

Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

Zoologisk Museum

Rapport nr. 236 – 2005

ISSN 0333-161x

**Grunnvannstilførsel til Skibotnelva, Rauma,
Driva, Vefsna og Lærdalselva som mulig
årsak til overlevelse av laksunger ved
rotenonbehandling.**

**Åge Brabrand, Andreas G. Koestler
og Anne Signe Hørstad**



Universitetet i Oslo

Grunnvannstilførsel til Skibotnelva, Rauma,
Driva, Vefsna og Lærdalselva som mulig
årsak til overlevelse av laksunger ved
rotenonbehandling.

Åge Brabrand¹, Andreas G. Koestler²
og Anne Signe Hørstad².

¹Laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske,
Zoologisk museum, Universitetet i Oslo,
Sarsgaten 1, 0562 Oslo

²Geo-Recon AS, Munkedamsveien 67,
0270 Oslo

Forord.

I enkelte laksevassdrag som er behandlet med rotenon er *Gyrodactylus salaris* igjen observert etter noen år. Selv ikke ved godt planlagte behandlinger har det vært mulig å unngå tilbakefall og det har vært vanskelig å komme fram til årsaken(e) til at dette skjer. Det kan enten dreie seg om ny kolonisering eller at infiserte laksunger eller parasitter på annen mottagelig fisk har overlevd behandlingen og at ny spredning innen vassdraget skjer med utgangspunkt i disse individene.

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI) ved Universitetets naturhistoriske museer og botaniske hage, Oslo har sammen med Geo-Recon AS, Oslo, arbeidet med grunnvannstilstrømning og kommunikasjon mellom grunnvann og ellevann. Hovedtanken er at dette kan gi overlevelse nede i eller ved bunnen eller i tilstøtende kildebekker under rotenonbehandlingen.

Den foreliggende rapport er utarbeidet etter oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) og tar for seg Rauma, Driva, Skibotnelva, Vefsna og Lærdalselva. Av disse er Rauma, Skibotnelva og Lærdalselva tidligere rotenonbehandlet, men disse har fortsatt laksunger infisert med *Gyrodactylus salaris*.

I Rauma og Skibotnelva takkes henholdsvis Vidar Skiri og John R. Lambela for å ha bidratt med sitt lokale kjennskap til grunnvannskilder. I Lærdalselva takkes Torkjell Grimelid, Knut Eltun, Sigurd Kirkevoll og Mark Brooks for lokale opplysninger om tilsigsbekker, kilder og grunnforhold.

Oslo mars 2005

Åge Brabrand / Andreas G. Koestler / Anne Signe Hørstad

Innhold

<i>Innledning</i>	5
<i>Faglig bakgrunn</i>	5
<i>Metodikk</i>	7
<i>Resultater</i>	9
Skibotnelva	9
Kildeområde 1	10
Kildeområde 2	10
Kildeområde 3	11
Fisk.....	11
Rauma	14
1. Gravdevatnet/Geitsetra.....	16
2. Ryggvatnet.....	16
3. Alnes	17
4. Området Trollveggen	19
Driva	20
Grøa 1	21
Elveslette Furu/Hovedøyen 2.....	22
Lærdalselva	23
1. Saltkjelen – Nivla – Senda – Hundsteigane.....	24
2. Ljøsne	26
3. Grøtøyane - Voll – Tønjum.....	27
4. Førkjøken - Eri	28
5. Molde – Færestad - Hauge	28
6. Hagusane	30
Vefsna	30
Overlevelsesområder i Vefsna	31
<i>Konklusjon</i>	33
<i>Litteratur</i>	37

Innledning

Rotenonbehandling av elver med laks infisert med *Gyrodactylus salaris* har som målsetting å utrydde verten i vassdraget, for på den måten å utrydde *G. salaris*. Der det har skjedd er reinfeksjon har det vært vanskelig å angi årsakene til dette, men den nærliggende årsak er at infiserte laksunger eller annen mottagelig laksefisk har overlevd rotenonbehandlingen. Rauma og Skibotnelva er tidligere behandlet, men bestandene er fortsatt infisert (Tabell 1.). Denne rapporten fokuserer på grunnvann som mulig årsak til at mottagelig laksefisk kan overleve slik behandling i Driva og eventuelt ny behandling i Rauma og Skibotnelva. Anadrome strekninger som ligger nedenfor mulige områder for etablering av fiskesperre er viet spesiell oppmerksomhet (DN 2001). Dette gjelder spesielt i Driva, som har en meget lang anadrom strekning.

Tabell 1. Anadrom strekning, areal på nedbørfeltene fiskearter og historikk for infeksjon og behandling av Rauma, Driva, Skibotnelva, Vefsna og Lærdalselva.

	Anadrom strekning	Nedbørfelt	Fiskearter	Infeksjon / behandling
Rauma	42 km	1202 km ²	Laks, ørret, 3-pigget stingsild, ål, harr, skrubbe	1. Infeksj. 1980 Rotenon: 1993 2. Infeksj. 1996 Fortsatt infeksjon
Driva	98 km	2487 km ²	Laks, ørret, 3-pigget stingsild, ål, skrubbe	1. Infeksj. 1980 fortsatt infeksjon
Skibotnelva	20 km	770 km ²	Laks, ørret, røye, ål, 3-pigget stingsild, skrubbe	1. Infeksj. 1979 Rotenon: 1988 2. Infeksj. 1992 Rotenon: 1995 3. Infeksj. 1998 Fortsatt infeksjon
Vefsna	126 km	4220 km ²	Laks, ørret, ål, skrubbe, 3-pigget stingsild, harr	1. Infeksj. Sist på 1970-tallet Fortsatt infeksjon
Lærdalselva	41 km	1130 km ²	Laks, ørret, ål, ørekyte, skrubbe	Rotenon apr./aug. 1997 2. infeksj. 1999 Fortsatt infeksjon

Følgende problemstilling kan angis der rotenonbehandling ikke har gitt total dødelighet av mulige verter:

Utveksling mellom grunnvann/tilsigsvann og elvevann/overflatevann kan gi overlevelse av mottagelig yngel og ungfisk som oppholder seg nede i substratet under rotenonbehandling.

Faglig bakgrunn

Mønsteret for tilførsel av grunnvann/tilsigsvann er knyttet til heterogeniteter i både løsmasser og fastfjell. Oppvellingen eller frambruddet kan skje der underliggende tettere sjikt (leire, fast fjell) kommer fram i dagen. Mange vassdrag med anadrome bestander av laksefisk ligger i områder med mye nedbør. Typiske vassdrag i Norge er kompliserte med strekninger gjennom fastfjellsbarrierer og brede dalfører, ofte med betydelige mengder løsmasser. Varierende vannføring (årstidsvariasjon, variasjon i postglacial tid) har gitt heterogene avsetninger. I tillegg er snø- og issmelting en vesentlig årsak til veksellagring av tette leirlag og høyt permeable sand og gruslag. I lavere strøk ut mot havet blir det i tillegg en interaksjon mellom ferskvannsavsetninger og marine leirer. Dette er forhold som er typisk for Vestlandet, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark, og her ligger også flere vassdrag som tidligere er rotenonbehandlet, men med etterfølgende reinfeksjon.

Avhengig av fjellkvaliteten og løsmassene vil grunnvann stå i direkte forbindelse med overflatevann i både elv og innsjø (Castro & Hornberger 1991, Bencala 1993, Stanford & Ward 1992, 1993). Til sammen vil dette utgjøre et hydrologisk kontinuum der det vil foregå ulik utveksling av vann med ulik temperatur og kjemisk sammensetning. I rennende vann vil det derfor være et mer eller mindre kontinuerlig tilsig av grunnvann som kommer inn i elvebunnen, i mengde avhengig av bergartenes og løsmassenes beskaffenhet, høydegradienten i omgivelsene og karakteristika i nedbørfeltet (Brunke & Gonser 1997).

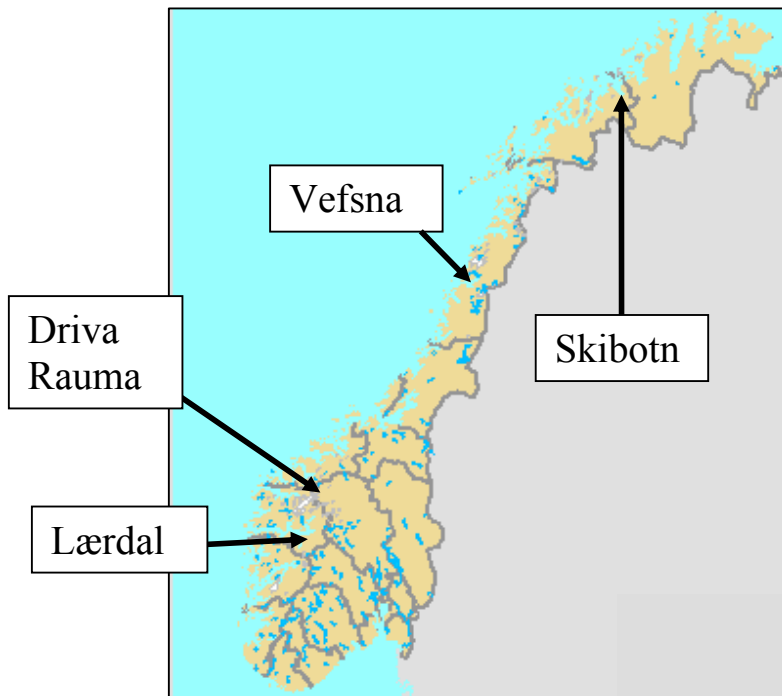


Fig. 1. Grunnvannsundersøkelser er foretatt på anadrome strekninger i Driva og Rauma i Møre og Romsdal, Lærdal i Sogn og Fjordane og Skibotnelva i Troms.

Tilsiget av grunnvann i elveløpet vil avhenge av seks forhold:

- Klimatiske faktorer
- Høydegradienten i nedbørfeltet
- Permeabiliteten i løsmasser
- Heterogeniteter i elvebunnen og elvebredden
- Sprekkesoner i fast fjell
- Bunnforhold og sedimenttype i elveleiet

Grunnvann kan være forskjellig fra overflatevann mht. en rekke faktorer, hvorav de viktigste for de biologiske prosesser er temperatur, oksygen, karbondioksyd, og derved også pH. Grunnvann er kaldere om sommeren og varmere om vinteren, og med betydelig mindre amplitude enn overflatevannet (Evans, Greenwood & Petts 1995). Grunnvann kan også ha lavere innhold av oksygen enn overflatevann (Triska, Duff & Avanzino 1993), men høyere konsentrasjon av karbondioksyd (Pusch & Schwoerbel 1994) som gir grunnvann en annen pH. I tillegg kommer kjemisk påvirkning relatert til bergartenes og løsmassenes sammensetning som stedvis kan gi

relativt store avvik fra den kjemiske sammensetningen som finnes i overflatevannet (kalkholdige bergarter, bergarter rike på svovel-forbindelser).

Disse kvalitetene ved grunnvann gjør at grunnvannspåvirkning har biologiske konsekvenser for bunndyr og fisk. Det vil gjelde spesielt for den delen av faunaen og på de deler av livssyklus som har opphold nede i substratet.

Det er flere faktorer som påvirker selve tilsigsmengden eller tapet av grunnvann til eller fra elvestrengen, og som derved kan gi direkte effekt på bunndyr og fisk (Brunke & Gonser 1997).

- Vannføring av overflatevann i elva
- Tilsigsmengde av grunnvann eller tap fra elva
- Geologi i elveleiet, strukturelle forhold i grunnfjell, løsmasse karakteristika
- Bunnsubstratets permeabilitet
- Småskala topografien av elvebunnen
- Hydrologiske forhold i nedbørfeltet og nedbør fordeling gjennom året, herunder forsinkelse av grunnvannstilsig i forhold til direkte tilsig fra overflateavrenning

På en gitt lokalitet vil det derfor i kontaktsonen være en vekselvirkning mellom grunnvann og elvevann (interfasen: grunnvann – overflatevann) som er bestemt av disse faktorene. En rekke situasjoner kan gi store endringer i forholdet mellom grunnvann og elvevann, og også på samme sted til forskjellig tid. Spesielt vil dette gjelde langt ned i vassdragene med løsmasser på elvesletta og stort ovenforliggende nedbørfelt. Vassdrag i områder med mye nedbør, løsmasser på fast fjell og kompliserte sprekkesoner vil her kunne få oppvellingssoner med en kjemi preget av grunnvann forskjellig fra selve vassdragets. Områder med lagdeling av grus (har stor permeabilitet) og leire (tett sjikt) vil kunne gi konsentrert grunnvannsutstrømning under trykk. Slike forhold er funnet i Steinkjervassdraget (Byaelva), der frambrudd kan ha gitt overlevelse av laksunger etter rotenonbehandling i 1993 (Koestler og Brabrand 2001).

Dersom vannføringen i elva er liten, slik den tidligere har vært tilstredet under rotenonbehandling (perioder med lite nedbør eller akutt situasjon i regulerte vassdrag), vil det relative bidraget fra grunnvannet øke, og interfasen vil kunne være høyt i substratet eller i selve vannfasen i elvestrengen, spesielt der substratet består av grov stein med hulrom langt ned i substratet. Dette er preferert habitat hos laksunger og smolt, som i perioder gjennom døgnet kan oppholde seg nettopp i denne sonen (Heggenes et al. 1993, Bremset and Heggenes 2001). Overlevelsedområder kan derved oppstå.

Metodikk

Interaksjon mellom elvevann, markvann og grunnvann

Det er forsøkt å identifisere to former for tilførsel av vann til elvestrengen, *sigevann* gjennom bredden og direkte *grunnvannskilder* i elvebunnen.

Sigevann kan komme som grunnvann som har fremspring i elvekanten ovenfor elvestrengen og som siger ned gjennom massene i elvebredden. Denne tilførselen vil primært utgjøre en horisontal vannstrøm fra bredden og inn i elvestrengen, men den kan også ha en vertikal komponent opp igjennom bunnsubstratet nedenfor elvekanten eller inn gjennom bredden. Sigevannstilførsel vil gi en temperaturgradient fra bredden og inn i elvestrengen som lettest kan følges noe ned i substratet. Dersom kilden er anaerob vil redusert jern karakterisere kilden.

