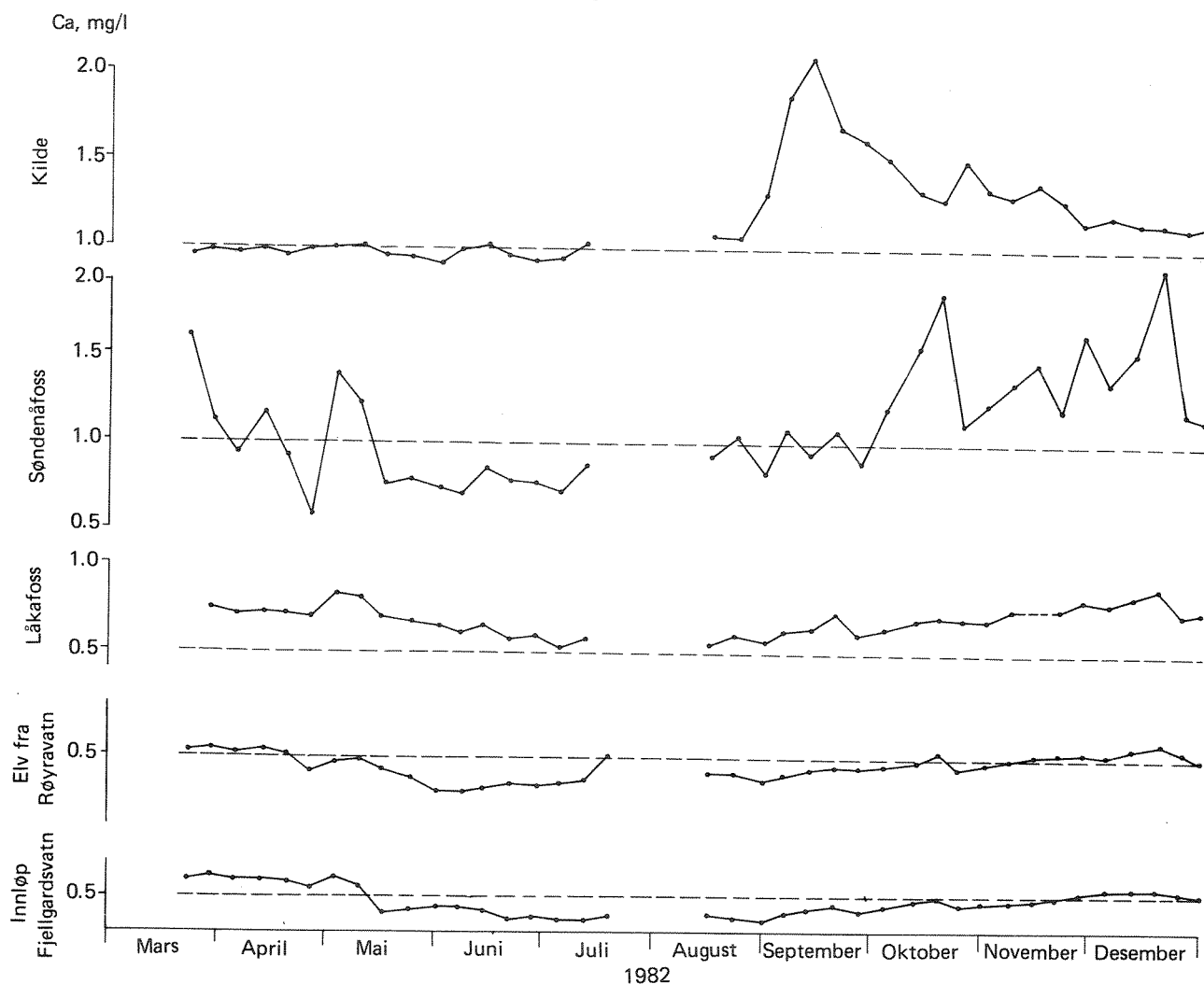


Fig. 16. Variasjoner i kalsiumkonsentrasjoner i kilde og ved 4 lokaliteter i Vikedalselva.

Kilden viser fra april til august små variasjoner i kjemisk sammensetning som ligger nær den en finner i elva ved Låkaåfossen (tabell 11).

Tabell 11. Middelerdier for noen komponenter i Vikedalselva ved Låkaåfossen og i kilden i Veadalén for perioden mars-juli 1982.

Lokalitet	pH	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ µg/l	Al µg/l	Atk µekv/l
v/ Låkaåfossen	5,53	0,68	0,32	1,81	3,16	2,3	143	38	3
Kilde i Veadalén	5,76	0,97	0,42	2,82	4,53	1,9	165	20	48

Saltinnholdet er noe høyere i kilden enn i elva, men forskjellen er liten tatt i betraktning av at vannet fra kilden må ha hatt lang kontakt med berggrunnen og løsavsetninger i forhold til ellevannet. Maksimumskonsentrasjonen av kalsium i ellevannet er 0,83 mg/l, en verdi nær middelkonsentrasjonen i kilden.

I slutten av august endrer imidlertid sammensetningen av kilden seg drastisk. Kalsiuminnholdet øker til det dobbelte i september, men avtar mot opprinnelig nivå i slutten av året. En mer detaljert fremstilling av variasjonene i kilden er vist i fig. 17. (Asterisk-tegnene angir den ikke-marine delen av komponentene.) Kalsiumøkningen blir ikke kompensert

