

505

OPPDRA GSMELDING

Elvemusling,
Margaritifera margaritifera,
i Enningdalselva, Østfold
Utbredelse og bestandsstatus

Bjørn Mejdell Larsen
Leif R. Karlsen

NINA Oppdragsmelding
ex 2 mag



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Elvemusling,
Margaritifera margaritifera,
i Enningdalselva, Østfold
Utbredelse og bestandsstatus

Bjørn Mejdell Larsen
Leif R. Karlsen

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befæringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttenes prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc. Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper.

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Larsen, B.M. & Karlsen, L.R. 1997. Elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Enningdalselva, Østfold - Utbredelse og bestandsstatus. - NINA Oppdragsmelding 505: 1-25.

Trondheim, november 1997

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0867-9

Forvaltningsområde:
Naturovervåking
Environmental monitoring

Rettighetshaver ©:
Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning
NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Ann Kristin Schartau
NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:
Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:
NINA•NIKU
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel: 73 58 05 00
Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13543 Elvemusling Enningdalselva

Ansvarlig signatur:

Ann Kristin Schartau

Oppdragsgiver:

Fylkesmannen i Østfold

Referat

Larsen, B.M. & Karlsen, L.R. 1997. Elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Enningdalselva, Østfold - Utbredelse og bestandsstatus. - NINA Oppdragsmelding 505: 1-25.

Enningdalselvas nedre deler med omgivelser har meget store verneverdier i landssammenheng. Hovedvassdragets nedre deler og Indre Iddefjord har en rik fiskefauna med 20 ferskvannstilknyttede arter. Dessuten er > 120 arter virvelløse ferskvannsdyr identifisert i Enningdalselva nedstrøms Bullaresjön. Av disse er 19 arter med på lista over truede arter i Norge. En av disse artene er elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, som er sterkt truet og sårbar i mange land i Europa. Kunnskapen om arten i Enningdalselva var imidlertid mangelfull, og Fylkesmannen i Østfold tok derfor et initiativ til å gjennomføre undersøkelser sommeren 1996 for å beskrive utbredelse, tetthet og alderssammensetning (lengdefordeling).

Elvemusling ble funnet på strekningen fra utløpet av Norra Bullaresjön langs hele vassdraget til utløpet av Ørbekken der elva blir brakkvannspåvirket. Det var imidlertid svært få individer på strekningen mellom Kirkevannet og Mjølnerødfossen, og det er en sone på ca. 1,5 km i dette området der arten ikke er påvist.

Gjennomsnittlig tetthet av elvemusling var 1,05 individer pr. m². Det var størst tetthet på strekningen ved Berby med opptil 5 individer pr. m². Det var høyere dødelighet enn normalt på strekningen nedstrøms N. Bullaresjön der det ble funnet 60 % tomme skall. Til sammenligning var det 14-15 % tomme skall på strekningene mellom Mjølnerødfossen og utløpet i sjøen. Populasjonsstørrelsen er beregnet til minimum 170 000 individer, og >75 % av bestanden finnes på strekningen ved Berby.

Skallengden hos levende elvemusling i Enningdalselva varierte fra 67 til 154 mm i 1996. Hovedvekten av muslingene var 95-145 mm, og ingen individer < 50 mm ble funnet i noen del av elva. Det var store vekstforskjeller innad i vassdraget. På strekningene mellom Mjølnerødfossen og utløpet i sjøen (strekning 1 og 2) var det større innslag av de største individene, og de fleste muslingene var 130 mm. På strekningen nedstrøms N. Bullaresjön (strekning 4) var de fleste individene 105 mm. De største muslingene på strekning 1 og 2 var henholdsvis 153,5 og 149,5 mm mens største individ på strekning 4 var 112,7 mm. Dette skyldes reelle vekstforskjeller direkte eller indirekte påvirket av temperatur, nærings-tilgang og vannkvalitet.

Det største tomme skallet som er funnet i elva målte 158 mm. Senere er det funnet skall på land som målte 161 mm. Dette skallet var imidlertid skadet, og opprinnelig er det antatt å ha målt minimum 164 mm. Dette er i såfall det største målte eksemplaret av elvemusling som er beskrevet i litteraturen.

Vekstkurven hos elvemusling er karakterisert ved en begynnende eksponensiell fase som følges av en gradvis av-

tagende lengdevekst ettersom dyrene eldes. Elvemuslingen i Enningdalselva var gjennomsnittlig 65 og 88 mm ved henholdsvis 10- og 15-årsalder. Årlig tilvekst fra 5- til 15-årsalder varierte mellom 3 og 12 mm. Den avtagende tilvekst som inntreffer i 15-20-årsalder settes i sammenheng med kjønnsmodningen. Mens lengdeveksten avtar med økende alder skjer vektøkningen omtrent jevnt gjennom hele livet. I Enningdalselva er det funnet skall som veide opptil 175 g på strekningen ved Berby. Gjennomsnittlig skallvekt av levende individer på strekning 1, 2 og 4 var henholdsvis 71, 89 og 29 g. Individene øverst i Enningdalselva oppnår bare i overkant av en tredel av skallvekten (32-41 %), men 82-84 % av lengden sammenlignet med individene nederst i vassdraget.

De yngste individene som ble observert er aldersbestemt til 10-14 år. Ut fra dette må det konkluderes med at rekrutteringen har vært dårlig i mange år, og kan ha sviktet helt i løpet av 1980-årene. De yngste individene som ble funnet hørte til 1982-, 1983- og 1986-årsklassen. Rekrutterings-svikten gjør at det har skjedd en forgubbing i bestanden. De voksne individene overlever og reproducerer sannsynligvis som normalt, men overlevelsen har sviktet hos de unge individene. Det er flere faktorer som kan være årsak til dette, men forsuring, eutrofiering og nedslamming av elvebunnen synes å være av overordnet betydning.

Elvemuslingen fantes tidligere også på svensk side i Långevallsälven (mellom Norra og Södra Bullaresjön), Kynne älv, Sögårdsbäcken og Torpbäcken, men forsvant med sannsynlig årsak i økende forsuring. Kalkingstiltakene i nedslagsfeltet vil i første omgang være med på å sikre overlevelsen av muslinger nedstrøms utløpet av Bullaresjön, men kan også gi mulighet for reetablering av muslinger på svensk side.

Lekkasje av næringsstoffene nitrogen og fosfor samt utslipp av organisk stoff kan virke negativt på vannkvaliteten og overlevelsen av elvemusling på lang sikt. Foruten tilførsel fra jordbruksarealer tilføres fosfor og nitrogen også gjennom naturlig tilsig fra skog, myr og utmark samt utslipp fra industri og bosetting. I Enningdalselva kommer et betydelig bidrag av fosfor og nitrogen i årene etter 1980 fra et oppdrettsanlegg i Södra Bullaresjön. Ved slik økt tilførsel av næringsstoff og større partikkeltransport vil substratet bli stadig mindre egnet som oppvekstområde for de yngste årsklassene av elvemusling.

For å snu utviklingen må man starte med å begrense den menneskeskapte tilførselen av næringsstoffer og organisk materiale til et minimum. Fertiliteten til elvemusling er overraskende uavhengig av miljøforholdene. Dette indikerer at alle populasjoner vil kunne ta seg opp igjen så sant årsaken til bestandsnedgangen opphører.

I utgangspunktet er alle gjenværende populasjoner av elvemusling verneverdige. Men i forvaltningssammenheng tvinges man til å prioritere, og det er foreslått en modell for å kunne bedømme verneverdien til en lokalitet. I henhold til denne modellen oppnår Enningdalselva 12(-13) poeng av 36 oppnåelige. Dette klassifiserer vassdraget som en lokalitet med høy verneverdi. I tillegg kommer at Enningdalselva er

den eneste kjente lokaliteten for elvemusling i Østfold i våre dager.

Emneord: Elvemusling - tetthet - utbredelse - vekst - Enningdalselva.

Bjørn Mejdell Larsen, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7005 Trondheim

Leif R. Karlsen, Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen, Postboks 325, 1501 Moss

Abstract

Larsen, B.M. & Karlsen, L.R. 1997. Freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera*, in the river Enningdalselva, Østfold county - Distribution and population status. - NINA Oppdragsmelding 505: 1-25..

The lower parts of river Enningdalselva and its adjoining areas is considered as a very valuable geographic area in Norway. The lower parts of the principal river and its estuary has a rich fish fauna containing 20 freshwater species. In addition more than 120 species of freshwater invertebrates have been identified in the river below lake Bullaresjön. Of these 19 species are on the Red list for Norway and considered to be endangered. One endangered species is the freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera*. The freshwater pearl mussel is considered to be an endangered species in several European countries. The knowledge about this species in river Enningdalselva is incomplete, and as a result of this the County Commissioner of Østfold county initiated an investigation into the population of the freshwater pearl mussel. The present report is the result of this project and we describe distribution of the freshwater pearl mussel in the river, density at different sampling stations and agestructure (length distribution).

The freshwater pearl mussel were found in the river Enningdalselva from the outlet of lake Norra Bullaresjön to the outlet of the river Ørbekken where the river is more brackish. There were very few individuals between lake Kirkevannet and the waterfall Mjølnerødfossen, and a stretch of approximately 1,5 km of this part of the river did not contain any mussels.

Average density of the freshwater pearl mussel was 1,05 individuals per m². The highest density was found near Berby with up to 5 individuals per m². The number of dead mussels was higher than normal below N. Bullaresjön; 60 % of the shells in this area were empty. In comparison 14-15 % of the shells were empty on the stretch between Mjølnerødfossen and the sea. The total population size was estimated to 170 000 individuals, and more than 75 % of the total population was found near Berby.

The length of the shell from live mussels varied between 67 and 154 mm. The majority of individuals measured 95-145 mm, and no individual < 50 mm was found in any part of the river. The growth varied considerably along the river. On the stretches between Mjølnerødfoss and the sea (sampling stretch 1 and 2) there were more large mussels and most individuals were 130 mm. On the stretch below the lake N. Bullaresjön (sampling stretch 4) most individuals measured 105 mm. The largest individuals found at sampling stretch 1 and 2 measured 153,5 mm and 149,5 mm respectively, while the largest individuals on sampling stretch 4 was 112,7 mm. This reflects growth differences which are directly or indirectly affected by temperature, nutrients and water quality.

The largest empty shell found in the river measured 158 mm. Later we found an empty shell on the shore that measured

161 mm. This shell was broken, but we estimated that it originally had measured at least 164 mm. This may therefore represent the largest specimen of the freshwater pearl mussel ever recorded.

The growth curve for freshwater pearl mussels is characterized by exponential growth in the beginning followed by a diminishing growth (length) with increasing age of the mussel. The freshwater pearl mussels in river Enningdalselva measured on average 65 and 88 mm at age 10 and 15 years respectively. Yearly growthrate from 5 to 15 years varied between 3 and 12 mm. While the growth (length) decreases with increasing age the weight increases steadily throughout the lifespan of the mussel. In river Enningdalselva we found live mussels with shells up to 175 g near Berby. Average weight of shells from live mussels at sampling stretches 1, 2 and 4 were 71, 89 and 29 gr respectively. The freshwater pearl mussels in the upper reaches of river Enningdalselva reach only 32-41% of the weight of the mussels lower down in the river, while the length is 82-84% of the length of the mussels further down the river.

The youngest individuals found were aged 10-14 years. This indicates that the recruitment has been low for many years, and it may have failed completely during the last two decades. The youngest individuals found belong to 1982, 1983 and 1986 year class. The recruitment failure will result in a gradual aging of the population and the agedistribution will be skewed towards older individuals. The adult mussels probably survive and reproduce as normal, but the survival of the young mussels is failing. Several factors may lead to this, but acidification and eutrophication in addition to siltation of the riverbed seems to be predominant factors.

The freshwater pearl mussel was earlier also occurring in the Swedish part of the river Enningdalselva in the river Långevallsälven (between lake Norra and Söndra Bullaresjön), and the rivers Kynne, Sögårdsbäcken and Törpbäcken. But the mussels has disappeared from these rivers due to increased acidification. Liming in the catchment area will at first secure the survival of mussels below the outlet of lake Bullaresjön, but it may result in reestablishment of mussels in the Swedish part of the river as well.

Leaking of nitrogen and phosphor in addition to organic compounds may negatively influence the water quality and thereby the survival of the mussels in the long run. Increases in phosphat and nitrogen is a result of runoff from farming in addition to natural leakage from forests and mires. Industry and household sewage also contributes to this increase. In river Enningdalselva a considerable amount of phosphor and nitrogen after 1980 came from a fishfarm in lake Södra Bullaresjön. As a result of such pollution and an increase in the transport of particles to the river bed the substrate will be less and less suitable as habitat for young freshwater pearl mussels.

To reverse this process it is necessary to reduce the amount of sewage and runoff to a minimum. The fertility of the freshwater pearl mussel is surprisingly independent on the

water quality, which indicates that the freshwater pearl mussel populations will recover if the causes for decrease in population size are eliminated.

All remaining populations of the freshwater pearl mussel must be considered valuable. If a priority has to be made it has been suggested a model to determine the status of each freshwater pearl mussel population. According to this model the river Enningdalselva scores 12(-13) points of 36 points possible. This classifies the river Enningdalselva to have a population of freshwater pearl mussel with high conservation value. In addition, river Enningdalselva is the only known locality with freshwater pearl mussels in Østfold county at present.

Keywords: Freshwater pearl mussel - density - distribution - growth - river Enningdalselva

Bjørn Mejdell Larsen, Norwegian institute for nature research,, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway
Leif R. Karlsen, County Commissioner, Dept. of Environmental Protection, P.O.Box 325, N-1502 Moss, Norway.

Forord

Foreliggende utredning er utført som en statusrapport for elvemusling i Enningdalselva i forbindelse med pågående vannkvalitetsovervåking i vassdraget og økende kalkingstiltak i nedslagsfeltet. Undersøkelsen er også en del av kartleggingen av utbredelsen av de store ferskvannsmuslingene i Østfold. Utredningen er gjort på oppdrag fra Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen, som også har bekostet den.

Overingeniør Bjørn Mejdell Larsen ved NINA har vært ansvarlig for prosjektet og rapporteringen. Feltarbeidet i juli ble gjennomført av Bjørn Mejdell Larsen, Leif R. Karlsen, Jan-Erik Eggen og Terje Towsen. Innsamling av fisk ble gjort i juli og oktober av Leif R. Karlsen, og bearbeidet på laboratoriet av Sturla Brørs. Vannprøvene ble analysert av Sissel Wolan på analyselaboratoriet ved NINA.