Grunnvannstilstrømning og grunnvannskilder: grunnvannstilstrømning er et vanlig fenomen i elveleiet der hvor permeable løsmasser er i kontakt med elven med en grunnvannsgradient inn mot elvenivået. Grunnvannskilder er en mer eller mindre direkte punkttilførsel med mulighet for større tilførsler innenfor et begrenset område. De er vanskeligere å lokalisere enn sigevann i elvekanten og i denne undersøkelsen inngår for det meste indirekte metoder som vurdering av lagdeling av løsmasser og kartlegging av gamle elveleier, da forholdene her kan gjenspeile dagens elveleie. Måling av vannfluks opp gjennom substrat ble gjennomført enkelte steder med See-page meter (Lee 1977).

Kartgrunnlag

Det ble anvendt kvartærgeologiske og topografiske kart.

Temperatur

For identifisering av vanntype (oppholdstid i bakken) ble det benyttet digitalt termometer ((Fluke 51 med sonde) som kunne stikkes ca 15 cm ned i substratet. Dette ble brukt både i elvebunnen, elvebredden og i mulige kilder på elveslettene og i elveterrasser. Under disse forhold ble den relative temperaturforskjellen brukt til å identifisere tilsigvannets opprinnelse, dvs. overflatevann versus grunnvannspåvirkning. Det ble også benyttet rør som gjorde det mulig å måle temperatur i bakken inntil 70 cm's dybde.

Betegnelser

- *Elvevann:* Flytende vann i elveløpet
- *Markvann:* Overflatenært grunnvann som drenerer myr og skog med middelskalde temperaturer (under befaring: 10 - 12 °C)
- *Grunnvann:* Vann som finnes i vannførende lag og renner ut i kilder med lav temperatur, ofte observert som sigevann (under befaring: 3,9 - 7 °C). Grunnvann med lang oppholdstid i bakken viser årets gjennomsnitttemperatur i området.
- *Fastfjell:* All "hardrock" som fjellunderlag betegnes her som fastfjell, og inkluderer grunnfjell, metamorfe sedimenter, granitter eller gneiss.
- *Leire:* Avsatt i stillestående vann. Svært lav permeabilitet for vann, regnes som tett sjikt (kan være av marin, limnisk eller glacial opprinnelse).
- *Grus og sand:* Elveavsetninger, regnes som vannbærende sjikt (breavsetninger er ofte ganske tette selv om de inneholder større steiner og blokker, men materialet innimellom inneholder mye leire).
- *Elvebunn:* Substratet i hovedløp og rennende vann i sideløp
- *Elvebredden:* Løsmasser eller fastfjell fra vannlinjen og opp til fast terrestrisk vegetasjon
- *Elveslette:* Fluviale avsetninger
- *Dalflanken:* Bratt dalsideuten vegetasjon
- *Dalbunn:* Elveslette og rasområdene nedenfor dalflanken

Værforhold

Det ble valgt å befare vassdragene i perioder med varmt vær uten nedbør og uten nedbør i minst en uke forut for befaringen. Dette førte til lite overflatevann i bekker, lav elvevannstand, forholdsvis tørre myrområder, og ikke minst høy lufttemperatur som ga stor kontrast i temperatur mellom elvevann, sigevann og marknært grunnvann.

Resultater

Resultatene er sammenfattet basert på befaringer. Målsettingen var å få oversikt over faktorer og situasjoner som fører til grunnvannsinteraksjon med elvevannet. Under feltbesøket ble mindre og større kilder i elvekanten og dalbunnen observert i relasjon til geologi og andre faktorer. Dermed ble hovedsaklig heterogenitet i elvebunn, i elvebredden og dalbunnen relatert til topografi og dalflankene, samt de hydrologiske relasjoner som topografi og grunnvannsgradienter.

Skibotnelva

Den lakseførende strekningen i Skibotnelva er ca 20 km. Den øverste anadrome delen av vassdraget, ca 2 km, er hurtigrennende og renner i en canyon, før den renner ut i et mer typisk elveslettelandskap med fluviale avsetninger, morenerygger og gamle elveterrasser. Dette er det typiske for denne delen av

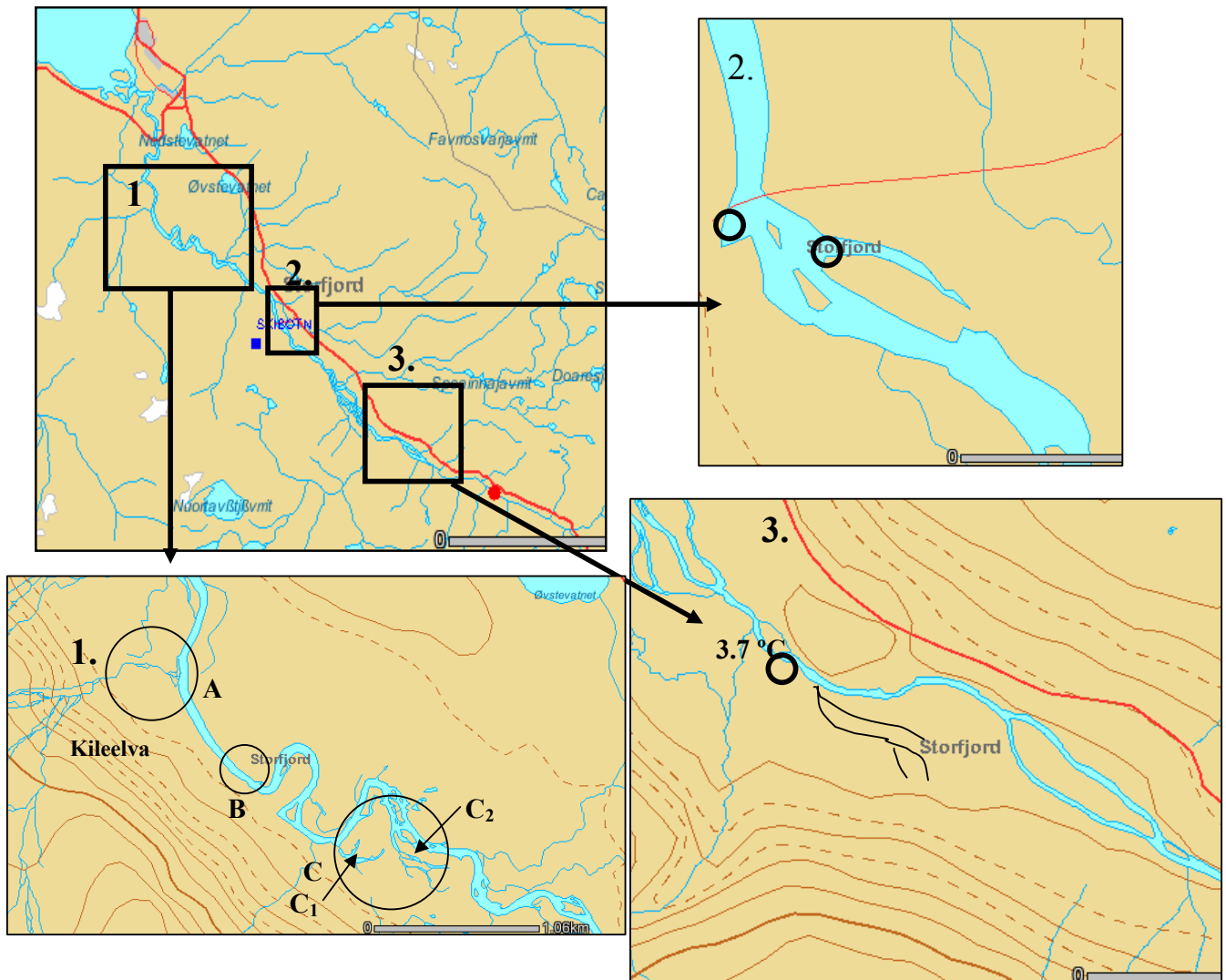


Fig. 2. Skibotnelva med tre hovedkildeområder (1, 2 og 3), enten som tilstøtende kildebekker med perifere kilder eller med kilder i elvekant, til dels under vannlinjen.

Skibotndalen, før den møter en større endemorene ca 2 km fra sjøen. Skibotnelva skjærer igjennom denne, og er her relativt hurtigrennende før den renne ut i et elvekantforbygget deltaområde i fine løsmasser (sand) mot sjøen. Det ble funnet tre hovedområder for kilder (Fig. 2).

Kildeområde 1

Området utgjør sentrale deler av den anadrome strekningen, og omfatter grunnvannssystemer som kommer inn i hovedelva etter følgende mønster:

Delområde A: Komplisert bekkesystem som drenerer et stort område. Bekkesystemet er i hovedsak grunnvannsmatet, men deler av systemet får også tilførsel fra Kieielva. Området strekker seg fra noen 10 metere til 200-250 m opp i åssiden og er fordelt på et forgrenet og komplisert grunnvannsbekkesystem, der enkeltgrenene (5-20 stk) forsvinner i underjordiske kilder med grunnvannstemperatur som indikerer lang oppholdstid (4,8-7,5 °C). Det ble høsten 2001 observert årsunger av røye i flere av kildene der disse forsvinner inn i åssiden noen hundre meter fra hovedelva. Høsten 2002 ble det foretatt et mer omfattende elektrofiske, og det ble funnet røye (årsunger, 1+ og eldre) i alle grunnvannsbekker som hadde oppvandringsmulighet fra hovedvassdraget. Det ble ikke funnet ørret i de "rene" grunnvannsbekkene.

Delområde B: Flere grunnvannskilder med lav temperatur (5-7 °C) ble observert i elvebredden men alle over vannlinjen. Kildene bar preg av små punktkilder, til dels sig, uten fisk.

Delområde C: Et til dels uoversiktlig område med stor grunnvannspåvirkning. Området har gamle elveterrasser og elva er meandrerende med gamle elvesvinger som har grunnvannstilførsel fra tilstøtende terrasser (område C₁), trolig også opp gjennom bunnen. Elvesvingene har godt utviklet vannvegetasjon (Fig. 3). Stedvis består bunnssubstratet av grov stein (rullestein), noe som indikerer utstrømning av vann og liten sedimentering, selv i områder med tilsynelatende stillestående vann. (temp 5,7 °C). Både C₁ og C₂ ligger på selve elvesletta og kan også tenkes å bli matet med vann fra elva. Lavere temperatur viser imidlertid at vanntilførselen enten ikke kommer fra elva eller fra et reservoir i elvesletta med lang oppholdstid som eventuelt mates fra elva.



Fig. 3. Skibotnelv i 1.Kildeområde, delområde C. Til venstre: C₁, gammel meandersving med grunnvannstilførsel fra gammel elveterrasse fra siden, til dels opp gjennom bunnen. Til høyre: Hovedelva ved C₁.

Kildeområde 2

Området ligger ved Skibotn kraftstasjon, der det er uoversiktlig våtmarksområder på østsiden av elva som til dels går over i Kavleelva der den en forholdsvis lang strekning renner på selve elvesletta. Hvorvidt dette området er grunnvannspåvirket er ikke påvist, men det ble påvist grunnvannskilder på holmen 200 m oppstrøms bro ved kraftverket. Lav temperatur viste at kilden

ikke ga elvevann, og i det ble observert laksefisk i hele kildeløpet fra hovedelva og inn mot kildepunktet. All fisk fanget høst 2001 var 0+, 1+ og eldre røyeunger.

På vestsiden av elva 10-20 m oppstrøms bro mot kraftverket var det to synlige kildepunkter i nivå med elvenivået med temperatur 4,5-5,6 °C. Flere kildepunkter i dette området er sannsynlig, og de to nevnte vil ved normal sommervannføring liggende under vannlinjen med direkte utslipp i elva. Lokale personer anga flere slike punkter av betydelig størrelse under vannlinjen, uten at disse var mulig å lokalisere.

Kildeområde 3

Dette er et kildeområde ved Norddalselva på strekningen mellom Rundfjellet og Gustavsvingen. Området omfatter gamle elveterrasser med heterogene løsmasser, og flere små kildebekker kommer tilsyne fra grunnen, med typisk temperaturer på 3,8-5,4 °C. Avbildet kildebekk (Fig. 4) starter fra et veldefinert område med et forholdsvis bredt og konstant bekkeleie. Punktkilder i elvebredd/vannlinjen ble funnet (Fig. 5).

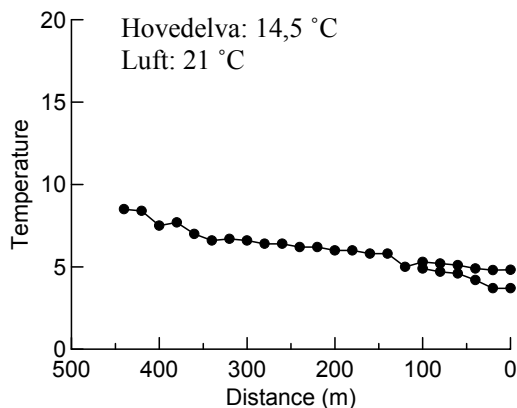


Fig. 4. Grunnvannsbekk i 3. Kildeområde, med to veldefinerte startkildepunkter (temperatur 4,2 og 3,9 °C) med ca 300 m bekk før utløp i Skibotnelva.

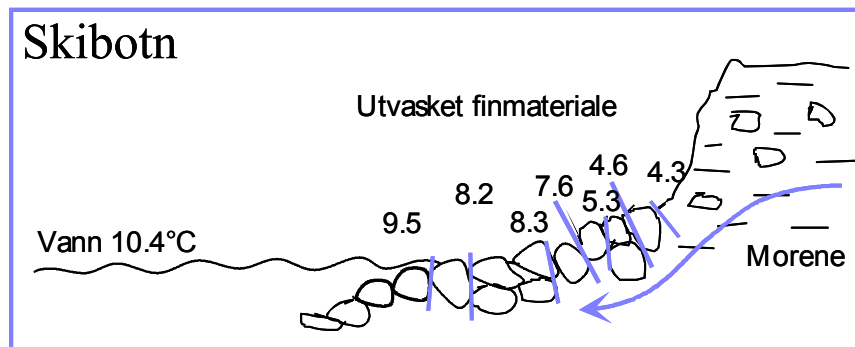


Fig. 5. Punktkilde i elvebredd/elvebunn i Skibotnelva i 3. Kildeområdet, målt i september 2001.

