

# Forsuringsskader og helbredningstid for laksemolt

*Fisk, særlig laksemolt, er sterkt utsatt for skader forårsaket av aluminium (Al) når vannet forsurets. Her gis en kort oversikt over giftmekanismene og hvor lang tid fisken trenger for å bli frisk. Dette vil ha forvaltningsmessige konsekvenser.*

F. Kroglund<sup>1</sup>, B. Finstad<sup>2</sup>, K. Pettersen<sup>2</sup>, B.O. Rosseland<sup>3</sup>, P.A. Bjørn<sup>4</sup>, H.-C. Teien<sup>3</sup>, B. Salbu<sup>3</sup>, T. O. Nilsen<sup>5</sup>, S. Stefansson<sup>5</sup>, L. Ebbesson<sup>5</sup>, R. Nilsen<sup>5</sup> og T. Kristensen<sup>1</sup>.

1) Norsk inst. for vannforskning, 2) Norsk inst. for naturforskning, 3) UMB-Ås, 4) Nofima Marin, 5) Univ. i Bergen.

Laksemolt er særst følsom for positivt ladde former av aluminium (labilt Al eller LAI). Slike former av Al vil foreligge med forhøyde konsentrasjoner i vassdrag påvirket av forsuring. Mens høye konsentrasjoner av LAI (over 30 µg/l) vil kunne drepe smolt i elva, kan lave konsentrasjoner (3-6 µg/l) ha samme bestandseffekt, men da ved å redusere fiskens overlevelse i saltvann.

## Det giftige aluminiumet

I vann vil Al foreligge på en lang rekke former, men det er kun former som er positivt ladd (LAI) som forvolder skade. Al skader bl.a. ved å akkumuleres i og på fiskens gjeller. Giftvirkningen oppnås som følge av minst tre ulike mekanismer; oksygenopptak, blodsaltregulering og enzymaktivitet, hvor de to første knyttes til skader i ferskvann og den siste til sjøvannstoleranse. LAI påvirker også egenskapene til det beskyttende slimlaget som omgir fiskens hud. Endringer her kan ha indirekte effekt på immunsystemet. I tillegg vil LAI akkumuleres i fiskens luktvev hvor det kan påvirke laksens evne til å gjenkjenne hjemmenvassdaget. Hver og en av disse "responsene" har sin unike årsak-virkningsforløp og dose-respons sammenheng, samt at de er innbyrdes sammenkoplede. En belastning trenger ikke påvirke

alle mekanismene like kraftig, dette avhenger både av fiskens livsstadium, øvrig vannkemi og temperatur. Eksponering av laksemolt for Al påvirker en rekke funksjoner som for eksempel saltbalansen, hvor disse i sum resulterer i redusert overlevelse av smolt til voksen laks. Ettersom skader på saltregulering i saltvann først påvises etter at fisken har forlatt ferskvannet, kan det feilaktig antas at årsaken er marin når denne faktisk skyldes forhold i ferskvann.

## Forsuringsepisoder

Fram til ca 2002 avtok forsuringen i Norge i forhold til situasjonen på 80-tallet. Mange elver er i dag mer episodiske sure, hvor episodene kan vare fra timer til dager og uker. Forsuringsepisoder med forhøyde mengder av LAI vil ofte inntreffe i løpet av ettervinteren eller våren, og er helst knyttet til sjøsaltepisoder og snøsmelting. Høst-episoder og episoder knyttet til tørke vil også kunne forekomme med økende hyppighet hvis klimaendringene fortsetter. Selv om intensitet til forsuringsepisoder er noe redusert i løpet av 2000-tallet, forventes det ikke at episodene vil opphøre og skade laks, såfremt dagens utslippsnivå ikke reduseres ytterligere. Forsuringsepisoder vil også kunne forekomme i vassdrag som er kalket dersom det blir feil pga. metodisk svikt.



*Skal det bli bra med oppvandrende villaks i elvene, må hele laksens livssyklus fungere tilfredsstillende.*

## Eksponeringstid

Laksemolt påvirkes negativt av LAI allerede etter få timers eksponering. Basert på forsøk kan en eksponering med varighet av 3 dager gi samme økologiske sluttresultat som en tilsvarende episode med varighet 30 døgn. Varighet av eksponering trenger således ikke være avgjørende for det økologiske utfallet. Det er kjent at skader som har oppstått i løpet av en forsuringsepisode vil kunne leges når vannkjemien forbedres. Vannkemi, temperatur og skadeomfang er da viktige elementer.

Dokumentasjon på hastigheten det tar før fisken er blitt frisk, er imidlertid svært mangelfull. Hittil har forskningen i hovedsak hatt som fokus å definere kritisk kjemisk grense og har i mindre grad hatt fokus på hvor raskt en skadd fisk kan bli frisk. Mens dødelighet kan opphøre tilnærmet umiddelbart etter at en belastning opphører, vil andre forhold leges senere, f. eks marin overlevelse og immunologi.