Trondheim, september 1997

Bjørn Mejdell Larsen
prosjektleder

Innhold

Referat.....	3
Abstract	4
Forord	6
1 Innledning	7
2 Områdebeskrivelse	9
2.1 Vannkvalitet og kalkingstiltak	10
3 Materiale og metoder	10
3.1 Vannprøver	10
3.2 Ungfisk	10
3.3 Elvemusling	10
4 Resultater og diskusjon	12
4.1 Vannkvalitet	12
4.2 Ungfisk	13
4.3 Elvemusling	14
4.3.1 Utbredelse	14
4.3.2 Tetthet	14
4.3.3 Populasjonsstørrelse	15
4.3.4 Lengdefordeling	16
4.3.5 Vekst	18
4.3.6 Rekruttering	18
5 Oppsummering	20
6 Litteratur	23

1 Innledning

Enningdalselvas nedre deler med omgivelser har meget store verneverdier i landssammenheng (bl.a. Borgstrøm et al. 1974, Hardeng 1989, Eie et al. 1991, NOU 1991). I en Stortingsproposisjon fra 1975 (St.prp. nr. 130, 1974-75, s.8) står: "Berbyelva og Enningdalselva er registrert som særlig verneverdig i landssammenheng og vil kunne tjene som typevassdrag i Østfold". Deler av vassdraget har i ulike sammenhenger vært vurdert i vernesammenheng. Områdene ved Boksjøene ble foreslått vernet i begynnelsen av 1970-årene, og et mindre skogreservat er opprettet. Øst for Boksjøene er Tresticklans nasjonalpark opprettet på svensk side. På Kynnefjell ligger naturreservatet Bredmossan. Kynneålv/Enningdalselva er med i en plan over verneverdige nordiske vassdrag (Nordisk ministerråd 1990). Utløpsområdet er vurdert i utkastet til verneplan for våtmarksområder, og funnet kvalifisert som våtmarksreservat (Fylkesmannen i Østfold 1986). Forslaget ble imidlertid ikke fremmet i våtmarksplanen i påvente av en mer omfattende samlet vurdering av vassdraget og landskapet. Det er fremmet forslag om landskapsvernområde i Enningdalen. I "Verneplan for vassdrag IV" (NOU 1991) er Enningdalselva vurdert å ha stor verneverdi mht. geofag, botanikk og landfauna, og meget stor verneverdi mht. vannfauna. I tillegg har kulturminneverdiene stor verneverdi og friluftinteressene er tillagt stor verdi.

Hovedvassdragets nedre deler og Indre Iddefjord har en rik fiskefauna med 20 ferskvannstilknyttede arter (bl.a. Afzelius & Hardeng 1995). I tillegg opptrer flere marine arter regelmessig i Indre Iddefjord. Størst allmenn interesse er knyttet til forekomsten av laks, *Salmo salar*, og aure, *Salmo trutta* (Bruun 1989, Hansen 1989, Dervo 1990). Fiskefaunaen forøvrig er behandlet av Huitfeldt-Kaas (1918), Borgstrøm et al. (1974) og Nordbakke (1980).

Laksen i Enningdalselva og Iddefjorden er den sørøstligste bestanden i Norge. Iddefjorden er en grensefjord mot Sverige, og forvaltningen av laksebestanden i området er et felles norsk-svensk ansvar. Enningdalselva er en middels god lakseelv, og det tas mellom 300 og 500 kg laks på stang i elva i året. Sjøaure fanges bare sporadisk i hovedvassdraget, og er vesentlig knyttet til Ørbekken. Tetthetsundersøkelser av ungfisk viser at laks er dominerende fiskeart i vassdraget, og aureunger er ikke påvist i hovedvassdraget (Bruun 1989, Dervo 1990). Estimert tetthet av laksyngel (0+) varierte i løpet av 1989 mellom 12,3 og 135,6 individer pr. 100 m² ved Berby, og mellom 11,2 og 97,5 individer pr. 100 m² ved Svingen (Dervo 1990). Tilsvarende tall for eldre laksunger ($\geq 1+$) var henholdsvis 4,4-21,7 og 4,6-29,5 individer pr. 100 m².

Laksefisket har i de senere år fått stor interesse for allmennheten idet Arbeidernes jeger- og fiskerforening i Halden har fått fiskerett i vassdraget (Hardeng 1989). I samarbeid med Bullarens fiskevårdsområdesforening ble det i 1988 inngått en avtale om utsetting av laksyngel også i svensk del av vassdraget. Et eget klekkeri ble startet i 1986, og første året ble det satt ut 4 500 yngel i elva (Halden Arbeiderblad 3.september 1990). Året etter økte dette til 15 000 yngel og

1 500 smolt. Senere har dette økt ytterligere, og i 1990 ble det satt ut 50 000 yngel, og senere år 60 000-70 000 yngel. I 1996 ble det satt ut ca. 100 000 yngel mellom 20. og 30. juni jevnt fordelt mellom svenskegrensa og utløpet i fjorden (T. Towsen pers. komm.).

Vel 120 arter virvelløse ferskvannsdyr er identifisert i Enningdalselva nedstrøms Bullaresjön (Afzelius og Hardeng 1995). Av disse er 19 arter med på lista over truede arter i Norge (Størkersen 1992). En av disse artene er elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, som er sterkt truet og sårbar i mange land i Europa (Wells & Chatfield 1992). Av den grunn er den tatt med i Bernkonvensjonens vedlegg III over truede og sårbare arter, og den er klassifisert som sårbar på rødlisten for norske og nordiske ferskvannsbjøddyr (Størkersen 1992, Nordisk ministerråd 1995). Med hjemmel i lov om laksefisk og innlandsfisk m.v. av 15. mai 1992 fastsatte Direktoratet for naturforvaltning en forskrift om forbud mot fangst av elvemusling i Norge som trådte i kraft 1. januar 1993.

Elvemuslingen er en biologisk og kulturhistorisk interessant dyreart. Kjennskapet til de store ferskvannsmuslingene i Norge er imidlertid generelt dårlig, og det er et løpende behov for konkret kunnskap om artenes utbredelse, livssyklus og økologi. En generell beskrivelse av elvemuslingens biologi, habitat/miljøkrav og bestandssituasjon er gitt av Larsen (1997).

Elvemuslingen er kjent fra Nord-Europa, Eurasia og østlige Nord-Amerika. I Norge finnes arten i et ukjent antall vassdrag i alle landets fylker, men hovedsakelig langs kysten (Økland 1983, Dolmen & Kleiven 1997). Det finnes opplysninger om 340-350 lokaliteter, men den har forsvunnet fra mange av disse, og den største nedgangen har funnet sted i Agderfylkene og Rogaland, men vi har generelt liten kunnskap fra andre deler av landet. Esmark (1886) angir arten som veldig vanlig over hele landet, mens Økland & Økland (1992) angir elvemuslingen som sjelden, men fortsatt med stor geografisk utbredelse. Årsaken til tilbakegangen finner vi i en generell miljøforringelse og biotopødeleggelse der faktorer som eutrofiering (overgjødsling), forsuring, utryddelse av vertsfisk, vassdragsregulering, kanalisering, bekkelukking, giftutslipp, drenering av myrer og utmark, erosjon fra land- og skogbruksområder og snauhogst er viktige. Lokalt kan også utfisking på jakt etter perler være en medvirkende årsak. Summen av dette har gjort elvemuslingen sårbar, og det er et behov for å kartlegge de gjenværende bestandene slik at tiltak kan settes inn for å bevare livskraftige populasjoner i vår fauna.

I Østfold er elvemuslingen bare kjent fra Hobøl elva og Enningdalselva, og det er usikkerhet knyttet til opplysninger om arten i Hæra, Lundebyelva og Ågårdselva i Glommavassdraget. Lokaliteter med funn av muslinger i stilleflytende elver, innsjøer og småvann er med størst sannsynlighet andemusling (vanlig/liten dammmusling), *Anodonta anatina*.

Elvemuslingen var i eldre tider svært ettertraktet på grunn av evnen den har til å danne perler. Arten var høyt skattet i

Norge-Danmark, og det ble innført kongelig enerett til alle perler som ble funnet allerede under kong Christian IV (konge 1588-1648). Etterfølgeren kong Fredrik III (konge 1648-70) ansatte en egen inspektør for perlefiskeriene, og under Kristian V (konge 1670-99) ble perlefisket et privilegium for dronningen. Dette ble opprettholdt helt til 1845 da retten til perlefisket ble overlatt til grunneieren (Lov om perlefiskeriet av 7. juni 1845).

Opplysninger om elvemusling i Hobøl-elva er fra den tiden da det ble drevet perlefiske i vassdraget. De tidligste opplysninger stammer fra en innberetning fra 1648-51 gitt av Christopher Gjõe "om nogene e blant meere aff de Guds gaffuer och besynderlig skiøne rariteter, som Norriges rige er med velsignet och begaffuet" der Mosse- eller Hobøl-elva nevnes. Senere finner vi Hobøl-elva nevnt i et memorial av 14. juni 1701 fra Jens Gude som regner opp elver som er kjent som perleførende i Sør-Norge. I et nytt memorial av 20. april 1724 fra stattholder Ditlev Vibe nevnes igjen Hobbøl-elva 4 mil fra Moss. Senere skriver Wilse (1779 i Dolmen & Kleiven 1997) f.eks.: "Perle-Musler skal efter Sgr. Bærøes Beretning være før fundet i Hobbøl-Elven og Perler deraf være seete". Om dette betyr at bestanden allerede var utfisket er ikke kjent, men elva nevnes ikke senere. Etter mange år med rovfangst på begynnelsen av 1700-tallet begynte rapporter om utfisking og "tomme" vassdrag å komme fra ulike deler av landet. Fangstreguleringer ble innført, og i 1733 kom det en midlertidig fredningsbestemmelse. Perlefisket ble ulønnsomt, og ble drevet mer sporadisk i andre halvdel av 1700-tallet. I en melding til amtmennene i 1800 framgår det at perlefiske "for det meste ikke drives". Det kan tenkes at man i andre halvdel av 1700-tallet og utover på 1800-tallet begynte å søke etter nye elver og lokaliteter der perlefiske kunne drives. Vassdrag som tidligere ikke ble betraktet som attraktive ble nå verdifulle, og utnyttet mer intensivt.

De første opplysningene om elvemusling i Enningdalselva stammer nettopp fra begynnelsen av 1800-tallet. I 1804 kjøpte Johannes Arbo Wiel Berby-godset av sin far, og drev det fram til 1836 (Bakke 1915). På Wiels tid var laksefisket på Berby meget viktig, og "i elven fisket man ogsaa dengang perler." Bakke (1915) sier videre at "nu er det forbudt at drive perlefiske der". Ett av Oslos gullsmedfirmaer opplyste i 1890 at det i de siste 55 år hadde kjøpt inn norske perler for ca. 1 000 kr årlig. Perlene ble fisket bl.a. i Berbyelven ved Fredrikshald som er nevnt blant flere andre lokaliteter (Taranger 1890). Noen hundre meter fra elva under en steinalderhelle finnes fortsatt hauger med tomme skall som vitner om tidligere tiders perlefiske (Fredrikstad Blad 24. desember 1996). Når disse haugene er lagt opp er usikkert, men de bærer preg av å være gamle. Var det kanskje nøden som drev tjenestefolket eller husmennene på Berby til å ta for seg av elvemuslingene som bare godseieren hadde retten til? I 1835 var det i alt 138 personer som bodde under Berby-godset, og av disse var 24 husmenn (Bakke 1915). At fristelsen kunne bli stor for en og annen av disse skal ikke forundre oss når gode perler kunne innbringe mange penger.

I nyere tid har vi liten eller ingen opplysninger om elvemuslingen i vassdraget med unntak av en svensk under-

søkelse fra Göteborgs og Bohus län som også undersøkte en lokalitet i Enningdalselva på norsk side (Eriksson et al. 1986). De påviste muslinger (> 20 individer i løpet av 30 minutters søk) sannsynligvis i området mellom Rørsvannet og Mjølnerødfossen, men ingen ytterligere opplysninger finnes. Det nevnes ellers i mange rapporter og beskrivelser fra vassdraget at elvemusling finnes, men uten ytterligere beskrivelse (bl.a. Hardeng 1978; 1982; 1989, NOU 1991, Afzelius & Hardeng 1995). Det slås fast av Afzelius & Hardeng (1995) at arten ikke er kjent fra andre steder i Østfold i vår tid.

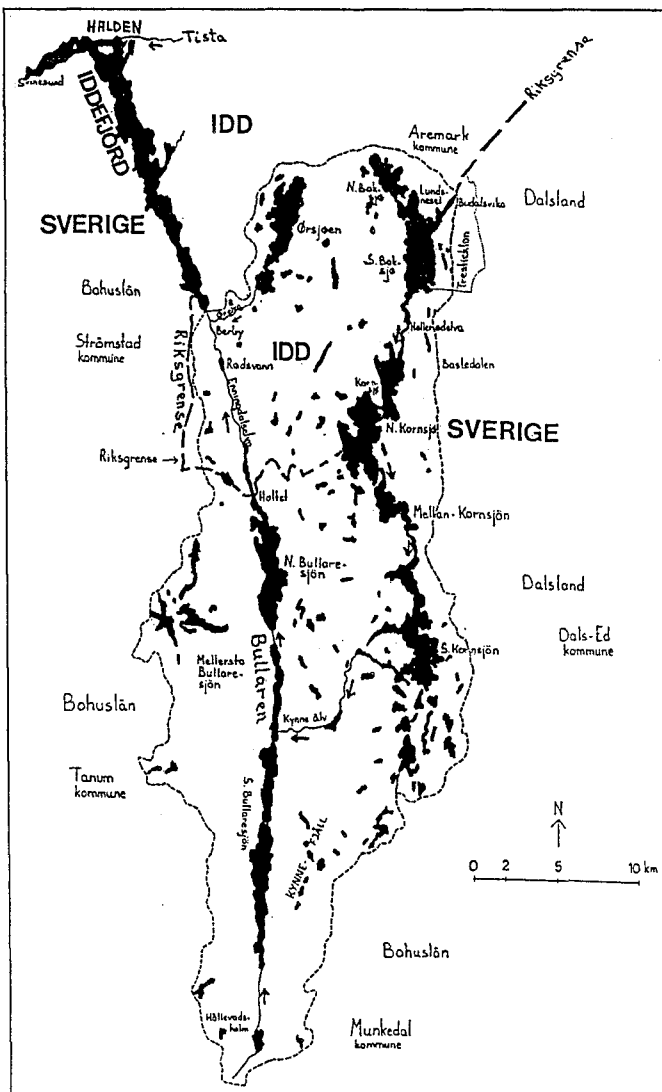
Forvaltningen av Enningdalselva er et norsk-svensk ansvar. Samarbeidet over riksgrensa har særlig dreid seg om kalking, forvaltning av laks, problemer knyttet til spredningsfare av fiskesykdommer, forvaltning av oter, interesser for bygging av kraftverk på svensk og norsk side (i Kynne älv og ved Mjølnerød), men også forvaltning av elvemusling. Da vannkvaliteten nå er endret på grunn av kalkingstiltak i nedbørsfeltet håper man at forutsetningene bl.a. er gode nok til å reintrodusere elvemusling til dens opprinnelige utbredelsesområde på svensk side.

Undersøkelser om elvemusling i vassdraget manglet imidlertid, og det var ukjent om arten reproduserte og hadde vellykket rekruttering. Kunnskapen om utbredelsen og bestandsstatus var svært mangelfull, og det har aldri blitt foretatt noen vurdering av bestandsforholdene. Fylkesmannen i Østfold tok derfor initiativ til en undersøkelse som spesielt skulle beskrive elvemuslingen i Enningdalselva på norsk side som et grunnlag i det videre arbeidet med forvaltningen av vassdraget. Rapporten fra undersøkelsen skulle beskrive utbredelse, tetthet og alderssammensetning (lengdefordeling) til elvemusling. Vi vil i tillegg forsøke å belyse framtidsutsiktene til arten i lys av nåværende bestandssituasjon og miljøbetingelsene i vassdraget.