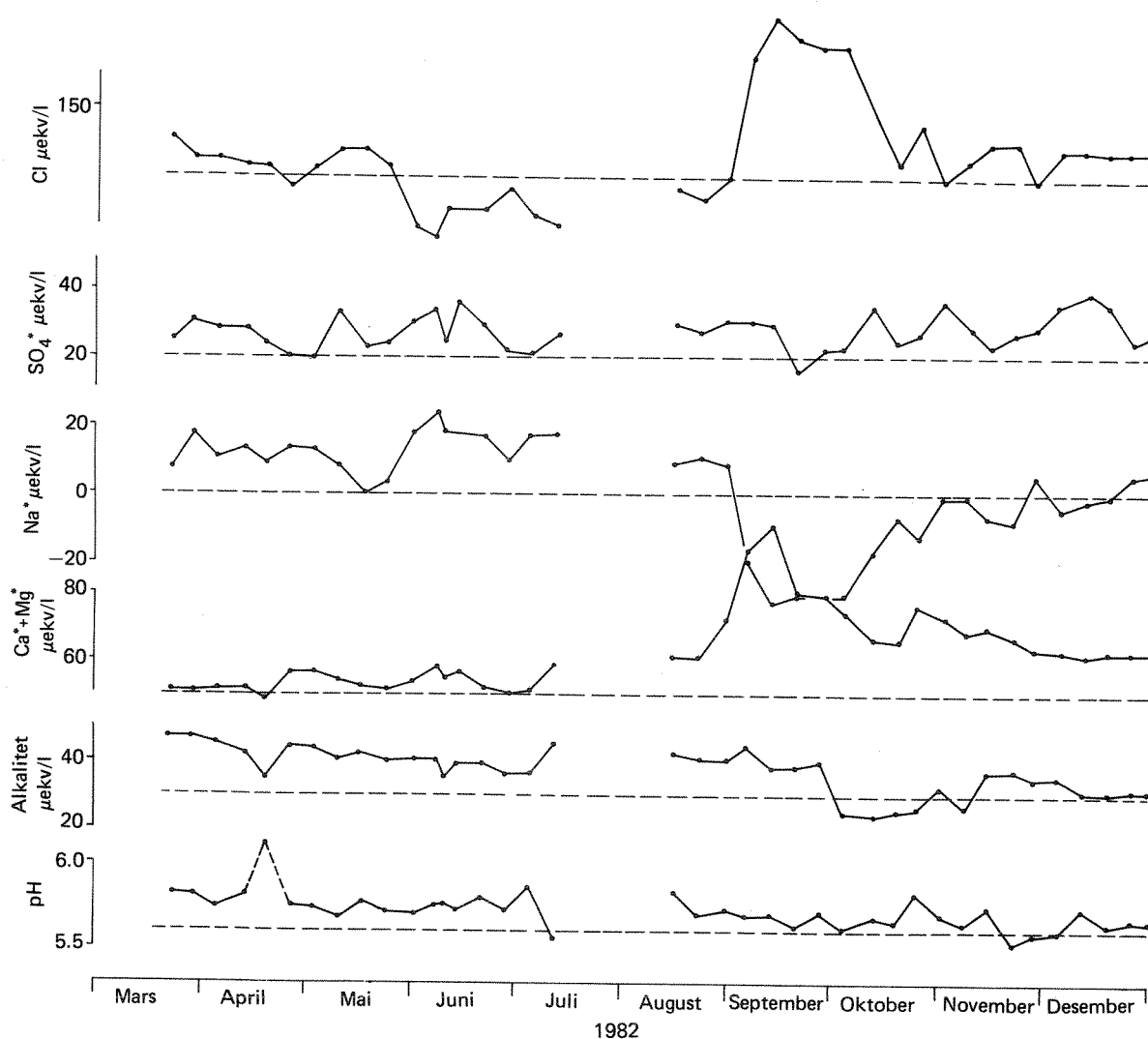


Fig. 17. Variasjoner i noen kjemiske komponenter i kilden i Vealdalen i Vikedal 1982.

med en tilsvarende økning i alkalitet (bikarbonat) slik det er vanlig i et oligotroft vann. Det er $(Ca^* + Mg^*)$, Cl og Na^* som viser klare variasjoner i løpet av høsten. Samtidig som $(Ca^* + Mg^*)$ øker, øker også Cl, mens den ikke-marine delen av natrium (Na^*) blir negativ i samme periode. Normalt er forholdet mellom Na og Cl nær det en finner i sjøvann. $(\frac{Na}{Cl} = 0,86$ på ekvivalentbasis) oftest med et lite overskudd av Na (ikke-marin Na). (Se fig. 17). I september-oktober blir dette forholdet mindre enn 0,86, og dette indikerer at Cl i vannet ikke lenger er totalt balansert med Na. En viss mengde av Cl (ca. 25 μ ekv/l) synes å bli balansert med $(Ca^* + Mg^*)$ (hovedsakelig Ca). Sammensetningen av kilden avviker nå klart fra den en fant i mars-juli. Juni og juli var nedbørfattige måneder i Vikedal dette året, og vannføringen i elva var spesielt lav i slutten av august (fig. 18). Det er rimelig å anta at også grunnvannspeilet sank i denne perioden, og at kilden er blitt tilført vann fra magasin med annen kjemisk sammensetning inntil magasinet fylte seg opp igjen i løpet av oktober, hvorefter sammensetningen av kilden nærmer seg den en fant før den tørre perioden i juni-juli.

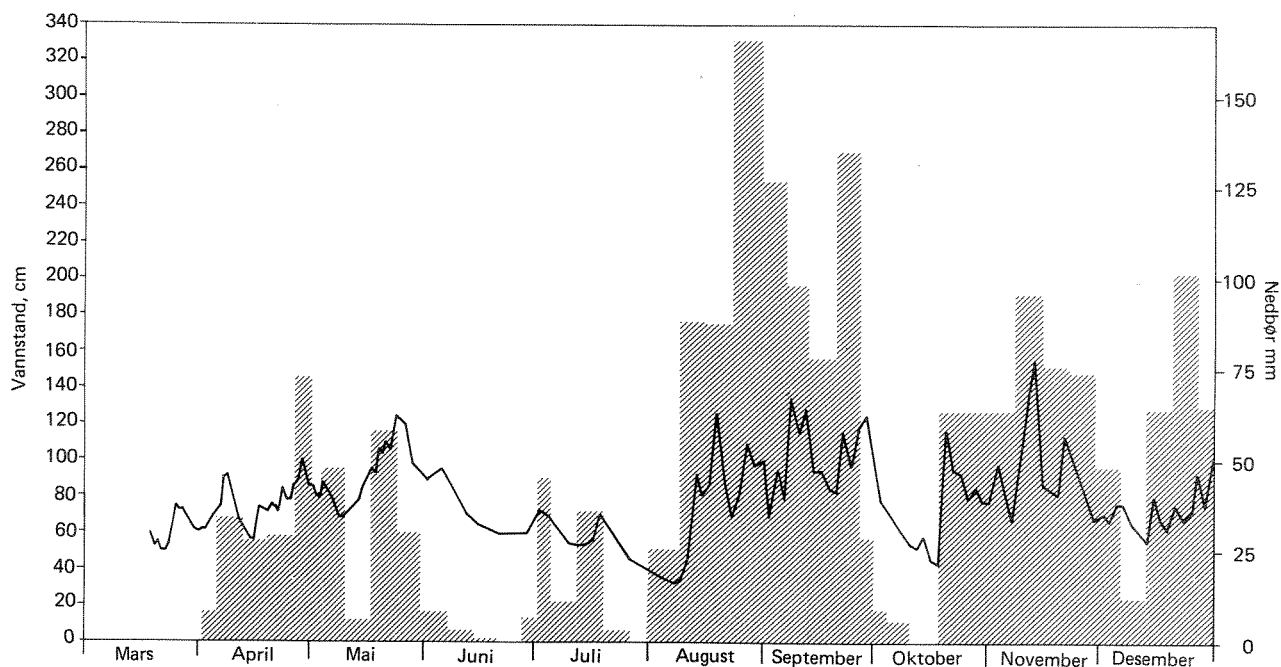


Fig. 18. Vannstand og ukentlige nedbørmengder ved Hundseid i Vikedal april-desember 1982.

7.5 Forsuringssituasjonen i Vikedalselva

Forsuringen av et vann er definert som tapet av alkalitet*, og den kan kvantitativt defineres som differansen mellom "før-forsuringsalkalitet" (opprinnelig alkalitet, Alk_o) og dagens alkalitet (Alk_t):

$$\text{Forsuring (Ac)} = Alk_o - Alk_t \quad (1)$$

Alkalitetsverdier fra før forsuringen i Norge startet er ikke tilgjengelige. Vi må derfor anslå denne størrelsen ut fra vannets sammensetning i dag. Det er vist (Henriksen 1980) at under gitte forutsetninger kan opprinnelig alkalitet (Alk_o) bestemmes ut fra summen av dagens konsentrasjoner av ikke-marin kalsium og magnesium (Ca + Mg).

$$Alk_o = 0,93 \cdot (Ca^* + Mg^*) - 14 \quad (2)$$

Settes nå alk_o inn i ligning (1), får vi et estimat av vannets "før-forsurings"-pH ved den gitte kalsium- og magnesiumkonsentrasjon. Gyldigheten av denne fremgangsmåten avhenger av om konsentrasjonene av kalsium og magnesium var lavere enn i dag før vannet ble forsuret, og i tilfelle hvor mye lavere. Henriksen (1982a) fant at hvis en konsentrasjonsendring har skjedd, kan den ikke ha vært større enn 40 prosent av endringen i sulfatkonsentrasjonen i avrenningsvannet. Denne faktor ble utledet ut fra at sjøer som i dag er sure, ikke hadde noen alkalitet i ikke-forsuret tilstand. Vi vet imidlertid at næringsfattige sjøer i ikke-forsurede områder normalt har alkalitet i nær samme konsentrasjon som summen av ikke-marin