Fisk

I grunnvannsbekk i 3. Kildeområde ble det funnet total dominans av røye, som var tilstede med årsunger, 1+ og eldre rekrutter, Fig. 6 og Tabell 2. Total tetthet i kildebekk var 20 røye / 100 m². I hovedelva ved utløpsområdet til kildebekk ble det funnet total dominans av ørret, med 0+, 1+ og eldre tilstede med samlet tetthet på 23 ørret/ 100 m².

Dette var hovedmønsteret også for kildeområdet I. Der det var oppvandringsmulighet for fisk fra hovedelva var det røye, vesentlig 0+ og 1+, tilstede i hele kildebekkens lengde fra hovedelva og opp til utstrømningsområdet, der denne forsvant i grunnen. Der det ikke var vandringsmulighet ble det ikke påvist fisk. Men røye ble også funnet i høye tettheter i hovedelva, og røye ble også funnet i sideelv som ikke var grunnvannspåvirket (Fig. 7). Ørret derimot ble bare funnet i rimelige tettheter i sidebækker som ikke var grunnvannspåvirket (Fig. 8, Fig. 9). Mønsteret for hvordan ørret og røye fordeler seg i et vassdrag er derfor opplagt meget komplisert, men det står fast at røye er

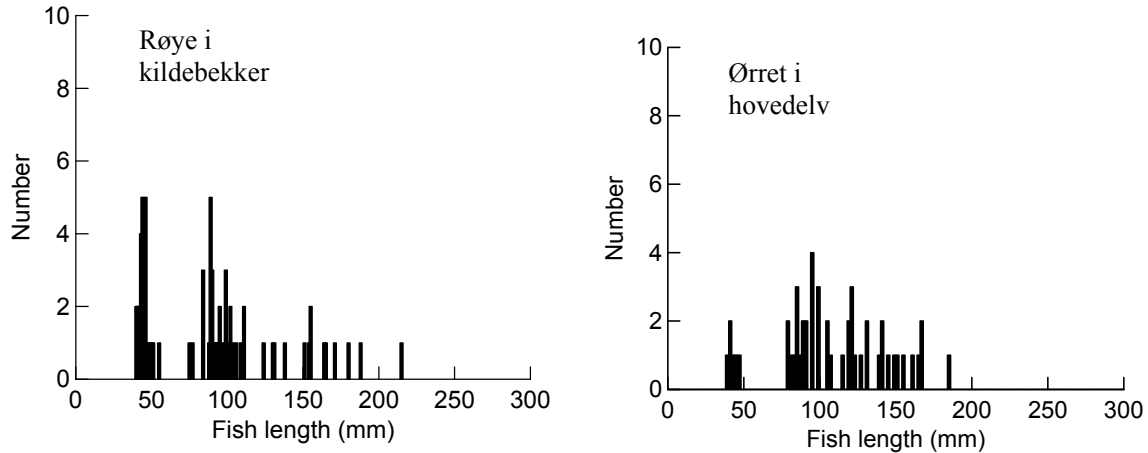


Fig. 6. Lengdefordeling av ørret i hovedelv og røye tatt ved elektrofiske i august 2002 i 3. Kildeområde.

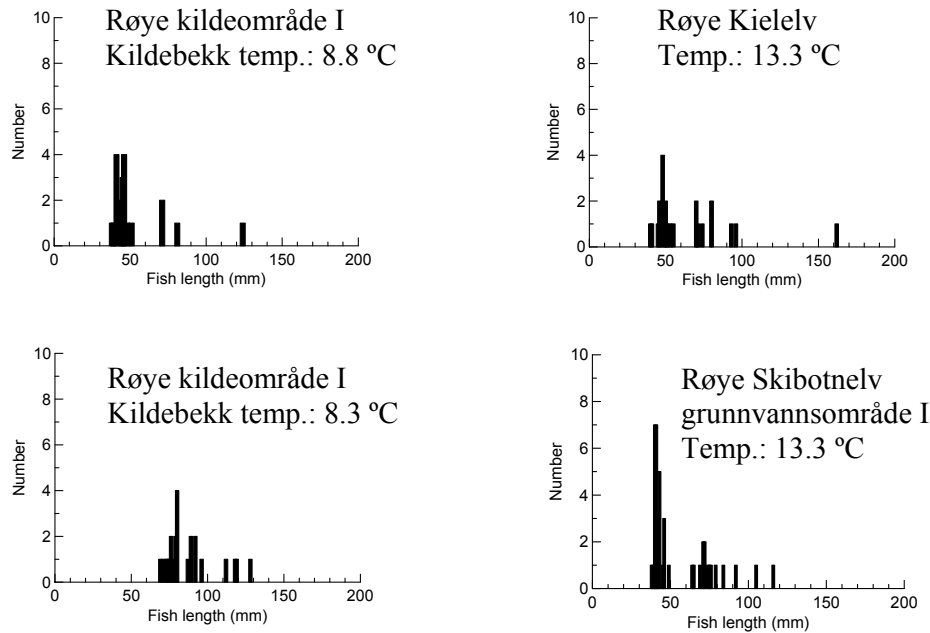


Fig. 7. Lengdefordeling av røye tatt ved elektrofiske i to kildebekker, i sideelva Kielelva og i Skibotnelva utenfor utstrømmende kildebekker i august 2002.

Tabell 2. Tetthet av fisk i Skibotnelva og i kildebekker beregnet ved gjentatt fiske på oppmålt areal i august 2002 i 3.Kildeområde..

	Kildebekk	Hovedelv
Røye	23 ±9	< 2
Ørret	< 1	20 ± 5,2

observert som nærmest eneste art i lavtemperatur kildebekker fra kildepunktet til utløpsområdet til hovedelva, sålengde det er oppvandingsmulighet fra hovedelva. Forekomst av 0+ angir at det foregår gyting av røye i kildebekkene. Det bør nevnes at artssammensetningen i vassdraget er preget av nærmest fravær av laksunger, og det ble totalt funnet bare ytterst få 0+ laskunger i hovedelva. Hvorvidt den romlige fordelingen mellom ørret og røye hadde vært annerledes i nærvær av laks er vanskelig å vurdere.

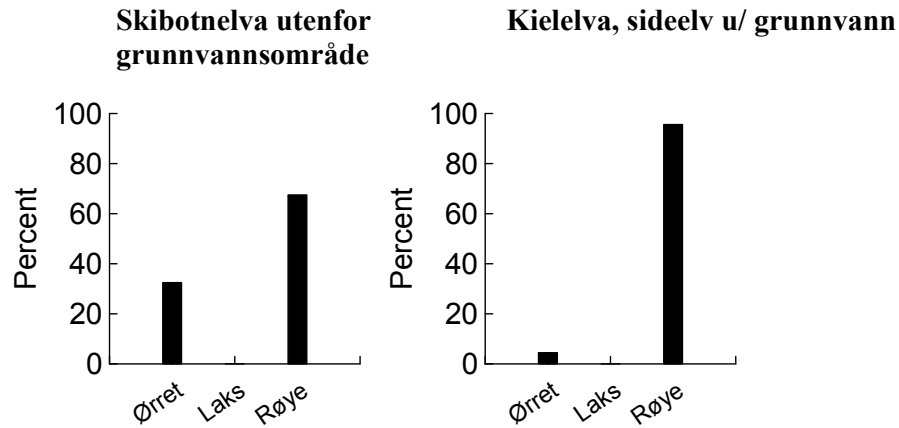


Fig. 8. Artssammensetning av fisk tatt under elektrofiske i Skibotnelva utenfor grunnvannsområde og i Kieleva som er sidebekk/elv uten grunnvann.

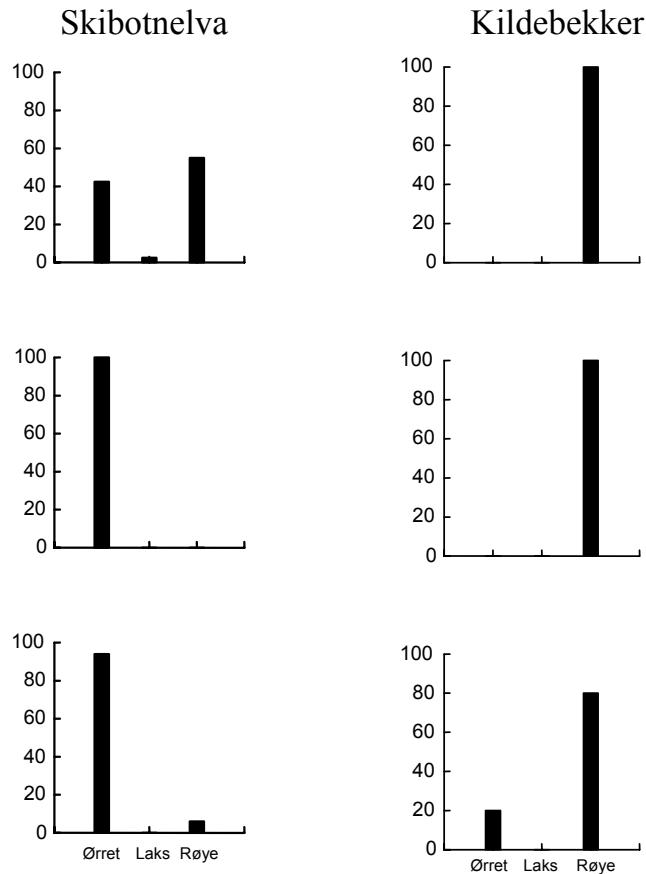


Fig. 9. Prosentvis artssammensetning av fisk tatt under elektrofiske i kildebekker (område 1. og 3.) og i Skibotnelva i august 2002.

Rauma

Laks og sjøørret kan vandre opp til Slettafossen, 42 km opp fra sjøen. Vassdraget er nærmere beskrevet av Johnsen og Jensen (1985), og beskrives som en av Nordvestlandets lengste og mest vannrike elver. I 1976 ble det bygget fisketrapp i Eiafossen som ligger 14 km fra sjøen, for å lette oppgangen av fisk ved større vannføringer. Vassdraget er i øvre del svært hurtigstrømmende med stort fall mellom Stuguflåten og Stavem, mens den er relativt mindre sterkstrømmende nedenfor Slettafossen. Ved Ryggvatnet og ved Eiafossen er elva igjen sterkstrømmende med fossefall.

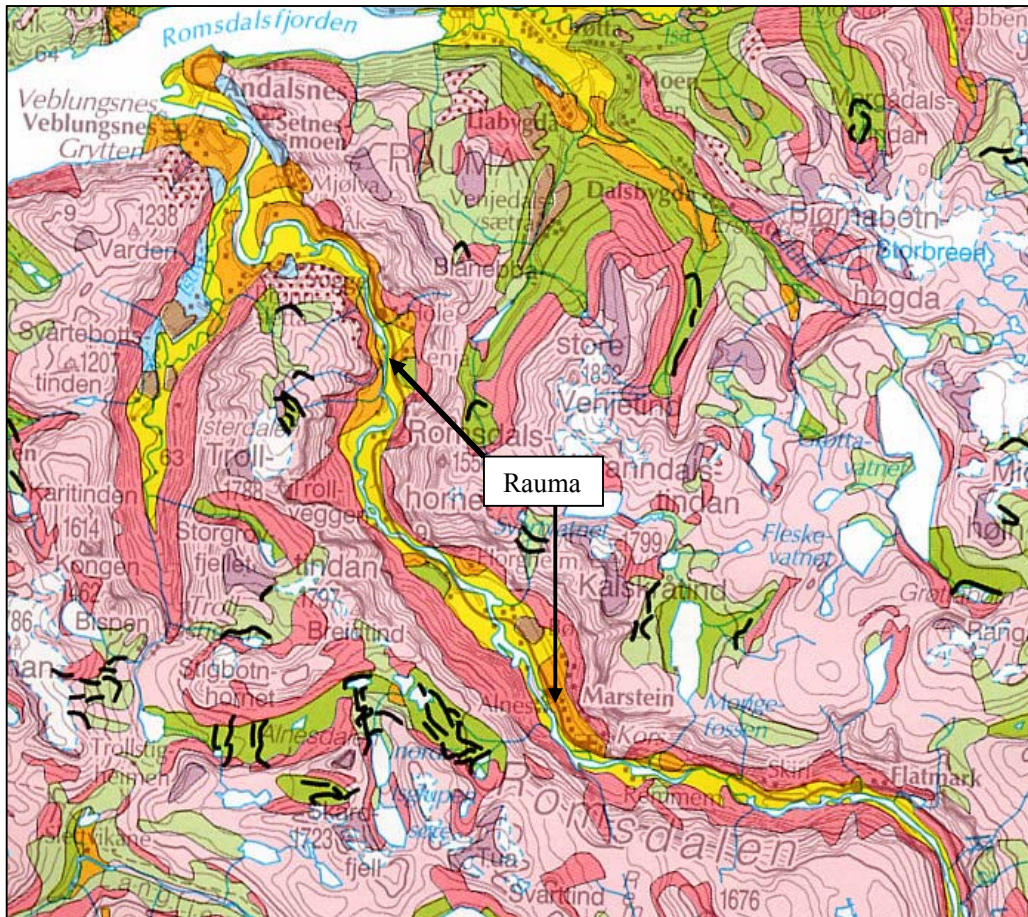


Fig. 10. Dalbunnen i Raumavassdraget er karakterisert av hovedsakelig fine elveavsetninger (gult og brunt) med noen få moreneavsetninger (grønt). Bare nederst i vassdraget finnes det marine terrasser (blå).

Raumavassdraget ligger i et typisk U-dal med bratte flanker og rimelig stor høydeforskjell mellom dalbunn og fjellene på begge sider. Hovedsakelig er det fine avsetninger, i stor utstrekning fin sand, som finnes i dalbunnen. Breelvasetninger finnes særlig i form av terrasser med en blanding av veldig grovt og veldig fint materiale (Fig. 10). Bare få steder er det tydelig moreneavsetninger som kan være ganske tette og inneholde en god del leire. Nederst i Romsdalen finnes det noen terrasser med marine avsetninger. På grunn av den spesielle topografien med bratte dalflanker finnes det langs hele dalen mange og store alluviale vifter med grove blokker og grus i fjellsiden. De har vanligvis en høy porositet som sees enkelt ved at fjellbekker og fosser forsvinner før de når dalbunnen.

Rauma har flere større sideelver, hvorav Istra er den eneste som har laks og sjøørret. Lakseførende strekning er på 18,4 km opp til Knutsetra (Einvik 1982).

