

Enningdalsvassdraget – et norsk/svensk grense- vassdrag med store forsuringsproblemer

*Av Bjørn Walseng, Trygve Hesthagen, Ann Kristin Schartau,
Daniel Johansson, Andreas Bäckstrand og Leif R. Karlsen*

Bjørn Walseng, Trygve Hesthagen og Ann Kristin Schartau er alle forskere ved Norsk institutt for naturforskning (NINA). Daniel Johansson og Andreas Bäckstrand er ansatt ved Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Leif R. Karlsen er fiskeforvalter hos Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen.

Summary

The Enningdalen drainage basin in Østfold County and Västra Götalands län, is shared between Norway (1/3) and Sweden (2/3). The area suffered from acidification already during the early 1900s, as pHs of 4.7-4.8 was measured in the early 1950s. This has caused severe effects on the aquatic biota, including losses of many fish populations. To mitigate these damages, a large-scale liming project was initiated by Swedish authorities in a border lake, Lake Søndre Boksjø, in 1980. Since then, altogether 75 lakes on both side of the border have been limed or are affected by liming. In 2008, "Project Enningdalselven" was initiated, which financially is supported by Interreg Sweden-Norway. The following tasks should be addressed: to work out a plan to achieve good water quality, to optimize and enhance fish stocks within the

drainage basin, and to compare and adjust the national methods for classification of ecological status of freshwaters.

Sammendrag

Enningdalsvassdraget er et grensevassdrag mellom Norge (1/3) og Sverige (2/3) i de sørøstlige deler av Østfold fylke og Västra Götalands län. Vassdraget var sterkt rammet av forsurening allerede tidlig på 1900-tallet. Forsuringen førte til tap av mange fiskebestander og forringelse av annen ferskvannsfauna. For å avbøte disse skadene, ble det i 1980 satt i gang et storskala kalkingsprosjekt på svensk side av grensesjøen Søndre Boksjø. Seinere er til sammen 75 vann på norsk og svensk side blitt kalket, enten direkte eller ved kalking av lokaliteter som ligger oppstrøms. Dette har resultert i at både pH og kalsiuminnholdet har økt. I 2008 var

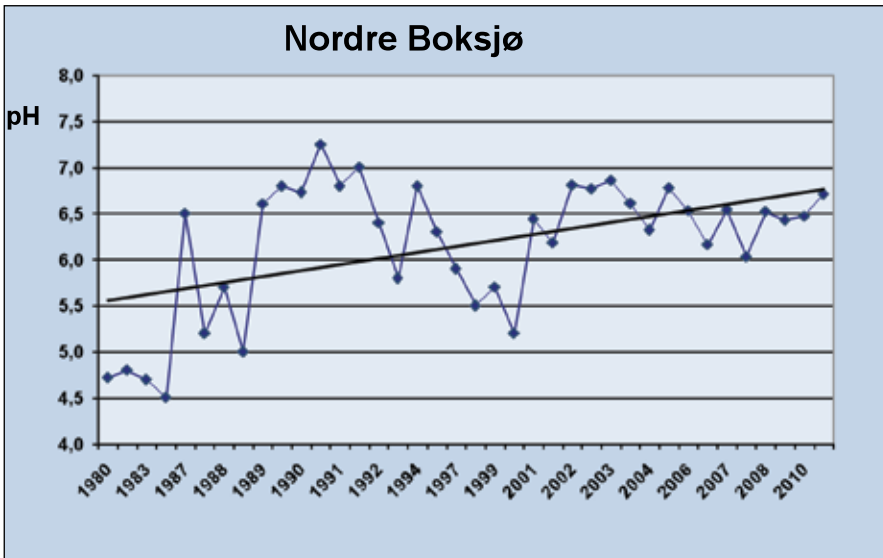
”Prosjekt Enningdalselven” en realitet. Prosjektet er støttet av Interreg Sverige-Norge, som er et EU-program for å fremme sosial og økonomisk integrasjon over landegrensene. Hovedmålene i vårt prosjekt er å lage en felles vann- og fiskeforvaltningsplan, og å samordne metoder for vurdering av økologisk tilstand.

