

Elvemusling i Enningdalselva, Østfold

Overvåking av musling-bestanden ved Holtet i 2015

Bjørn Mejdell Larsen
Sten Karlsson



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Kortrapport

Dette er en enklere og ofte kortere rapportform til oppdragsgiver, gjerne for prosjekt med mindre arbeidsomfang enn det som ligger til grunn for NINA Rapport. Det er ikke krav om sammendrag på engelsk. Rapportserien kan også benyttes til framdriftsrapporter eller foreløpige meldinger til oppdragsgiver.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Elvemusling i Enningdalselva, Østfold

Overvåking av musling-bestanden ved Holtet i 2015

Bjørn Mejdell Larsen
Sten Karlsson

Larsen, B.M. & Karlsson, S. 2016. Elvemusling i Enningdalselva, Østfold. Overvåking av musling-bestanden ved Holtet i 2015 - NINA Rapport 1283. 35 s.

Trondheim, juni 2016

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2945-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Bjørn Mejdell Larsen

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsleder Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Fylkesmannen i Østfold

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Leif R. Karlsen

FORSIDEBILDE

Enningdalselva ved Holtet i august 2015. Foto: Bjørn Mejdell Larsen

NØKKEWORD

Enningdalselva, Østfold - elvemusling – overvåking – utbredelse – tetthet – lengde – genetikk - vertsfisk (laks og ørret)

KEY WORDS

River Enningdalselva, Østfold county – freshwater pearl mussel – monitoring – distribution – density – length – genetics – host fish (Atlantic salmon and brown trout)

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Larsen, B.M. & Karlsson, S. 2016. Elvemusling i Enningdalselva, Østfold. Overvåking av musling-bestanden ved Holtet i 2015 - NINA Rapport 1283. 35 s.

Enningdalselva er en av to kjente elvemuslingbestander i Østfold, og inngår i det nasjonale overvåkingsprosjektet for elvemusling i Norge som ett av 16 vassdrag. I forbindelse med undersøkelser i vassdraget (1996, 2001 og 2008) ble det beskrevet det som kunne være to mulige delpopulasjoner av elvemusling i Enningdalselva; en i den øvre delen ved Holtet og en nedenfor Mjølnerødfossen. Muslingene ved Holtet (mellom N. Bullaresjön og Kirkevatnet) skilte seg fra populasjonen som fantes i nedre del av vassdraget ved mindre totallengde (lavere tilvekst) og mindre skallvekt. Det ble antatt at de to populasjonene var genetisk forskjellige. Dette ble underbygget ved at populasjonene hadde forskjellig livssyklus med gyttetidspunkt allerede i første halvdel av september ved Holtet, men ikke før i midten av oktober ved Berby. Muslingene så i tillegg ut til å ha ulik preferanse for laks og ørret som vertsfisk for muslinglarvene; «ørretmusling» i øvre del og «laksemusling» i nedre del av Enningdalselva.

Det var en gjennomsnittlig tetthet på 1,85 individ pr. m² i vassdraget i 2008, og bestanden ble estimert til om lag 324.000 individ. Det var imidlertid store forskjeller innad i vassdraget, og 93 % av den estimerte bestanden ble funnet på strekningen fra utløpet av Rødsvatnet til Ørbekken. Det var en liten økning i antall muslinger sammenlignet med 2001, men denne økningen var begrenset til strekningen nedenfor Mjølnerødfossen. På strekningen mellom Kirkevatnet og N. Bullaresjön var det derimot vesentlig færre elvemusling i 2008 sammenlignet med 1996 og 2001. Det var en betydelig overdødelighet, og en stor andel tomme skall ble funnet i 2008. Dødeligheten var unormalt høy, og situasjonen ble beskrevet som kritisk for denne delen av bestanden.

Forvaltningen følte et behov for å få en oppdatert statusbeskrivelse for bestanden av elvemusling ved Holtet i 2015, og avklare ved DNA-analyser om det var to genetisk forskjellige populasjoner av elvemusling i vassdraget.

Resultatet fra overvåkingsundersøkelsen i 2015 bekreftet at antall elvemusling var ytterligere redusert ved Holtet siden 2008, og bare 27 levende individ ble påvist. I løpet av en 20-årsperiode var bestanden nå på det nærmeste borte. Den gradvise reduksjonen i antall musling, og en fortsatt nedgang i årene mellom 2008 og 2015, sannsynliggjorde at det hadde vært en overdødelighet som hadde pågått over flere år. Hva som hadde forårsaket denne langvarige og vedvarende overdødeligheten er fortsatt uklart.