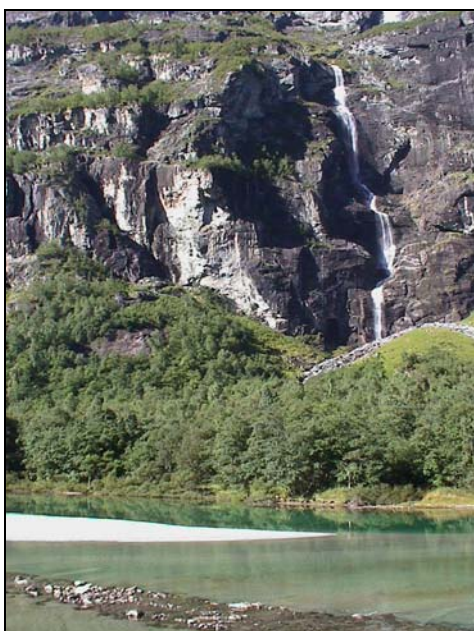


Fig. 11. Typisk sideelv fra dalflanken i Rauma som forsvinner i grove løsmasser før den når hovedelva. Vannet kan komme opp som kilder i elvesletta eller komme fram i elvebredden.

Det viste seg fort at det var ganske mange konkrete grunnvannstilsig både i elvekanten og i sidedeler av hovedelven. Selve dalbunnen har stedvis en mer eller mindre bred elveslette, med svært bratte dalsider, til dels raspregete vifter med smeltevannsbekker som forsvinner i løsmasser (Fig. 11). Store deler av elva er preget av forholdsvis fine løsmasser med preg av sand, og det gjelder også selve elvesletta. Det generelle mønsteret et frembrudd av grunnvann der grovere masser (morener/ras) med høy permeabilitet møter finere masser med lav permeabilitet på selve elvesletta. Vi fant fire hovedområder for frembrudd av grunnvann, der alle disse hadde preg av den nevnte type frembrudd (Fig. 12). Det ble foretatt spesiell befaring i disse områdene der det lå innsjølignende større dammer på elvesletta. Det gjaldt følgende delstrekninger:

1. Området ved og nord for Gravdevatnet / Geitsetra
2. Området Ryggvatnet
3. Området Alnes
4. Området Trollveggen



Fig. 12. Oversiktskart over Raumavassdraget, med fire områder for grunnvannsutstrømning til hovedvassdraget eller til dammer/småinnsjøer på eller nær elvesletta.

1. Gravdevatnet/Geitsetra

På østsiden av hovedelva, men på selve elvesletta ligger Gravdevatnet og nord for dette flere mindre dammer og våtmarksliknende felter. Rett ovenfor Flatmark ligger tilsvarende større dammer. I Geitvatnet ble det observert frambrudd av grunnvann som kom opp i Geitvatnet på selve elvesletta under stort trykk (Fig. 13). Vannmengden var betydelig. Flere tilsig av denne typen ble observert, og i alle disse områdene hadde vannet vesentlig lavere temperatur (rundt 7 °C til 10 °C) enn elvevannet (12.8 °C til 14 °C). Visuelt ble det observert til dels mye laksefisk (ørret) i Geitvatnet og vannet øst for Flatmark, og dessuten i våtmarksområdene, tils dels myrpregete områder nord for dette. Inn- og utvandring til hovedelva var vanskelig å vurdere, men opplagt mulig i flomperioder.



Fig. 13. Grunnvannsområdet 1 i Rauma: Geitvatnet sydøst for Flatmark ligger i et våtmarkspreget område på elvesletta og har stedvis betydelig grunnvannsinnsig (se pil)

2. Ryggvatnet

Området ligger mellom Skiri og Remmen og er et komplekst området med flere innsjøer/dammer på syd/vestsiden av hovedelva. Elvesletta slik den tidligere er beskrevet er her fraværende, og hovedelva er relativt hurtigstrømmende på nordsiden av dalen. Området Ryggvatnet er et gammelt rasområde, der grov blokk (husstørrelse) har rast ned fra dalsiden og nå ligger på finere masser som er gammel elveslette. Raset har altså foregått etter at elvesletta i dalen er dannet. Mellom grov blokk og stein ligger flere mindre innsjøer (Fig. 14). Disse hadde svært stort siktedyp og vannfargen var sjøgrønn. Bunnen besto av den gamle elvesletta, og i flere av sjøene kunne det observeres større "bunnløse" hull i innsjøbunnen (diameter 1 m) med utstrømmende grunnvann. Innsjøene antas å være til dels utelukkende grunnvannsmatet. Det ble observert mye fisk i dammene, visuelt bestemt til ørret (størrelse 5-15 cm). Avløpene fra disse innsjøene var til dels diffuse, muligens forsvant vannet igjen i grunnen. Tilført grunnvannsmengde til disse innsjøene var betydelig, og avløpsmengden må derfor være tilsvarende, og det antas at det er en eller flere større vannvei mellom disse innsjøene og hovedvassdraget Hvorvidt det er mulig for fisk å vandre fra hovedelva

og opp i disse innsjøen er ikke klart, men det kan på ingen måte utelukkes. Området var svært malerisk med grov furuskog, men også utilgjengelig.



Fig. 14. Grunnvannsområdet 2 i Rauma. Ryggvatnet med flere mindre innsjøliknende dammer som ligger i et gammelt rasområde med grov blokk på gammel elveslette av finere masser. Innsjøene er grunnvannsmatet gjennom "bunnløse" hull i bunnen med utstrømmende grunnvann. Innsjøene har bestander av ørret

3. Alnes

På vestsiden av hovedelva og nord for Medalen ligger flere grunne innsjøer mellom hovedelva og den bratte dalsida. Disse innsjøene (A, B og C) ligger i fine løsmasser på elvesletta, men mates av mange kilder som kommer fram i overgangen mellom den steile fjellsiden og de finkornete massene som er avsatt av hovedelva. Kildene er synlige i dagen i et belte fra elvesletta og 10-40 m opp fra elvesletta, og ble dokumentert mer eller mindre kontinuerlig i hele innsjø B's lengde. Rasmaterialet er delvis utformet som vifter, nærmere elvesletta skogkledd og med mer eller mindre tykt jordsmonn. Vannmengden som strømmer ut her er stor, at det snakkes om kilder som er matet fra et lite vann høyt oppe på plataået (Fig. 15, 1100 m høyde). Det rapporteres lokalt om synlige tegn av vann som forsvinner med virvler. Vannet hadde en temperatur mellom 4,5 og 6,0 °C, noe som tilsvarer grunnvannstemperaturer i området.

Det ble foretatt enkle målinger av grunnvannsfluks i innsjø B med See-pagemeter (Lee 1977). Utover overflateinnstrømming av grunnvann til innsjø B som vist i Fig. 16, 17, ble det målt små mengder vann som kom opp gjennom bunnen. Men dette gjaldt bare i den delen av innsjøen som lå nær dalsiden. I den delen av innsjøen som lå nærmere hovedelva var det tap av vann fra innsjøen og ned i bunnen. Vi tolker dette som en bekreftelse på at vann presses opp gjennom bunnen nær kildene og det er en vannstrøm ned gjennom bunnen nær hovedelva, fordi innsjøen ligger noe høyere enn elva. Dette tapsvannet gjennom bunnen må munne ut i hovedelva gjennom diffust innsig gjennom elvebredd og elvebunn. Uansett dreier det seg om små vannmengder, og bunnssubstratet i området er dominert av fine løsmasser som fisk ikke kan trenge ned i. Men det illustrerer hvordan grunnvannsstrømmen går, avhengig av trykk og høydeforskjeller.

Det ble observert fisk (ørret og stingsild) i grunnvannssjøene, og ørret i kildefrembruddene, dvs. i rennende vann mellom innsjø B og der kildene forsvinner i ura er dokumentert av Fylkesmannens miljøvernnavdeling, Møre og Romsdal (Sættem pers. med.). Det er ikke dokumentert laksunger i dette området, men dette kan på ingen måte utelukkes. Bunnssubstratet i tilsigsområdene består av grov stein og grus, vannet er raskt-strømmende, og det er ingen vandringshindere mellom hovedelva og flere av grunnvannsinnsjøene.

Store områder noen hundre meter syd for Alnes (Bogningan), men i tilsvarende formasjoner, er også betydelig kildepåvirket på samme måte (Fig. 17). Det er her ikke innsjøer på elvesletta, men kildebekker som munner direkte ut i hovedelva. Dette gjør at fisk lett kan vandre opp i grunnvannsbekkesystemet.

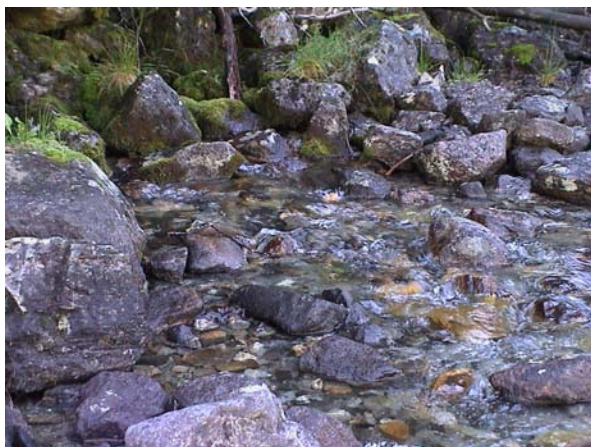


Fig. 16. Grunnvannsområde 3, Rauma. Ved Alnes finnes flere innsjøer som mates fra et omfattende kildeområde som kommer ut i dagen i overgang mellom dalside og elveslette (bildet over). Bilde til høyre viser innsjø B.

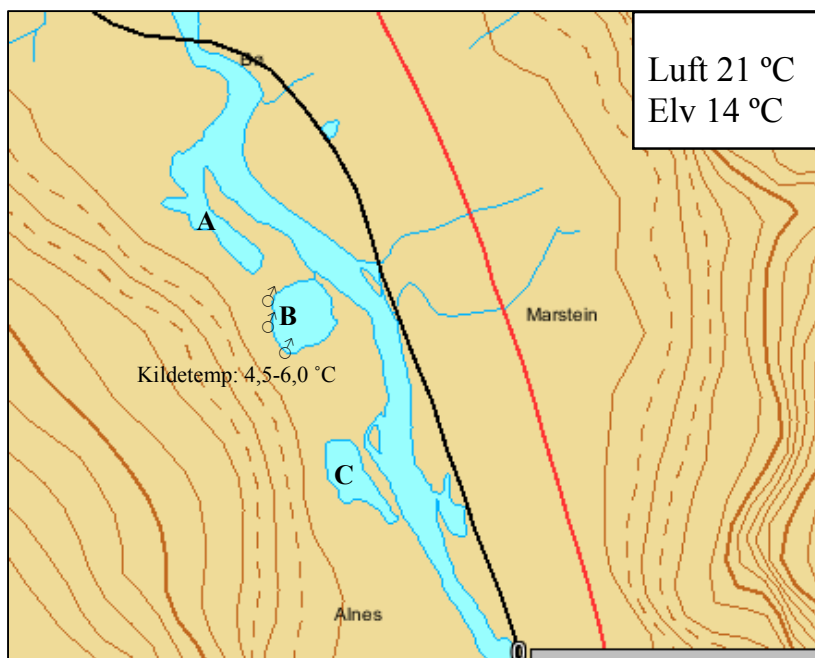


Fig. 17. Grunnvannsområde 3, Alnes: Grunnvannsmatete dammer på elvesletta med utløp videre til Rauma.



Fig. 18. Utsikt over Alnes området, sett fra toppen av den alluvialen viften. Alt vannet som sees i forgrunnen forsvinner i grunnen før den når elvesletta og kommer til dagen igjen som kilder hvor viften interfererer med fluviale dalavsetninger.

4. Området Trollveggen

Området nedenfor Eiafossen har to delletter mtp. grunnvann, et på østsiden i elveterrasser nedenfor Trollveggen Camping og et på vestsiden i et komplisert rasområde i gamle elveterrasser. Begge disse delletter har samme opprinnelse.

Ved **Trollveggen Camping** ble det observert utfellinger av jern som indikerer tilsig av grunnvann. I elvekanten kan tilsig av kaldere grunnvann direkte observeres. Sand og gruslag gir ganske høy permeabilitet, og grunnvannet ser ut å ha en stor gradient inn mot de høyereliggende elveterrasser som ligger bak. Kildene i elvebredden vil bli liggende i selve elva ved høyere vannstand, men substratet er stein på finere masser som fisk ikke kan trenge ned. Men området må betraktes som uoversiktlig, og grovere substrat lengre ute i hovedløpet kan gi høyere permeabilitet og derved økt utstrømning og lettere for fisk å skjule seg nede i bunnen.

Kilder ovenfor elvenivået og i elvekanten er her ganske vanlige (se skisse 24). De bakenforliggende elveterrassene hadde områder i nedkant som bar preg av våtmark, til dels myr, forårsaket av grunnvannskilder. Dette ligger noe høyere enn selve elveløpet, men kan indikere at grunnvannsmengden er stor og at det står under trykk.



Fig. 19. Området nedenfor Eiafossen på vestsiden består en alluvial vifte av grove masser og var påfallende tørr. Kilder ble funnet i nedkant av rasområdet, på overgangen til finere masser.

Området på **vestsiden i et komplisert rasområde** har de tilsvarende elveterrassene som de funnet på østsiden, men de er mer skjult av rasmateriale fra den ovenforliggende svært bratte dalsiden. Elveterrassene er tydelige vest for Langhølen og Arnehølen. Her finnes kildeframbrudd i nedkant av elveterrassene, med typisk kildetemperatur på 5-7 °C. Videre opp i dalsiden er området preget av ras med grovt materiale med høy permeabilitet (Fig. 19). Avrenning herfra vil derfor skje gjennom det grove materiale og komme fram i dagen der grunnvann/markvann/overflatevann møter elveterrassene. I prinsippet er dette forhold som likner svært mye på de observert i grunnvannsområde 3 (Alnes), men elvesletta er smalere og mer preget av ras lengre frem mot hovedelva. For øvrig utgjør elvekanten (stedvis aktiv erosjonskant) et vandringshinder for fisk fra hovedelva, men ved flomsituasjon kan oppvandring av fisk ikke utelukkes.

Driva

Driva er et stort vassdrag med lang lakseførende strekning, mange sidevassdrag og periodevis stor vannføring. Utløpsområdet ved Sunndalsøra er uoversiktlig, og her munner også den lakseførende elva Usma ut. Både Driva og Usma har laksebestander infisert med *G. salaris*.