Innledning

Den regionale kartleggingen av forsuringsområder i SNSF-prosjektet på 1970-tallet, dokumenterte også flere områder med skader i de sørøstlige deler av landet (Sevaldrud & Muniz 1980). Likevel har det vært lite fokus på effektene av forsuren i denne regionen. Enningdalsvassdraget i Østfold var sterkt rammet av forsuren allerede tidlig på 1900-tallet. Nordre Boksjø øverst i vassdraget hadde pH-verdier på 4,7-4,8 ved

undersøkelser tidlig på 1950-tallet (Vasshaug 1990). Målinger fra 1979-83 påviste enda surere vann, med pH-verdier på 4,5-4,8, figur 1 (Raddum m.fl. 1984). Tilsvarende verdier ble også registrert i Søndre Boksjø og flere andre vann innen nedbørfeltet. Det ble dokumentert tap av fiskebestander og forringelse av annen ferskvannsfauna i første halvdel av 1900-tallet (Borgstrøm m.fl. 1974, Vasshaug 1990).

Enningdalsvassdragets nedbørfelt ligger i grensetraktene mellom Norge (sørøstlige deler av Østfold fylke) og Sverige (Västra Götalands län). Også på svensk side er det registrert store forsurensskader på fiskefaunaen (Almer 1972, Almer m.fl. 1974, Almer & Hanson 1980). Vassdraget dekker et areal på på 780 km² hvorav 1/3 ligger i Norge. Fra Nordre og Søndre Boksjø drenerer vassdraget videre



Figur 1. pH i Nordre Boksjø i perioden 1980-2010 (Walseng & Hesthagen 2010).

sørover gjennom de tre Kornsjøene. Via de to småvannene nederst i vassdraget, Kirkevattn og Rødsvatn, renner Enningdalselva, eller Berbyelva som den nå kalles, ut innerst i Iddefjorden. Nedbørfeltet er relativt innsjørikt, og bare på norsk side er det 60 vann > 1,2 hektar. Berggrunnen i området består av grunnfjell, og i hovedsak av tungt forvitrelig granitt. Marin grense går ved ca 170 m o.h. I lavere strøk finner vi betydelige marine avsetninger, samt det meste av det som fins av dyrket mark. I områdene over marin grense dominerer furu og gran, med innslag av myrer innimellom. På norsk side er det et nasjonalt laksevassdrag, og på svensk side inngår Kynneälven, Långevallsälven, Noraneälven samt den svenske delen av Søndre Boksjø, Enningdalselven og Iddefjorden i EUs nettverk av vernet natur "Natura 2000".

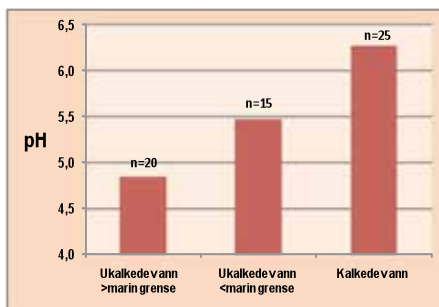
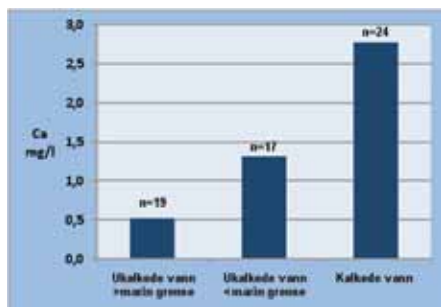
I 2002 ble det satt i gang en kartlegging av vannkvalitet, fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget (Hesthagen m.fl. 2002, 2007). Det foreligger nå slike data fra alle de 60 innsjøene > 1,2 ha (Walseng m.fl. 2009). Vann og elvestrengene i Enningdalsvassdraget

har et stort biologisk mangfold. I tillegg er de viktige med tanke på rekreasjon. Hele vassdraget er vernet mot vannkraftutbygging.

I denne artikkelen fokuserer vi på vannkvalitet og kalkingsvirksomheten i Enningdalsvassdraget. Vi gir også til slutt en beskrivelse av Interreg-prosjektet: "Prosjekt Enningdalselven".