* Alkalitet er summen av baser som kan titreres med en sterk syre. I de fleste naturlige vann er bikarbonationet den viktigste bidragsyter til alkaliteten. Kalsium + magnesium vil oftest være høyt korrelert med bikarbonat i vann som er preget av forvitring av mineraler, og (Ca + Mg) kan derfor brukes som indikator på alkaliteten i ikke-forsuret vann.

kalsium og magnesium (lign. 2). Derfor må en faktor på 0,4 (40 prosent) være et overestimat av en eventuell øket utvasking av basiske kationer ved øket tilførsel av sulfat. I det følgende antar vi at denne faktoren er 0,2, og ligning (3) kan da skrives:

$$\text{Alk}_O = 0,93 \cdot (\text{Ca}^* + \text{Mg}^*) - 0,2 \cdot (\text{SO}_4 - 20) - 14 \quad (3)$$

Vi antar her at den naturlige bakgrunnskonsentrasjon av ikke-marin sulfat i Vikedalsvassdraget er 20 $\mu\text{ekv/l}$ (se Henriksen 1979).

Forsuringen kan da beregnes fra ligning (1) og (3). For noen lokaliteter i Vikedal er resultatene framstilt i tabell 12.

Tabell 12. Middelveidier for forsuringskomponenter i Vikedalsvassdraget. (n = 33-36.)

Lokalitet	pH	Opprinnelig alkalitet $\mu\text{ekv/l}$	Forsuring $\mu\text{ekv/l}$	Ikke-marin sulfat $\mu\text{ekv/l}$	Alk $\mu\text{ekv/l}$
Innl. Fjellgardsvatn	5,13	8,6	16	36	-7
Elv fra Røyrvatn	4,94	5,4	17	38	-12
Ved Låkafossen	5,43	19	17	40	2
Ved Søndenaåfossen	5,89	40	26	49	14
Kilde i Veadalen	5,72	38	1	25	37

Forsuringen (alkalitetstapet) er 15-25 $\mu\text{ekv/l}$, størst ved Søndenaåfossen. Virkningen er størst i elva fra Røyrvatn, fordi den har lavest opprinnelig alkalitet. Kilden viser ingen forsuring. Det er åpenbart at den lengre kontakt vannet har med grunnen før det når grunnvannet, reduserer sterkt virkningen av den sure nedbøren (se Henriksen og Kirkhusmo, 1982). Selv om forsuringsverdiene er relativt lave, er virkningen betydelig fordi vassdraget er svakt

bufret fra naturens side. Det skal derfor ikke store endringer til i tilførsler av sur nedbør før vassdraget kan bli permanent surt.

Det er foreslått en fremgangsmåte for å anslå hvilke pH-verdier et gitt vann vil ha ved forskjellige tilførselsnivåer av sure komponenter i nedbøren (Henriksen 1982b). Denne metoden kan også anslå vannets pH-nivå ved tilførsel av ikke sur nedbør. Utgangspunktet for metoden er en empirisk sammenheng mellom pH og alkalitet (bikarbonat) basert på data fra regionale vannundersøkelser i Norge og fra 20 overvåkingselver.

Disse to komponenter er forbundet med hverandre ved ligningen:

$$\text{pH} = 9,78 + 0,82 \log \text{Alk} \quad (\text{Alk} > 0) \quad (4)$$

Ved å kombinere ligning (3) og ligning (4) kan vi nå anslå "førforings"-pH i Vikedalsvassdraget. Vi kan også "endre" sulfattilførselene til vassdraget og se hvilke pH-enderinger dette vil medføre. Resultatene fra en slik analyse er gitt i tabell 13.

Tabell 13. pH-verdier i Vikedalsvassdraget ved forskjellige nivåer i sulfattilførsler.

Lokalitet	pH ₀	pH _t	pH ₊₂₅	pH ₊₅₀
Innl. Fjellgardsvatn	5,67	5,13	4,84	4,67
Elv fra Røyrvatn	5,51	4,94	4,72	4,56
Låkafossen	5,93	5,43	5,23	4,86
Søndenåfossen	6,18	5,89	5,43	5,25

Tabell 13 viser at de øvre deler av vassdraget ikke tåler økninger av betydning før vannet blir klart surt. Den nedre delen av vassdraget tåler noe mer, men en 50 prosent økning i tilførselene vil også gi lave pH-verdier i denne delen av vassdraget.

De ovenstående betraktninger er basert på middelveidene for 1982 fra 4 steder i vassdraget. En vurdering av forsuringforholdene i de enkelte innsjøene i vassdraget vil bli gitt i neste rapport. Her vil en også vurdere forsuringsendringene i løpet av året.

7.6 Nedbørkjemiske forhold i Vikedal

Som nevnt ovenfor er nedbøren samlet inn som ukeprøver, bortsett fra i september da det ble samlet inn døgnprøver.

Det var lite nedbør våren og sommeren 1982 (fig. 18), og spesielt var juni meget tørr (20 mm). Til gjengjeld var august og september meget våte, med 800 mm. For perioden april-november var veid middel-pH i nedbøren 4,43. Juni og juli, som var de nedbørfattigste månedene, hadde de laveste veide middel-pH verdiene med henholdsvis 3,93 og 4,25. Juni-verdien skyldes nedbøren siste uke i mai med 8,6 mm (nær halvparten av månedens nedbør) og pH 3,65. Juliverdien domineres av nedbøren i den første uken med 10,2 mm og pH 3,85.

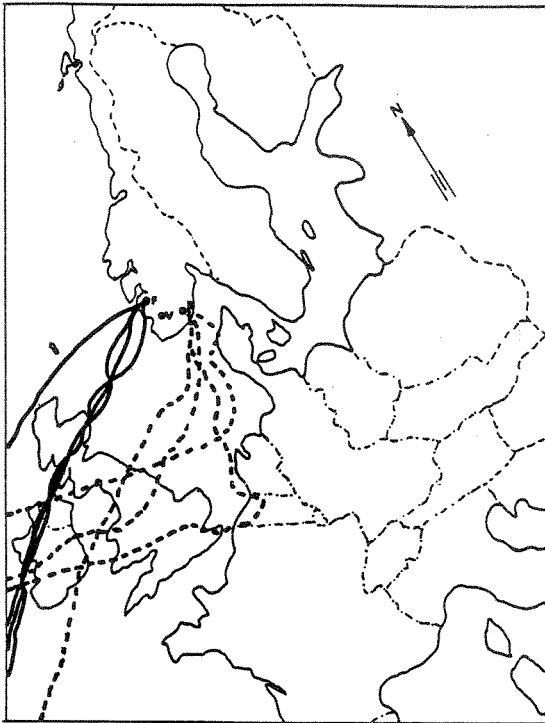
Middelkonsentrasjonene i nedbøren for perioden april-november 1982 på stasjonen i Vikedal er sammenliknet med nabostasjonene Skreådalen i Vest-Agder (avstand 90 km) og Haukeland i Hordaland (avstand 100 km) (tabell 14). Veid middel-pH og middelkonsentrasjonene av SO_4 og NO_3 i nedbøren i Vikedal og Skreådalen er omlag de samme, mens Haukeland i middel har lavere konsentrasjoner av SO_4 og NO_3 og høyere pH.

Nedfallet av sterk syre og sulfat (tabell 14) var omlag like stort i Vikedal og Haukeland, og minst i Skreådalen. Nedfallet av nitrat var imidlertid større i Vikedal enn i Haukeland.