DNA-analyser avdekket store genetiske forskjeller mellom muslingene fra Holtet og Berby. Elvemuslingene fra Enningdalselva ved Berby hadde en genetisk karakteristikk som var lik den som er funnet for andre laksemusling-bestander i Norge, mens muslingene ved Holtet var lik den som er funnet for ørretmusling-bestander. Ett av individene som ble funnet ved Holtet hadde imidlertid en sannsynlighet tilnærmet lik null for å høre sammen med de andre individene fra Holtet, men isteden en tilsvarende høy sannsynlighet for genetisk å tilhøre individene fra Berby. Dette individet så dermed ut til å være en første generasjons immigrant fra Berby til Holtet. Det betyr at selv om de aller fleste muslingene ved Holtet ble klassifisert som ørretmuslinger, forekom det også laksemusling i materialet.

Slik situasjonen var i 2015 er det kanskje bare ett tiltak som på kort sikt kan klare å ta vare på den siste rest av ørretmusling-bestanden og det genetiske materialet som denne representerer; innsamling av stammuslinger fra Holtet for overføring og oppbevaring (genbank) i kultiveringsanlegget for elvemusling på Austevoll utenfor Bergen. Parallelt med dette må det imidlertid arbeides videre med å identifisere årsaken til dødeligheten hos elvemusling ved Holtet og et sterkere fokus på å styrke den lokale ørretbestanden.

Bjørn Mejdell Larsen, NINA, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim; bjorn.larsen@nina.no
Sten Karlsson, NINA, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim; sten.karlsson@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning.....	6
2 Område	8
3 Metoder	12
4 Resultater	16
4.1 Muslinglarver på gjellene til fisk.....	16
4.2 Elvemusling	16
4.2.1 Utbredelse og tetthet	16
4.2.2 Populasjonsstørrelse	17
4.2.3 Lengdefordeling	18
4.2.4 Vekst	20
4.2.5 Dødelighet.....	20
4.2.6 Graviditet.....	21
4.2.7 Genetikk.....	21
4.2.7.1 Genetiske forskjeller innad i Enningdalselva	21
4.2.7.2 Genetisk tilordning til ørret- og laksemusling	23
5 Oppsummering og diskusjon.....	25
6 Referanser	32
7 Vedlegg	34
Vedlegg 1. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Enningdalselva ved Holtet....	34
Vedlegg 2. Kriterier og poengklasser for bedømmelse av levedyktighet.....	35

Forord

Enningdalselva inngår som ett av vassdragene i det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling i Norge. Enningdalselva hører med blant vassdragene som fortsatt har en god bestand av muslinger. I forbindelse med undersøkelser i vassdraget (1996, 2001 og 2008) ble det beskrevet det som kunne være to mulige delpopulasjoner av elvemusling i Enningdalselva; en i den øvre delen ved Holtet og en nedenfor Mjølnerødfossen. Samtidig var det en økning i antall unge muslinger i den nedre delen (Berby og Sagholen) av elva, mens det i øvre del (Holtet) var en dramatisk nedgang i antall muslinger fra 2001 til 2008, og situasjonen ble beskrevet som kritisk for denne delen av bestanden.

I forbindelse med en forvaltningsplan for Enningdalselva ble det i 2012 iverksatt tiltak blant annet ved Holtet der det ble gjort betydelige inngrep i elveløpet med utlegging av stein og steinblokker også i tidligere leveområder for elvemusling. Forvaltningen følte et behov for å se på omfanget og effekten av disse tiltakene, og få en oppdatert statusbeskrivelse for bestanden av elvemusling ved Holtet i 2015 og avklare ved DNA-analyser om det var to adskilte populasjoner av elvemusling i vassdraget.

Norsk institutt for naturforskning (NINA) fikk derfor i oppdrag av Fylkesmannen i Østfold å gjennomføre en overvåking av elvemusling i Enningdalselva ved Holtet og samtidig undersøke DNA-prøver fra to lokaliteter i Enningdalselva (Holtet og Berby) for å se om det var genetiske forskjeller hos elvemusling innad i vassdraget. Vi vil gjerne takke Leif R. Karlsen, Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Østfold, for innsamlingen av laks- og ørretunger i april, for all deltakelse under feltarbeidet i august, samt et godt og hyggelig samarbeid underveis i prosjektet.