I Sunndalen langs Driva ble det bare gjennomført en oversiktsbefaring for å finne karakteristiske trekk som tillater en sammeligning av Driva med andre besøkte dalføre.

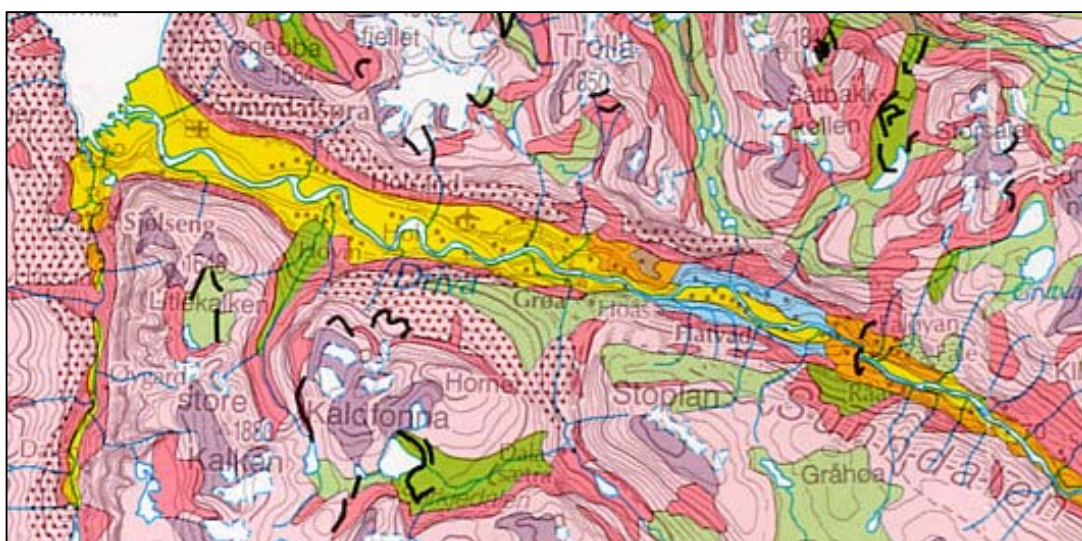


Fig. 20. Nederste delen av Sunndalen er karakterisert av rimelig homogene masser, hovedsakelig fluviale avsetninger (gul farge på det hydrogeologiske kartet). Ca. 10 km opp i dalen blir forholdene vesentlig mer kompliserte med breavsetninger (brun), moreneavsetninger (grønn), til og med marine terasser (blå). Dalesidene er ikke så bratte, men er dekket med rasmateriale og alluviale vifter.

Grunnvannsundersøkelsen ble konsentrert til de nedre deler, i elveslettelandskapet opp til Flatvad (Fig. 22). I motsetning til Rauma som hadde store områder dominert av sand (Fig. 20), hadde de nedre deler av Driva betydelig grovere substrat, med rullestein som dominerende substrat nesten til munningsområdet.

Fig. 21. Nederst i Sunndalen ved Furu/ Hovedøyen går elveløpet i ganske homogene fluviale avsetninger, men det finnes indikasjoner til heterogeniteter, fordi det er mange kilder av grunnvann i elvkanten.

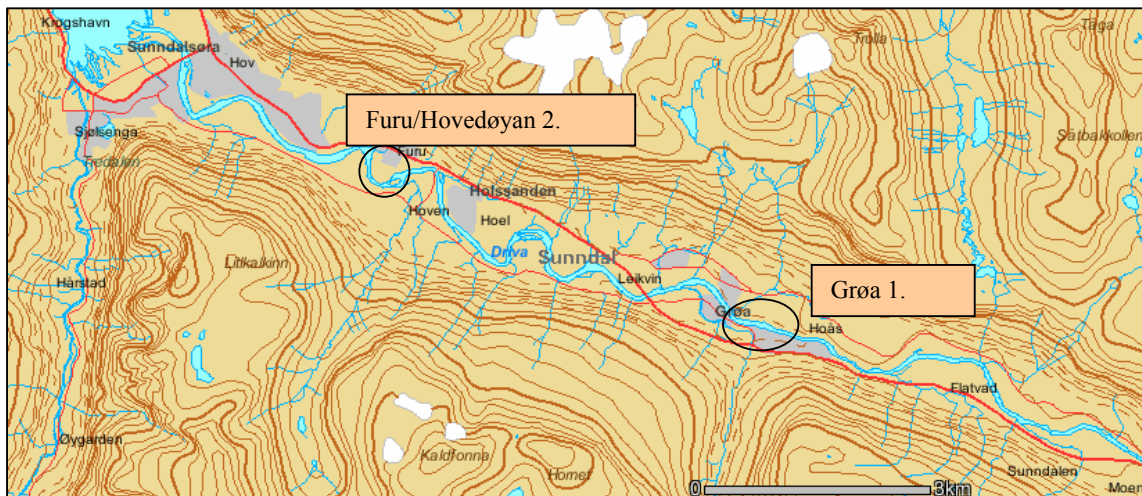


Fig. 22. De nedre deler av Driva, der grunnvann ble påvist i moreneområdet 1. Grøa og i elveslettetlandskapet i området 2. Furu/Hovedøyen.

Grøa 1

I området mellom Grøa og Flatvad ligger flere morener som elva skjærer igjennom. I elvekanten ligger det nokså store rullesteiner og kantete steiner fra morener. Det finere materialet fra morenene er ofte vasket ut og steinene blir igjen (Fig. 23). Det fører til et lag med grove stein liggende på en mer eller mindre tett underlag. I elvekanten og bredden innenfor ser man lagdelte morener med elveavsetninger. Dermed kan vann også sige inn under vannoverflaten og grunnvannet kan stå under trykk. Dalsidene er steile og tilsig fra bekker og fosser skjer ofte ganske høyt opp i dalsidene. Det ble observert liten avrenning i form av bekker fra både disse terrassene og fra dalsidene. Vannet må derved forsvinne i grunnen og komme fram igjen i dagen lengre nede, enten i elvekanten eller i elvebunnen.

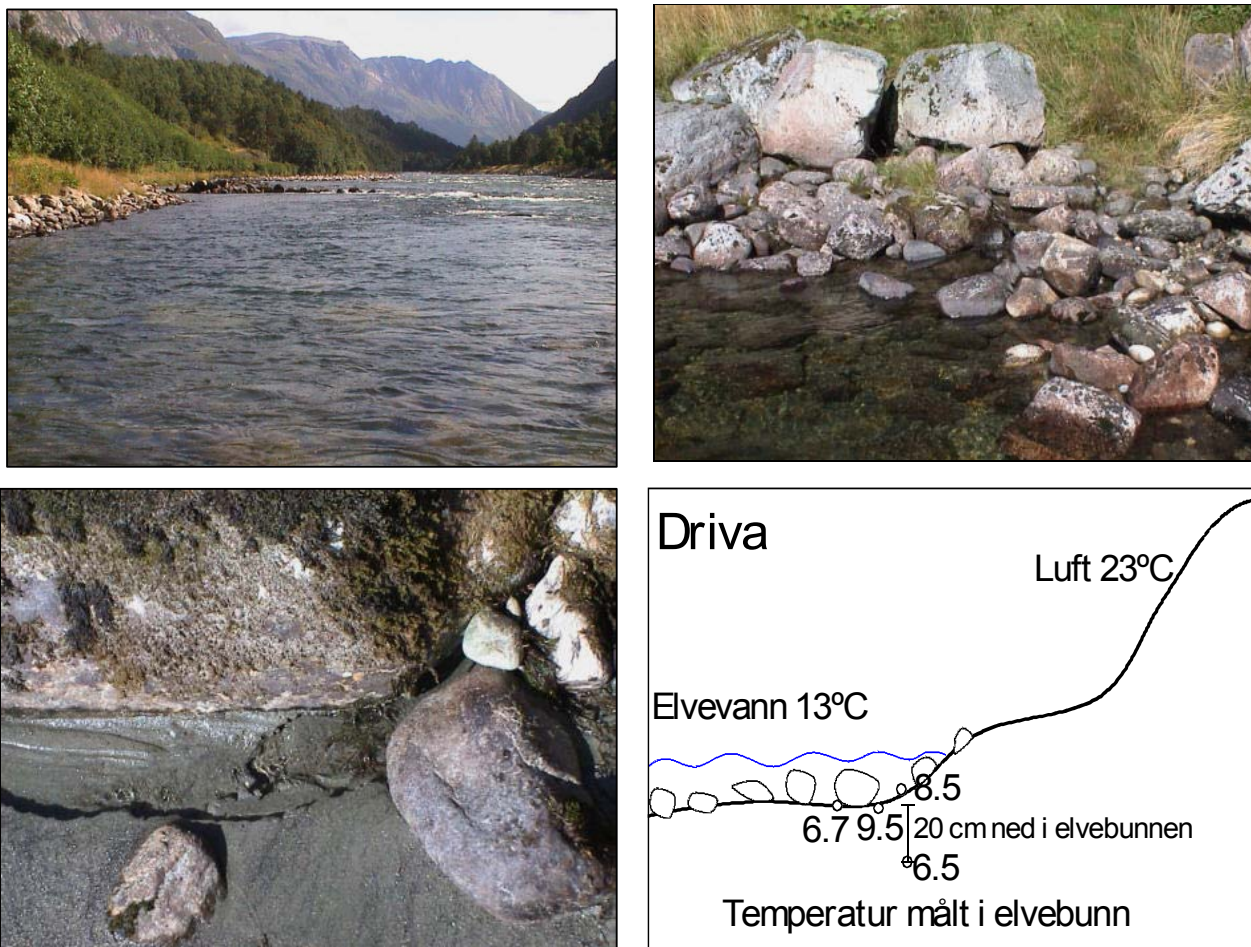


Fig. 23. På nordsiden av Torske bro var det betydelig tilsig av grunnvann med lav temperatur gjennom elvebredden og opp gjennom bunnen på grunt vann nær bredden. Det ligger rullestein fra utvaskete morener i elvekanten som danner et grovt substrat. Mellom steinene finnes det hyppige kilder og tilsig fra sidene. Til venstre under: Detaljbildet av et grunnvannstilsig noen få centimeter over elveoverflaten. Til høyre under: Det ble indirekte påvist tilsig opp gjennom bunnen under vannlinjen ved at tilsvarende lave temperaturer ble målt i elvebunnen på grunt vann nær bredden.

Elveslette Furu/Hovedøyen 2.

I de nedre deler var elva bred og uoversiktlig, med brede tørrlagte soner med rullestein ved lav vannføring på hver side av elva (Fig. 21). Ved Hovedøyen og på øyer noe nedenfor var det øyer i elva, med et våtmarkspreget område med enkelte dammer, noe som bekrefter høyt grunnvannspeil i elvesletta. Ørret ble observert i enkelt dammer, trolig innvandret fra perioder med høyere vannføring. Det var også avrenning fra våtmarksområdet fra elvesletta på nordsiden av hovedløpet vest for Hovedøyen, noe som bekrefter at det er vanntransport inn i våtmarksområdet, trolig mates dette fra hovedelva lengre oppe.

Lærdalselva

Lærdalselva er naturlig lakseførende 24 km fra sjøen og opp til Sjurhaugfoss, men fisketrapper har gjort det mulig for anadrom fisk å vandre til Heggfossen, 41 km fra sjøen. Alle fisketrappene i vassdraget har vært stengt etter påvisning av *G. salaris* høsten 1996, men det er usikkert om laksen stoppes 100% i Sjurhaugfoss. *G. salaris* ble pånytt påvist i 1999. Sideelvene Nivla og Kuvella er lakseførende på de nedre deler før samløp med Lærdalselva. I Lærdalselva er det planlagt fiskesperre ved Stuvane, foruten i Nivla.

Ovenfor Saltkjelen er Lærdalselva til dels svært hurtigstrømmende, med bunn av mye grov stein og stedvis bart fjell. Mellom Borgund og Saltkjelen er dalen smal, og flere steder går raskanter og vifter fra sidebekker i dalsiden inn i elvestrengen. Nedenfor Saltkjelen er dalen betydelig bredere, med utpreget elveslette. Fra elvesletta mot dalflanken er det vanligvis raskanter, til dels grus- og steinvifter fra sidebekker. Disse drenerer fjellområdene og dalsiden, og renner til dels som overflatebekker ved mye nedbør, men som i perioder er tørre.

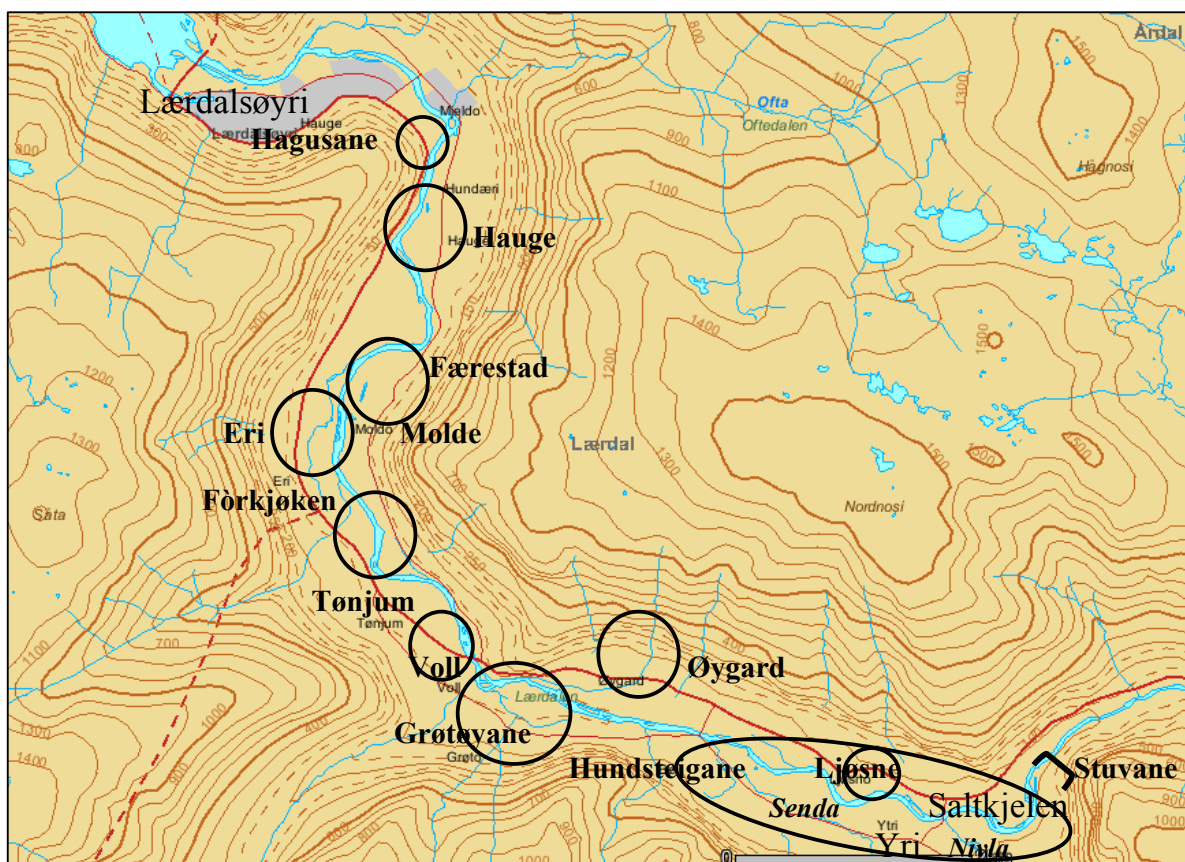


Fig. 24. Lærdalselva fra planlagt terskel ved Stuvane kraftverk litt ovenfor Saltkjelen og til utløp i sjøen ved Lærdalsøyri. Sirklene angir områder med kiler eller bekker som er omtalt som mulige overlevelsesområder for fisk ved kjemisk behandling.