Omfattende forsuring og kalking

Fra innsjøene på norsk side foreligger det god dokumentasjon på sentrale kjemiske variabler, som pH, ledningsevne, fosfor, farge, TOC, Al-fraksjoner og syre nøytraliserende kapasitet (ANC). Det er en forskjell på en halv pH-enhet mellom ikke-kalkede vann over og under marin grense; gjennomsnittlig pH for disse er henholdsvis 4,88 og 5,39, figur 2. De kalkede vannene hadde i gjennomsnitt pH 6,26. Høyest pH ble registrert i Søndre Hogsjø. Ikke uventet var også innholdet av kalsium forskjellig i vann over og under marin grense, med gjennomsnitt på henholdsvis 0,5 og 1,3 mg/l, figur 2. Til sammenligning var gjennomsnittet for de kalkede vannene 2,8 mg/l. Labilt

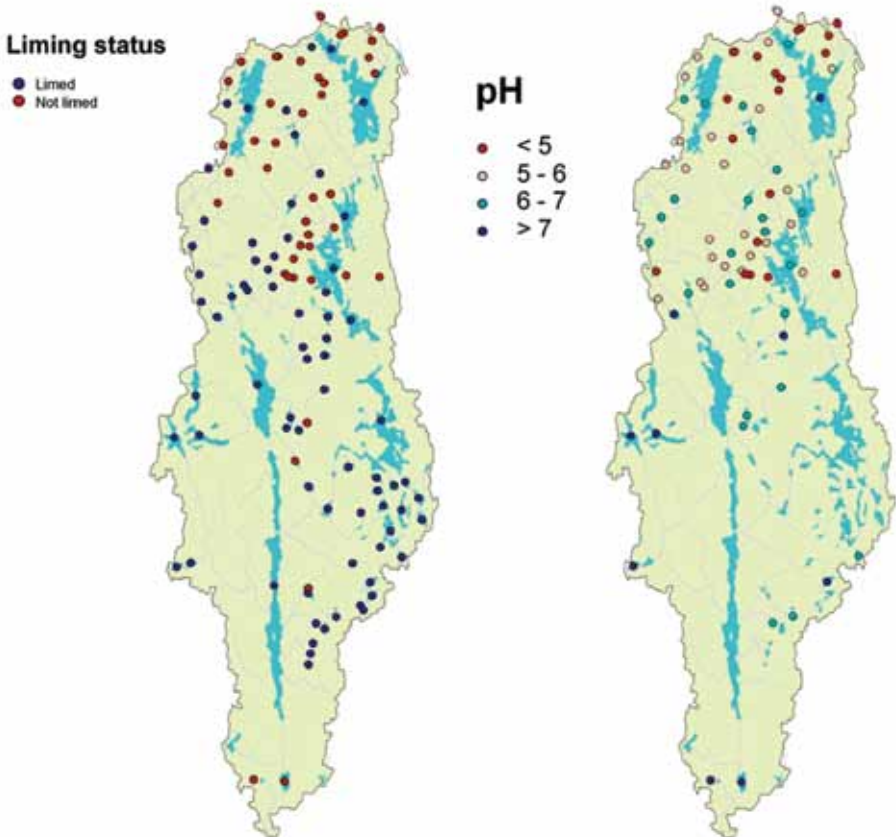


Figur 2. Gjennomsnittlig pH og kalsium i 60 norske innsjøer i Enningdalsvassdraget.

aluminium målt som uorganisk monomert aluminium (Um-Al), er fortsatt høyt i flere av de ikke-kalkede vannene over marin grense ($> 100 \mu\text{g/l}$). Negative ANC-verdier ble registrert i flere av de sureste vannene. Vannkjemiske data fra et 20-talls innsjøer i Sverige tyder på en del "overkalking". En slik kalkingsstrategi har vært vanlig for å nå pH-målet i lokaliteter som ligger nedstrøms.

Av 119 registrerte sjøer i vassdraget, 60 på norsk side og 59 på svensk side, er

75 lokaliteter enten kalket eller påvirket av kalking, figur 3. Dette utgjør over 90 % av vannarealet av innsjøene i vassdraget. Søndre Hogsjø lengst sør i vassdraget ble kalket allerede i 1972. Vannet hadde før kalking pH 4,8. Her hadde det tidligere vært en god bestand av røye, som hadde begynt å avta på grunn av forsurening. Kalkingen av Søndre Hogsjø var et resultat av et samarbeid mellom Halden Jeger- og Fiskerforening og svenske fiskerimyndigheter.