En særlig takk går dessuten til Sigrid Ø. Skoglund, NINA, som undersøkte fisken som ble samlet inn fra Enningdalselva ved Holtet, og Merete H. Spets og Line B. Eriksen, begge NINA, som raskt og effektivt tok imot alle innkomne prøver av elvemusling, ekstraherte DNA og bearbeidet prøvene til videre analyser på genetikklaboratoriet.

Trondheim, juni 2016

Bjørn Mejdell Larsen
prosjektleder

1 Innledning

Enningdalselva er ett av vassdragene i Verneplan IV (NOU 1991), og Enningdalselva har meget store verneverdier i landssammenheng. Vassdraget er et nordisk vernevassdrag, og et nasjonalt laksevassdrag. Vassdraget har en rik fiskefauna, og mer enn 120 arter virvelløse ferskvannsdyr er identifisert i Enningdalselva nedstrøms Bullaresjön (Afzelius & Hardeng 1995). En av disse artene er elvemusling (*Margaritifera margaritifera*).

De første opplysningene om elvemusling i Enningdalselva stammer fra begynnelsen av 1800-tallet. Laksefisket på Berby var meget viktig på denne tiden, og "i elven fisket man ogsaa dengang perler" (Bakke 1915). Det var få opplysninger om elvemusling i vassdraget før Eriksson mfl. (1986) fant elvemusling på norsk side i forbindelse med sine undersøkelser i Göteborgs og Bohus län. Elvemusling var tidligere vanlig på svensk side i Långevallsälven (mellom Norra og Södra Bullaresjön), Kynne älv, Sögårdsbäcken og Torpbäcken (I. Olofsson pers. medd.), men forsvant antagelig på grunn av forurensningssituasjonen i området. Elvemusling ble reintrodusert til Långevallsälven, men under en inventering i 2004 ble det ikke gjenfunnet muslinger og alt tydet på at de ikke hadde klart å etablere seg (Andersson mfl. 2005 referert i Länsstyrelsen Västra Götalands län 2006). På svensk side av grensen finnes det i dag bare et fåtall elvemusling i Remnebäcken (Andersson mfl. 2005 referert i Länsstyrelsen Västra Götalands län 2006).

Elvemusling var også omtalt i mange rapporter og generelle beskrivelser fra Enningdalselva på norsk side, men opplysninger om bestandsstørrelse, tetthet og annet manglet (bl.a. Hardeng 1982, Afzelius & Hardeng 1995). Dette utløste en kartlegging av bestanden i 1996 som for første gang beskrev status for arten i Enningdalselva (Larsen & Karlsen 1997). Elvemusling ble funnet langs hele strekningen fra utløpet av Norra Bullaresjön til utløpet av Ørbekken der Enningdalselva blir brakkvannspåvirket. Det var riktignok få individer mellom Kirkevatnet og Mjølnerødfossen, og det var en strekning på ca. 1,5 km i dette området der arten ikke ble påvist. Enningdalselva ble senere tatt inn i det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling (Larsen mfl. 2000a), og det ble gjennomført en ny kartlegging som ledd i en langsiktig overvåking av bestanden i 2001 (Larsen mfl. 2002a). Med en gjennomsnittlig tetthet på 1,60 individ pr. m² i vassdraget, ble bestanden beregnet til mer enn 280.000 muslinger. Det ble også påvist muslinger mindre enn 50 mm lange; en indikasjon på at rekrutteringen var i ferd med å ta seg opp igjen. En ny overvåking i 2008 viste at antall muslinger hadde økt med om lag 14 % i løpet av perioden 2001-2008. Denne økningen var knyttet til nedre del (Berby og Sagholen) av elva der antall unge muslinger hadde økt. Bestanden kunne likevel ikke uten videre karakteriseres som livskraftig, da andelen av individer yngre enn 20 år var for lav (bare 9 %). Det positive var likevel at det i nedre og midtre del av vassdraget ble funnet individer yngre enn 10 år. I øvre del (ved Holtet) derimot var det ingen individer yngre enn 20 år og en dramatisk nedgang i antall muslinger fra 2001 til 2008, og situasjonen var kritisk for denne delen av bestanden.