Som i andre fjorddaler på Vestlandet, følger Lærdalselva et typisk dalstrøk med elveavsetninger som dalfylling, grove alluviale vifter på begge sider og steile fjellvegger av grunnfjell (Fig. 25). Dalbunnen med avsetninger av sand og grus viser terrasser som er erodert av elven i forskjellige stadier. Grove masser fra fjellkantene og sidedalene med de finere avsetningene i hovedalva gir en veksellagring av høypermeable lag med mindre permeable lag. Denne typen forskjeller i

permeabilitet gir et godt utgangspunkt for vannførende lag som blir matet fra fjellsiden og danner kilder når de kommer i overflaten.

Vi har valgt å omtale følgende mulige overlevelsedområder for fisk:

1. Saltkjelen – Nivla – Senda – Hundsteigane
2. Ljøsne
3. Grøtøyane - Voll – Tønjum
4. Førkjøken – Eri
5. Molde – Færestad – Hauge
6. Hagusane

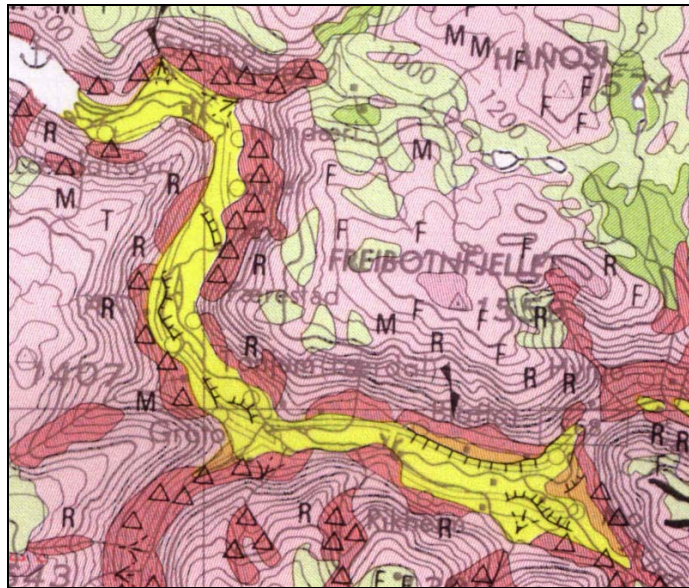


Fig. 25. Kvartærgeologisk kart over Lærdal fra Stuvane til utløp i sjøen ved Lærdalsøyri, se også Fig. 24.

1. Saltkjelen – Nivla – Senda – Hundsteigane

Området omfatter kilen ved Saltkjelen, grunnvannsområde på motsatt side, utløpsområdet Nivla, alluvial vifte ved sidebekken Senda, og Senda på elvesletta til samtløp med Lærdalselva ved Bø. Av disse er kilen (egentlig to kiler) et sideløp eller flomløp til hovedelva, der elvevann presses gjennom elveforbygningen og inn i kilen. Hvorvidt elvevann også presses inn i elveforbygningen oppstrøms kilen er uklart, men det kan ikke utelukkes. Det gjelder også ved høy vannføring i selve kilen som også til dels har forbygning i grov blokk. Kilen er godt beskrevet av Aarethun (1991/92). Fisk ble observert i kilen både den gang og høst 2004.

På motsatt side av hovedelva, dvs. mellom utløp Nivla og Lærdalselva (Mosodden) er det et grunnvannsframbrudd i nedkant av gammel elveterrasse (Fig. 26, bilde 5,6). Vannet herfra drenerer et utilgjengelig våtmarksområde med oreskog omtrent i nivå med hovedelva, men bak elveforbygningen. Vannet renner herfra gjennom elveforbygningen, til dels mellom grov stein utenom rør i forbygningen.

Utløpsområdet av Nivla er uoversiktlig, med til dels våtmarkspreget oreskog de siste hundre metre før samtløp.

Senda renner gjennom en alluvial vifte av grovt materiale i dalsiden, og bekken forsvinner i grunnen ved moderate vannføringer på sin vei ned mot elvesletta (Fig. 26, bilde 2). Dette vannet renner i grove masser inne i viften, og kommer tilsyne som grunnvann der dette møter finere og mindre permeable løsmasser på elvesletta (Fig. 26, bilde 3).



Fig. 26. Saltkjelen (1), sidebekken Senda i alluvial vifte (2), grunnvannskilder i nedkant av vifte der Senda møter elvesletta (3), Senda på elvesletta (4), og grunnvannskilde på motsatt side av Saltkjelen i nedkant av gammel elveterrasse (5) som renner gjennom elveforbygningen i tildels defekt rør (6).

De fenomenene som her er omtalt i området Saltkjelen – Nivla – Senda går igjen nærmest kontinuerlig på begge sider av Lærdalen fra Saltkjelen og ned til fjorden. Stedvis kommer kildene tilsyne på elvesletta, stedvis renner de inn i kilene, og enkelte steder der elva renner innunder gammel elveterrasse, kommer kildene tilsyne umiddelbart bak elveforbygningen, og renner diffust gjennom denne og ut i hovedelva.

2. Ljøsne

Området omfatter nordsiden av Lærdalen (nedstrøms Saltkjelen) mellom Øvre Ljøsne og ned til Midt Ljøsne. Her er det inn mot dalsiden en gammel elveterrasse som også går igjen på motsatt siden av dalen. Massene er grove og har høy permeabilitet. Elveterrassene er dels benyttet til masseuttak. I nedkant av elveterrassen møter de grove massene elvesletta med lavere permeabilitet, og kilder kommer fram i dagen (Fig. 27). Omfattende menneskelig drenering gir uoversiktlige forhold, og til dels gamle drensledninger munner ut inne i selve elveforbygningen.

Fig. 27. Gammel elveterrasse ved Midt Ljøsne. Betydelig mengder grunnvann kommer fram i dagen der grovere masser møter elvesletta (markert ♂). Grunnvann herfra antas å munne direkte i hovedelva gjennom avrenning i grove masser eller i kunstig drenering.

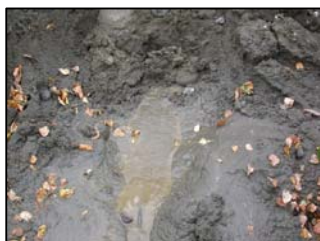


Fig. 28. Lærdalselva ved Hundsteigane og Grøtøyane med elveslette i bakkant gir antatt innsig av grunnvann gjennom elveforbygning av grove masser. Ved Grøtøyane er elvesletta preget av våtmark med oreskog, med grunnvannspregete grøfter. Inn i dette våtmarksområdet renner også Skorva og Labbegjelfossen.

Naturlig drenering fra nordsiden av dalføret vil her gi et vannsig inn i elvesletta som til dels fanges opp i kilene "Båthølen – Homepool", "Nedre Ljøsne" og "Øygarden", men som sannsynligvis også

drenerer direkte i elveløpet. Spesielt ”Nedre Ljøsne” er et forholdsvis langt bekkesystem som renner parallelt med hovedelva, og som sannsynligvis mates av grunnvann på elvesletta. Fisk ble observert i dette bekkesystemet til Bø bru.



Fig. 29. Dam ved Tønjum innenfor elveforbygning med bakenforliggende elveslette. Det er rør gjennom forbygningen.

3. Grøtøyane - Voll – Tønjum

På elvesletta ved Voll ble det gravd ned til grunnvann. Profilet viste ca 80 cm med sandholdig kultivert jord over sand og grov stein, klassifisert som fluviale masser med stor permeabilitet (Fig. 30). Profilet antas typisk for elvesletta i Lærdal, dog vil tykkelsen på sandjorda over de fluviale massene variere. Grunnvannstanden var ca 2 m under elvesletta, og ble angitt å være på samme nivå som elva utenfor elveforbygningen. De grove massene gir stor utveksling mellom elvestrengen og vann i elvesletta. Der Djupedalsgrovi munner ut i Lærdalselva, spesielt i overkant av elvemunningen, opplyses det lokalt om frambrudd av vann i elvebredden.

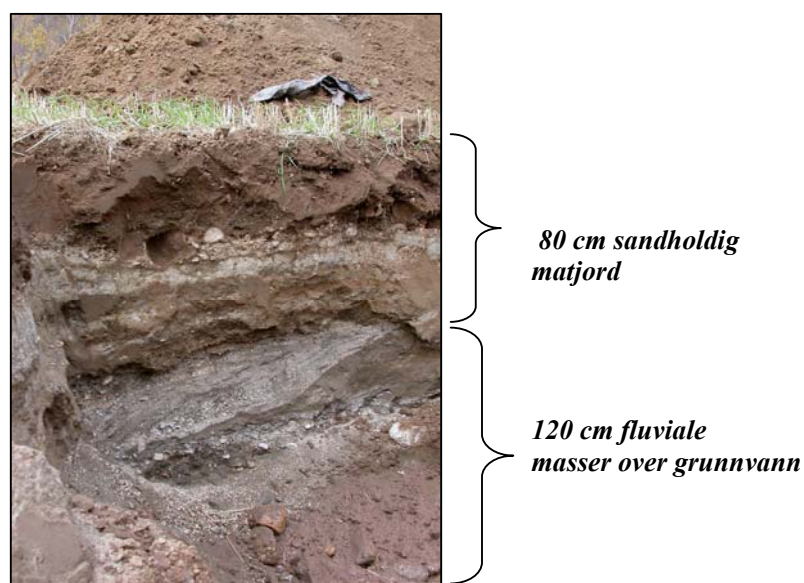


Fig. 30. Profil av elvesletta ved Voll viser sandholdig matjord over til dels grove fluviale masser, med grunnvannstand på ca 2 m's dyp, dvs. på samme nivå som elva.

Det ble funnet et betydelig kildeområde ca 200 m nedenfor Tønjum, der elva graver seg i en yttersving inn i en gammel elveterrasse (Fig. 31, bilde 2). Mens gamle elveterrasser som ved Midt Ljøsne ligger langt fra elvestrengen, er området nedenfor Tønjum et av de få steder der hovedelva har nærmest direkte kontakt med nedkant av gammel elveterrasse. Det ble funnet mange kilder med direkte frambrudd i bakkant og til dels inne i forbygningen nettopp her. Med grov stein i elveforbygningen og betydelig kildeframbrudd i selve forbygningen må dette området betraktes som et spesielt viktig overlevelselsesområde for fisk. Enkelte av disse hadde jernutfelling og må betegnes som anaerobe.



Fig. 31. Venstre: 200 m nedenfor Tønjum kommer grunnvannskilder fortløpende tilsyne i drengrofter ved hovedveien, og de kommer tilsyne (markert) i nedkant av gammel elveterrasse bak og til dels inne i elveforbygningen (høyre bilde).

4. Førkjøken - Eri

Strekningen består av tilførselsbekker fra Teiggjeli som renner ned dalsiden gjennom alluviale vifter og ut på elvesletta. Her renner bekken parallelt med Lærdalselva nede på elvesletta, til dels i nedkant av gammel elveterrasse ved Nedre Eri (Fig. 32, bilde 1). På elvesletta er det flere områder med preg av våtmark, til dels myr, og det antas at dette er frambrudd av vann fra ovenforliggende alluvial vifte og bakenforliggende elveterrasse. På samme måte som ved Senda, består den alluviale viften av grove masser med sig av vann ned gjennom bekkibunnen. Et komplisert bekkesystem som til dels består av overflatevann og til dels grunnvannskilder finnes på elvesletta nedenfor Førkjøken ved pelsdyrfarmen, nedenfor Linja og et større område nedenfor strekningen mellom de to gårdene som begge heter Nedre Eri. Fisk ble observert i alle disse områdene. I dam nedenfor Nedre Eri ble vannfluks opp gjennom bunnen målt til 360 – 620 ml/m² h. Bidraget er imidlertid sannsynligvis ikke primært opp gjennom bunnen, verken i dammer eller i våtmarksområdet, men trolig vesentlig som sidetrykk fra det høyereliggende området bak. I prinsippet er dette det samme fenomenet som ble observert nedenfor Tønjum, men ved Eri renner grunnvannet ut i bekk på elvesletta i stedet for direkte i hovedelva.

5. Molde – Færestad - Hauge

Kilene Moldeveiti og Moldebo er deler av et større bekkesystem og våtmarksområde på elvesletta på østsiden av Lærdalselva. Mens Moldeveiti er en relativt intakt kile (men til dels gjengrodd og med vanngjennomtrengning inn gjennom elveforbygningen), er Moldebo mer isolert fra hovedelva.

