

Grunnvann som mulig årsak til mislykkede rotenonbehandlinger.

Av Andreas G. Koestler og Åge Brabrand

Andreas G. Koestler er ansatt i Geo-Recon, Oslo
Åge Brabrand, Laboratorium for ferskvannøkologi
og innlandsfiske, Universitetets naturhistoriske
museer og botanisk hage, Oslo.

Innlegg på fagtreff 12.okt 2000

Innledning

Rotenonbehandling av elver der laks er infisert med parasitten *Gyrodactylus salaris* har som målsetting å utrydde verten i vassdraget, for på den måten å utrydde *G. salaris*. I mange mindre vassdrag har dette vært vellykket, men spesielt i større vassdrag har det etter en tid vist seg at laksunge igjen er infiserte. Det er tre muligheter for at dette kan skje, i) det kan inntre en ny infeksjon som er uavhengig av den opprinnelige, ii) noen mottagelige verter har overlevd behandlingen eller iii) mottagelige verter har oppholdt seg i deler av vassdraget som ikke er blitt behandlet.

I ettertid å fastslå eller bevise årsaken til en mislykket rotenonbehandling vil være vanskelig basert på vitenskapsteoretisk grunnlag, og det nærmeste man kan komme er å påpeke mulige eller sannsynlige årsaker. Men det er nærliggende å tro at infiserte laksunger eller annen mottagelig laksefisk på en eller annen måte har overlevd selve rotenonbehandlingen. Denne artikkelen vil

fokusere på interaksjon mellom grunnvann og elvevann som en *mulig* årsak til mislykkete rotenonbehandlinger i større vassdrag, dvs. at noen infiserte laksunger har overlevd ved å oppholde seg på steder dominert av grunnvann.

To forhold er her avgjørende, og der disse opptrer sammen (tid/sted) vil forholdene for overlevelse kunne være tilstede:

- Grunnvann (mengde, utstrømningsområder, bunnforhold)
- Fiskens evne til å oppholde seg mellom stein nede i bunnsubstratet eller i elvebredden

Grunnvann og rotenonbehandling

Interaksjon mellom grunnvann og vassdrag i slike mengder at det er av betydning for fisk er sannsynligvis svært utbredt. Mønsteret for dette er langt på vei forutsigbart, både i regional skala og innen det enkelte vassdrag. Tilsig av grunnvann gjennom elvebredden og elvebunn er knyttet til heterogeniteter av løsmasser og i fastfjell. Oppdeling av grunn-

vannsreservoir i tette og mindre tette lag eller soner (gruslag i leirdominerte lag i løsmasser, eller sprekker i fastfjell) vil forårsake at større mengder grunnvann strømmer ut i elven og muliggjør at fisken kan overleve. Kombinasjon av vassdrag med laksebestander, mye nedbør og store mengder løsmasser og heterogene geologiske forhold gjelder for svært mange vassdrag på Vestlandet, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark. Det gjelder også for vassdrag som tidligere er rotenonbehandlet og der *Gyrodactylus* fortsatt finnes etter behandling; Lærdal, Rauma og Skibotnelva.

Avhengig av fjellkarakteristika og løsmassenes oppbygging vil grunnvannet stå i direkte forbindelse med overflatevannet i både elver og innsjøer (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 overflatevann vil det derfor være et mer eller mindre homogent fordelt eller veldig lokalisert tilsig av grunnvann som kommer inn i elvebunnen og elvebredden, i mengde avhengig av bergartenes og løsmassenes beskaffenhet, høydegradienten i omgivelsene og karakteristika i nedbørfeltet (Brunke & Gonser 1997). Begrepet grunnvann er her brukt som fellesbetegnelse for grunnvann og overflatenært vann. Tilsigsmengden vil avhenge av fem forhold (Fig 1):

- Klimatiske faktorer
- Høydegradienten i nedbørfeltet
- Permeabiliteten i løsmasser
- Sprekkesoner i fast fjell
- Bunnforhold og sedimenttype i elveleiet
- Geologisk heterogenitet i elvebunn og elvebredd

Kort summert vil områder for overlevelse av fisk under rotenonbehandling kunne oppstå der vann blandes dårlig, ikke blandes eller der tilsiget vil fortynne elvevannet. Tre forhold vil her avgjøre:

- Tilsigsmengde
- Substrat eller bunntype
- Temperaturforskjell mellom elvevann og grunnvann

Grunnvannsframbrudd i elvebunnen og ikke minst gjennom bredden der substratet består av grov stein vil kunne gi mikroområder med mulighet for overlevelse for fisk under rotenonbehandling. Her vil innblandingen kunne være dårlig, og bare et lite vanntrykk fra grunnvannskilder vil svekke innblandingen. Dersom behandling gjennomføres på en tid med lavere temperatur på grunnvann enn i selve elvestrengen (vanlig på sommeren), vil innblandingen ytterligere svekkes.