Det viktigste funnet var imidlertid at bestanden av elvemusling i Enningdalselva viste seg å bestå av to atskilte populasjoner. Det fantes en liten populasjon på strekningen mellom Norra Bullaresjön og Kirkevatnet (strekning 4) som skilte seg fra populasjonen som fantes i nedre del av vassdraget (strekning 1 og 2) ved mindre totallengde (lavere tilvekst) og mindre skallvekt (Larsen & Karlsen 1997). Det var mest sannsynlig at de to populasjonene var genetisk forskjellige. Dette ble underbygget ved at populasjonene hadde forskjellig livssyklus med gytetidspunkt allerede i første halvdel av september ved Holtet, men ikke før i midten av oktober ved Berby. Muslingene så i tillegg ut til å ha ulik preferanse for laks og ørret som vertsfisk for muslinglarvene; «ørretmusling» i øvre del og «laksemusling» i nedre del av Enningdalselva (Larsen & Karlsen 1997, Larsen mfl. 2002a, Larsen & Karlsen 2010). Det er funnet tilsvarende eksempler også i andre norske vassdrag (Larsen mfl. 2000b; 2002b, Larsen & Saksgård 2011; 2012, Larsen & Aspholm 2016).

I forbindelse med tiltak for å øke produksjonen av laks og ørret i øvre del av Enningdalselva (Johansson & Hesthagen 2012), ble det i 2012 gjennomført biotopforbedrende tiltak på deler av strekningen ved Holtet. Rensing av elveløpet, vandringshinder, fiske og forurensning er noen av de viktigste faktorene som har hatt eller fortsatt har stor innvirkning på laksebestanden.

Enningdalselva nedstrøms Norra Bullaresjön, ved Svingen og nedstrøms Rødsvatnet utgjorde eksempler på strekninger som var tydelig påvirket av rensning i forbindelse med tømmerfløting. Gjennomførte tiltak har blant annet tilbakeført steiner og steinblokker til elveløpet, men også i noen grad endret elveprofilen. Da dette også berørte tidligere gode leveområder for elvemusling, var det usikkert hvordan restbestanden av elvemusling ved Holtet hadde klart seg. Det var nødvendig å gjøre en ny kartlegging og overvåking av muslingbestanden ved Holtet for å gi en oppdatert statusbeskrivelse av forholdene. I tillegg ville vi samle inn DNA-prøver av muslinger ved Holtet for å sammenligne genotypen til disse med genotypen til muslinger samlet inn ved Berby. Hypotesen var at muslinger innad i Enningdalselva var genetisk forskjellige, men dette var ikke undersøkt ved hjelp av DNA-prøver tidligere. Sikker kunnskap om det kunne være to ulike delpopulasjoner av elvemusling i Enningdalselva var viktig for å oppnå en riktig forvaltning av muslingene.

Resultater fra undersøkelser gjennomført i Enningdalselva ved Holtet i august 2015 samt analysene av DNA-prøver fra øvre og nedre del av vassdraget beskrives herved i denne rapporten.