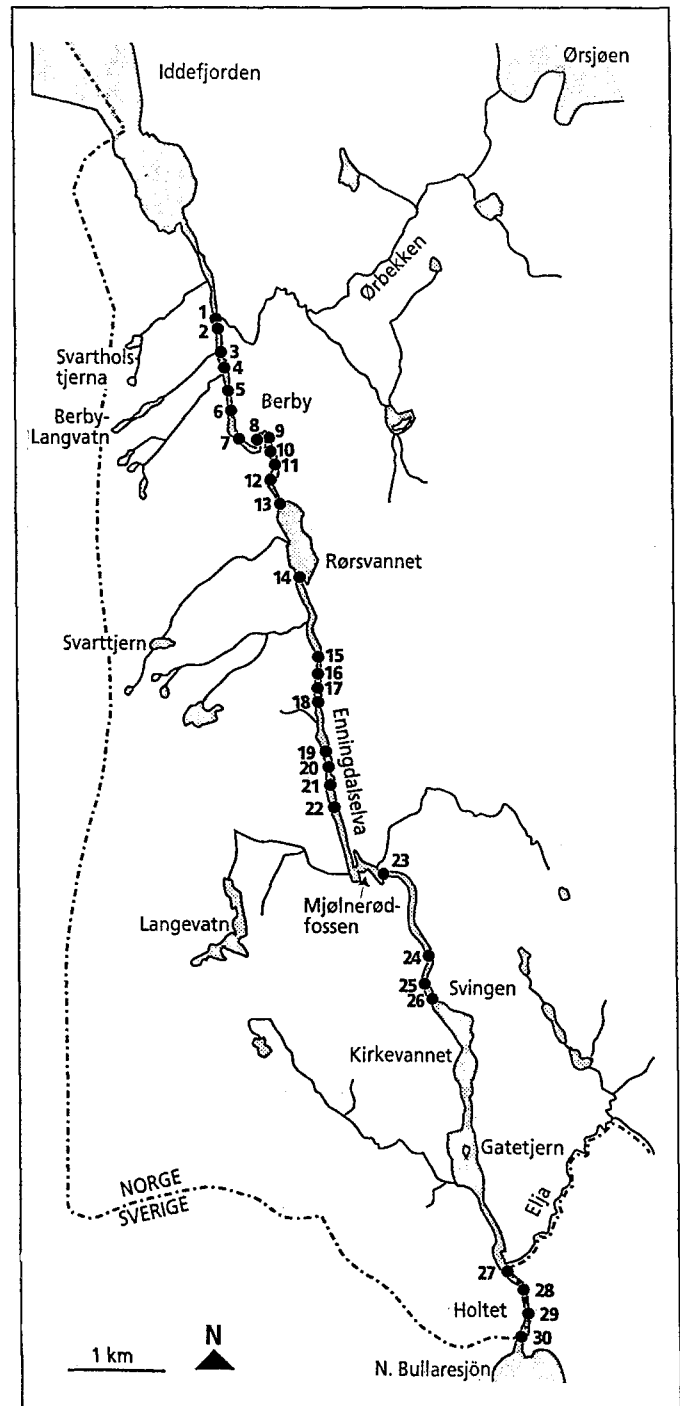
2 Områdebeskrivelse

Enningdalselva har sine kilder fra Nordre (173 m o.h.) og Søre Boksjø (166 m o.h.) i Aremark og Halden kommuner på grensa mot Sverige (figur 1). Fra Boksjøene heter elva Halle-rudelva sørover til Nordre Kornsjø (141 m o.h.), Mellan-Kornsjön (140 m o.h.) og Södra Kornsjön (134 m o.h.) før den renner vestover som Kynne älv ned til Södra Bullaresjön (44 m o.h.) i Sverige. Vassdraget drenerer videre nordover gjennom Norra Bullaresjön (38 m o.h.). Utløpet av N. Bullaresjön danner et lite stykke riksgrense mot Sverige ved Holtet før vassdraget i sin helhet går inn i Norge. Elva heter nå Enningdalselva videre ned til utløpet i Iddefjorden - en strekning på nær 14 km som inkluderer de to innsjøene Kirkevannet (37 m o.h.) og Rørsvannet (17 m o.h.). Den egentlige elvestrekningen er i underkant av 11 km, og er det som inngår i denne undersøkelsen (figur 2). Elva har et fall på 20 m på den ca. 5 km lange strekningen mellom Kirkevannet og

Rørsvannet. Fra Rørsvannet ned til Ørbekken blir fallet 17 m på bare ca. 2,5 km slik at elva har større vannhastighet og er langt mer stri på den nedre delen ved Berby.



Figur 1. Nedbørfeltet til Enningdalselva og Kynne älv. Fra Afzelius og Hardeng (1995).



Figur 2. Enningdalselva med lokalisering av undersøkte stasjoner (1-30) mht. utbredelse og tetthet av elvemusling i 1996.

Landskapet er småkupert skogsterreng i øvre deler og kulturlandskap med gårdsbebyggelse i Enningdalen. Vassdraget vekslers mellom stilleflytende partier med elveslyng, fossestryk, rolige løner og kulper, grunne strykpartier og innsjøene Rørsvannet og Kirkevannet samt brakkvannssonen i møte

med Iddefjorden. Nedbørsfeltet preges av barskog med innslag av løvskog (ca. 70 %), overveiende sure næringsfattige vatn (11 %), myr (11 %) og dyrket mark (ca. 8 %) (Olofsson 1986 i Afzelius & Hardeng 1995). Særlig i de nedre deler forekommer frodig løvskog langs elva.

2.1 Vannkvalitet og kalkingstiltak

Forsuring og redusert bufferkapasitet er et problem i mange av innsjøene i nedslagsfeltet. Nordre og Søre Boksjø har et nedbørsfelt som består av myr og mye bart grunnfjell. Dette gjør at vannet fra naturens side har lav pH, og er sårbar for tilførsel av sur nedbør. Vasshaug (1990) fant at pH i 1950 var 4,7-5,0. I 1973 ble vannfargen beskrevet som gullig brun i Nordre Boksjø, mens pH ble målt til 5,0 (Borgstrøm et al. 1974). Kalking ble satt i gang i 1985 da pH var så lav som 4,5. Etter kalking økte pH til 6,5, og i 1994 var pH 6,6, mens fargetallet var 26 mgPt/l (Walseng & Hansen 1994). Etter kalking har flere forsuringfølsomme invertebrater etablert seg i vannet, og ørretbestanden har tatt seg opp igjen (Walseng & Hansen 1994, Walseng & Karlsen 1997).

Søre Boksjø hadde pH på 4,8 i 1973. Vannet ble kalket på svensk side i 1980, på et tidspunkt da pH var 4,5-4,8 (Raddum et al. 1984). I 1983 var pH mellom 6,7 og 7,0. I 1994 var fargen 27 mgPt/l, mens pH var 6,5 (Walseng & Hansen 1994). Tilsvarende som for Nordre Boksjø finnes det invertebrater som er vanlige i sure humøse vann, men også arter som er kommet inn etter at vannkvaliteten har endret seg som følge av kalking. Ørreten forsvant i vannet omkring midten av 1960-tallet.

Utviklingen i Kornsjøene gikk også i løpet av 1970-tallet mot en mer markert forsuring. Alkaliteten var lav, og bufferkapasiteten mot sure episoder var ubetydelig (Fiskeristyrelsen & Statens naturvårdsverk 1979). Våren 1979 ble det målt pH-verdier < 4 i deler av systemet. Kornsjøsystemet ble derfor kalket i 1980 og kalkes nå regelmessig for å motvirke forsuringen.

Den store tilførselen av surt vann fra Boksjø-Kornsjø-systemet påvirket naturlig nok også vannkvaliteten i Bullaresjön. Der viste prøvetaking at bufferkapasiteten gjennom hele 1970-tallet minket suksessivt, og det ble spådd at den i løpet av 1980-årene ville være ubetydelig om ikke tiltak ble satt igang. Fra 1972 til 1978 sank gjennomsnittlig pH fra 6,36 til 6,06 i Nordre Bullaresjön (Fiskeristyrelsen & Statens naturvårdsverk 1979).

Vannkvaliteten i de nedre deler av hovedvassdraget preges generelt av høyere pH og bedre bufferkapasitet pga store marine avsetninger, leire og skjellsandbanker (Rekstad 1931).

3 Materiale og metoder

Feltarbeidet ble gjennomført 16.-19. juli 1996 på moderat vannføring. I tillegg er det samlet inn laksunger 1. oktober 1996.

Elvestrengen er delt inn i fem strekninger (**figur 2**):

Strekning 0: Iddefjorden til Ørbekken (brakkvannsområde) - 1250 m

Strekning 1: Utløpet av Rørsvannet til Ørbekken - 2 600 m

Strekning 2: Mjølnerødfossen til innløp Rørsvannet - 3 250 m

Strekning 3: Utløp Kirkevannet til Mjølnerødfossen - 1 950 m

Strekning 4: Utløpet av N. Bullaresjön til innløp Gatefjern-/Kirkevannet - 1800 m

3.1 Vannprøver

I forbindelse med elvemusling-prosjektet ble det tatt vannprøver fra fem lokaliteter i vassdraget 18. juli og 1. oktober 1996; Berby, veibru Rv.102 (ENN 1), innløp Rørsvannet (ENN 2), utløp Kirkevannet (ENN 3) og Holtet, nedstrøms utløpet av N. Bullaresjön (ENN 4) (**figur 3**). Prøvene ble samlet på 250 ml vannflasker, og analysert få dager etter prøvetaking på analyselaboratoriet ved NINA. Det ble analysert på turbiditet, farge, konduktivitet, pH, alkalitet, viktige anioner (Ca, Mg, Na, K) og kationer (SO₄, Cl), nitrat og aluminium etter standard metoder beskrevet av Schartau & Nøst (1993).

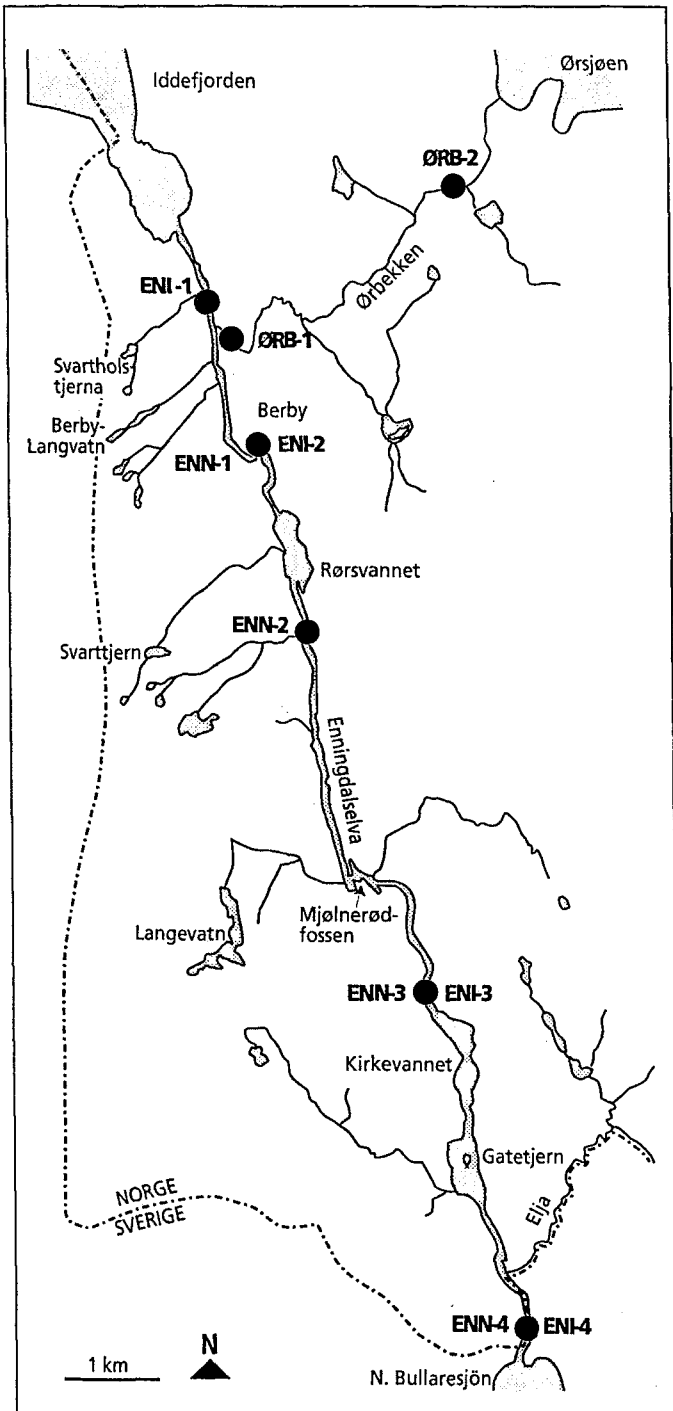
Enningdalselva inngår forøvrig i en vannkjemisk overvåking av de større elvene i Østfold, med tilnærmet ukentlig prøvetaking i 1996 ved utløpet i sjøen (stasjon ENI 1, **figur 3**). Det analyseres på pH, suspendert stoff, total nitrogen (Tot-N), total fosfor (Tot-P) og total organisk karbon (TOC). I 1995 inngikk også fargetall og nitrat i analysene. I 1991 inngikk ytterligere tre stasjoner i hovedvassdraget og to stasjoner i Ørbekken (Løvstad 1994, **figur 3**).

3.2 Ungfisk

Et mindre antall ungfisk av laks ble samlet inn kvalitativt med elektrisk fiskeapparat fra to områder i Enningdalselva nedstrøms Rørsvannet (stasjon 5 og stasjon 9-10, **figur 2**). All fisk ble frosset ned og senere bearbeidet på laboratoriet. Laksungene ble lengdemålt og aldersbestemt, og gjellene ble undersøkt i stereomikroskop for eventuell forekomst av glochidier.

3.3 Elvemusling

Undersøkelse av utbredelse og tetthet av elvemusling er gjennomført ved direkte observasjon og telling av synlige individer. Metoden kan underestimere antallet av de minste individene som kan være vanskelige å oppdage (Eriksson & Henriksen 1997). Når elvemuslingen er blitt 4-5 mm kan de



Figur 3. Enningdalselva med lokalisering av vannprøvestasjoner i 1996 (ENN 1, ... ENN 4). Elvestasjoner fra Fylkesmannens overvåking i Enningdalselva er også vist (ENI 1, ... ENI 4). ØRB 1 og ØRB 2 er stasjoner i Ørbekken.

finnes tilfeldig i rote-/sparkeprøver (Sandaas 1995), og det blir bare unntaksvis funnet muslinger som er mindre enn 10-12 mm på elvebunnen uten å grave i substratet. Dette kommer av at elvemuslingen lever nedgravd i substratet i de fire-fem første leveårene (Bauer 1989, Wächter et al. 1987). I vassdrag i Trøndelag er det ved direkte observasjon funnet elvemuslinger ned til 13 mm (Larsen upubl. materiale), og muslinger på 20-30 mm er normalt lette å oppdage. Totalt fravær av individer < 50 mm indikerer opphør i rekrutteringen i det minste i de siste 10 årene (Buddensiek 1995).

Utvalgte områder (stasjoner og transekter) ble undersøkt ved vading i elveløpet og bruk av vannkikkert (jf. Grundelius 1987). I store elver og i elver med stort dyp (> 1,5 m) vil det være metodiske begrensninger for hvor god dekningen av elvebunnen blir ved vading. En strekning på ca. 750 m nedstrøms Mjølnerødfossen ble befart med båt da elva var for dyp for vading. Deler av vassdraget oppstrøms Rørsvannet (mellom stasjon 14 og 15) og strekningen nedstrøms Svingen mot Mjølnerødfossen (mellom stasjon 23 og 24) var stilleflytende med dype partier vesentlig dekket med myk bunn. Disse områdene ble bare tilfeldig undersøkt, men ingen elvemusling ble funnet.

Tettheten ble undersøkt ved telling av muslinger innenfor 15 transekter (4 m brede, 1293 m²). I tillegg ble det gjennomført 104 tellinger hver av 15 minutters varighet på 30 tilfeldige (vadbare) stasjoner (figur 2). Det ble skilt mellom tomme skall (døde dyr) og levende individer, og antall ble notert for hver telling. Det ble gjennomført minimum to 15 minutters tellinger på hver stasjon.