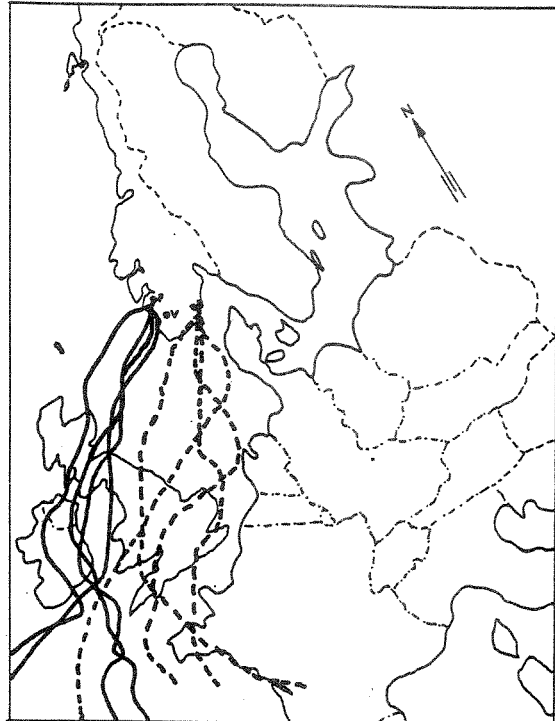
Tabell 14. Sammenlikning av kjemisk sammensetning av nedbør ved tre stasjoner på Vestlandet.

Stasjon	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Middel april-nov. 1982
<i>Månedlige nedbørmengder (mm).</i>									
Vikedal	172,6	183,8	19,9	93,8	363,6	456,8	145,8	314,6	1750,9
Skreådalen	73,0	192,6	29,2	53,5	307,1	416,5	165,5	449,2	1686,6
Haukeland	290,0	151,7	3,6	66,1	493,5	626,0	267,8	662,5	2561,2
<i>Månedlige midler av pH.</i>									
Vikedal	4,41	4,62	3,93	4,25	4,59	4,30	4,27	4,66	4,43
Skreådalen	4,68	4,69	4,50	4,38	4,37	4,44	4,20	4,74	4,48
Haukeland	4,48	4,52	5,42	4,64	4,73	4,50	4,35	4,86	4,59
<i>Månedlige middelkonsentrasjoner av SO₄[*] (mg S/l).</i>									
Vikedal	0,79	0,53	2,75	1,25	0,31	0,91	0,98	0,41	0,69
Skreådalen	0,60	0,56	0,76	0,99	0,71	0,61	1,34	0,36	0,64
Haukeland	0,76	0,61	0,83	1,19	0,26	0,55	0,79	0,23	0,48
<i>Månedlige middelkonsentrasjoner av NO₃ (mg N/l)</i>									
Vikedal	0,37	0,17	0,94	0,26	0,16	0,37	0,45	0,20	0,28
Skreådalen	0,25	0,20	0,30	0,27	0,30	0,26	0,61	0,18	0,28
Haukeland	0,28	0,19	0,19	0,24	0,08	0,19	0,29	0,09	0,17
<i>Månedlige nedfall av H⁺ (mekv./m²)</i>									
Vikedal	6,66	4,43	2,36	5,32	9,29	22,79	7,84	6,82	65,512
Skreådalen	1,51	3,94	0,93	2,26	13,20	15,12	10,49	8,09	55,536
Haukeland	9,65	4,61	0,01	1,51	9,10	19,91	11,97	9,16	65,928
<i>Månedlige nedfall av SO₄[*] (mg S/m²)</i>									
Vikedal	136	97	55	117	111	413	143	129	1202,6
Skreådalen	44	108	22	53	219	253	222	162	1084,1
Haukeland	221	93	3	79	126	344	212	151	1227,8
<i>Månedlige nedfall av NO₃ (mg N/m²)</i>									
Vikedal	64	31	19	24	57	169	65	63	492,10
Skreådalen	19	38	9	14	93	110	101	80	463,39
Haukeland	81	29	1	16	39	116	78	62	422,69

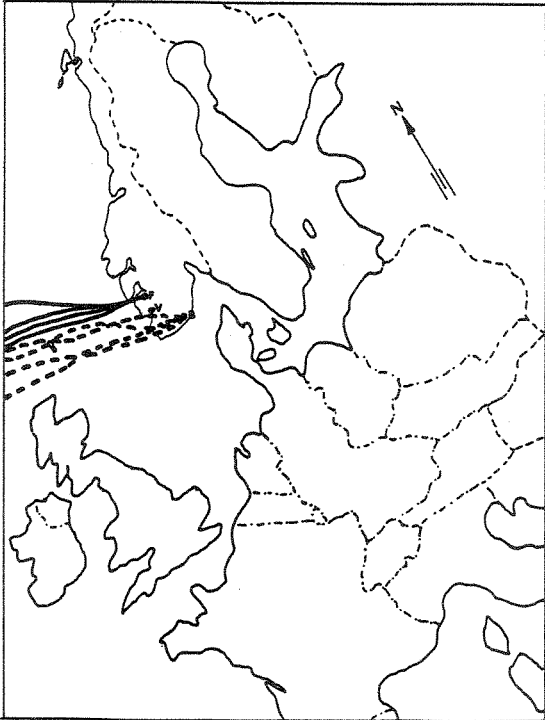
* Korrigeret for sjøsalter.



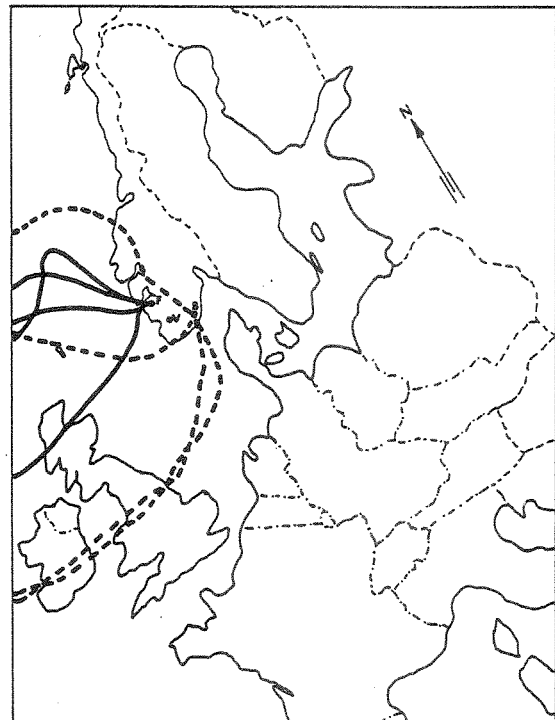
Figur:19 Lufttrajektorier til Fitjar (F) og Birkenes (B) 10-11.sept. 1982. Nedbørdata Vikedal (V) 37.4 mm pH 3.65.



Figur:20 Lufttrajektorier til Fitjar (F) og Birkenes (B) 18-19.sept. 1982. Nedbørdata Vikedal (V): 25.2 mm pH 3.90.



Figur:21 Lufttrajektorier til Fitjar (F) og Birkenes (B) 2-3 sept.1982. Nedbørdata Vikedal (V) 23.9 mm pH 5.20.



Figur:22 Lufttrajektorier til Fitjar (F) og Birkenes (B) 21-22.sept. 1982. Nedbørdata Vikedal: 37.9 mm pH 5.25.