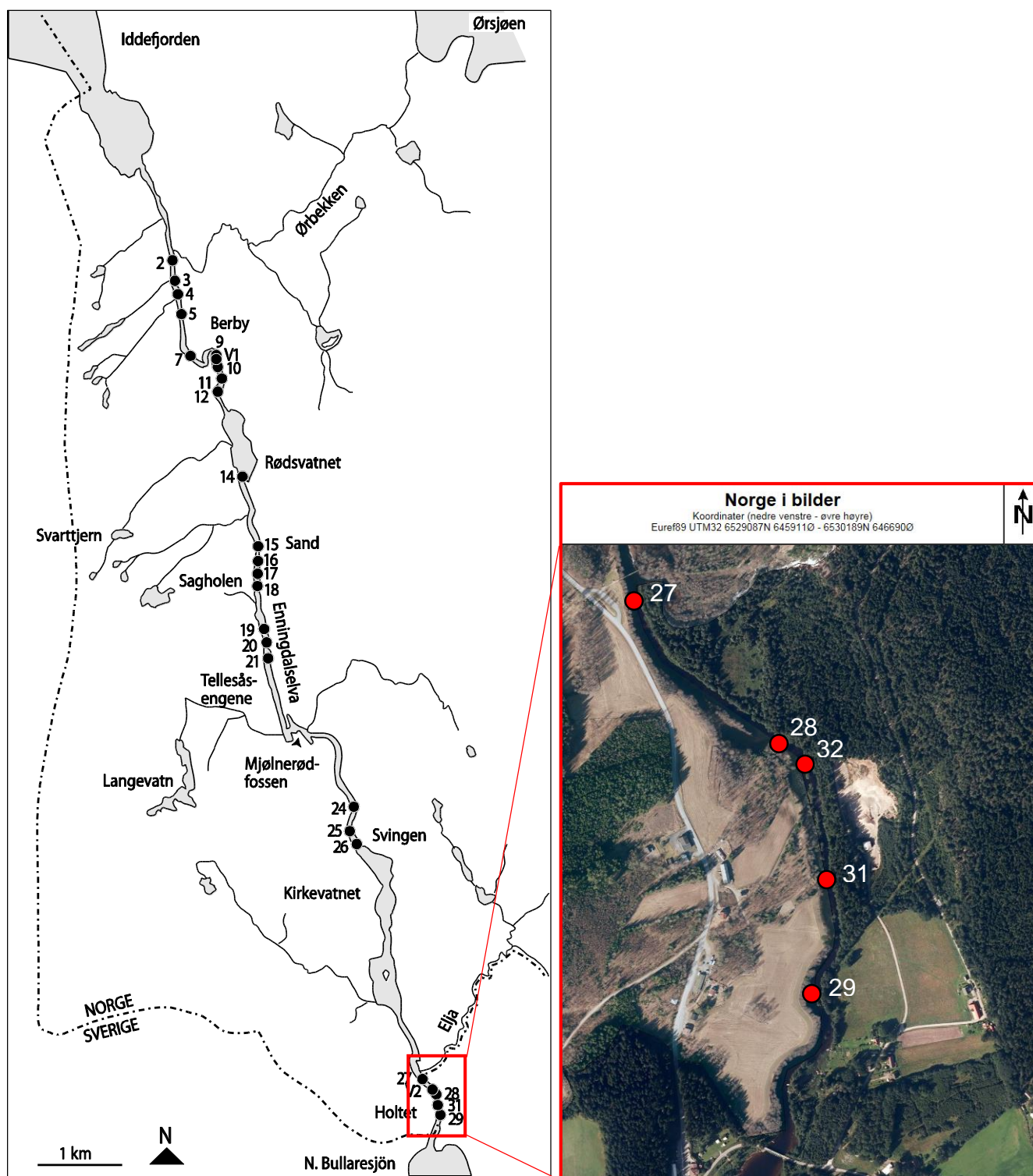
2 Område

Enningdalselva er beskrevet flere steder, og en kort oppsummering vil bli gitt her med bakgrunn i bl.a. Borgstrøm mfl. (1974), Hardeng (1989), Eie mfl. (1991), Larsen & Karlsen (1997), Hardeng (2000), Larsen mfl. (2002a), www.anningdalselven.com og Johansson & Hesthagen (2012). Det henvises til disse referansene for ytterligere detaljer.

Enningdalselva har et nedbørsfelt på ca. 780 km², og middelvannføringen er 10,3 m³/s. Enningdalselva har sine kilder fra Nordre (173 moh.) og Søre Boksjø (166 moh.) i Aremark og Halden kommuner på grensa mot Sverige. Fra Boksjøene heter elva Hallerudelva sørover til Kornsjøene (141-134 moh.) før den renner vestover som Kynne älv ned til Södra Bullaresjön (44 moh.) og Norra Bullaresjön (38 moh.). Utløpet av N. Bullaresjön danner riksgrensen 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 Kirkevatnet (37 moh.) og Rødsvatnet (17 moh.) (**figur 1**).