Figur 3. Oversikt over kalkede vann, samt pH i innsjøer i Enningdalsvassdraget.

Svenskene stod for det første storskala kalkingsprosjektet i offisiell regi, da Søndre Boksjø ble kalket i 1980 med 9 000 tonn kalksteinsmel (CaCO_3). De ønsket imidlertid å kalke fra norsk side da dette var mer hensiktsmessig. De norske myndigheter tillot dette, men krevde moms-påslag for kalken siden den ble fraktet inn i Norge. Fiskeforskningen på Ås, ved den norske kalkingsprosjektets leder Bjørn Olav Rosseland, ble koblet inn. Det ordnet seg til slutt med tilgang fra norsk side uten ekstra økonomiske påslag. Det skulle jo bare mangle! Men selv om det nå var kontakt mellom de to landene om kalkingen, ble det ikke etablert noe varig samarbeid.

Første initiativ til storskala kalking på norsk side skjedde da Nordre Boksjø ble kalket i 1985, med ca 60 tonn kalksteinsmel (Walseng & Hesthagen 2010). Året etter ble Ørsjøen, Trolldalsvatn og Nordre Hogsjø kalket. Fra 1990 ble ytterligere 16 mindre vann inkludert i kalkingsprogrammet. På norsk side er Nordre Boksjø den av innsjøene som har blitt hyppigst kalket. Høsten 1989 ble innsjøen tilført 275 tonn kalksteinsmel. På 1990-tallet ble det kalket bare én gang, nemlig i 1994 (67 tonn). Fra 2000 til 2010 har vannet vært kalket hvert år med 60-83 tonn. Den første pH-målingen etter kalking er fra 18. februar 1987, og viste 6,5. Seinere skjedde det en kraftig refsuring av Nordre Boksjø, til pH 5,0 i juni 1989. Etter neste kalkingsrunde samme høst, holdt vannkvaliteten seg relativt stabil helt fram til den nedbørrike høsten i 2000, da pH falt til 5,2. Etter at årlig kalking av innsjøen kom i gang i

2000 har pH holdt seg stabil på 6,0-6,8, figur 1. De laveste pH-verdiene i senere år ble målt i mai i 2007 og 2008, med henholdsvis 6,2 og 6,0.

I tillegg til at enkeltsjøer har fått bedre vannkvalitet etter kalking, har det også resultert i at pH i vassdragets nedre deler har økt. Dette er viktig for å opprettholde gode bestander av laks og elvemusling. Dette går blant annet fram av pH-loggøren, som står ved utløpet av Norra Bullaresjøen, med målinger siden 1972. I begynnelsen ble det målt pH-verdier helt ned mot 5,0, mens pH i seinere år etter kalking har ligget relativt stabil rundt 6,5. Selv om det fra norsk side har vært en betydelig kalkingsinnsats, er bidraget på svensk side en enda viktigere årsak til pH-økningen i nedre deler av elva (Berbyelva).

Undersøkelser fra Nordre Boksjø høsten 2010 bekrefter at kalking fortsatt er nødvendig for å opprettholde en vannkvalitet som gjør det mulig for forsuringsfølsomme arter å kunne overleve i innsjøen (Walseng & Hesthagen 2010). pH i tilførselsbekkene viser at uten kalking ville innsjøen hatt $\text{pH} < 5,0$. I de fire største og ikke-kalkede tilløpsbekkene var pH 4,48-4,70.

I takt med en naturlig bedring av vannkvaliteten i seinere år, har kalkingen blitt avsluttet i Brønntjern. I dette vannet vil vi følge utviklingen mht vannkjemi, fisk og krepssdyr. Vi vil også fokusere på koblingen mellom vannkjemiske og biologiske forhold, og sammenligne miljøtilstand basert på både norsk og svensk klassifiseringssystem.