Dersom vannføringen i elva er liten (i perioder med lite nedbør eller i regulerte vassdrag), vil det relative bidraget fra grunnvannet øke. Interfasen mellom elvevann og grunnvann vil da kunne være høyt i bunnssubstratet eller i selve vannfasen i elvestrengen, spesielt der substratet er grovt. Dermed kan fortynningen bli såpass stor at rotenon vil miste effek-

ten. Laksunger har ikke en jevn fordeling i elva, og viktige miljøfaktorer som bestemmer hvor laksungene oppholder seg er strømhastigheten, vanddyptet og ikke minst bunntypen. Laksunger har sterk preferanse for elvebunn med forholdsvis grov stein, der fisken har mulighet for å skjule seg nede i bunnen (Heggenes et al. 1993). Denne overenstemmelsen mellom grunnvannsframbrudd og laksungenes oppholdssted vil kunne gi mulighet for overlevelse av yngel og ungfisk som oppholder seg nede i substratet under rotenonbehandling.

Fra andre undersøkelser er det vist at laksunger kan bevege seg langt ned i substratet sålenge det er hulrom, enten det er i selve bunnen eller inn i bredden. Erfaring fra amerikanske elver har vist at dette er den primære vanskelighet ved rotenonbehandling i rennende vann (Holton og Johnsen 1996). Denne problemstillingen vil være relevant for enhver behandling som krever innblanding av vannløselig stoff i vannmasser som

skal gi total dødelighet av enten vert eller parasitt, enten det er rotenon eller andre løste stoffer.

På en gitt lokalitet vil det derfor være en vekselvirkning mellom grunnvann og elvevann (interfasen grunnvann – overflatevann) som er bestemt av klimatiske og geologiske faktorer og småskala bunnforhold. 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 der det er elvesletter med et stort ovenforliggende nedbørfelt. Dette er kvaliteter som gjerne forbindes med større vassdrag. Dersom slike vassdragsavsnitt ligger i områder med mye nedbør, løsmasser på fast fjell og har kompliserte sprekkesoner, vil vi kunne få oppvelling av grunnvann som ikke gir innblanding med elvevann under rotenonbehandling, og som derved gir grunnlag for lokal overlevelse.

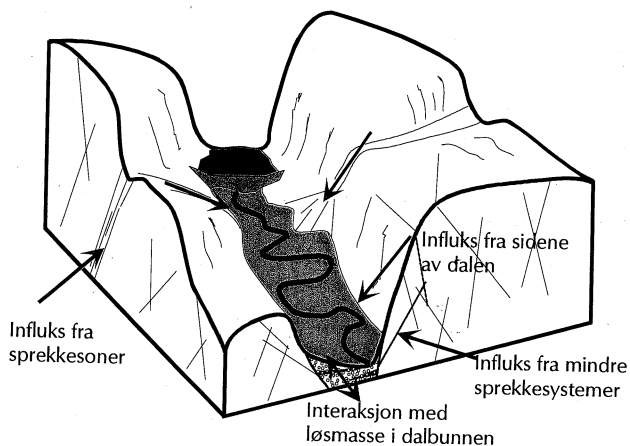


Fig. 1. I områder der det finnes heterogene grunnforhold (sprekker, tette og porøse lag, osv.), kan det forventes områder med konsentrert innstrømning av grunnvann til elva.

Lagdeling og kilder

For norske grunnvannsforhold er heterogene løsmasser helt sentralt. Her kan det finnes flere adskilte grunnvannsmagasiner i porøse sand- og gruslag mellom tette leirelag. Der vannmettede gruslag ligger mellom tette leirlag som munner ut i en dalside kan det oppstå overflatekilder hvor vann til og med renner ut i dagen under stort trykk (artesiske grunnvann). Kilder i dalsidene oppstår på grunn av heterogeniteter i den geologiske oppbyggingen.

På samme måte kan grunnvann direkte strømme ut i elvebunnen, hvis tette og porøse lag står i kontakt med elveleiet og dessuten er i kommunikasjon med høyreliggende infiltrasjonsområder. En forutsetning er at trykkpotensialet er høyt nok og at reservoiret er heterogent slik til at vann kan tilføres som punktkilder i elvebunnen. Et pågående forskningsprosjekt finansiert av Energiforsyningens Fellesorganisasjon (EnFO) har påvist omfattende grunnvannskilder i innsjøer som er av stor betydning for innsjøgytende ørrestammer (Brabrand 2000 og Brabrand et al. under arbeid). I det følgende skal noen kritiske grunnvannsområder i Steinkjervassdraget omtales.