Det ble samlet inn et mindre antall muslinger fra stasjonene 3, 6, 9 og 11 på strekning 1 (N = 94), stasjonene 14, 16 og 17 på strekning 2 (N = 54), stasjon 23 på strekning 3 (N = 3) og stasjon 28 på strekning 4 (N = 70) - totalt 221 individer - for veiing og måltaking. Levende våtvekt (med vann i kappehulen) ble ikke notert før materialet ble frosset ned for senere bearbeiding og lagring som del av et landsomfattende referansmateriale. Det ble imidlertid samlet inn et mindre antall levende muslinger fra stasjon 9 (N = 34) som ble veid levende (med vann i kappehulen) til nærmeste 0,1 g og tatt mål av før de ble satt ut igjen. Resten av materialet ble veid etter lagring uten vann i kappehulen til nærmeste 0,1 g. Vannet i kappehulen utgjør gjennomsnittlig 13-14 % av totalvekten hos levende individer (Larsen upubl. materiale). Standard utvendige mål (total lengde: L, høyde: H, høyde ved umbo: UH og tykkelse: T) er målt med skyvelære til nærmeste 0,1 mm av hele materialet. I tillegg ble det samlet inn tomme musling-skall langs hele vassdraget som også ble lengdemålt. Totalt ble det samlet inn 229 skall fordelt på henholdsvis 114, 42, 1 og 72 skall fra strekning 1, 2, 3 og 4.

Hos unge individer er tilvekstringene i skallet tilstrekkelig definert slik at man med stor pålitelighet kan skille dem fra hverandre (Ziuganov et al. 1994). Alder kan derfor bestemmes ved direkte telling av antall vintersoner i skallet; definert som mørke ringer mellom to lyse sommersoner. Hvis alderen ikke overstiger 30-40 år gir metoden tilstrekkelig nøyaktighet (Hendelberg 1960). I Enningdalselva kunne ikke denne metoden benyttes på elvemusling i øvre del av vassdraget. Selv de minste skallene fra strekning 4 var vanskelige å aldersbestemme på grunn av liten tilvekst. Det lot seg ikke gjøre å bestemme vintersonene entydig, og direkte telling/måling av tilvekstringer på skallet kunne ikke gjennomføres. I nedre deler av Enningdalselva var imidlertid veksten bedre, og aldersbestemmelse kunne foretas på individer < 100 mm på strekning 1 og 2 (N = 19). Dette ble gjort også for å fastsette tidsperioden for siste påviste rekruttering. For individer som ble aldersbestemt ble total lengden av hver årring (= årringsdiameter) målt til nærmeste 0,1 mm.

4 Resultater og diskusjon

4.1 Vannkvalitet

Vannet i hele Enningdalselva var noe brunfarget i juli (37 mg Pt/l, **tabell 1**), og med noe høyere verdier enn i oktober. Dette skyldes humussyrer hovedsakelig fra naturlig avrenning fra myr og skogsmark i nedslagsfeltet. Sur nedbør kan forsterke utlekking av humusstoffer, og likeledes vil grøfting og drenering av myrer generelt føre til økt avrenning. På samme måte endrer flatehogst på avrenningsmønsteret, og gir økt utvasking av humusstoffer fra jorda, og økt konsentrasjon av organisk stoff i vannet. I 1991 (Løvstad 1994) og 1995 (Fylkesmannen i Østfold upubl. materiale) var fargetallet henholdsvis 17-34 mgPt/l og 33-61 mgPt/l.

Det var generelt økende partikkelbelastning nedover i vassdraget (**tabell 1**). Dette kan skyldes både forskjeller i jordsmonnet, størrelsen av kornarealene, bekkelukking og at deler av jordbruksarealet er svært erosjonsutsatt. Partikkelinnholdet er nært knyttet til vannføringen, men ved lavere vannføringer vil innsjøene i større grad tjene som sedimenteringsbassenger. Turbiditeten kan derfor bli lavere ved Berby enn den er på innløpet til Rørsvannet slik vi ser det i oktober.

Enningdalselva drenerer fra forsursingsutsatte områder, men vassdraget hadde i 1996 en god og stabil vannkvalitet fra Holtet til utløpet i sjøen uttrykt ved pH (6,56-6,83) og alkalitet (130-148). I juni 1973 var pH i Rørsvannet 6,40-6,65 (Borgstrøm et al. 1974), og i januar 1982 var pH ifølge Eriksson et al. (1986) 5,9 i Enningdalselva. I en regional undersøkelse av vannkvaliteten i Østfold fra 1982 inngår Kirkevannet og Rørsvannet, men innsjøene er bare oppgitt å ligge innenfor intervallet pH 5,5-6,5 (Bjørndalen & Løvstad 1983; 1985). Målinger gjennomført av Fylkesmannen i Østfold (upubl. materiale) i Enningdalselva i 1995 og 1996 viser pH på henholdsvis 6,6-6,9 (N = 9) og 6,6-7,3 (N = 41). I 1991 var pH 6,6-7,0 (Løvstad 1994), og det er en stabil og positiv

utvikling i hovedvassdraget i årene etter kalking av de store innsjøene i nedslagsfeltet.

Fosfor og nitrogen er de vanligste næringsstoffene som tilføres vassdraget enten naturlig fra skog, myr og utmark eller som utslipp fra industri, landbruk og bosetting. Nitratinnholdet i 1996 varierte mellom 202-252 mg/l avhengig av dato og lokalitet. Til sammenligning var verdiene i 1991 130-366 mg/l (Løvstad 1994). Totalt nitrogeninnhold, som også omfatter ammonium, nitritt og organisk bundet nitrogen, var til sammenligning 435-680 mg/l i 1991. I 1995 og 1996 var verdiene henholdsvis 385-795 mg/l (N = 13) og 440-980 mg/l (N = 41) nederst i vassdraget (Fylkesmannen i Østfold upubl. materiale). Gjennomsnittsverdien på den nederste stasjonen var henholdsvis 589 (N = 5), 571 (N = 13) og 598 mg/l (N = 41) i 1991, 1995 og 1996. Konsentrasjonen av total nitrogen var bemerkelsesverdig høy i følge Løvstad (1994), og faller inn under vannkvalitetsklasse (III-)IV (nokså dårlig til dårlig) i henhold til klassifisering av miljøkvaliteter i ferskvann gitt av Statens forurensningstilsyn (Holtan & Rosland 1992).

Total fosfor varierte mellom 5,5 og 27,0 mg/l nederst i vassdraget i 1991 og 1995-96 (Løvstad 1994, Fylkesmannen i Østfold upubl. materiale). I 1995 og 1996 var gjennomsnittsverdien henholdsvis 12,4 mg/l (N = 13) og 12,3 mg/l (N = 41), og noe høyere enn i 1991 da gjennomsnittsverdien var 9,8 mg/l (N = 5) nederst i vassdraget. Dette tilsvarer vannkvalitetsklasse II-III (mindre god til nokså dårlig) etter Holtan & Rosland (1992).

I Södra Bullaresjön har det vært drevet et kommersielt oppdrettsanlegg for regnbueaure. Dette startet i 1980 med en årlig produksjon på ca. 30 tonn, men var allerede i 1983 ca. 100 tonn. Länsstyrelsen i Göteborgs og Bohus län mente at innsjøen ikke over lengre tid burde belastes med et produksjonsvolum som var større enn 50 tonn. Anlegget har imidlertid produsert opptil 700 tonn matfisk, og det ble anmeldt for ikke å ha overholdt konsesjonsbestemmelsene. Konsesjonen

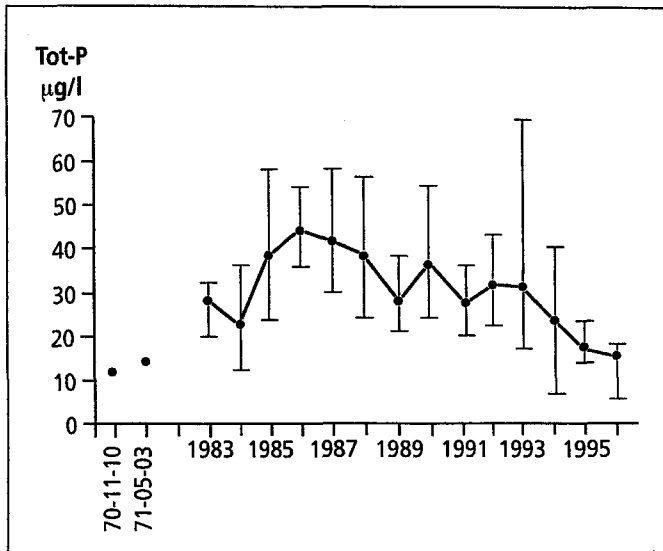
Tabell 1. Vannkvaliteten i Enningdalselva 18. juli og 1. oktober 1996 angitt ved turbiditet (Turb, FTU), farge (mg Pt/l), konduktivitet (Kond, $\mu\text{S/cm}$), pH, alkalitet (Alk, $\mu\text{ekv/l}$), kalsium (Ca, mg/l) og nitrat (NO₃, $\mu\text{g/l}$).

Stasjon	Turb	Farge	Kond	pH	Alk	Ca	NO ₃
18.07.96							
ENN 1 (Berby)	2,30	37	76,3	6,81	131	4,26	202
ENN 2 (innløp Rørsvannet)	1,60	37	76,2	6,83	133	4,21	209
ENN 3 (utløp Kirkevannet)	1,90	37	75,9	6,78	137	4,30	203
ENN 4 (Holtet)	1,40	37	76,8	6,75	134	4,25	238
01.10.96							
ENN 1 (Berby)	0,56	34	76,1	6,68	130	4,32	228
ENN 2 (innløp Rørsvannet)	0,96	34	76,3	6,56	134	4,35	224
ENN 3 (utløp Kirkevannet)	0,50	24	78,3	6,69	148	4,51	214
ENN 4 (Holtet)	0,42	25	77,9	6,76	141	4,55	252

ble inndratt, men anlegget var fortsatt i drift i 1994 i noe mindre skala. Dette oppdrettsanlegget i Södra Bullaresjön har gitt forhøyede verdier av fosfor i innsjøen gjennom hele 1980-tallet (figur 4). Høyeste årsgjennomsnitt ble funnet i 1986 med 44,2 mg/l (N = 9), og høyeste enkeltmåling var 69 mg/l i 1993 (Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län 1994; upubl. materiale). Det har imidlertid vært en bedring i vannkvaliteten i de siste årene, og mengden av total fosfor nærmet seg i 1996 situasjonen slik den var i 1970-71. Fra Södra Bullaresjön til Mellan Bullaresjön, Norra Bullaresjön og Norra Bullaresjöns utløp er det målt suksessivt lavere fosforverdier (henholdsvis 30, 25, 19 og 13 mg/l i gjennomsnitt i en treårsperiode i årene 1990-93).

4.2 Ungfisk

Totalt 32 laksunger ble undersøkt med hensyn til forekomst av glochidier på gjellene i oktober (tabell 2). I tillegg ble 26 laksunger samlet inn og undersøkt i juli. Både årsyngel (0+) og eldre laksunger (1+/2+) ble undersøkt. Vertsfisk for glochidielarvene er laksefisk; og i europeiske vassdrag vil det være laks og aure (Bauer 1988, Ziuganov et al. 1994). Glochidiene ser ut til å foretrekke fiskeunger yngre enn tre år (Bauer 1987a, Bauer & Vogel 1987); som innbefatter all fisk i det undersøkte materialet.



Figur 4. Årsmiddelverdier av totalfosfor for 5-metersnivået i Södra Bullaresjön fra 1983-93 supplert med data fra 1994-96 (heltrukken linje) samt enkeltmålinger fra 1970 og 1971. I tillegg er årsmaksimum og -minimum markert. Omarbeidet og supplert fra Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län (1994).

Totalt nitrogeninnhold var 460 mg/l i Södra Bullaresjön i 1970 og 1971. Høyeste verdier for årsgjennomsnittet ble funnet i 1986 og 1987 med henholdsvis 947 mg/l (N = 9) og 974 mg/l (N = 4). Høyeste enkeltmåling var 1 290 mg/l fra 1985. Mellom 1983 og 1993 har verdier < 600 mg/l blitt notert ved bare 13 % av målingene i Södra Bullaresjön. Belastningen i Norra Bullaresjön er lavere og tilsvarende verdier er funnet ved 72 % av målingene der. Dette gjenspeiler seg også i klorofyllinnholdet i vannet. Verdiene i Södra Bullaresjön varierer mer og er betydelig høyere i sammenligning med Norra Bullaresjön. Likevel er belastningen fra oppdrettsanlegget og tilførselen av næringsstoffer merkbar ved utløpet av Norra Bullaresjön, og har gitt forhøyede verdier også i Enningdalselva på 1980-tallet.

Tabell 2. Laksunger fra Enningdalselva som ble undersøkt mht. forekomst av glochidier fordelt på stasjon, dato og alder (årsyngel (0+), ettårig (1+) og toårig ungfisk (2+)). Laksungenes gjennomsnittslengde er angitt med standardavvik ($L \pm sd$, mm). Antall laksunger med funn av glochidier (F) og frekvensprosent (F %) er oppgitt. N er antall undersøkte laksunger.

Stasjon	Dato	Alder	N	L ± sd	F	F %
5	01.10	0+	8	63 ± 8	2	25
		1+	8	127 ± 9	0	0
9-10	16.07	0+	13	48 ± 5	0	0
		1+	13	103 ± 9	0	0
	01.10	0+	8	61 ± 2	0	0
		1+	7	119 ± 12	0	0
		2+	1	157	0	0

Det ble funnet glochidielarver på to av fiskene fra Enningdalselva i oktober (tabell 2). Graden av infeksjon var svært liten, og bare en larve ble observert på hver av fiskene. Hva dette skyldes er noe usikkert da forløpet til graviditeten hos elvemuslingen ikke ble undersøkt. Vi har derfor ingen opplysninger om graviditetsfrekvens, og vet heller ikke når muslingene slapp larvene i Enningdalselva i 1996. Gyting ble i 1996 observert i andre halvdel av september i Simoa (Buskerud) (M.Eken pers. komm.), og i andre halvdel av august i Sørkedalselva (Oslo) (B.Hansen pers. komm.) som er de nærmeste undersøkte elvemuslinglokaliteter. Starttidspunktet for frigivelsen av larvene varierer altså mellom lokaliteter, og kan også variere med en måned fra ett år til et annet på samme lokalitet (bl.a. Ziuganov et al. 1994). Jungbluth (1970) angir temperaturforløpet som utløsende faktor for frigivelse av glochidiene, og påpeker at dette varierer fra år til år. Men fisk som er samlet inn 1. oktober slik som i Enningdalselva skal normalt ha blitt eksponert for glochidiene.

4.3 Elvemusling

4.3.1 Utbredelse

Elvemusling ble funnet på strekningen fra utløpet av Norra Bullaresjön langs hele vassdraget til utløpet av Ørbekken der elva blir brakkvannspåvirket.

Det var imidlertid svært få individer på strekningen mellom Kirkevannet og Mjølnerødfossen (strekning 3), og det er en sone på ca. 1,5 km på denne strekningen der arten ikke er påvist. Innsjøene langs Enningdalselva (Kirkevannet, Gatejern og Rørsvannet) ble ikke undersøkt med hensyn til muslinger. Det ble observert elvemusling på inn- og utløp av Rørsvannet, men vi har ingen opplysninger om hvor langt inn i selve vannet eventuelle muslinger er utbredt. Elvemuslingen lever hovedsakelig i rennende vann, men kan finnes i innsjølignende utvidelser av større elver og i innsjøer nær innløp- eller utløpselv (bl.a. Boycott 1936). De er imidlertid vanligst i elvestryk og i områder der vanngjennomstrømmingen er god og bunnen ikke er nedslammet. Arten finnes derfor mer unntaksvis i områder med myk bunn (Brander 1957, Hendelberg 1960). Dette gjør at elvemusling også i liten grad er funnet i de stilleflytende delene av Enningdalselva.