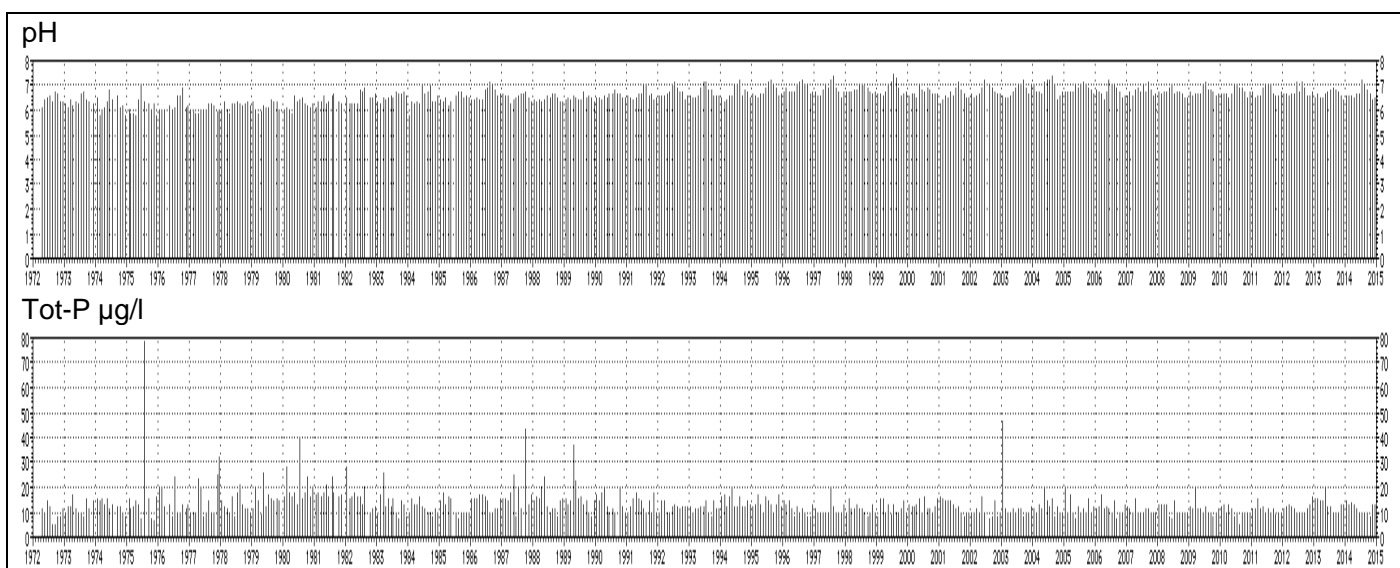
Enningdalselva ved Holtet. Elvestrekningen mellom Norra Bullaresjön og Kirkvatnet varierer fra stilflytende partier i nedre del og slake strykpartier i øvre og midtre del. Bildene viser partier av elvestrekningen som ble undersøkt med hensyn til elvemusling i august 2015: stasjon 27 (øverst til venstre), stasjon 28 etter tilbakeføring av stein og steinblokker i elveløpet (øverst til høyre), stasjon 31 (nederst til venstre) og stasjon 29 (nederst til høyre). Stasjon 32 er avbildet på rapportens forside. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Figur 1. Enningdalselva med lokalisering av stasjoner i forbindelse med undersøkelser av utbredelse og tetthet av elvemusling (stasjon 2-31), gjelleundersøkelser ungfisk (Berby, Sagholen og Holtet) og vannkjemi (V1 og V2) i 2001 og 2008 (kart til venstre). Det ble undersøkt ytterligere åtte stasjoner i 1996 som senere ble tatt ut av programmet (stasjon 1, 6, 8, 11, 13, 22, 23 og 30) (se Larsen & Karlsen 1997). Området ved Holtet (kart til høyre) ble kartlagt på nytt i 2015 og utbredelse og tetthet av elvemusling ble undersøkt på fem stasjoner, hvorav en av stasjonene ikke var undersøkt tidligere (stasjon 32).

Landskapet er småkupert skogsterreng i øvre deler og kulturlandskap med gårdsbebyggelse i Enningdalen. Nedbørsfeltet preges av barskog med innslag av løvskog (ca. 70 %), overveiende sure næringsfattige vatn (11 %), myr (11 %) og dyrket mark (ca. 8 %). Særlig i de nedre deler forekommer det frodig løvskog langs elva.