Variasjonene i månedlige middelkonsentrasjoner var markert større, og episoder med meget sur nedbør var mer utpreget i Vikedal enn ved de øvrige stasjonene. Dette kan forklares ved at Vikedal, i motsetning til Skreådalen, ligger i sonen for nedbørmaksimum (Overrein et al., 1980, fig. 2.2), og at Vikedal ligger lenger sør enn Haukeland og derfor mer eksponert for forurenset nedbør fra England. Eksempler på dette er gitt ved trajektoriene for de to nedbørdøgnene som gav mest forurenset nedbør i september i Vikedal (fig. 19 og 20). Trajektoriene viser transport fra England. For sammenlikningens skyld er også trajektoriene for Birkenes i Aust-Agder tatt med.

Det var 6 nedbørdøgn i september med høy pH (>5,0), og i alle tilfellene kom nedbøren fra vest og nordvest, som vist for døgnene 2.-3. september og 21.-22. september (fig. 21 og 22).

Disse foreløpige vurderinger viser at Vikedal kan motta nedbørepisoder med meget lav pH og i betydelige mengder. Ut fra de vannkjemiske forhold diskutert ovenfor, er det klart at det lett kan opptre sure episoder i hele eller i deler av Vikedalsvassdraget.

8. DISKUSJON AV FISKEDØBSEKSERVASJONENE

Registrering av fiskedøden i Vikedalselva våren 1982 ble basert på observasjoner fra land. Totalt ble det funnet bare 70 laks- og 34 aureunger, noe som kan tyde på at denne fiskedøden hadde et begrenset omfang. Fisketellinger på faste stasjoner med el.apparat høsten 1981 og 1982 viste ingen nedgang i tettheten av parr (upubl. data). Imidlertid gir disse undersøkelsene ikke noe grunnlag for å vurdere dødeligheten av presmolt. En overdødelighet av fisk på dette stadiet vil gi en forsinket bestandseffekt ved sviktende rekruttering først flere år seinere.

Erfaringer fra fiskedøden i Tovdalselva våren 1975 viste at den

benyttede observasjonsteknikken har store svakheter (Muniz et al. 1975). Selv under gunstige forhold utgjorde den døde fisken som kunne sees fra elvekanten, en relativt ubetydelig del av all død fisk på en strekning. Befaring med froskemann i Tovdalselva i Nidelva under fiskedødtillfellene har stor betydning for effektiviteten ved slike registreringer. I Vikedalselva ble det således funnet svært få fisk når vannstanden oversteg ca. 80 cm (J. Langhelle, pers. medd.).

Det er også vanskelig å finne egnede elvestrekninger hvor en lett kan finne død fisk. Det er tidligere registrert at død fisk samler seg mest i fordypninger og bakevjer på elvebunnen (Muniz et al. 1979). Øvre del av Vikedalselva er relativt stri og lite egnet for slik taksering. Strekningen ved Årekol var derfor bare 100 m lang. På grunn av store forskjeller i observasjonsforholdene langs elva, blir ikke forekomsten av død fisk på de enkelte strekningene sammenliknet.

De minste individene er trolig noe underrepresentert i materialet over død fisk. Imidlertid ble bare grunnområder nær land befart. Dette i tillegg til daglige observasjoner skulle tilsi redusert sjanse for å overse mindre individer. Under fiskedøden i Tovdalselva våren 1975 var de fleste årsklasser representert, men innslaget av ettåringer var lavere enn ventet (Muniz et al. 1975). De mener dette skyldes en svakhet ved innsamlingsmetodikken. Mindre fisk føres lettere med strømmen og er vanskelig å se ved at den driver under steiner og dekkes av bunnvegetasjon.

Fordelingen av nylig død fisk gjennom sesongen tyder på at det hadde vært flere episoder med fiskedød i Vikedalselva våren 1982. Den største dødeligheten ble registrert 5-6 dager etter den første store vannstandsøkningen i elva denne våren. Denne ble etterfulgt av en klar nedgang i pH til 5,15 og 5,21, som er de lavest målte verdier.

Den vertikale transport av forurensningskomponenter ut av snøprofilen under smelteperioden har stor betydning for tidsvariasjonene i elvas vannkvalitet (Muniz et al. 1975). En stor del av forurensningskomponentene vil bli vasket ut med det første smeltevannet (Dovland 1975, Johannessen og Henriksen 1978). Det første avrenningsvannet vil derfor være sterkt surt og kan ofte ha et høyt innhold av bl.a. aluminium (Al) (Hagen og Langeland 1972, Hultberg 1976, Gjessing et al. 1976, Henriksen og Wright 1977, Jeffries et al. 1977, Driscoll et al. 1980).

Det er antatt at Al har en negativ virkning på overlevelsen av fisk i surt vann (Schofield 1977). Al har den mest toksiske effekt ved pH rundt 5,0 (Schofield op. cit., Muniz og Leivestad 1980). Labilt Al (uorganisk Al) er trolig den formen for Al som er mest giftig for fisk (Dickson 1978, Driscoll et al. 1980).

Ved fiskedøden i Nidelva i 1979 ble de første døde fiskene observert like etter at isen var gått i siste del av april (Muniz et al. 1979). Det ble da funnet fisk i ulike grader av forråtnelse. Dette tydet på at det hadde vært flere episoder, og at fiskedøden hadde pågått i flere uker (Muniz et al. op. cit.). I Tovdalselva våren 1975 ble det i slutten av mars funnet både nylig død og rått fisk (Muniz et al. 1975). De setter denne fiskedøden i sammenheng med to perioder med snøsmelting. Dette resulterte i pH-endringer i elva, både i slutten av januar og i mars måned. pH-målinger etter fiskedøden varierte mellom 4,6 og 4,8. Presmolt av både laks og sjøaure var utsatt for den største dødeligheten under fiskedøden i Vikedalselva våren 1982.

Laboratorieforsøk med ungfisk av laks eksponert ved lave pH-verdier og høye labile Al-konsentrasjoner viste også størst dødelighet for presmolt sammenliknet med ettåringer og øyerogn (Rosseland og Skogheim 1982). Ved pH = 5,0 økte dødeligheten med økende konsentrasjon av labilt Al. Ved nivå

130 µg Al/l var dødeligheten 40 % etter 45 timer. De labile Al-konsentrasjonene under snøsmeltingen i Vikedalselva varierte til sammenlikning mellom 29-78 µg/l. Det er naturlig at en får lavere toksiske Al-nivåer i felt enn i laboratorieforsøk, fordi en i et naturlig vannsystem kan ha andre toksiske stoffer. I tillegg kommer at en har raske endringer i vannkvalitet som virker stressende på fisken.

Manglende gjenfangst av utvandningsklare lakseunger utsatt i sure sørlandselver indikerer også at smolten er følsom for surt vann (Hansen 1982).

Trass i en kort daglig observasjonstid på hver strekning ble det også registrert en del døende individer. Disse ble ført mer eller mindre passivt med strømmen. Slik adferd synes å være karakteristisk for fiskedød i samband med surt vann (Muniz et al. 1975, 1979). Stresset fisk uten normale fluktreaksjoner er også observert i tankforsøk med aure ved lav pH (Leivestad og Muniz, 1974).

Parr-smolt transformasjonen innebærer flere fysiologiske, anatomiske og adferdsmessige forandringer. Smoltifiseringen forårsaker en nedgang i fiskens energireserver, noe som viser seg bl.a. ved en reduksjon i fiskens fettinnhold og ved avtagende kondisjonsverdi (Farmer et al. 1978, Saunders og Henderson 1978, Johnston og Saunders 1981). Dersom smolten i denne perioden i tillegg blir utsatt for betydelig miljøstress i form av surt smeltevann, antas dette å resultere i en overdødelighet som dokumentert i Vikedalselva. Antakelsen om at fiskens yngste stadium er det mest ømfintlige overfor surt vann (Jensen og Snekvik 1972, Leivestad et al. 1976, Rosseland et al. 1980, Muniz 1981) må trolig modifiseres for anadrome salmonider.