4.3.2 Tetthet

Gjennomsnittlig tetthet av elvemusling basert på 15 undersøkte transekter var 1,05 individer pr. m² (tabell 3 og figur 5). Det var størst tetthet på strekningen ved Berby nedenfor Rørsvannet (stasjon 2-9) med opptil 5 individer pr. m² (jf. tabell 4 og figur 6).

Det ble bare funnet tomme skall og ingen levende individer på stasjon 1 ved Ørbekken. Skallene kan stamme fra områder lenger opp i elva, og kan ha blitt ført med strømmen til området ved Ørbekken. Eventuelle levende individer vil imidlertid ha problemer med å overleve i området da det ligger i direkte tilknytning til Enningdalselvas estuarium. Selv om avstanden til munningsområdet er ca. 1 km vil området periodevis bli brakkvannspåvirket. Indre Iddefjord er preget av store variasjoner i saltholdighet og temperatur, men i perioder med liten vannføring i Enningdalselva kan saltholdigheten bli opptil 18 promille (eks. sommeren 1994, Afzelius & Hardeng 1995). Ved høyere vannføring synker saltholdigheten til noen få promille. Elvemuslingen regnes imidlertid til de stenohaline ferskvannsartene, som ikke overlever i brakvannsområder i det hele tatt, og bare finnes i vann med saltholdighet < 0,5 promille (Koli 1961). Ved høy flo og i perioder med liten vannføring i Enningdalselva kan derfor saltinnholdet i perioder bli for høyt til at elvemusling kan overleve over tid nedenfor Ørbekken (strekning 0).

Basert på forholdet mellom antall levende muslinger og antall tomme skall som ble observert på strekning 4 mellom N. Bullaresjön og Kirkevannet kan det se ut til at dødeligheten har vært høyere enn normalt på denne strekningen. Andelen tomme skall var 60 % av antall elvemuslinger totalt, og til

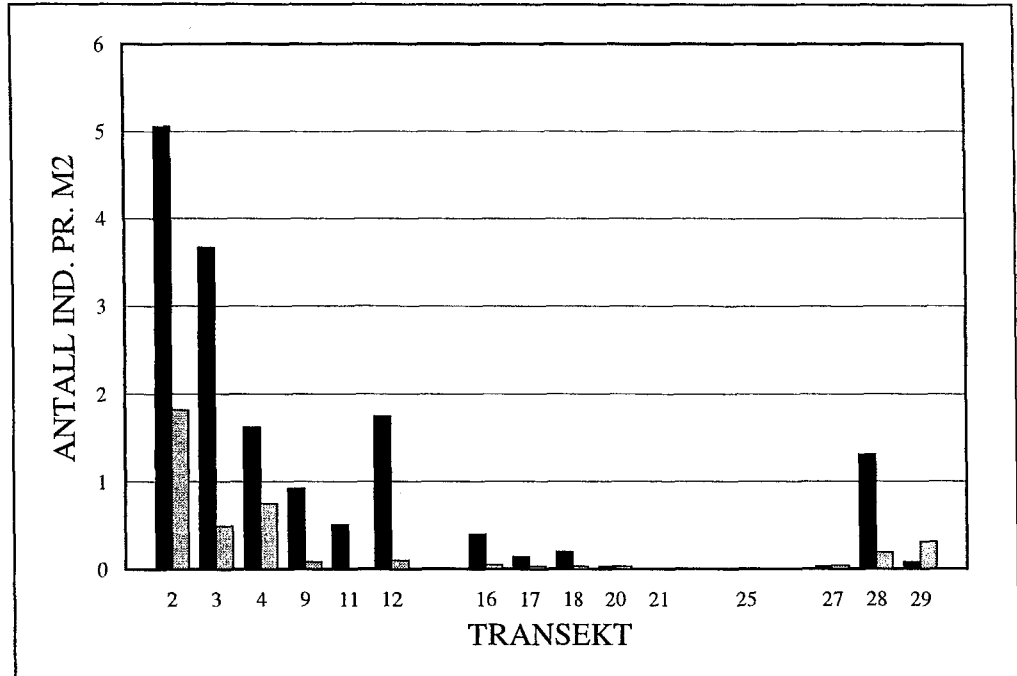
sammenligning var det 14-15 % tomme skall på strekningene 1 og 2 mellom Mjølnerødfossen og utløpet i sjøen. En del av muslingene kan ha frosset inne i isen på grunne partier av elva vinteren 1995/96 eller tørrlagt ved lav vannføring idet enkelte individer fortsatt sto i substratet med rester av innmaten synlig.

I tillegg kan forsureingssituasjonen i tidligere år i området ha påvirket utbredelsen og tettheten av muslinger. Elvemusling fantes tidligere også på svensk side i Långevalisälven (mellom Norra og Södra Bullaresjön), Kynne älv, Sögårdsbäcken og Torpbäcken (I. Olofsson pers. komm.). Årsaken til at muslingene forsvant var antagelig forsureingssituasjonen i området. Med en marginal vannkvalitet ved utløpet av N. Bullaresjön kan det tenkes at forsurening i perioder har gitt en overdødelighet også i denne delen av vassdraget. De tomme skallene utgjør resultatet av dødeligheten over flere år, men vi vet ikke hvor lenge skallene kan holde seg før de blir erodert og forsvinner.

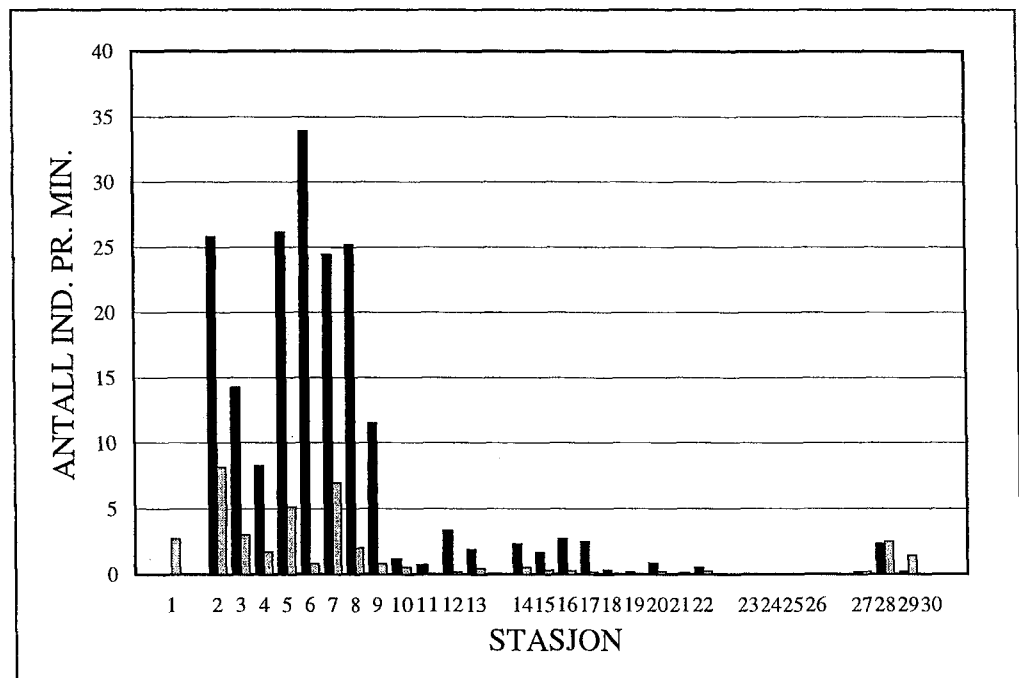
Tabell 3. Antall elvemusling (levende dyr (N) og tomme skall (NS)) i Enningdalselva i juli 1996 basert på tellinger i transekter. Tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. m² (levende dyr (N/m²) og tomme skall (NS/m²)). Jf. figur 5.

Stasjon	Areal, m ²	N	NS	N/m ²	NS/m ²
Strekning 1					
2	126	638	229	5,06	1,82
3	114	418	56	3,67	0,49
4	76	123	57	1,62	0,75
9	120	110	9	0,92	0,08
11	65	33	0	0,51	0
12	72	126	7	1,75	0,10
Gj.snitt				2,26	0,54
Strekning 2					
16	80	32	4	0,40	0,05
17	80	11	2	0,14	0,03
18	69	14	2	0,20	0,03
20	70	2	2	0,03	0,03
21	88	0	0	0	0
Gj.snitt				0,15	0,03
Strekning 3					
25	80	0	0	0	0
Strekning 4					
27	98	3	4	0,03	0,04
28	75	98	14	1,31	0,19
29	80	6	25	0,08	0,31
Gj.snitt				0,47	0,18
Samlet	1293	1614	411	1,05	0,26

Figur 5. Antall elvemusling (levende dyr (mørke søyler) og tomme skall (lyse søyler)) i Enningdalselva i juli 1996 basert på tellinger i transekter. Tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. m². Jf. tabell 3.



Figur 6. Antall elvemusling (levende dyr (mørke søyler) og tomme skall (lyse søyler)) i Enningdalselva i juli 1996 basert på 15 minutters tellinger. Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. min. Jf. tabell 4.



4.3.3 Populasjonsstørrelse

Totalt elveareal fra utløpet av N. Bullaresjön til Ørbekken er beregnet til 253 250 m². Basert på gjennomsnittlig tetthet på 1,05 ind/m² gir dette en total bestand på 265 913 elvemusling for Enningdalselva (tabell 5). Dette estimatet kan være noe høyt da store deler av arealet ikke er potensielt leveområde. Alternativt kan beregningene baseres på gjennomsnittlig tetthet av muslinger innenfor hver enkelt strekning og arealet for hver av strekningene. En slik beregning gir et lavere totalantall for vassdraget (169 113 individer, tabell 5). Antall

transekter er imidlertid for lite på de ulike delstrekningene slik at estimatene av den grunn blir unøyaktige, men viser at antallet er størst ved Berby (strekning 1). Basert på våre beregninger bidrar denne strekningen til > 75 % av bestanden i Enningdalselva.

Tabell 4. Antall elvemusling (levende dyr (N) og tomme skall (NS)) i Enningdalselva i juli 1996 basert på 15 minutters tellinger (T, antall). Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. min. (levende dyr (N/min) og tomme skall pr. min. (NS/min)). Jf. figur 6.

Stasjon	T	N	NS	N/min	NS/min
Strekning 0					
1	2	0	81	0	2,70
Strekning 1					
2	2*	775	245	25,83	8,17
3	2	428	90	14,27	3,00
4	4	495	102	8,25	1,70
5	2	785	154	26,17	5,13
6	2	1017	24	33,90	0,80
7	2	734	209	24,47	6,97
8	2	756	60	25,20	2,00
9	4	691	49	11,52	0,82
10	4	71	32	1,18	0,53
11	4	44	2	0,73	0,03
12	4	201	11	3,35	0,18
13	4	113	27	1,88	0,45
Strekning 2					
14	4	139	32	2,32	0,53
15	3	75	14	1,67	0,31
16	4	163	15	2,72	0,25
17	4	150	11	2,50	0,18
18	2	10	1	0,33	0,03
19	4	11	4	0,18	0,07
20	3	38	9	0,84	0,20
21	8	10	15	0,08	0,13
22	4	32	13	0,53	0,22
Strekning 3					
23	5	3	0	0,04	0
24	4	0	1	0	0,02
25	2	0	0	0	0
26	4	0	0	0	0
Strekning 4					
27	4	11	12	0,18	0,20
28	4	139	150	2,32	2,50
29	4	12	86	0,20	1,43
30	3	0	0	0	0
Samlet	104	6903	1449	6,36	1,29

* I tillegg telling 10 min. 312 individer

Tabell 5. Beregnet populasjonsstørrelse av elvemusling i Enningdalselva i juli 1996. På strekning 3 er bare enkeltindivider observert, og datagrunnlaget er for lite til å beregne populasjonsstørrelse (angitt med + i tabellen)

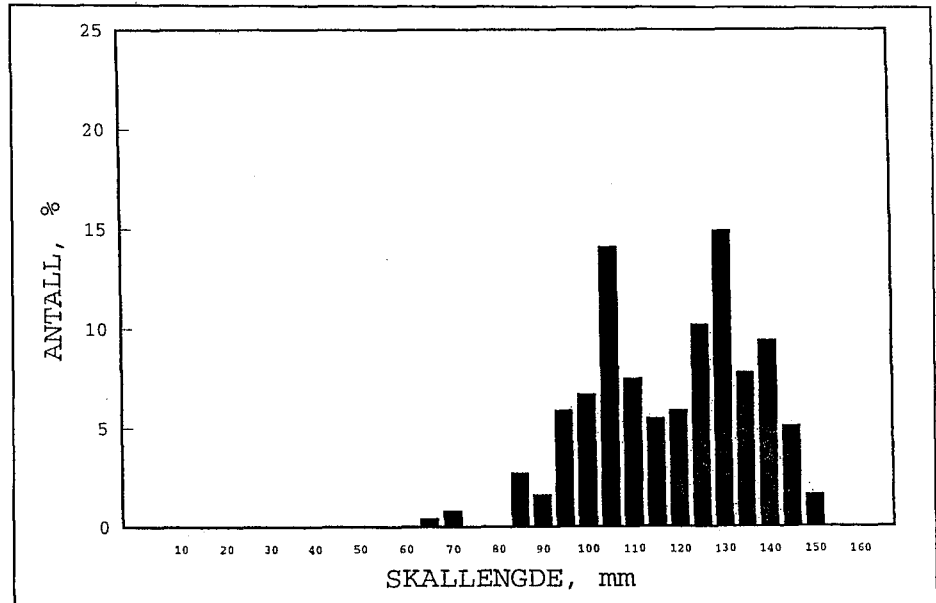
Strekning	Areal m ²	Gjennomsnitt Tetthet pr. m ²	Antall Elvemusling
1	57 000	2,26	128 820
2	83 750	0,15	12 563
3	53 500	+	+
4	59 000	0,47	27 730
SUM	253 250		169 113
1-4	253 250	1,05	264 646