Elvesletta har imidlertid flere områder som ser ut til å ha høyt grunnvannsspeil, og det ble funnet kilder i nedkant av dalsiden, men ikke på elvesletta ved Færestad og Molde. Flere dammer i den opprinnelige Moldebo er antagelig grunnvannsmatet, og fisk ble observert i disse dammene høsten

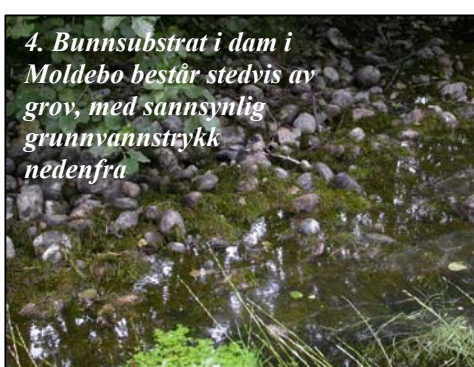


Fig. 32. Bilde 1: Våtmarksområdet nedenfor Nedre Eri mottar overflate vann fra dalsiden og grunnvann i nedkant av gammel elveterrasse. Det er målt vannfluks opp gjennom bunnen i dammen ($360 - 620 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{h}$). Bilde 2: Ved Færestad – Mold er det grunnvannskilder i nedkant av dalsiden, der denne møte elvesletta, og på selve elvesletta er det flere grunnvannspregete dammer. Bilde 3 og 4: Det er flere dammer som til sammen utgjør kilen Moldebo, og stedvis grov bunn tyder på grunnvann nedenfra.



Fig. 33. Bilde 1: I knapp yttersving renner elvestrengen gjennom område med grov blokk fra ras på østre breidd. Bilde 2: Våtmarksområdet på elvesletta nedenfor Hagusane mottar sannsynligvis grunnvann fra dalsiden og rasområder i bakenforliggende dalside.

2003, sannsynligvis innvandret ved høy vannføring. Flere av dammene og forbindelsen mellom disse er preget av stillestående vann og gjengroing, men med fortsatt grov bunn enkelte steder.

Hvorvidt området i tillegg er drenert med utløp i den nedre del av Moldebo er uavklart, men dette er sannsynlig.

Fra Færestad og noe nærmere sjøen har elva en skarp sving mot øst (Fig. 33, bilde 1), innunder et raspreget området før det igjen blir en elveslette på østsiden av elva ved Hauge – Hunderi. Her ligger kilene Hauge – Oftepollen, to kiler som renner gjennom jordbruksområdet på elvesletta. Det er sannsynlig at kilene mottar vann fra bakenforliggende dalside, og at dette kommer inn i kilene fra øst, men at også deler av dette er uoversiktlig pga. drenering.

6. Hagusane

Nedenfor Hagusane, tett ved veien, er et mindre våtmarksområdet på selve elvesletta, og som synes å motta vann blant annet fra rasområdet i dalsiden på motsatt side av veien (Fig. 33, bilde 2). Det er betydelig vannmengder som renner i rør ut av dette området og som derved ledes til hovedelva. Brønnhus viser at det sannsynligvis her er permanent vannspeil.

Overlevelsesområder i Lærdalselva.

I forbindelse med overlevelsesområder for fisk i området nedenfor Saltkjelen kan følgende forhold angis:

- Sidebekker med direkte utløp i hovedelva
- Kiler og gamle elveløp på elvesletta, de såkalte kilene
- Alluviale vifter med sidebekker
- Grunnvannskilder på elvesletta og i bakkant av elveforbygningen
- Drenerte bekker, kiler, kilder som munner inne i elveforbygningen

Dette er forhold som til dels opptrer samtidig, der f. eks. kilene og sidebekker kan motta vann fra grunnvannskilder, eller der overflatebekker mottar grunnvann når de renner gjennom elvesletta. Disse er omtalt og godt beskrevet av Aarehun (1991/92), først og fremst som mulige oppvekstområder for fisk. Han omtaler også at disse flere steder er grunnvannspåvirket, og hvordan forbindelsen mellom hovedelva og kilene stedvis er vanskelig å oppdage pga. elveforbygningen. Totalt sett må området nedenfor Saltkjelen betegnes som komplisert og til dels uoversiktlig fordi det er en rekke gamle dreneringsbekker og rør som ender inne i eller bak selve elveforbygningen. Eksakt lokalisering av disse er derfor vanskelig.

Vefsna

Laks kunne opprinnelig gå opp til Laksforsen, 29 km fra sjøen. På slutten av 1800 tallet ble det bygd fisketrapp i Laksforsen, og med ytterligere trapper har Vefsna hatt en potensiell lakseførende strekning på 126 km. *G. salaris* ble første gang observert i Vefsna på slutten av 1970-tallet. Etter 1992/92 har trappa i Laksforsen vært stengt, og NINA's ungfiskregistreringer som gikk fram til og med 1997, hadde siste funn av laksunger ovenfor Laksforsen i 1995 (Johnsen m. medarb. 1999).

Det er prosjektert fisesperre i Forsjordforsen, ca 16 km fra sjøen (DN-2001). Mellom Forsjordforsen og sjøen er elva forholdsvis bred og relativt langsommere. Det lokale nedbørfeltet nedenfor Laksforsen er lite, og det er få tilførselsbekker. Nedenfor Forsjordforsen er det bare Tverråga fra vest som er av betydning.

Flo/fjære virker opp til Kvalforsen, et strykområde ca 13 km fra sjøen. Dette kommer til uttrykk som oppstuvning av vann og derved heving av vannstanden. Denne effekten avtar med avstanden fra sjøen. Vi er ikke kjent med hvor langt opp saltvann kan registreres eller hvor langt opp eventuell saltvannskile kan trekkes oppover pga. elvestrømmen nedover.

Undersøkelsen ble foretatt i midten av september 2003 under gode værforhold, dvs. varmt og tørt vær i perioden forut for undersøkelsen. Undersøkelsen ble konsentrert til strekningen Forsjordforsen og sjøen, samt Tverråga's nedre deler.

På dalsidene av Vefsna elveleiet forekommer det hovedsakelig to typer avsetninger som ligger på grunnfjellet. Den ene er elve- og bekkeavsetninger bestående av sand og grus, med tildels ganske store steiner. Den andre består av marine strandavsetninger som hovedsakelig består av leire, og som finnes over store områder. Disse har de typiske erosjonsmønstre der små bekker lager en kupert overflate. Grunnvannet i de permeable og homogene elveavsetninger har god kommunikasjon med elva slik at det ikke oppstår vanntilsig i konsentrerte punkter (kilder). Den marine leiren er vesentlig mindre permeabel og vannavrenningen skjer derfor i slike områder mest i overflaten. Det ser ut til at permeable og tette lag ikke opptrer lagdelt. Samlet sett synes de geologiske forholdene å ikke gi grunnlag for typiske kilder, men at vannstrømmen går inn og ut av elveavsetningene under flo og fjære.

Overlevelsesområder i Vefsna

På strekningen mellom Forsjordforsen og utløpsområdet i sjøen ble det ikke funnet grunnvannskilder verken i tilknytning til hovedelva, elvebredden eller dalsiden som ble vurdert å kunne være overlevelsesområder for fisk ved rotenonbehandling eller annen kjemisk behandling. Slike områder ble heller ikke funnet i de deler av Tverråga som var tilgjengelig for fisk fra sjøen (forutsetter vandringshinder ved foss ca 400 m ovenfor Tverrågas utløp i Vefsna).

De mest iøynefallende overlevelsesområdene for fisk synes å være knyttet til vannstandsvariasjonen i forbindelse med tidevannet, der oppstuvning av elvevann ved flo sjø var betydelig. Dette ligger ikke i undersøkelsens mandat, men er allikevel omtalt fordi dette ved fallende sjø og derved minkende vannstand i elva, stedvis kan ligne på grunnvannssig fra elvebredd og grusører. Dette var spesielt synlig i nedre del av Tverråga (område 2), på begge sider av hovedelva der Tverråga renner ut i Vefsna (område 3). Betydelige arealer av hovedelva ble tørrlagt, og ved fallende vannstand var det betydelige mengder ferskvann som rant ut av grov elvebunn.

Denne avrenningen varte nærmest hele tiden med fallende vannstand, dvs. flere timer, og med stedvis innstengte dammer som resultat. Stingsild ble funnet i de etter hvert tørrlagt dammene, spesielt i de nedre delene av Tverråga.

Samme fenomen ble observert i hovedelva ved Mosjøen lufthavn (område 1), der området mellom øy i elva og vestre bredd nærmest ble tørrlagt ved fjære sjø. Avrenningen ut av elvebunnen var betydelig, og bunnsstratet var her grov grus, med mulighet for årsunger av laksefisk å kunne trenge ned i substratet. Fisk ble ikke observert i innstengte dammer.

Mellom Tverråga og utløpet i sjøen var det enkelte steder elveforbygning av grov blokk, spesielt i utløpsområdet (område 4), og ved flo sjø skjer det oppstuvning og inntrenging av vann inn i selve forbygningen.

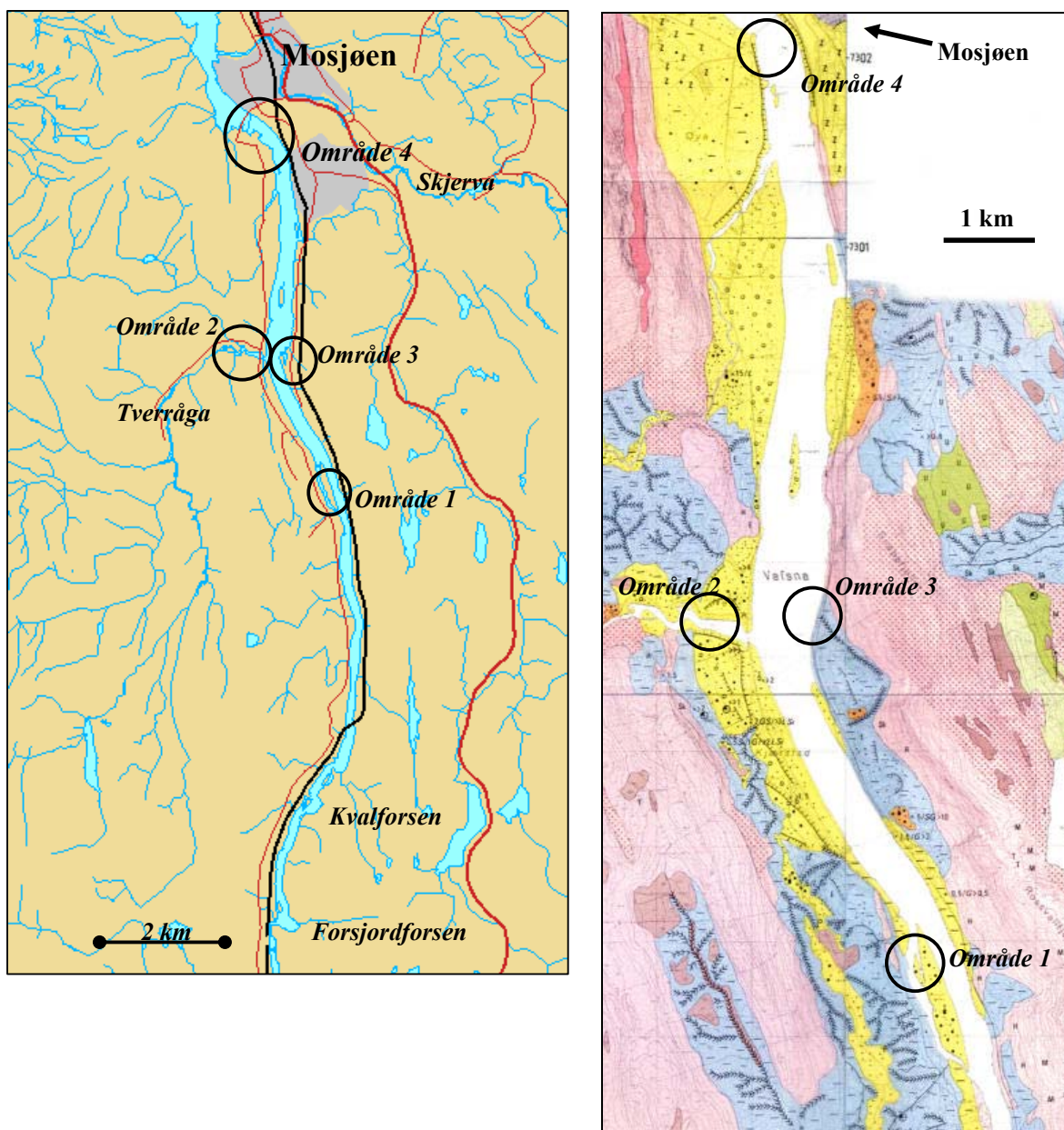


Fig. 34. Vefsna mellom Forsjordfossen og utløp i sjøen. Det ble ikke funnet grunnvannskilder på denne strekningen verken i tilknytning til hovedelva, elvebredden eller dalsiden som ble vurdert å kunne være overlevelsesområder for fisk ved kjemisk behandling. Tidevannet påvirker vannstanden i Vefsna opp til Kvalfossen 13 km fra sjøen ved oppstuvning av ellevann, og område 1-3 har betydelige grusører som oversvømmes ved flo sjø, og som har betydelig avrenning ved fallende sjø. Område 4 har elveforbygning av grov blokk med oppstuvning av vann inn i elveforbygningen.

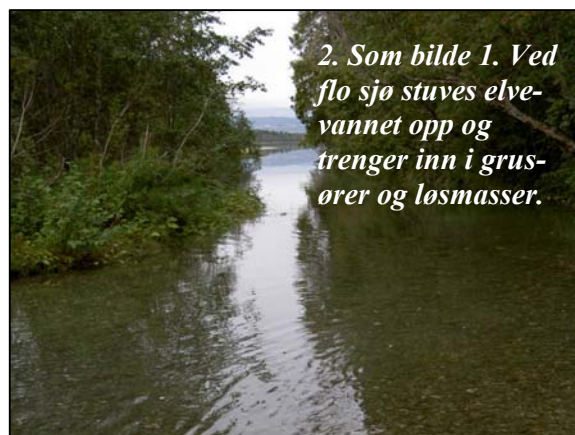


Fig. 35. I nedre del av Vefsna og i Tverråga ble det observert betydelig vannstandsvariasjon pga. oppstuvning av ellevann ved flo sjø. Ved fallende sjø varte avrenning fra grusørene i hele perioden fram til ny vannstandsheving.