I Enningdalsvassdraget er de fleste tapte fiskebestandene ennå ikke reeta-

blert. Dersom det skal etableres nye be-
stander av de fiskeartene som har gått
tapt, krever det utsettinger, fordi fysiske
barrierer hindrer en naturlig spredning
(Hesthagen m.fl. 2007). Krepsdyrene har
derimot respondert på en bedret vann-
kjemi ved at forsuringfølsomme arter,
som for eksempel dafnier, har blitt fun-
net etter kalking (Hesthagen m.fl. 2007).
Forsuringstolerante arter har derimot
blitt mer sjeldne, samtidig med at arts-
diversiteten har økt. Også bunndyrfaun-
naen har respondert på kalking ved at
forsuringfølsomme arter er kommet
inn. Et godt eksempel er damsneglen
(*Lymnea peregra*) som ble funnet i høye
tettheter i Nordre Boksjø på slutten av
90-tallet, men som fikk problemer etter
reforsuringen høsten 2000 (Walseng &
Hesthagen 2010).

Interreg-prosjektet

Kalking av vassdraget skjedde både fra
svensk og norsk side helt uten samarbeid
mellom de to lands myndigheter fra
midten av 1980-tallet og fram til 2005.
Det ble da opprettet kontakt mellom
Västra Götalands län og en prosjekt-
gruppe bestående av Direktoratet for na-
turforvaltning (DN), Fylkesmannen i
Østfold og Norsk institutt for naturforsk-
ning (NINA). Det var stor enighet om at
forvaltningen av et felles vassdrag ikke
kunne forsette uten samarbeid. Det ble
søkt om Interreg-midler, og i november
2008 ble "Prosjekt Enningdalselven"
godkjent. Dette er et prosjekt som til-
hører et EU-program som skal fremme
sosial og økonomisk integrasjon over
landegrensene gjennom regionalt sam-

arbeid. Det har en varighet til juni 2012,
med et totalbudsjett på snaut 13 millio-
ner kr, hvorav den norske delen har et
totalvolum på vel 5 millioner kr. Interreg
bidrar med halvparten av denne sum-
men, mens DN og NINA sammen står
for den andre halvparten. Prosjektet fo-
kuserer på følgende delmål; (i) en felles
vann- og fiskeforvaltningsplan, (ii) sam-
kjøring av standarder for overvåking og
vurdering av miljøtilstand i ferskvann,
(iii) skjøtselstiltak for fisk ved å gjenska-
pe opprinnelige vasstrenger, (iv) lage et
opplegg for undervisning i skolen, og (v)
avholde seminar for norske og svenske
kommuner med felles vassdrag. Basert
på historikken vedrørende forsuring og
kalking, skal vi, uten å ta hensyn til lan-
degrensene, komme opp med en plan som
skal sikre god vannkvalitet og økologisk
tilstand for fremtiden i hele vassdraget.
Vi vil da tilstrebe at vassdraget skal ha en
vannkvalitet mest mulig lik den som var
forut for forsuringen. Effekter av eutrofi-
ering vil også bli inkludert i tilstandsvur-
deringen, men dette er et lite problem
som kun berører begrensede vannfore-
komster i sør.

EUs rammedirektiv for vann (Euro-
pean Commission 2000, www.vannportalen.no) krever at vurderingen av økolo-
gisk tilstand baserer seg på avvik fra
forventet, typespesifikk naturtilstand.
Her inngår biologiske, hydromorfolo-
giske og kjemiske parametre for fastset-
telsen av økologisk tilstand, der de to
siste er støtteparametre for biologien.
Selv om Norge og Sverige baserer sin
nasjonale overvåking på de samme stan-
dardene for prøvetaking og bearbeidelse,