4.3.4 Lengdefordeling

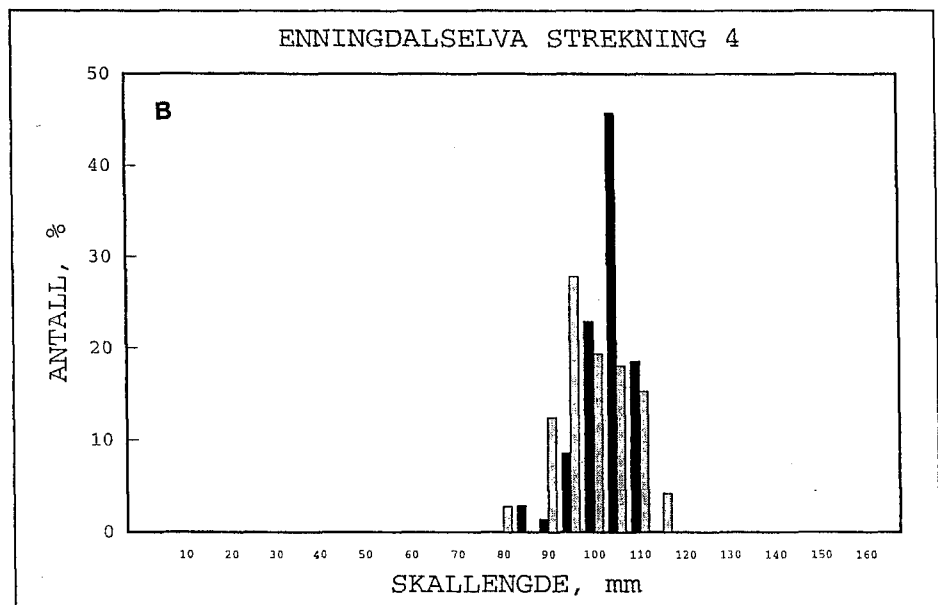
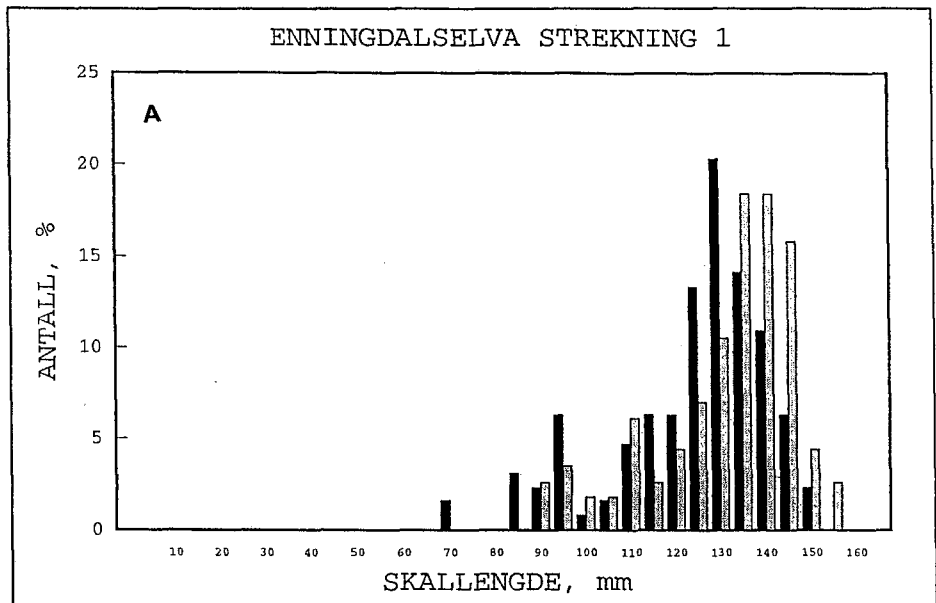
Skallengden hos levende elvemusling i Enningdalselva varierte fra 67 til 154 mm i juli 1996 (N = 255). Det går fram av lengdefordelingen at hovedvekten av muslingene var 95-145 mm (figur 7). Bare en liten del (11 %) var < 100 mm, og ingen individer < 50 mm ble funnet i noen del av elva. Lengdefordelingen i figur 7 har to topper som skyldes store vekstforskjeller innad i vassdraget. På strekning 1 (Rørsvannet-Ørbekken) (figur 8A) og strekning 2 (Mjølnerødfossen-Rørsvannet) var det større innslag av de største individene, og de fleste muslingene var 130 mm. På strekning 4 (N. Bullaresjön-Kirkevannet) var de fleste individene 105 mm (figur 8B). De største muslingene på strekning 1 og 2 var henholdsvis 153,5 og 149,5 mm mens største individ på strekning 4 var 112,7 mm (tabell 6). Dette skyldes reelle vekstforskjeller direkte eller indirekte påvirket av temperatur, næringstilgang og vannkvalitet. Høye temperaturer om sommeren har en positiv korrelasjon med skallets årstilvekst (Carell et al. 1995). Det foreligger bare spredte temperaturmålinger i vassdraget, og ingen som direkte beskriver eventuelle forskjeller innenfor vassdraget. Det er usikkert om det virkelig er temperaturforskjeller av betydning mellom de ulike strekningene, og hvor små forskjeller som eventuelt kan ha betydning.

Det er funnet at veksthastigheten hos elvemusling også varierer med kalkinnholdet, og veksthastigheten øker inntil maksimalverdien nås når innholdet av kalsium er 6-78 mg/l (Alimov 1974). Kalsium-innholdet i Enningdalselva i 1996 var høyt og stabilt i hele vassdraget (4-5 mg/l, jf. tabell 2). Mengden kalsium har antagelig økt i årene etter kalkingen, men referanseverdiene fra tidligere år er sparsomme. I juni 1973 var kalsium-innholdet i Rørsvannet 2-2,5 mg/l (Borgstrøm et al. 1974). I Boksjø-området lå nivået på 1-1,5 mg/l på samme tid, mens det i 1994 var økt til nærmere 4 mg/l (Walseng & Karlsen 1997). Undersøkelser av elvemuslingpopulasjoner i Sverige har vist at forsuring på den ene siden forårsaker vekstforstyrrelser og redusert tilvekst mens kalking på den annen side gir økende skalltilvekst og lavere frekvens av vekstforstyrrelser (bl.a. Mutvei 1989, Mutvei & Dunca

Figur 7. Lengdefordeling av levende elvemusling fra Enningdalselva i juli 1996 basert på 255 individer.



Figur 8. A. Lengdefordeling av levende elvemusling (mørke søyler) ($N = 128$) og tomme skall (lyse søyler) ($N = 114$) på strekning 1 (Rørsvannet-Ørbekken) i Enningdalselva i juli 1996. **B.** Lengdefordeling av levende elvemusling ($N = 70$) og tomme skall ($N = 72$) på strekning 4 (N.Bullaresjön-Kirkevannet) i Enningdalselva i juli 1996.



Tabell 6. Gjennomsnittslengde (mm) og største og minste elvemusling (levende individer og tomme skall) funnet på de ulike strekningene i Enningdalselva i juli 1996

Strekning	1	2	3	4
Levende elvemusling				
Min.	70,0	67,4	116,3	87,8
Maks.	153,5	149,5	140,7	112,7
Gj.snitt	125,8	128,6	126,4	105,1
N	128	54	3	70
Tomme skall elvemusling				
Min.	93,9	96,1	109,5	80,5
Maks.	158,0	151,7	109,5	119,2
Gj.snitt	133,1	127,2	109,5	102,0
N	114	42	1	72

1995, Carell et al. 1995). En nærmere vekstanalyse av skallene vil kunne belyse dette, og vise om det har vært en positiv endring i veksthastighet nedstrøms N. Bullaresjön (strekning 4) etter kalkingstiltakene i Bogsjø-Kornsjo-området. Slike analyser er ikke gjennomført i denne undersøkelsen.

Gjennomsnittslengden av tomme skall på strekning 1 er noe høyere enn den målt på levende individer; henholdsvis 133 og 126 mm (**tabell 6**). Det går fram av lengdefordelingen at hovedmengden av tomme skall var 135-145 mm. Dette kan tyde på at normal dødelighet på grunn av høy alder eller størrelse er dominerende i denne delen av elva. Det største skallet målte 158 mm. Senere er det funnet skall i haugene etter tidligere tiders perlefiske som målte 161 mm. Dette skallet var imidlertid skadet, og manglet noe på full lengde. Samtidig var det ytre laget (periostracum) slitt bort. Uffra sammenligning med ferske skall er det antatt at dette individet opprinnelig har målt minimum 164 mm. Dette er i såfall det største målte eksemplaret av elvemusling som er beskrevet i litteraturen (jf. Larsen 1997).

Gjennomsnittslengden av tomme skall på strekning 4 er imidlertid noe lavere enn den målt på levende individer; henholdsvis 102 og 105 mm (**tabell 6**). Det er høyest andel av 95 mm lange tomme skall, og dødeligheten ser ut til å bli forårsaket av andre faktorer enn høy alder alene.

4.3.5 Vekst

Vekstkurven hos elvemusling er karakterisert ved en begynnende eksponensiell fase som følges av en gradvis avtagende lengdevekst ettersom dyrene eldes. Når muslingen nærmer seg 100 mm avtar lengdeveksten relativt og økningen i vekt dominerer veksten (**figur 9** og **10**). Av de 19 levende individene < 100 mm som ble funnet på strekning 1 og 2 i Enningdalselva kunne 17 individer aldersbestemmes tilstrekkelig nøye for å gå inn i en vekstanalyse.

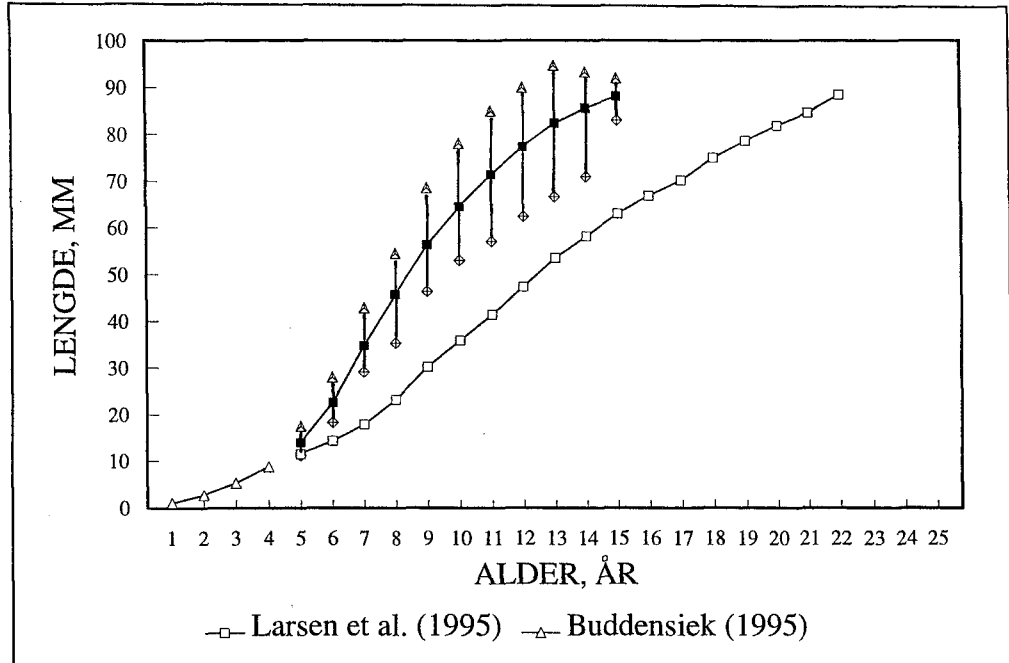
Den innerste delen av skallet ved umbo er mer eller mindre erodert hos elvemusling slik at de første vintersonene ikke

lenger kan gjenfinnes i skallet. Hos de aldersbestemte individene fra Enningdalselva var et område med 8-16 mm utstrekning erodert. Det vil derfor være et problem å finne ut hvilket nummer den første synlige vintersonen er. Dette vil bety at aldersbestemmelsen kan avvike med 1-3 år. Buddensiek (1995) mener at publiserte vekstkurver fra ulike elvemuslingpopulasjoner overestimerer veksten i de første leveårene. Vekstkurvene baserer seg på tilbakeberegning, og veksten i de første årene estimeres og sannsynliggjør antall vintersoner i den eroderte delen av skallet. Buddensiek (1995) viser at gjennomsnittlig lengde etter første til fjerde leveår var henholdsvis 1,1, 2,8, 5,3 og 8,8 mm i Skottland. Dette samsvarer bra med vekstforløpet som er observert i en lokalitet i Nord-Trøndelag (Larsen upubl. materiale). Det er som en tilnærming antatt at vekstforløpet er det samme også i Enningdalselva (**figur 9**).

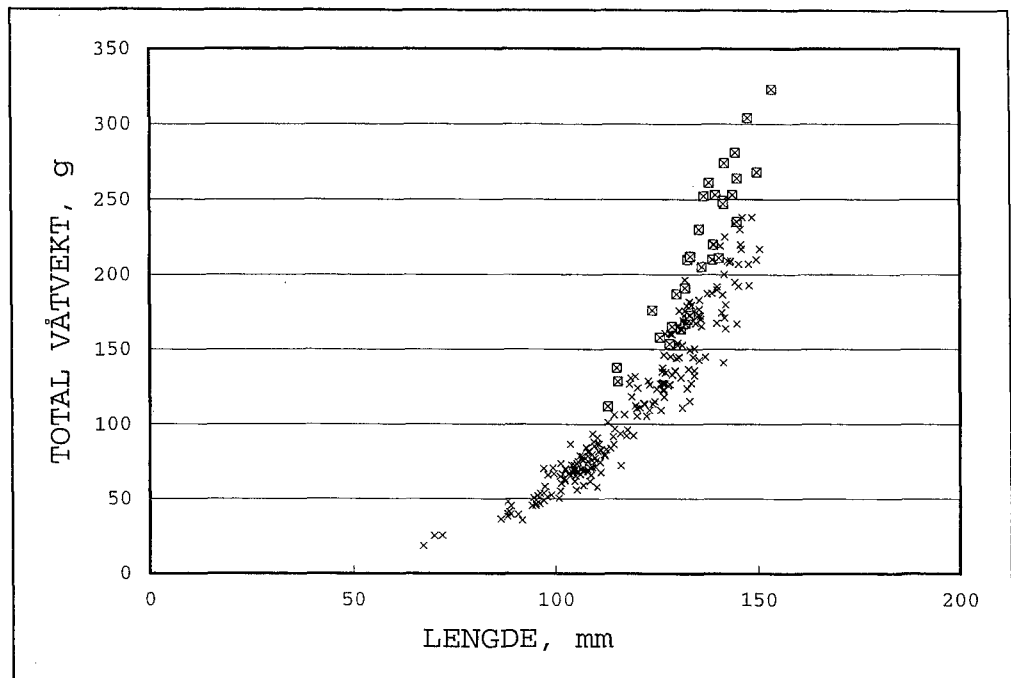
Elvemuslingen i Enningdalselva var gjennomsnittlig 65 og 88 mm ved henholdsvis 10- og 15-årsalder (**figur 9**). Årlig tilvekst fra 5- til 15-årsalder varierte mellom 3 og 12 mm. Veksthastigheten er normalt størst hos de yngste individene, og Geiler (1976) fant en tilsvarende årlig tilvekst på opptil 11 mm fram til 20-årsalder, men når dyrene var 45-50 år ble tilveksten redusert til 2 mm. Ved tilbakeberegning av lengde fant Ekman (1905) og Larsen et al. (1995) en årlig tilvekst på mellom 3 og 7 mm fra 5- til 20-årsalder. Sammenlignet med Simoa (Buskerud) er tilveksten høy i Enningdalselva på strekning 1 og 2, spesielt i de første årene etter at muslingen har kommet opp fra substratet. Både vanntemperatur og kalsium-innhold er lavere i Simoa enn i Enningdalselva og kan være med på å forklare denne forskjellen. Den avtagende tilvekst som inntreffer i 15-20-årsalder kan settes i sammenheng med kjønnsmodningen da en større del av energien benyttes til produksjon av glochidier (*Tudorancea* 1972).

Mens lengdeveksten avtar med økende alder skjer vektøkningen omtrent jevnt gjennom hele livet, og gjennomsnittlig vektøkning i skallet er oppgitt til ca. 1,2 g pr. år av Wellmann (1943), Boettger (1954) og Hendelberg (1960). Maksimal vekt av tomme skall er oppgitt til 232 g av Geiler (1976), som fant en gjennomsnittsvekt på 102 g i sine undersøkelser i Vogtland (Tyskland). I Enningdalselva er det funnet skall som veide opptil 175 g på strekning 1. Gjennomsnittlig skallvekt av levende individer på strekning 1, 2 og 4 var henholdsvis 71, 89 og 29 g (**tabell 7**). Individene øverst i Enningdalselva oppnår bare i overkant av en tredel av skallvekten (32-41 %), men 82-84 % av lengden sammenlignet med individene nederst i vassdraget. Hvorvidt kalkinnholdet i vannet alene er begrensende for oppbyggingen av skallet hos elvemuslingen er fortsatt et åpent spørsmål (Moog et al. 1993). Dyk & Dykova (1974) opplyser imidlertid fra Tsjekkoslovakia at skallene hos muslinger i kalkrike lokaliteter kunne være opptil 50 g tyngre enn skall hos muslinger fra lokaliteter med lavere kalkinnhold. Den store variasjonen mellom individer og populasjoner gjør at et individ med liten tilvekst kan være dobbelt så gammel som et individ med hurtigere vekst, men med samme vekt eller lengde.