Den direkte årsaken til dødeligheten hos ungfisk i surt vann skyldes trolig et stort ionetap. Under fiskedøden i Tovdals-

elva ble det foretatt fysiologiske stressmålinger (Muniz et al. 1975, Leivestad og Muniz 1976). På stasjoner med omfattende fiskedød ble det konstatert betydelig plasma-ionetap hos fisken. Forfatterne konkluderer med at fiskedøden skyldes at fisken mister evnen til å regulere blodets saltinnhold ved lav pH. I forsøket hvor presmolt av laks ble eksponert til surt og Al-holdig vann, ble det også registrert et øyeblikkelig og raskt ionetap av plasmaklorid allerede ved 130 µg labilt Al (Rosseland og Skogheim, 1982).

Basert på artsfordelingen mellom laks- og sjøaureunger i Vikedalselva før og etter fiskedøden våren 1982 var det ingen signifikant forskjell i dødeligheten mellom disse to artene.

Klekkeforsøk har vist at sjøaure er mer tolerant overfor surt vann enn laks (Bua og Snekvik 1972, Johansson et al. 1977). Denne forskjellen i toleranse kunne ikke påvises hos presmolt under den aktuelle fiskedøden.

Fiskedøden i Vikedalselva våren 1981 var etter alt å dømme mer omfattende enn den som her er dokumentert for våren 1982. Våren 1981 var svært nedbørfattig (fig. 23). I april og mai kom det henholdsvis 32 og 64 mm nedbør mot 151 og 232 mm i de samme måneder i 1982. Før fiskedøden inntraff i midten av april 1981, ble det registrert betydelig høyere døgnmiddeltemperatur enn i 1981. Gjennomsnittlig verdi for dagene 1.4-15.4 1981 var 6,5 °C mot 4,3 °C i samme periode i 1982.

En høyere temperatur vil øke avsmeltingen og dermed utvaskingen av forurensningskomponenter (Dovland 1975, Johannessen og Henriksen 1978). En må derfor anta at Vikedalselva var sterkt influert av smeltevann av dårlig vannkvalitet da den omfattende dødeligheten inntraff i midten av april 1981.

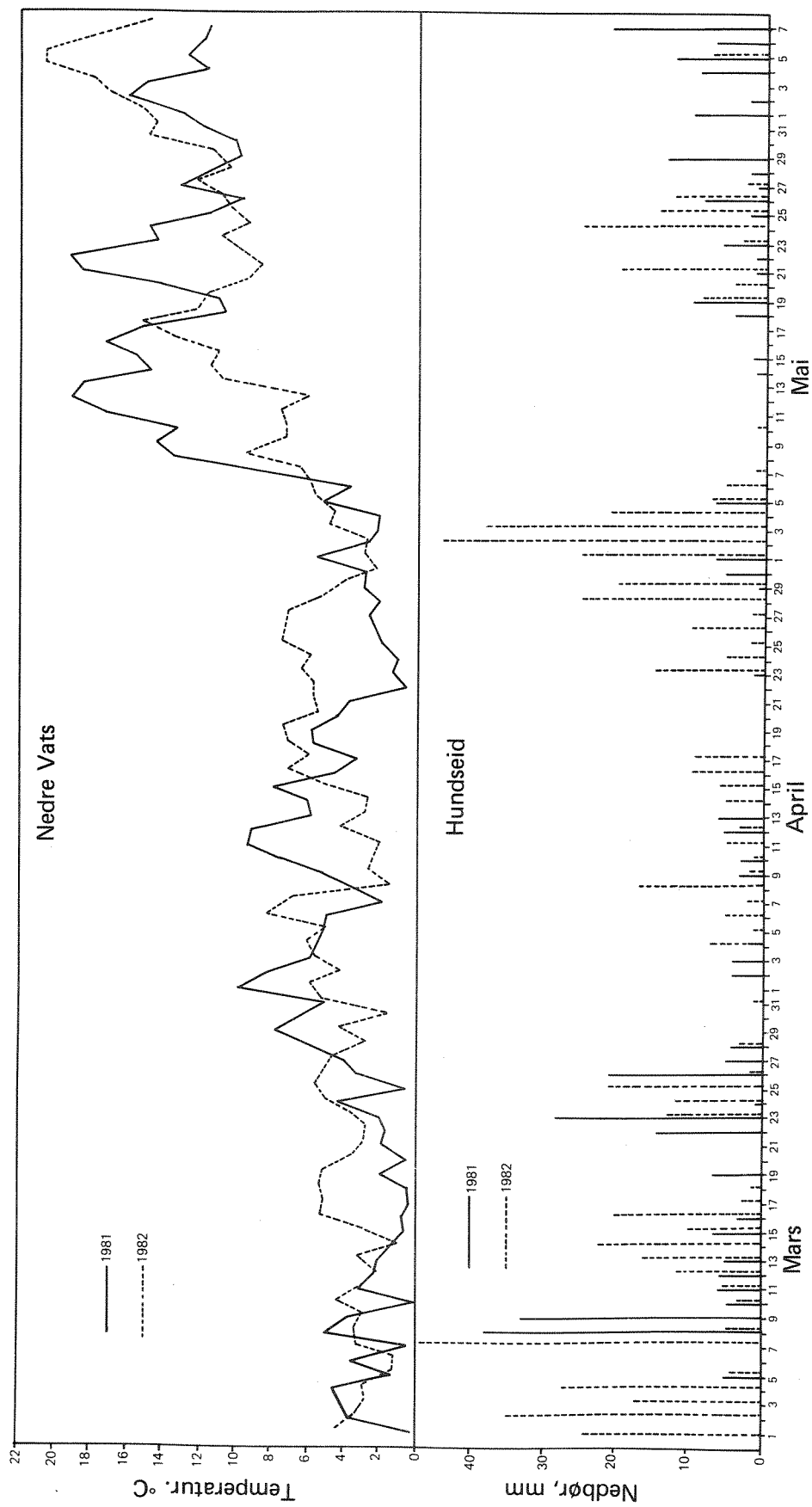


Fig. 23. Nedbørdata fra Hundseid i Vikedal i perioden 1.3-31.5 1981 og 1982, og døgnmiddeltemperatur målt ved Nedre Vats i samme periode.

9. LITTERATUR

- Allen, K.R., 1940. Studies on the biology of the early stages of the salmon (Salmo salar). 3. Growth in the Thurso River system, Caithness, J. Anim. Ecol. 10: 273-295.
- Anundsen, K., 1972. Glacial chronology in parts of southwestern Norway. NGU 280, 1-24.
- Blikra, L.H., 1982. Vikedalsvassdraget. Vasskvalitet og forsuringproblem. Semesteroppgave, Telemark distrikthøgskole. 41 p.
- Bua, B. og Snekvik, E., 1972. Klekkeforsøk med rogn av laksefisk 1966-1971. Virkning av surhet og saltinnhold i klettevannet. Vann 7: 86-93.
- Dickson, W., 1978. Some effects of the acidification of Swedish lakes. Verh. Internat. Verein-Limnol. 20: 851-856.
- Dovland, H., 1975. Tidsvariasjoner for noen kjemiske komponenter i elvevann under snøsmeltingen våren 1974. SNSF-prosjektet, TN 9/75, 38 s.
- Driscoll, C.T., Baker, J.P., Bisogni, J.J.Jr. og Schofield, C.L., 1980. Effects of aluminium speciation on fish in dilute acidified waters. Nature 284: 161-164.
- Farmer, G.J., Ritter, J.A. og Ashfield, D., 1978. Seawater adaption and parr-smolt transformation of juvenile Atlantic salmon, Salmo salar. J. Fish. Res. Board Can. 35: 93-100.
- Gjessing, E.T., Henriksen, A., Johannessen, M. og Wright, R.F., 1976. Effects of acid precipitation on freshwater chemistry, p. 64-85. In F. Brække (ed.): Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway. SNSF-prosjektet 6/76.