Konklusjon

Det er nærmest påfallende at det i de fire undersøkte vassdragene: Skibotnelva, Rauma, Driva og Lærdalselva er funnet forholdsvis mange og omfattende grunnvannsfrembrudd, mens det i Vefsna nærmest ikke er funnet grunnvann langs elvestrengen nedenfor Forsjordfossen. I de fire nevnte vassdragene dreier det seg om kilder med vann som har alt fra kort (dager/uker) til lang(måneder/år?) oppholdstid i akviferen, vannmengden varierer, og ikke minst muligheten for fisk til å vandre opp i og oppholde seg i disse.

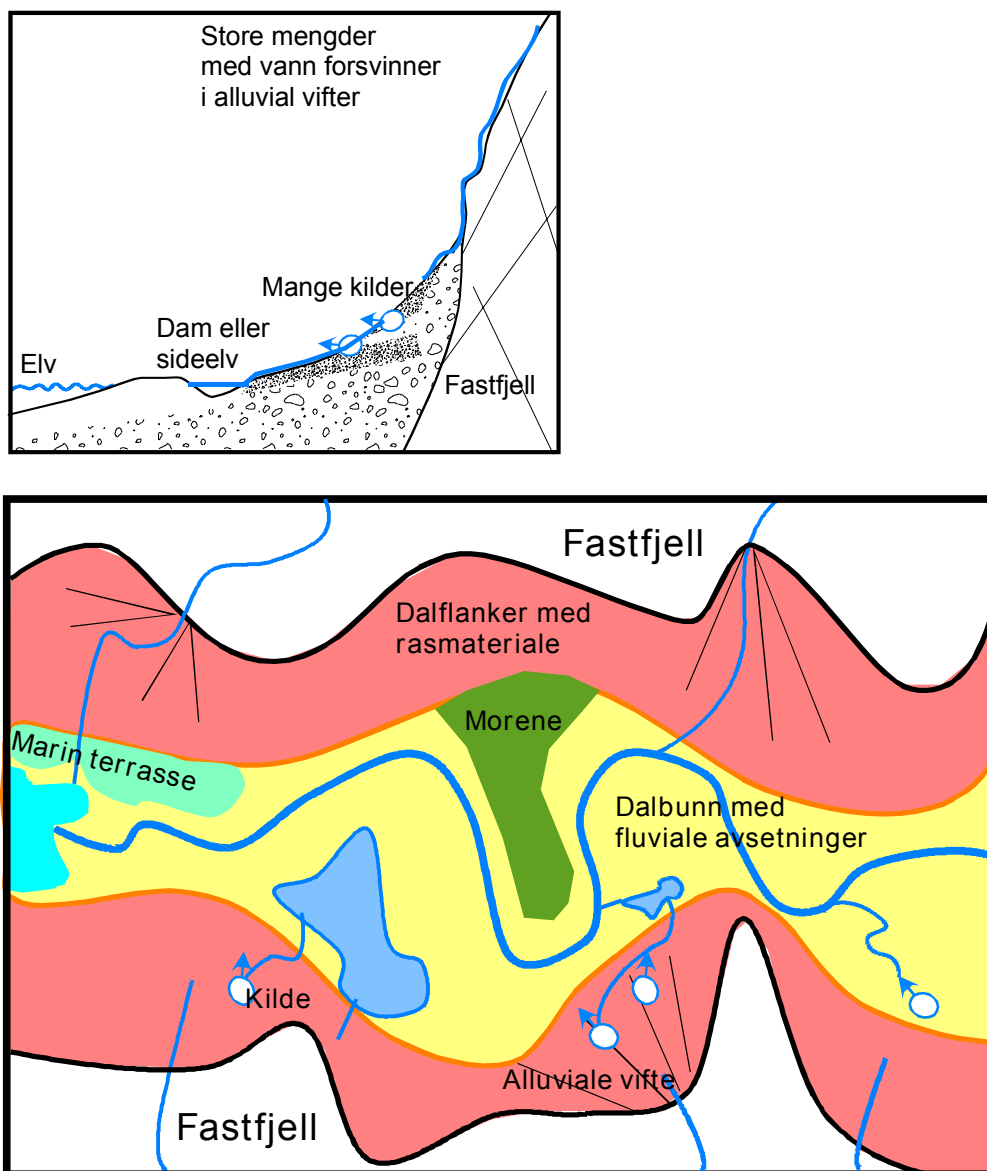


Fig. 36. Prinsippskisse av grunnvannstilførsel til vassdrag. **Over:** Dalside med fastfjell, høypermeable rasområder og finere løsmasser på elveslette. **Under:** Sett ovenfra, med fastfjell på høyfjellsplatå (hvitt), rasområder og alluviale vifter i grove løsmasser (rødt) og elvesletta som består av finere og tettere løsmasser i dalbunnen (gult). Bekker og mindre elver kan forsvinne i grove rasområder og komme frem som kilder (♁) nærmere elvesletta eller opp gjennom elvesletta mer eller mindre nær hovedelva. Elementer av dette ble funnet i både Driva, Rauma, Lærdalselva og Skibotnelva, men ikke i Vefsna. Grunnvannmatete dammer og mindre innsjøer kan dannes i dalbunnen, noe som var særlig tydelig i Lærdalen, Rauma og Skibotndalen.

Størrelsen på og tilgjengeligheten for fisk til disse ”perifere” delene av vassdraget varierer, men der dette ble underøkt (elektrofiske eller direkte observasjon) ble det funnet laksefisk (ørret i Rauma, sannsynligvis ørret i Lærdalselva og primært røye i Skibotnelva) i alle kilder og i de deler som hadde oppvandringmulighet fra hovedelva. Det som er felles er at kildene er knyttet til bestemte geologiske og kvartærgeologiske strukturer, der løsmasser i form av rasmateriale, alluviale vifter og

morener, sorterte løsmasser i form av elveterrasser og elvesletter, sammen med arealavrenning fra bakenforliggende landområder (åser, skrenter, fjellplataer med snø) er nøkkelfaktorer.

Alle de fire dalførene er typiske glasiale daler. Dalene har bratte flanker med mye rasmateriale og dalbunnen har store og komplekse elvesystemer. Direkte observasjon av interaksjon mellom grunnvann og overflatevann kunne observeres i både Skibotnelva, Rauma, Driva og Lærdalselva, mens dette ikke ble funnet i Vefsna.

De fire vassdragene har alle geologiske og topografiske elementer som skal til for å gi kildetilførsel av vann som har relevans for alle former for kjemisk behandling, dvs. skape refugier for overlevelse fordi det skjer ufullstendig innblanding.

- Det finnes morenematerialet i alle fire dalene, ofte utformet som terrasser. Dette er veldig markant i Drivdalens nedre deler, dvs. nedenfor Flatvad. Elvebunnen er her forholdsvis homogen, men belagt med grov rullestein, der finere morenemasser er vasket ut. Elvebunnen i Driva kan stedvis sammenliknes med den i Skibotnelva, og disse to elvene har stort sett mye grovere elvebunn enn Rauma, som er mer preget av sand og finere masser. Isen har gått fram og tilbake ved flere anledninger og det har ført til en heterogen oppbygging av sedimentære sekvenser. Underlaget i dalbunnen er derved blitt bygget opp av både fluviale avsetninger og morenemateriale (f.eks. Trollveggen Camping, Driva dalen ved Grøa, nedre del av Skibotn).
- Morener kan gi tette lag som kan føre til overtrykk i grunnvannet, særlig med de store høydeforskjellene som finnes mellom dalbunn og morenebelagte dalkanter. Grunnvannskilder med overtrykk ble funnet i Rauma i Geitvatnet, ved Ryggvatnet og ved Alnes og flere steder i Skibotn.
- Stor vekselvirkning mellom glasiale og fluviale forhold fører til lagdeling av løsmassene, dvs. heterogenitet. Dette gir lagdeling mellom tette sjikt og mer porøse lag med stor permeabilitet, noe som fører til konsentrasjon av grunnvann. Dette fører til kompliserte grunnvannsforhold i flere høydenivåer som kan ses særlig tydelig i Skibotn og de nedre deler av Rauma.
- Store og mindre rasmasser (alluviale delta) fra de bratte dalflankene har ofte bekker øverst, men som forsvinner nedover og inn i viften. Dette vannet kommer fram som kilder nær dalbunnen. Dette fenomenet sees svært hyppig i Rauma og Lærdalen, men også i Driva og Skibotn. Det er et viktig spørsmål om dette gir kilder begrenset til elvekanten eller om det også kommer opp gjennom elvebunnen. Tilsig både i elvekanten og i elvebunnen var markant flere steder i Rauma, Skibotn og Lærdal, noe mindre tydelig i Driva. På sideterrassene (særlig Driva og Lærdal) ble det observert lite overflateavrenning. Det tolkes slik at vannet forsvinner lokalt ned i grunnen og danner grunnvann i de fluviale sekvensene. Dette ble bekreftet ved Torske bro ved Grøa i Driva og flere steder i Lærdalen
- I nederste del av alle dalførene kunne det observeres interaksjon mellom marine og fluviale avsetninger. Marine avsetninger består av ofte tette lag med leire. Denne lagdelingen fører til et komplisert system med flere grunnvannsnivåer med forskjellig trykkforhold, og forskjellige utbredelse. Elvebunnens karakter i disse områder vil være avgjørende for hvor mye vann som siger inn i elvevannet. I Driva finnes marine avsetninger rimelig langt opp i dalen, også ovenfor noen glasiale avsetninger.
- Forekomst og utbredelse av fisk viste at der fisk kunne vandre opp i kildebekker var det til dels stor forekomst av røye i Skibotn, hovedsakelig som årsunger og ett år gammel fisk. Årsunger indikerer at røye gyter i kildebekkene, noe som også ble bekreftet på lokalt hold. Dette gjaldt også i små kilder (bekkebredde 10-30 cm), og røye ble vanligvis påvist opp til kildepunktet.

Det antas at det ikke er stasjonære bestander av røye i kildebekkene, og bestandene her antas helt avhengig av at det ikke er vandringshinder fra hovedelva. Det ble bare påvist enkelte individer av ørret helt sporadisk i kildebekkene i Skibotn.

- I grunnvannsmatete innsjøer nær elvesletta ble det observert ørret i Rauma, og i kildebekker er ørret påvist av Sættem (pers. medd.). Hvorvidt Ryggvatnet, Geitvatnet og innsjøene ved Alnes har stasjonære eller vandrende bestander av ørret er ikke kjent.
- I Lærdalen ble unger av laksefisk i stort antall observert i kilder, tilsigsbekker og grunnvannsmatete dammer på elvesletta. Høsten 2004 ble gyting observert i flere tilsigsbekker på elvesletta preget av grunnvann.
- I Driva's nedre del ble årsunger av ørret observert i grunnvannspregete dammer på elvesletta.
- I Vefsna ble det mellom Forsjordfossen og utløpsområdet i sjøen ikke funnet grunnvannskilder i tilknytning til verken hovedelva, elvebredden eller dalsiden som ble vurdert å kunne være overlevelsesområder for fisk ved rotenonbehandling eller annen kjemisk behandling. Slike områder ble heller ikke funnet i de deler av Tverråga som var tilgjengelig for fisk fra sjøen (forutsetter foss ca 400 m ovenfor hovedelva som vandringshinder). Det mest iøynefallende problemet i Vefsna synes å være knyttet til vannstandsvariasjonen i forbindelse med tidevannet, der oppstuvning av elvevann ved flo sjø var betydelig.

I både Skibotnelva, Rauma, Driva og Lærdalselva må grunnvannstilsiget til hovedelva betegnes som vesentlig og selve utvekslingen mellom elv og grunnvann kan knyttes til geologiske og topografiske forhold.

Litteratur

- Bencala, K.E. 1993. A Perspective on stream-catchment connections. *Journal of the North American Benthological Society*, 12: 44-47
- Brabrand, Å. og Koestler, A. 1999. Mulig årsak til mislykket rotenonbehandling av lakseelver. *Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske*, Universitetet i Oslo, internt notat, 4 s.
- Bremset, G. and Heggenes, J. 2001. Competitive interactions in Young Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) and Brown Trout (*Salmo trutta* L.) in Lotic Environments. *Nord. J. Freshw. Res.* 75: 127-142
- Brunke, M. and T. Gonser. 1997. The ecological significance of exchange processes between rivers and ground water. *Freshwater biology* 37: 1-33
- Castro, N.M. and G.M. Hornberger. 1991. Surface-subsurface water interactions in an alluvial mountain stream channel. *Water Resources Research* 27: 1613-1621
- DN, 2001. Fiskesperrer som supplement eller alternativ til kjemisk behandling i vassdrag infisert med *Gyrodactylus salaris*. Utredning for DN nr. 2001-9, 1-66.
- Evans, E.C., M.T. Greenwood and G.E. Petts. 1995. Short communication thermal profiles within river beds. *Hydrological Processes* 9: 19-25
- Heggenes, J., O.M.W. Krog, O.R. Lindås, J.G. Dokk and T. Bremnes. 1993. Homeostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo Trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology* 62: 295-308
- Holton, G.D. and Johnson, H.E. 1996. A field guide to Montana fishes. Montana Fish, Wildlife and Parks.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I.m Jensen, A. 1999. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laks i norske vassdrag, statusrapport ved inngangen til år 2000. NINA – Oppdragsmelding, 617: 1-129
- Lee, D.R. 1977. A device for measuring seepage influx in lakes and estuaries. *Limnology and Oceanography* 22, 140-147.
- Stanford, J. and J. Ward, 1992. Emergent properties of ground water ecology: conference conclusions and recommendations for research and management. *Proceedings: Groundwater ecology*, 409-415.
- Stanford, J. and J. Ward, 1993. An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor. *Journal of the North American Benthological Society*, 12: 48-60
- Triska, F.J., J.H. Duff and R.J. Avanzino, 1993. Patterns of hydrological exchange and nutrient transformation in the hyporheic zone of a gravel-bottom stream: examining terrestrial-aquatic linkages. *Freshwater Biology* 29: 259-274
- Pusch, M., and J. Schwoerbel, 1994. Community respiration in hyporheic sediments of a mountain stream (Steina, Black Forest). *Archiv für Hydrobiologie*, 130
- Aarethun, A. 1992. Kilar I Lærdalselvi: Kartlegging og tiltak for betring av oppvekstmiljø. Kandidatoppgåve i akvakultur. Sogn og Fjordane Distriktshøgskule, 91/92. 59 s + vedlegg.