Steinkjervassdraget

Steinkjervassdraget ble rotenonbehandlet i 1993, men *Gyrodactylus salaris* ble igjen observert i 1997 (Fylkesmannen i nord-Trøndelag 1996). Etter oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) gjennomførte vi en undersøkelse av dette vass-

draget for å angi om grunnvann kunne være en faktor som kunne forklare hvorvidt laksunger kunne overleve rotenonbehandling i 1993 (Brabrand og Koestler 1999).

Steinkjervassdraget består av Ognaelva og Byaelva. I et gammelt elveløp av Byaelva som hovedsakelig ligger i et leirelag, ble det observert kaldt grunnvannstilsg i bunnen av gammelt elveløp og i overflaten knyttet opp til kontaktflaten mellom en marin skjellsand og marine leirer, se Fig. 2. Vannmengden ble målt lokalt til en fluks på opp til 650 ml/m²*time. Bunnforholdene i det gamle elveløpet er noe uklart, men det er kjent at det kan finnes sprekker i tette leirlag som leder vann fra et dypere grunnvannslag som står under trykk til overflaten. I de tilsvarende strukturer, men på Ognaelvsiden, er et grunnvannsreservoir mtp. drikkevannsforsyning til Steinkjer kommune utredet av Noteby (1988). Reservoiret antas å stå i kommunikasjon med elvevannet.

Utover måling av grunnvannsfluks ble temperaturmålinger brukt for å studere interaksjon mellom grunnvann og elvevann. Mens elvevannet i undersøkelsesperioden hadde en temperatur på ca 13 °C, fantes det grunnvann nær elvebredden på både ca 10 °C og under 7 °C. I elvekanten til Byaelven viste temperaturgradienten at kaldt grunnvann strømmet inn i elven. Mengde og lokal romlig variasjon ble ikke undersøkt. Tilsvarende lagdeling og kaldtvannskilder ble observert ved Brandseggfossen i Ognaelva.

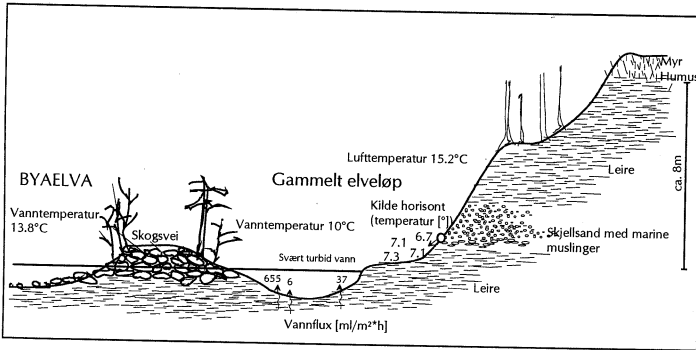


Fig. 2. Profil (tverrsnitt) med kilder sydvest for Byaelva i gammelt elveleie (yttersving). Brattkant viser tydelig vannutspring i nedkant av horisontalt grussjikt. Bunnen i dammen har samme høydenivå som bunnen i hovedelva.

Det ble 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 bunnsstratet nedenfor elvekanten eller inn gjennom bredden. Sigevannstilførsel vil gi en temperaturgradient fra bredden og inn i elvestrengen, og som lettest kan følges noe nede i substratet. Dersom kilden inneholder anaerobt vann vil redusert jern ofte karakterisere kilden.

Grunnvannskilder vil, i motsetning til sigevann, gi mer eller mindre direkte punktilførsel med mulighet for større tilførselsmengde. De er vanskeligere å lokalisere enn sigevann og i vår undersøkelse 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.

Noen hundre meter ovenfor omtalt lagdeling og grunnvannskilder skjærer Byaelva gjennom en større morene. Vannhastigheten er her forholdsvis høy, og de finere løsmassene i morenen er vasket ut. Tilbake langs bredden og i selve elveløpet fra morenen og noe nedover elva ligger det grov rullestein igjen som dominerende substrat. Her kan fisk stedvis bevege seg ned i substratet eller inn i elvebunnen. I nedkant av morenen møtes lagdeling med leire og grus i gamle elvekanten, og to vannbærende lag med henholdsvis 6,9 - 8,4 °C og 10,0 °C ble funnet (se Fig. 3). Vei på elvekanten, elforbygning og planering ved et renseanlegg gjør observasjon her noe vanskelig, men lagdelingen er trolig av samme karakter som det observert i brattkant noe lengre ned i elva.