- Hagen, A. og Langeland, A., 1973. Polluted snow in southern Norway and the effect of the meltwater on freshwater and aquatic organisms. Environ. Pollut. 5: 45-57.
- Hansen, L.P., 1982. Gjenfangster av merket laksesmolt Salmo salar L. utsatt i to sure elver på Sørlandet. Fauna 35: 145-149.
- Henriksen, A., Dale, T. og Haugen, S., 1974. Smelting av snø i termostatert lysimeter. SNSF-prosjektet, IR 1/74. 18 s.
- Henriksen, A. og Wright, R.F., 1977. Effects of acid precipitation on a small acid lake in southern Norway. Nord. Hydrol. 8: 1-10.
- Henriksen, A., 1979. A simple approach for identifying and measuring acidification of freshwater. Nature 278: 542-545.
- Henriksen, A., 1980. Acidification of freshwater - a large scale titration. In: Drabløs, D. and Tollan, A. (eds.). Ecological impact of acid precipitation, p. 68-74. SNSF-prosjektet.
- Henriksen, A. og Kirkhusmo, L., 1981. Forsuring av grunnvann. Statlig program for forurensning, Rapp. 24/81, SFT/NIVA, Oslo, 49 p.
- Henriksen, A., Snekvik, E. og Volden, R., 1981. Endringer i pH i perioden 1965-79 for 38 norske vassdrag. Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp. 2/81, SFT/NIVA, Oslo, 69 p.
- Henriksen, A., 1982a. Change in base cation concentrations due to acidification. Acid Rain Res. Rep. 1/82, NIVA, Oslo, 50 p.

- Henriksen, A., 1982b. Preacidification pH-values in Norwegian rivers and lakes. Acid Rain Res. Rept. 3/82, NIVA, Oslo, 24 p.
- Hultberg, H., 1976. Thermolly stratified acid water in late winter - a key factor inducing self-accelerating process which increase acidification. Water Air Soil Pollut. 7: 279-294.
- Jeffries, D.S., Cox, C.M. og Dillon, P.J., 1979. Depression of pH in lakes and streams in Central Ontario during snowmelt. J. Fish. Res. Board Can. 36: 640-646.
- Johannessen, M. og Henriksen, A., 1976. Smelting av snø i laboratorie- og feltlysimetre. SNSF-prosjektet, TN 26/76, 43 s.
- Johannessen, M. og Henriksen, A., 1978. Chemistry of snow meltwater: Changes in concentration during melting. Water Res. 14: 615-619.
- Johansson, N., Runn, P. og Milbrink, G., 1977. Early development of three Salmonid species in acidified water. Zoon 5: 127-132.
- Johnston, C.E. og Saunders, R.L., 1981. Parr-smolt transformation of yearling Atlantic salmon (Salmo salar) at several rearing temperatures. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1189-1198.
- Kontaktutvalget for vassdragsreguleringsv., 1972. Fylkeskompendium for Rogaland, Bind I. Universitetet i Oslo. 175 p.
- Leivestad, H. og Muniz, I.P. 1974. Fiskedød ved lav pH. SNSF-prosjektet, TN 4/74. 17 s.
- Leivestad, H. og Muniz, I.P., 1976. Fish kill at low pH in a Norwegian river. Nature 259: 391-392.

- Muniz, I.P., Leivestad, H., Gjessing, E., Joranger, E. og Svalastog, D., 1975. Fiskedød i forbindelse med snøsmelting i Tovdalsvassdraget våren 1975. SNSF-prosjektet, IR 13/75. 60 s.
- Muniz, I.P., Leivestad, H. og Bjercknes, V., 1979. Fiskedød i Nidelva (Arendalsvassdraget) våren 1979. SNSF-prosjektet, TN 48/79. 29 s.
- Muniz, I.P. og Leivestad, H., 1980. Toxic effects of aluminium on the brown trout, *Salmo trutta* L. In: Drabløs, D. and Tollan, A. (eds.): Ecological impact of acid precipitation, s. 320-321, SNSF-prosjektet.
- Muniz, I.P., 1981. Acidification and the Norwegian Salmon. SNSF-contribution FA 120/80. In: Acid Rain and the Atlantic salmon. Proceeding of a Conference, November 22-23, 1980. International Atlantic Salmon Foundation Special Publication 10, s. 65-72.
- Nordland, J., 1981. 10 års verna vassdrag i Vest-Norge. Vikedalsvassdraget. Fiskerikonsulentent i Vest-Norge, Bergen, 42 p.
- Rosseland, B.O., Sevaldrud, I., Svalastog, D. og Muniz, I.P., 1980. Studies on freshwater fish populations - effects of acidification on reproduction, populationstructure, growth and food selection. In: Drabløs, D. and Tollan, A. (eds.): Ecological impact of acid precipitation, s. 336-337, SNSF-prosjektet.
- Rosseland, B.O. og Skogheim, O.K., 1982. Physiological stress and mortality of Atlantic salmon, Salmo salar L., in acid water with high levels of aluminium. ICES C.M. 1982/M: 29. 16 s.

Saunders, R.L. og Hendersson, E.B., 1978. Changes in gill ATP activity and smolt status of Atlantic salmon (Salmo salar). J. Fish. Res. Board Can. 35: 1542-1546.

Schofield, C.L., 1977. Acid snow-melt effects on water quality and fish survival in the Adirondack Mountains of New York State. Res. Proj. Tech. Compl. Rep. Project A-072-NY. Cornell University, Ithaca, New York. 27 s.

Sevaldrud, I.H. og Muniz, I.P., 1980. Sure vatn og innlandsfisket i Norge. SNSF-prosjektet. IR 77/80, 95 p.

Sigmond, E.M., 1975. Geologisk kart over Norge, berggrunnskart SAUDA, 1:250 000. NGU

Statens forurensningstilsyn, 1981. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1980. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 26/81, SFT, Oslo.

Statens forurensningstilsyn, 1982. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1981. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 64/82, SFT, Oslo.

A P P E N D I K S

Forklaring til titler til tabell 7.

<u>Tittelkode</u>	<u>Variabel</u>	<u>Enhet</u>
PH	pH	
KOND	Konduktivitet	$\mu\text{S/cm}$, 20 °C
CA	Kalsium	mg/l
MG	Magnesium	"
NA	Natrium	"
K	Kalium	"
	Adsorbans av ultra- fiolett lys. Kuvette- lengde 1 cm, bølge- lengde 254 nm	ϵ_{254} l cm
RAL	Syre-reaktivt aluminium	$\mu\text{g/l}$
LAL	Labil aluminium	"
ILAL	Ikke-labil aluminium	"

Tabell 7. Kjemiske analyseresultater fra Vikedalselva v/ Låkafossen våren 1982. (Data fra DVF - Fiskeforskningen.)