har interkalibreringsarbeidet avdekket forskjeller som kan ha betydning for fastsettelse av økologisk tilstand. Gjennom interkalibreringsarbeidet (avsluttes 2011) sammenlignes og harmoniseres metoder for fastsettelse av økologisk tilstand på tvers av Europa, for å sikre at de ulike landene har tilsvarende ambisjoner mht. hva som er god økologisk tilstand; se <http://www.vannportalen.no/enkel.aspx?m=31930&amid=2157147>. Forskjellene omfatter både prøvetakingsmetodikk, nasjonal typologi for ferskvannsforkomster, metoder for fastsettelse av referansetilstand og utvalg av parametre og kvalitetselementer som inngår i klassifiseringssystemene. Som en del av Interreg-prosjektet, skal våre overvåkingsmetoder og klassifiseringssystemer samkjøres med tanke på fastsettelse av økologisk tilstand. Kriteriene som inngår i de to lands klassifiseringssystemer, prøves ut på et felles datasett. Våren 2009 ble det derfor valgt ut åtte innsjøer til dette formålet, fem norske og tre svenske. Utvalget inkluderer både referansesjøer (3), eutrofe sjøer (3) og forsurede sjøer (2). Fra alle disse lokalitetene er det tatt prøver av vannkjemi, bunndyr og småkreps vår og høst, mens planteplanktonet er prøvetatt fem ganger i løpet av vekstsesongen. Bunndyrprøvene er tatt med både norsk (litoral prøve + utløp prøve) og svensk metodikk (fem litorale prøver med standardisert areal). Det er i tillegg tatt temperatur- og oksygenprofiler fra alle innsjøene. For 53 norske innsjøer gjøres det en sammenligning av norsk og svensk klassifiseringssystem basert på fisk. Resultater fra denne delen av Inter-

reg-prosjektet vil foreligge i løpet av høsten 2011.

I arbeidet med å utvikle en felles kalibreringsstrategi, vil vi bruke MAGIC-biblioteket for å kunne danne oss et bilde av opprinnelig pH i vassdraget (<http://www.ivl.se/sidorutanformen/referensprosjekt/miljodata/datavardskap/magicbiblioteket>). I korthet går dette ut på å sammenligne innsjøene i Enningdalsvassdraget med uforsurede innsjøer av tilsvarende vanntyper i andre vassdrag. For hver av innsjøene hentes det fram informasjon fra en eller flere uforsurede referansesjøer. Referansesjøene har en ionesammensetning og et humusinnhold som er representativ for den aktuelle innsjøen i en ukalket og uforsuret tilstand. Ut i fra disse resultatene vil vi komme opp med tiltak i dag, men også lage scenarioer for årene 2015 og 2030. Her vil vi i tillegg til kalkingstiltak, også vurdere forskjellige scenarioer i intensiviteten av skogsdrift.

Referanser

Almer, B. (1972). Försurningens inverkan på fiskebestand i västkustsjöar. Inform. Sötvattenlab. Drottningholm No. 12-192. 47 s.

Almer, B., Dickson, W., Ekström, C., Hörnström, E. og Miller, U. (1974). Effects of acidification on Swedish lakes. Ambio 3 (no 1): 30-36.

Almer, B. & Hanson, M. (1980). Försurningseffekter i västkustsjöar. Inform. Sötvattenlab. Drottningholm No. 5-1980. 44 s.

- Borgstrøm, R., Eie, J.A., Hardeng, G., Nordbakke, R., Raastad, J.E. og Solem, J.O. (1974). Inventeringer av verneverdige områder i Østfold. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 17. 71 s.
- European Commission (2000). Directive 2000 / 60 /EC of the European Council and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities L327: 1-72.
- Hesthagen, T., Walseng, B. og Karlsen, L.R. (2002). Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. NINA Oppdragsmelding 761. 42 s.
- Hesthagen, T., Walseng, B., Karlsen, L.R. og Langåker, R.M. (2007). Effects of liming on the aquatic fauna in a Norwegian watershed: why do crustaceans and fish respond differently? *Water, Air and Soil Pollution (Focus)* 7: 339-345.
- Raddum, G.G., Hagenlund, G. og Halvorsen, G.A. (1984). Effects of lime treatment on the benthos of Lake Søndre Boksjø. *Rep. Inst. Freshwat. Rep., Drottningholm* 61: 167-176.
- Sevaldrud, I.H. og Muniz, I.P. (1980). Sure vatn og innlandsfiske i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1980. SNSF prosjektet, IR 77/80. 95 s.
- Vasshaug, J. (1990). Undersøkelser av fiskevann i Østfold i årene 1950-52. Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen, Rapport 14-1990. 84 s.
- Walseng, B., Hesthagen, T. og Karlsen, L.R. (2009). Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget i Østfold. Framdriftsrapport for 2008. NINA Minirapport 261: 1-29.
- Walseng, B. og Hesthagen, T. (2010). En historisk dokumentasjon av de ferskvannsbiologiske forholdene i Nordre Boksjø, Enningdalsvassdraget. NINA Rapport 617. 45 s.