Figur 9. Vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos aldersbestemte elvemuslinger på strekning 1 og 2 (Mjølnærødfossen-Ørbekken) i Enningdalselva i juli 1996 (N = 17). Vertikale linjer angir minimums- og maksimumsverdiene.



Figur 10. Forholdet mellom lengde (mm) og total våtvekt (g) (⊠ med vann i kappehulen (N = 34) og x uten vann i kappehulen (N = 221)) for elvemusling i Enningdalselva i juli 1996.



4.3.6 Rekruttering

Lengdefordelingen i figur 7 viser at det ikke ble funnet elvemuslinger < 50 mm i Enningdalselva, og bare et fåtall individer i størrelsesgruppene opp til 90 mm. De yngste individene som ble observert er aldersbestemt til 10-14 år. Utfra dette må det konkluderes med at rekrutteringen har vært dårlig i mange år, og kan ha sviktet helt i løpet av 1980-årene. De yngste individene som ble funnet hørte til 1982-, 1983- og 1986-årsklassen.

Kan det være manglende evne til å observere de mindre muslingene som gjør at de yngre individene mangler? Som det er sagt innledningsvis vil det erfaringsmessig være enkelt å observere muslinger fra de er 20-30 mm lange. I Enningdalselva er det i tillegg til elvemusling også funnet andemusling. Observerte individer var 26-95 mm (N = 45), med hovedvekt på 60-70 mm lange individer. Nær halvparten av disse var mindre enn det minste individet av elvemusling, og skulle vise at også mindre muslinger ble observert i den grad de var tilstede.

Tabell 7. Skallets gjennomsnittsvekt (g) og største og minste skall hos elvemusling (levende individer og tomme skall) funnet på de ulike strekningene i Enningdalselva i juli 1996.

Strekning	1	2	3	4
Levende elvemusling				
Min.	12,9	8,1	44,7	22,9
Maks.	141,3	157,1	130,5	33,7
Gj.snitt	70,6	89,3	78,3	28,8
N	128	54	3	70
Tomme skall elvemusling				
Min.	13,4	21,0	32,8	14,6
Maks.	175,4	131,2	32,8	48,2
Gj.snitt	83,9	62,5	32,8	31,7
N	114	42	1	72

Alt tyder derfor på at elvemuslingen i Enningdalselva har en betydelig rekrutteringssvikt som gjør at det har skjedd en forgubbing i bestanden. De voksne individene overlever og reproducerer sannsynligvis som normalt, men overlevelsen har sviktet hos de unge individene. Dette er normalt en svært kritisk fase med høy dødelighet. Young & Williams (1984) estimerte at 95 % av muslingene døde i de første 5-8 årene (30-40 mm), og små endringer i miljøet kan øke dødeligheten ytterligere. De yngste individene (< 10 mm) lever nedgravd i substratet de første leveårene (Bauer 1989, Wächtler et al. 1987). De unge muslingene er avhengig av god vanngjennomstrømning i mellomrommene mellom stein- og gruspartiklene i denne perioden. De kan bare overleve i sedimenter med lavt innhold av organisk materiale (Bauer 1988), og de påvirkes negativt ved nedslamming av substratet. En forhøyet tilførsel av næringsstoffene nitrogen og fosfor vil medføre større algevekst og begroing. Når planter og dyr dør, og senere råtner, brytes det organiske stoffet ned under forbruk av oksygen, og gir en økt sedimentering av partikler. Denne økende eutrofieringen og saprobieringen sammen med økende partikkeltransport er antatt å være den viktigste årsaken til nedgangen i bestandene av elvemusling over store deler av utbredelsesområdet.

5 Oppsummering

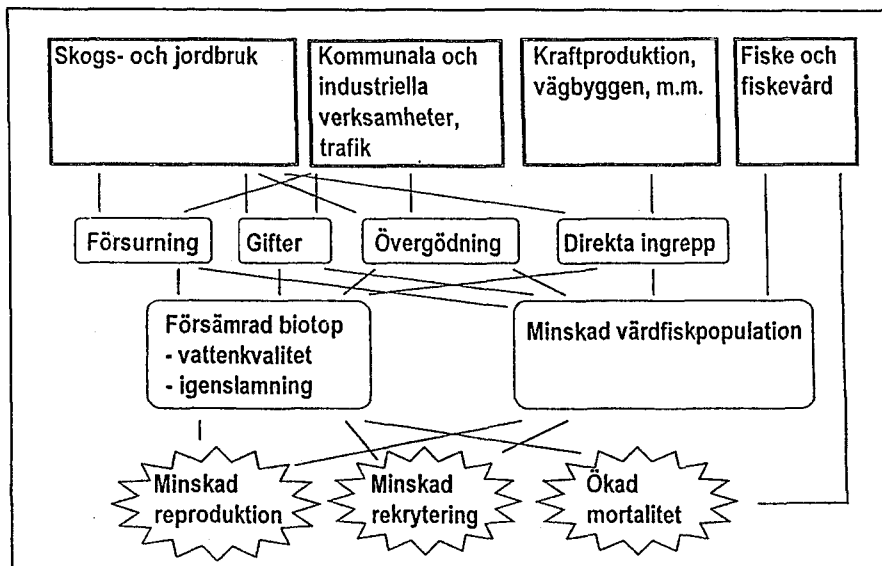
Det har vært en negativ utvikling i elvemuslingbestanden i Enningdalselva. Det har vært høy dødelighet i enkelte partier av vassdraget, og bestanden i hele elva består av store og gamle individer fordi rekrutteringen har vært dårlig i mange år, og kan ha sviktet helt i løpet av 1980-årene. Det er flere faktorer som spiller inn (figur 11), men forsuring, eutrofiering og nedslamming av elvebunnen synes å være av overordnet betydning.

I øvre deler av Enningdalselva har forsuring (lav pH og liten bufferevne) tidligere vært et problem. Allerede på 1950-tallet ble pH målt til < 5,0, og situasjonen gikk mot en mer markert forsuring i løpet av 1970-tallet. Tilførselen av surt vann fra Boksjø-Kornsjø-området påvirket også vannkvaliteten i Bullaresjön der bufferkapasiteten minket suksessivt på 1970-tallet. I løpet av 1980-årene ble det satt i gang kalking i Boksjø-Kornsjø-området, og vannkvaliteten endret seg raskt med heving av pH og økende kalsium-innhold i vannet.

De fleste arter av snegler og småmuslinger er mer forsuringfølsomme enn fisk, og forsvinner når pH blir lavere enn 6,0 (Økland & Økland 1986). Hos elvemusling kan voksne muslinger overleve ved pH ned mot 5,0 (Henrikson 1996), men forsuring skaper en ubalanse i kalsiumopptaket slik at muslingen etterhvert tærer på skallet. Dette gir størst negative effekter hos unge muslinger da tilveksten er størst i de første leveårene (Heming et al. 1988). Hos Anodonta fant Huebner & Pynnönen (1992) en avtagende levedyktighet hos glochidiene ved lav pH og/eller høye aluminiumskonsentrasjoner. Forsuringseffekter på elvemusling er påvist i Sverige (bl.a. Eriksson et al. 1981, Henrikson 1996). Elvemuslingen var tidligere også utbredt på svensk side i Enningdalselva, men forsvant med sannsynlig årsak i økende forsuring. Forsøk i Sverige viser imidlertid at elvemuslingen har større overlevelse i kalkede vassdrag (Henrikson 1992). Kalkingstiltakene i nedslagsfeltet til Enningdalselva vil i første omgang være med på å sikre overlevelsen av muslinger nedstrøms utløpet av Bullaresjön, men kan også gi mulighet for reetablering av muslinger på svensk side. Vannkvaliteten i de nedre deler av hovedvassdraget har vært preget av generelt høyere pH og bedre bufferkapasitet i alle år pga store marine avsetninger, leire og skjellsandbanker.

Jordbruksavrenning, og særlig lekkasje av næringsstoffene nitrogen og fosfor samt utslipp av organisk stoff som havner i hovedvassdraget, kan virke negativt på vannkvaliteten og overlevelsen av elvemusling på lang sikt. Foruten tilførsel fra landbruksarealer tilføres fosfor og nitrogen også gjennom naturlig tilsig fra skog, myr og utmark samt utslipp fra industri og bosetting. I Enningdalselva kommer et betydelig bidrag av fosfor og nitrogen i årene etter 1980 fra et kommersielt oppdrettsanlegg for regnbueaure i Södra Bullaresjön. Dette hadde maksimal påvirkning på midten av 1980-tallet, men fortsatt med forhøyede verdier utover i første halvdel av 1990-tallet. I brev av 12.07.94 fra Fylkesmannen i Østfold til Direktoratet for naturforvaltning står det at produksjonen av matfisk "medfører store utslipp av næringssalter samt årlige

Figur 11. Eksempel på trusselfaktorer og årsakssammenheng for en elvemuslingbestand. Fra Eriksson & Henrikson (1997).



rømminger av fisk til Enningdalselva. Enningdalselva har i de senere årene fått store begroingsproblemer, noe som går ut over gyteplassene for anadrom fisk og bestanden av elveperlemuslinger".

Elvemuslingen lever de første årene nede i substratet, og er bundet til mikrohabitat med høy grad av utskifting til de frie vannmasser (Buddensiek et al. 1993a). Ved økt tilførsel av næringsstoff og større partikkeltransport vil substratet bli stadig mindre egnet som oppvekstområde for de yngste årsklassene av elvemusling (Bauer 1988, Buddensiek et al. 1993b). Substratet nedslammes, oksygenet forbrukes til nedbrytingen av tilført organisk materiale og de unge muslingene kveles. Som resultat forsvinner de unge muslingene, og et karakteristisk trekk i flere og flere muslingbestander over hele utbredelsesområdet er den observerte "forgubbingen" som vi også ser i Enningdalselva.

For å snu utviklingen må man starte med å begrense den menneskeskapt tilførselen av næringsstoffer og organisk materiale til et minimum. Det er derfor viktig at tiltakssiden styrkes i Enningdalselva, og at vannkvaliteten fortsatt overvåkes. Tiltak i landbruket med endret jordbearbeiding og sikring av erosjonsutsatte områder synes viktig. Avrenningen er spesielt stor fra planerte områder der naturlige vegetasjonsbelter og smådaler er forsvunnet. Fjerning av vegetasjon og snauhogst av skog langs vassdraget påvirker også elvemuslingen negativt ved økt erosjon og endrede temperatur- og innstrålingsforhold. I Enningdalselva blir det viktig å få kontroll med utslippene fra oppdrettsanlegget i Bullaresjön, og eventuelt forby videre drift også av hensyn til fare for spredning av fisk og sykdommer nedover i vassdraget.

Fertiliteten til elvemusling er ifølge Bauer (1987b) overraskende uavhengig av miljøforholdene. Dette indikerer at alle populasjoner vil kunne ta seg opp igjen så sant årsaken til bestandsnedgangen opphører. Det er ingen ting som indikerer at reproduksjonen ikke er normal i Enningdalselva. Undersøkelsen i 1996 ble gjennomført for tidlig til å påvise gravide muslinger, men det ble funnet glochidier på enkelte av laksungene i oktober. Det kan imidlertid være viktig å få

klartlagt infeksjonsgrad og antall glochidier på laksunger av ulik størrelse. Reproduserer bestanden normalt, og glochidierne overlever og fester seg til vertsfisken, er flaskehalsen definert til perioden da de unge individene skal starte livet på eller i bunns substratet. Dette er viktig basiskunnskap for å kunne beskrive bestandens "sykdomsbilde" bedre.

Overlevelsen til glochidierne og rekrutteringen kan også påvirkes indirekte når tettheten av vertsfisk er lav. Glochidierne er spesialiserte parasitter. I Europa er de svært artspesifikke, og gjennomfører larveutviklingen bare på laks og aure. I Enningdalselva fanges det bare sporadisk sjøaure i hovedvassdraget på norsk side, og aureunger er ikke påvist (Bruun 1989, Dervo 1990). Elvemuslingen er derfor helt avhengig av laks som vertsfisk, og tiltak som er med på å forsterke laksebestanden vil indirekte også styrke bestanden av elvemusling. Ziuganov et al. (1994) oppgir at tettheten av ettårig ungfisk (1+) må være > 5 individer pr. 100 m² i mai/juni når glochidierne slipper seg av for at tettheten av elvemusling skal opprettholdes. Det synes som om dette oppfylles i Enningdalselva (jf. Dervo 1990). Det foreligger ingen opplysninger om endringer i bestandsforholdene hos laks som skulle indikere at nedgangen i muslingbestanden skulle skyldes en reduksjon i tettheten av vertsfisk.

Arter av de store ferskvannsmuslingene hører til de største invertebratene i ferskvann, og kan utgjøre mer enn 90 % av den bentiske fauna hva biomasse angår (Økland 1963, Mann 1964, Golightly & Kosinsky 1981). Dette gjør dem til en viktig del av bunnfaunaen i et vassdrag. I tillegg kan en elvemusling filtrere omlag 50 liter vann over gjellene i løpet av et døgn (Ziuganov et al. 1994). Næringspartikler filtreres fra vannet mens den uorganiske komponenten skilles ut og synker til bunns. På denne måten kan muslinger rense 92-100 % av de oppløste stoffene i vannet (Alimov 1974), og er derfor svært nyttige i den naturlige vannrensingen. Dette har stor betydning for økosystemet som helhet, og kan også være med på å opprettholde en stor fiskebestand i et vassdrag (Ziuganov et al. 1994).

I utgangspunktet er alle gjenværende populasjoner av elvemusling verneverdige. Men i forvaltningssammenheng tvinges man til å prioritere, og det kan være nyttig å bedømme verneverdien til en lokalitet. Henrikson et al. (1997) foreslår en modell for en slik bedømmelse (**tabell 8**). Det er valgt seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt, og det gis 0-6 poeng innenfor hvert kriterium. Samlet poengsum plasserer muslingpopulasjonen innenfor en av tre klasser av verneverdi:

Klasse I: Verneverdig (1-7 poeng)

Klasse II: Høy verneverdi (8-17 poeng)

Klasse III: Meget høy verneverdi (18-36 poeng)

Enningdalselva oppnår etter denne modellen 12(-13) poeng, og klassifiseres som et vassdrag med høy verneverdi (klasse II).

Elvemuslingen i Enningdalelva bør inngå som en del av en framtidig overvåking av det biologiske mangfoldet i vassdraget. Målsettingen er å følge bestandens utvikling, kvalitativt og kvantitativt. For senere å kunne forklare og rette tiltak mot unaturlige forandringer som observeres bør også forandringer i bestanden av vertsfisk, vannkvalitet og inngrep/forandringer i nedslagsfeltet inngå som en del av overvåkingen. I overvåkingen av elvemusling bør tettheten og lengdefordelingen av individer undersøkes i faste transekter eller stasjoner med 3-5 års mellomrom. Forekomsten av småmuslinger vil være det synlige bevis på at rekrutteringen er vellykket, og at tilstanden i vassdraget igjen er tilfredsstillende for å opprettholde et naturlig biologisk mangfold i vassdraget.

Tabell 8. Kriterier og poengklasser for bedømmelse av verneverdien av en elvemuslingpopulasjon. Fra Henrikson et al. (1997).