	Godt vann	Surt (belastende) vann	2 d. belastning 14 d. restituering	7 d. restituering 7 d. belastning	14 d. belastning 2 d. restituering
Gjelle Al	7,2	25,2	16	33,5	20,4
Gjelle NKA	13,9	14,2	14,2	14,1	13,2
Plasma Cl	137	118,5	126,2	127,8	125,3
Plasma Na	148	135,3	140,2	141,8	143,3
Glukose	7	19,7	10,2	13,3	11,9

Gjelle- og blodprøvertatt etter 14 dager i godt eller surt vann og etter 2, 7 og 14 dagers belastning, med påfølgende 14, 7 og 2 dager restituering.

### Nye kunnskaper

Med midler fra Norges Forskningsråd har vi nå studert hvor raskt en moderat påvirket laksesmolt gjenvinner normale, økologisk viktige egenskaper (= blitt frisk) etter en kortvarig forsureningsepisode. For å kunne "bli frisk" må fisken først være skadet. For å defineres som frisk etter skade bør fiskens helse ikke avvike vesentlig fra kontrollfisken.

I eksponeringsforsøket vårt ble fisk eksponert for moderat surt vann (pH 5,7 og 10 µg LAI/l) og dermed "skadet". Fisk i det sure vannet akkumulerte Al på gjellene, fikk redusert ione-balanse og forhøyd glukose, mens gjelleenzym forble upåvirket (se tabellen over). Når denne fisken ble overført fra surt til godt vann (pH 6,8 og 3 µg LAI/l) ble fiskens



Laksesmolt trenger betydelig lengre tid på å bli "frisk" enn det vi tidligere antok. Bildet viser villsmolt tatt på utvandring fra elv. Foto: Bengt Finstad.

fysiologi normalisert, men ikke til de nivåene som kontrollfisken hadde. Basert på forskjellene i blodverdier var fisken ikke blitt "frisk", selv etter 14 dager restituering.

### Surt vann gir mer lus på fisken

Det er fra tidligere forsøk kjent at selv meget moderat skadet laksesmolt i ferskvann, har økt mot-takelighet for lakselus i sjøvann. Det samme ble observert her (se tabellen nedenfor). De negative effektene sees som både økt infiseringsrate, samt som en betydelig overdødelighet i forhold til dødelighetsnivåene i sjøvann uten lus. Alle grupper med under 1 ukes restituering i en god vanntype hadde en overdødelighet på 2 til 4 ganger i forhold til kontrollfisk.

Positive effekter av langvarig restituering kunne observeres etter 14 dager.

### Trenger lang tid for å bli frisk

Resultatene tyder på at laksesmolt trenger betydelig lengre tid på å bli "frisk" enn det vi tidligere antok. Mens en uke ble ansett som rimelig tid basert på enklere kriterier, tyder både blodverdiene fra smolt i ferskvann og i saltvann på at fisken ikke var frisk etter 14 dager. Likeledes tyder resultatet på at ulike egenskaper krever ulik tid på å leges. Det er ingen faglig grunn til at alle skader skal repareres like raskt.

### Forvaltningsmessige konsekvenser

Resultatene fra dette forsøket har klar betydning for forvaltning av norske elver. Mens det tidligere er påpekt at det kan være vanskelig å avgjøre om kritisk grense for Al er overskredet når vassdraget ikke overvåkes, illustrerer resultatene fra dette forsøket at kortvarig eksponering av smolt lenge forut for selve utvandringen kan ha store negativ bestandseffekter.

Samtidig vil det være vanskelig å påvise forsureningsepisoder uten at pH for eksempel logges kontinuerlig. Fravær av slike data innebærer at mange bestander kan være påvirket av forsurening uten at dette er kjent.

Mens bestandseffekter knyttet til ferskvann alene ikke trenger å redusere fangsten med mer enn 10 prosent, kan samme belastning med lakselus innebære en bestandsreduksjon på så mye som 60 til 90 prosent.

Gruppe	Gjelle-aluminium (Al)	Plasma-klorid (Cl)	Gjelle-enzymet NKA	Uten lus. Prosent døde smolt etter 2 og 6 uker	Antall lus ved start pr. smolt	Med lus. Prosent døde smolt etter 2 og 6 uker
Godt vann	7	138	13,8	2 - 3	25	6 - 26
Surt (belastende) vann	25	157	7,5	6 - 7	36	16 - 47
2 d. belastning og 14 d. restituering	16	152	9,8	9 - 11	33	10 - 31
7 d. belastning og 7 d. restituering	11	147	9,3	7 - 8	33	14 - 68
14 d. belastning og 2 d. restituering	21	154	8,2	10 - 10	37	9 - 63

Gjelle- og blodprøver tatt etter 14 dager i godt eller belastende vann og etter 2, 7 og 14 dagers belastning, med påfølgende 14, 7 og 2 dager restituering. Akkumulert dødelighet er angitt etter 2 og 6 uker i sjøvann hvor det er skilt på grupper eksponert for lus fra kontroll som ikke ble luseinfisert. (Det ble benyttet 110 - 230 fisk per gruppe.)