ORS	DATO	PH	KOND	CA	MG	NA	K	HV	RAI	LAL	TLAL
1	820324	5.47	27.0	.91	.42	2.67	.23	*	79	79	*
2	820325	5.44	25.8	.83	.39	2.68	.17	.036	80	50	30
3	820326	5.52	25.0	.76	.39	2.53	.24	.036	72	48	24
4	820327	5.99	24.8	.84	.37	2.40	.16	.028	67	41	26
5	820328	5.76	23.9	.81	.37	2.40	.15	.025	58	34	24
6	820329	6.03	25.8	.90	.39	3.03	.17	.043	90	53	37
7	820330	5.61	24.2	.88	.37	2.42	.16	.035	83	48	35
8	820331	5.60	24.5	.80	.36	2.54	.15	.039	83	41	42
9	820401	5.87	24.8	.88	.37	2.59	.14	.043	88	43	45
10	820402	5.53	24.5	.85	.37	2.47	.14	.035	90	49	41
11	820403	5.46	24.8	.88	.38	2.41	.13	.035	87	46	41
12	820404	5.51	24.0	.79	.38	2.47	.13	.035	90	43	47
13	820405	5.43	24.0	.82	.37	2.38	.15	.031	71	41	30
14	820506	5.45	24.5	.81	.37	2.42	.19	.019	80	54	26
15	820407	5.43	24.8	.70	.35	2.27	.15	.023	90	54	36
16	820408	5.54	23.0	.80	.35	2.47	.17	.019	74	52	22
17	820409	5.66	22.5	.81	.34	2.29	.14	.023	64	42	22
18	820410	5.40	23.5	.88	.35	2.65	.14	.019	65	35	30
19	820411	5.21	24.5	.82	.35	2.22	.14	.019	67	46	21
20	820412	5.15	23.3	.85	.35	2.20	.15	.036	86	48	38
21	820413	5.44	23.6	.84	.35	2.21	.17	.027	85	49	36
22	820414	5.58	23.5	.90	.35	2.28	.17	.031	*	*	*
23	820415	5.56	23.0	.87	.35	2.29	.16	.027	87	51	36
24	820416	5.38	23.8	.82	.36	2.33	.14	.043	108	46	62
25	820417	5.33	23.8	.80	.35	2.29	.13	.023	91	46	45
26	820418	5.48	22.8	.80	.34	2.21	.15	.023	75	38	37
27	820419	5.36	21.5	.82	.35	2.28	.16	.023	65	52	13
28	820420	5.41	22.0	.80	.34	2.18	.13	.027	53	34	19
29	820421	5.43	22.0	.82	.33	2.12	.14	.023	54	38	16
30	820422	5.64	22.5	.83	.33	2.22	.18	.031	53	31	22
31	820423	5.43	22.5	.72	.31	2.08	.17	.031	62	42	20
32	820424	5.48	21.8	.80	.32	2.08	.13	.027	55	39	16
33	820425	5.68	21.5	.74	.32	2.22	.18	.031	58	30	28
34	820426	5.58	21.5	.78	.33	2.20	.17	.031	43	29	14
35	820427	6.01	21.8	.89	.33	2.21	.13	.031	36	14	22
36	820428	5.92	21.5	.82	.32	2.18	.12	.023	52	19	33
37	820429	5.99	22.0	.87	.34	2.24	.12	.031	47	24	23
38	820430	6.00	22.0	.88	.33	2.22	.12	.027	36	11	25
39	820501	5.46	23.8	.83	.37	2.37	.16	.027	54	37	17
40	820502	5.70	23.5	1.01	.37	2.28	.16	.027	34	18	16
41	820503	5.67	22.7	.93	.35	2.17	.13	.027	42	28	14
42	820504	5.45	24.5	.92	.37	2.33	.16	.035	55	37	18
43	820505	5.70	24.5	1.03	.37	2.24	.20	.031	45	31	14
44	820506	5.61	23.0	.91	.35	2.25	.15	.027	41	27	14
45	820507	5.76	23.5	.96	.37	2.33	.17	.031	35	19	16
46	820508	5.63	23.0	.88	.36	2.24	.13	.031	34	19	15
47	820509	5.71	23.8	.91	.35	2.22	.14	.027	28	15	13
48	820510	5.69	23.5	.91	.36	2.23	.14	.031	46	35	11
49	820511	5.43	23.5	.80	.34	2.24	.15	.023	46	34	12
50	820512	5.54	23.0	*	*	*	*	.019	44	29	15
51	820513	5.59	24.8	.85	.33	2.52	.28	.023	50	29	21
52	820514	5.59	22.5	.91	.34	2.22	.17	.019	43	27	16
53	820515	5.61	22.3	.92	.34	2.21	.17	.019	68	52	16
54	820516	5.76	22.8	.94	.35	2.23	.19	.015	47	35	12
55	820517	5.66	22.0	.85	.33	2.15	.14	.023	70	40	30
56	820518	5.65	21.5	.92	.33	2.12	.13	.023	55	33	22
57	820519	5.55	22.0	.79	.32	2.14	.19	.027	110	78	32
58	820520	5.54	21.5	.88	.33	2.09	.15	.023	64	36	28
59	820521	5.50	21.3	.86	.32	2.04	.15	.027	68	43	25
60	820522	5.55	21.5	.91	.34	2.04	.14	.027	57	33	24
61	820524	5.47	22.5	.86	.31	1.98	.15	.023	68	44	24
62	820526	5.57	21.5	.80	.30	1.89	.15	.023	70	40	30
63	820528	5.61	21.5	.80	.30	1.92	.13	.019	59	35	24
64	820529	5.75	20.5	.75	.28	1.88	.16	.023	57	35	22
65	820601	5.83	21.0	.73	.29	1.93	.13	.023	49	28	21
66	820603	5.68	21.0	.72	.28	1.83	.12	.023	54	34	20
67	820605	5.89	19.5	.72	.28	1.92	.12	.027	58	32	26
68	820607	5.60	18.6	.77	.27	1.82	.12	.023	46	32	14
69	820609	5.56	18.8	.73	.28	1.87	.13	.023	50	30	20
70	820612	5.58	18.8	.78	.27	1.80	.12	.023	40	23	17
71	820615	5.53	19.0	.76	.27	1.83	.12	.015	40	16	24
72	820618	5.55	18.5	.72	.27	1.84	.13	.015	35	27	8
73	820621	5.54	18.8	.77	.27	1.83	.14	.015	36	24	12

* : MISSING VALUE

Forklaring av titler til tabell 9.

<u>Tittelkode</u>	<u>Variabel</u>	<u>Enhet</u>
ELV	Elvenummer	
LOK	Lokalitetsnummer	
Å M D R N G	Dato	
PH	pH	
COND	Ledningsevne	mS/m, 25 °C
CL	Klorid	mg/l
NA	Natrium	"
K	Kalium	"
CA	Kalsium	"
AL	Aluminium	µg/l
MG	Magnesium	mg/l
SULF	Sulfat	"
NO3N	Nitrat	µg/l
PERM	Permanganattall	mg O/l
ALK-E	Alkalitet (Alk. 4,5 korr. til ekvivalenspunkt)	µekv/l
SIO2	Silisium	mg SiO ₂ /l

Lokaliteter (se også fig. 4).

- 32.1 Nedstrøms Låkafoss (rutinestasjon)
- 32.3 Elv fra Røyrvatn
- 32.4 Innløp Fjellgardsvatn
- 32.8 v/ Søndenaåfossen
- 32.9 Ovenfor Låkafoss
- 32.15 Utløp Fjellgardsvatn
- 32.16 Kilde i Veadalen
- 32.17 Grunnvannsrør 150 m ovenfor Låkafoss
- 32.18 " 600 m " "
- 32.19 " nær Fjellgardsvatn