Kriterium	1p	2p	3p	4p	5p	6p
1 Populasjonstørrelse (i tusen)	< 5	5-10	11-50	51-100	101-200	> 200
2 Gjennomsnittstetthet (ind./m ²)	< 2	2,1-4	4,1-6	6,1-8	8,1-10	> 10
3 Utbredelse (km)	< 2	2,1-4	4,1-6	6,1-8	8,1-10	> 10
4 Minste musling funnet (mm)	> 50	41-50	31-40	21-30	11-20	≤ 10
5 Andel muslinger <2 cm (%)	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	> 10
6 Andel muslinger <5 cm (%)	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	> 25

6 Litteratur

- Afzelius, L. & Hardeng, G. 1995. Faunaen i Enningdalselva og Indre Iddefjord, med oversikt over naturfaglig litteratur. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport 8-1995. 39 s.
- Alimov, A.F. 1974. Growth regulations in freshwater bivalvia. - Zh. Obshch. Biol. 35: 576-589. [På russisk].
- Bakke, H. 1915. Id Herred. En grænsebygd's historie. - Id kommune. 604 s.
- Bauer, G. 1987a. The parasitic stage of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). II. Susceptibility of brown trout. - Arch. Hydrobiol., Suppl. 76: 403-412.
- Bauer, G. 1987b. Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel. - J. Anim. Ecol. 56: 691-704.
- Bauer, G. 1988. Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. - Biol. Conserv. 45: 239-253.
- Bauer, G. 1989. Die bionomische strategie der flussperlmuschel. - Biologie in unserer Zeit 19: 69-75.
- Bauer, G. & Vogel, C. 1987. The parasitic stage of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). I. Host response to glochidiosis. - Arch. Hydrobiol., Suppl. 76: 393-402.
- Bjørndalen, K. & Løvstad, Ø. 1983. Kartlegging av vannkvaliteten i Østfold. 1. Mengde og sammensetning av planteplankton i relasjon til pH, trofigrad og humusinnhold. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport. 23 s.
- Bjørndalen, K. & Løvstad, Ø. 1985. Kartlegging av vannkvaliteten i Østfold. 2. En regionalundersøkelse av metallkonsentrasjoner i innsjøer. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport. 16 s.
- Boettger, C.R. 1954. Flussperlmuschel und perlenfischerei in der Lüneburger heide. - Abh. Braunschweig. Wiss. Ges. 6:1-40.
- Borgstrøm, R., Eie, J.A., Hardeng, G., Nordbakke, R., Raastad, J.E. & Solem, J.O. 1974. Inventeringer av verneverdige områder i Østfold. - Rapp. Lab. Ferskvannssøk. Innlandsfiske, Zool. Mus. Oslo 17: 1-71.
- Boycott, A.E. 1936. The habitats of fresh-water mollusca in Britain. - J. Anim. Ecol. 5: 116-186.
- Brander, T. 1957. Aktuelles über die flussperlmuschel, *Margaritana margaritifera* (L.), in Finnland. - Acta Soc. Fauna Flora Fenn. 74(2): 1-29.
- Bruun, P. 1989. Laksen i Enningdalselva. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport 1-1989. 50 s.
- Buddensiek, V. 1995. The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: A contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. - Biol. Cons. 74: 33-40.
- Buddensiek, V., Ratzbor, G. & Wächtler, K. 1993a. Auswirkungen von sandeintrag auf das interstitial kleiner fließgewässer im bereich der Lüneburger heide. - Natur Landschaft 68: 47-51.
- Buddensiek, V., Engel, H., Fleischauer-Rössing, S. & Wächtler, K. 1993b. Studies on the chemistry of interstitial water taken from defined horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several northern German lowland waters. II. Microhabitats of *Margaritifera margaritifera* L., *Unio crassus* (Philipsson) and *Unio tumidus* Philipsson. - Arch. Hydrobiol. 127: 151-166.
- Carell, B., Dunca, E., Gärdenfors, U., Kulakowski, E., Lindh, U., Mutvei, H., Nyström, J., Seire, A., Slepukhina, T., Timm, H., Westermark, T. & Ziuganov, V. 1995. Bio-monitoring of pollutants in a historic perspective. Emphasis on mussel and snail shell methodology. - Ann. di Chimica 85: 353-370.
- Dervo, B.K. 1990. Undersøkelse av laksen i Enningdalselva og sjørrreten i Ørbekken og Vevlenbekken, Halden 1989. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport 12-1990. 28 s.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1997. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Norge 1. - Vitenskapsmusset Rapp. Zool. Ser. 1997, 6: 1-27.
- Dyk, V. & Dykova, S. 1974. The pearl oyster (*Margaritana margaritifera*, Linnaeus 1758) a neglected indicator of the pollution of mountain and submontane water flows of the crystalline region of Czechoslovakia. - Acta Vet. Brno 43: 287-304.
- Eie, J.A., Jøsang, O., Marker, E. & Schei, P.J. (Hardeng, G. red.) 1991. Naturfaglige undersøkelser av en del områder i Østfold. "Landsplanen for verneverdige områder og forekomster", Miljødepartementet 1973-76. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport 9-1991. 131 s.
- Ekman, T. 1905. Undersökningar öfver flodpärlmusslans förekomst och lefnadsförhållanden i Ljusnan och dess tillflöden inom Härjedalen. - Medd. Kungl. Landtbruksstyrelsen 110: 1-12.
- Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Oscarson, H.G. 1981. Försurningseffekter på sötvattensmollusker i Älvsborgs län. - Länsstyrelsen Älvsborgs län, Naturvårdsenheten. Rapport nr.2-1981.
- Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Oscarson, H.G. 1986. Flodpärlmusslan i Göteborgs och Bohus län 1984. - Naturinventeringar i Göteborgs och Bohus län. Länsstyrelsen, Naturvårdsenheten. Rapport 2-1986. 10 s.
- Eriksson, M.O.G. & Henrikson, L. 1997. Flodpärlmusslan i Sverige: Status, trender och hotbild. - Del I i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport xxxx. [Under utgivelse].
- Esmark, B. 1886. On the land and freshwater mollusca of Norway. - J. Conchol. 5: 90-131.
- Fiskeristyrelsen & Statens naturvårdsverk 1979. Kalkning av sjöar och vattendrag 1977-1979. Erfarenheter av vidtagna åtgärder samt behov av fortsatta insatser. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 1979-8: 1-67.
- Fylkesmannen i Østfold 1986. Utkast til verneplan for våtmarksområder i Østfold.
- Geiler, H. 1976. Biometrische bearbeitung der schalen einer teilpopulation der flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L.) aus dem oberen Vogtland (Sachsen) im vergleich zu angaben anderer autoren über europäische, insbesondere nordeuropäische herkünfte. - Malak. Abh. 5: 75-90.

- Golightly, C.G. jr. & Kosinsky, R.J. 1981. Estimating the biomass of freshwater mussels (*Bivalvia: Unionidae*) from shell dimensions. - *Hydrobiologia* 80: 263-267.
- Grundelius, E. 1987. Flodpärlmusslans tilbakegang i Dalarna. - Fiskeristyrelsens søtvattenslaboratorium. Information från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm. Rapport nr.4-1987. 72 s.
- Hansen, H. 1989. Sjøørret. En undersøkelse av kystnære bekker i Østfold i 1988. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvern avdelingen. Rapport 7-1989. 41 s.
- Hardeng, G. 1978. Dyreliv. - S. 95-111 i Øy, N.E., red. Bygd og by i Norge. Østfold. Gyldendal norsk forlag, Oslo.
- Hardeng, G. 1982. Naturfaglige og naturvernmessige forhold i Haldenvassdraget og tilgrensende områder med norsk del av Store Le. - Østfold-Natur nr.15: 1-148.
- Hardeng, G. 1989. Enningdalsvassdraget, et unikt vassdrag - fra kildene - til Iddefjorden. - *Natur i Østfold* 8: 115-120.
- Heming, T.A., Vinogradov, G.A., Klerman, A.K. & Komov, V.T. 1988. Acid-base regulation in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: Effects of emersion and low water pH. - *J. Exp. Biol.* 137: 501-511.
- Hendelberg, J. 1960. The fresh-water pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* (L.). - *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottning.* 41: 149-171.
- Henrikson, L. 1992. Biologiska förändringar efter kalkning - eksempel från Väst Sverige. - S. 67-72 i Hegna, K., red. Vassdragskalking - strategi og effekter. Referat fra FoU-seminar i 1992. DN-notat 1992-5,
- Henrikson, L. 1996. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) (*Bivalvia*) in southern Sweden - effects of acidification and liming. - I Henrikson, L. Acidification and liming of freshwater ecosystems - examples of biotic responses and mechanisms. - Zoologisk Institut, Universitetet i Göteborg. Doktorgradsavhandling.
- Henrikson, L., Bergström, S-E., Norrgrann, O. & Söderberg, H. 1997. Flodpärlmusslan i Sverige: Dokumentation, skyddsvärde och åtgärdsförslag for 53 flodpärlmusslepopulationer i Sverige. - Del II i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport xxxx. [Under utgivelse].
- Holtan, H. & Rosland, D. 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. - SFT-veiledning 92:06. 32 s.
- Huebner, J.D. & Pynnönen, K.S. 1992. Viability of glochidia of two species of *Anodonta* exposed to low pH and selected metals. - *Can. J. Zool.* 70: 2348-2355.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1918. Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge med et tillæg om krebsen. - Centraltrykkeriet, Kristiania. 106 s.
- Jungbluth, J. 1970. Aussetzungsversuche mit der flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (Linne 1758) im Schlitzerland mit anmerkungen zum rezenten vorkommen in Osthessen. - *Phillippia* 1: 9-23.
- Koli, L. 1961. Die molluskenfauna des brackwassergebietes bei Tvärminne, Südwestfinnland. - *Ann Zool. Soc. Vanamo* 22(5): 1-22.
- Larsen, B.M. 1997. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.). Litteraturstudie med oppsummering av nasjonal og internasjonal kunnskapsstatus. - NINA Fagrapport 28: 1-51.
- Larsen, B.M., Eken, M. & Tysse, Å. 1995. Elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Simoa, Buskerud - Utbredelse og bestandsstatus. - NINA Oppdragsmelding 380: 1-17.
- Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län 1994. Bullarensjöarna Södra - Mellan - Norra, utvärdering av recipientdata. - Upublisert rapport. 23 s.
- Løvstad, Ø. 1994. Vannkvalitet i Hobøl-, Hera-, Rakkestad- og Enningdalselva (1987-1993). Blågrønnalger og diatomeer som forurensnings-indikatorer. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvern avdelingen. Rapport 3-1994. 30 s.
- Mann, K.H. 1964. The pattern of energy flow in the fish and invertebrate fauna of the River Thames. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 15: 485-495.
- Moog, O., Nesmann, H. Ofenböck, T. & Stundner, C. 1993. Grundlagen zum schutz der flussperlmuschel in Österreich. - Bristol-Stiftung (Ruth und Herbert Uhl); Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz 3: 1-233.
- Mutvei, H. 1989. Mångskiftande miljööinformation i musselskal. - *Naturvetensk. Forskningsrådets Årsberetn.* 1988-1989: 114-120.
- Mutvei, H. & Dunca, E. 1995. Struktur och tillväxt av flodpärlmusselskal i relation til miljøförändringar. - S.59-70 i Flodpärlmusslan i tvärvetenskaplig belysning. Rapport fra seminar om elvemusling i Jokkmokk august 1992. Åjtte, svenskt fjäll- och samemuseum, Duoddaris 7.
- Nordbakke, R. 1980. The diet of a population of ospreys (*Pandion haliaetus*) in south-eastern Norway. - *Fauna norv. Ser. C, Cinclus* 3: 1-8.
- Nordisk Ministerråd 1990. Nordiske vassdrag - vern og inngrep. - Miljørapport 1990:11. 143 s.
- Nordisk Ministerråd 1995. Hotade djur och växter i Norden. Nordisk rödlista. - *TemaNord* 1995:520. 142 s.
- NOU 1991. Verneplan for vassdrag IV. Norges offentlige utredninger 1991: 12A, s. 74 og 12B, s. 10-12.
- Raddum, G.G., Hagenlund, G. & Halvorsen, G.A. 1984. Effects of lime treatment on the benthos of Lake Søndre Boksjø. - *Rep. Inst. Freshw. Rep., Drottningholm* 61: 167-176.
- Rekstad, J. 1931. En oversikt over de kvartære avleiringer i grensestrøket, som omfattes av kartbladene Hvaler, Aremark og Boksjø. - *Norsk Geol. Tidsskrift* 12: 475-485.
- Sandaas, K- 1995. Rapport fra studietur og feltareid i Sverige, Västnorrlands län, juli 1995. Inventering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - Oslo kommune, Etat for miljørettet helsevern og næringsmiddeltilsyn. Rapport. 7 s.
- Schartau, A.K.L. & Nøst, T. 1993. Kjemisk overvåking av norske vassdrag - Elveserien 1992. - NINA Oppdragsmelding 246: 1-14.
- Størkersen, Ø.R. 1992. Truete arter i Norge. Norwegian Red List. - Direktoratet for naturforvaltning, DN-Rapport nr.6-1992. 89 s.
- Taranger, A. 1890. De norske perlefiskerier i ældre tid. - *Historisk tidsskrift* 3(1): 186-237.
- Tudorancea, C. 1972. Studies on *Unionidae* populations from the Crapina-Jijila complex of pools (Danube zone liable to inundation). - *Hydrobiol.* 39: 527-561.

- Vasshaug, J. (Vøllestad, A. red.) 1990. Undersøkelse av fiskevann i Østfold i årene 1950-52. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen. Rapport 14-1990. 84 s.
- Wächtler, K., Dettmer, R. & Buddensiek, V. 1987. Zur situation der flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* (L.)) in Niedersachsen: Schwierigkeiten eine bedrohte tierart zu erhalten. - Ber. Naturhist. Ges. Hannover 129: 209-224.
- Walseng, B. & Hansen, H. 1994. Krepssdyr og bunndyr i sure vann i Østfold. - NINA Oppdragsmelding 335: 1-29.
- Walseng, B. & Karlsen, L.R. 1997. Reetablering av foruringsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold. - NINA Oppdragsmelding 490: 1-32.
- Wellmann, G. 1943. Fischinfektion mit glochidien der *Margaritana margaritifera*. - Z. Fischerei 41: 385-390.
- Wells, S.M. & Chatfield, J.E. 1992. Threatened non-marine molluscs of Europe. - Council of Europe. Nature and environment, no.64. 163 s.
- Young, M. & Williams, J. 1984. The reproductive biology of the freshwater mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland. I. Field studies. - Arch. Hydrobiol. 99: 405-422.
- Ziuganov, V., Zotin, A., Nezhlin, L. & Tretiakov, V. 1994. The freshwater pearl mussels and their relationships with salmonid fish. - VNIRO Publishing house, Moskva. 104 s.
- Økland, J. 1963. Notes on population density, age distribution, growth, and habitat of *Anodonta piscinalis* Nilss. (Moll., Lamellibr.) in a eutrophic Norwegian lake. - Nytt Mag. Zool. 11: 19-43.
- Økland, J. 1983. Ferskvannets verden 3. Regional økologi og miljøproblemer. - Universitetsforlaget, Oslo - Bergen - Stavanger - Tromsø. 189 s.
- Økland, J. & Økland, K.A. 1986. The effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. - Experimentia 42: 471-486.
- Økland, J. & Økland, K.A. 1992. Innsjøer og dammer i Norge - hva må vi gjøre for å beskytte virvelløse dyr? - Fauna 45: 124-149.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0867-9

505

**NINA
OPPDRAGS-
MELDING**

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

NINA
Norsk institutt
for naturforskning