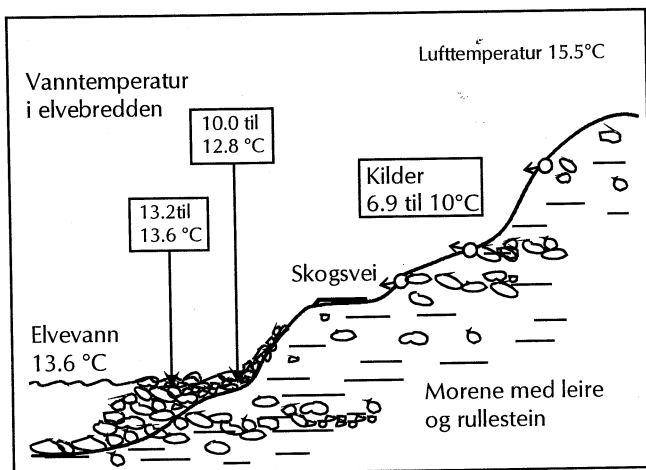


Fig. 3. Område ved morene i Byaelva nedenfor Byafossen. Temperaturmålinger i vannoverflaten langs elvebredden i rennende elv (13,2 - 13,8 °C) og i elvevann mellom rullestein 1 m nærmere bredden (10,0 - 12,8 °C), der Byaelva skjærer igjennom morene med rullestein. I morenens nedkant i terrenget innenfor er det frambrudd av kilder med typiske grunnvannstemperaturer (6,9 °C, 8,3 °C og 10,0 °C) som siger ned igjennom elvekanten med frambrudd i elvebredden (antydning med piler), trolig også opp igjennom bunnen. Dette gir en horisontal temperaturgradient fra elvebredden og inn mot elva.

Oppsummering

Det er de geologiske forhold og deres heterogenitet som gir mulighet for konsentrert, og tildels meget lokal grunnvannsstrømning inn i elver eller innsjøer. Geologien og klimaet er avgjørende for mengden grunnvann og variasjonen gjennom året. Geologisk kartlegging og økt forståelse av interaksjonen mellom grunnvann og overflatevann samt grunnvannsmodellering kan forklare forhold som overlevelse nede i bunnsubstratet ved ekstreme ytre forhold, f. eks. lave minstevannføringer, sure episoder, flom og rotenonbehandling. Samtidig er det lite kunnskap om hvor langt ned i elvebunnen lak-sunger kan bevege seg og hvordan dette elvevolumet blir utnyttet. Erfaring fra noen vassdrag tyder på at det er kristisk der vann fra sidevassdrag renner inn i hovedvassdraget. Her kan hele eller

delar av sidevassdraget forsvinne ned i grunnen i grove løsmasser (morener, fluviale masser, rasområder), og renne inn i hovedvassdraget under vannlinjen i hovedelva. Dette er opplagt et vanlig fenomen, og kan lett iakttas f. eks. i Rauma og Lærdalselva.

Der det finnes geologiske formasjoner med lagdeling av leire og grus gir dette store muligheter for konsentrerte utstrømningsområder for grunnvann og at grunnvannet har overtrykk i vannbærende horisontale grus- og sandlag. Deler av Steinkjervassdraget, både Byaelva og Ogna, renner gjennom og tildels eroderer aktivt i en slik lagdelingen. Der elva gir bratte erosjonskanter med gruslag inn mot elvestrengen vil grunnvann kunne stå i direkte kontakt med elvevannet. Dette er påvist i gamle erosjonskanter og i gamle elveavsnøringer. I morenen i

Byaelva undersøkes dette nærmere av Direktoratet for naturforvaltning i forbindelse med planlagt ny rotenonbehandling.

Der slike brattkanter ligger rett nedenfor morenerygger med rullestein, vil elva ha fraktet grovere masser nedover. Her vil elvebunnen og elvebredden stedvis ha grovt og steinet substrat som er gunstig substrat for laksunger og smolt. I disse områdene vil det være store muligheter for grunnvannsframbrudd. Muligheten for at laksunger kan oppholde seg langt nede i substratet i vann preget av grunnvann (tilsig, temperatur som forhindrer skikkelig blanding, eller stort tilsig som gir fortynning) er derfor tilstede, noe som vil kunne gi overlevelse etter rotenonbehandling.

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 rotenon - behandling av lakseelver. Lab. Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Universitetet i Oslo, internt notat, 4 s.
- 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
- 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. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, miljøvernavdelingen, 1996. Steinkjervassdragene 1980-1996. Rapport nr. 6-1996, 13 s.
- Noteby, 1988. Grunnvannsforsyning Steinkjer. Undersøkelse i områdene Midjo og Fossum. Oppdragsnr. 37309, rapp. nr. 1, 8 s.
- 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*, 130:35-52