Forsuring og redusert bufferkapasitet var et problem i mange av innsjøene i nedbørsfeltet i det minste fra 1950-tallet og fram til 1980-tallet da kalking ble satt i gang (se Larsen & Karlsen 1997). Den store tilførselen av surt vann fra Boksjø-Kornsjø-systemet påvirket også vannkvaliteten i Bullaresjön der pH sank og hadde et årsgjennomsnitt på 6,0 i 1977 på utløpet av Norra Bullaresjön. Senere har pH økt (**figur 2**), og det har vært en positiv utvikling i Enningdalselva i årene etter kalking av de store innsjøene i nedbørsfeltet. pH varierte i 1995-1996 mellom 6,6 og 7,3 (Fylkesmannen i Østfold, upublisert materiale), og vassdraget hadde en god og stabil vannkvalitet fra Holtet til utløpet i sjøen (Larsen & Karlsen 1997). Vannkvaliteten i de nedre deler av vassdraget preges generelt av høy pH og god bufferkapasitet på grunn av store marine avsetninger, leire og skjellsandbanker (Rekstad 1931).



Figur 2. Vannkvaliteten ved utløpet av N. Bullaresjön publisert på hjemmesidene til Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö (www.slu.se) i databank för vattenkemi. Figurene som er vist er hentet fra [http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi\\$Station?ID=Intro&S=484](http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi$Station?ID=Intro&S=484) der det i tillegg er opplysninger om en rekke andre parametere (jf. Larsen & Karlsen 2010).

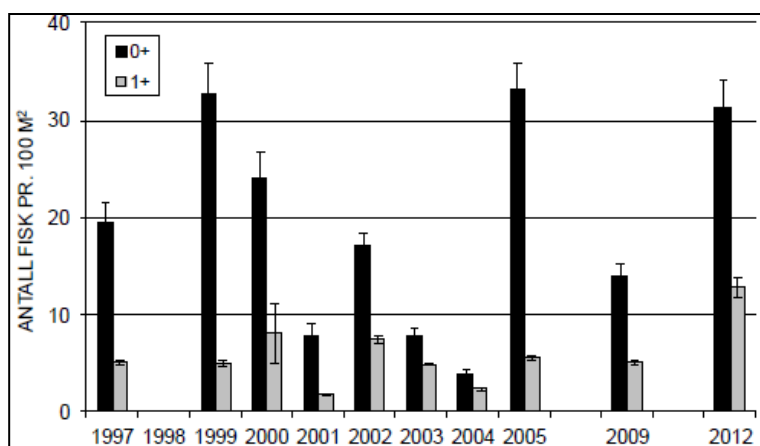
I Södra Bullaresjön ble det i mange år drevet et kommersielt oppdrettsanlegg for regnbueørret. Dette anlegget tilførte store mengder næringsstoff til innsjøen gjennom hele 1980-tallet (Larsen & Karlsen 1997). Tilførselen av næringsstoff var derfor høyere enn forventet ved utløpet av N. Bullaresjön, og ga også forhøyede verdier i Enningdalselva. Det var en bedring i vannkvaliteten mot midten av 1990-tallet, men vannkvaliteten ble fortsatt klassifisert som «mindre god» (jf. Andersen mfl. 1997) med hensyn til mengde total fosfor og total nitrogen.

Enningdalselvas nedbørsfelt har en artsrik fiskefauna og minst 28 arter er dokumentert, hvorav 5-6 arter er innført av mennesker (Johansson & Hesthagen 2012). Av disse er 12 arter påvist ved de elfiske-undersøkelsene som er gjennomført på 12 lokaliteter på strykstrekningene i Enningdalselva nedstrøms Norra Bullaresjön om høsten siden 1997 (Saltveit 2002, Saltveit mfl. 2013). Laks (*Salmo salar*) ble funnet på alle lokalitetene i 2012, mens ørret (*Salmo trutta*) var svært lite tallrik (Saltveit mfl. 2013). I tillegg til laks og ørret er gjedde (*Esox lucius*), laue (*Alburnus alburnus*), ørekyt (*Phoxinus phoxinus*), mort (*Rutilus rutilus*), gullbust (*Leuciscus leuciscus*), vederbuk (*Leuciscus idus*), abbor (*Perca fluviatilis*), hork (*Acerina cernua*), ål (*Anguilla anguilla*)

og ubestemt niøye (*Lampetra* sp.) påvist ved elfiske. Ytterligere noen fiskearter er påtruffet i andre typer undersøkelser og sammenhenger (Johansson & Hesthagen 2012). Til disse hører brasme (*Abramis brama*), bekkeniøye (*Lampetra planeri*), havniøye (*Petromyzon marinus*), sørv (*Scardinius erythrophthalmus*), sik (*Coregonus lavaretus*), lagesild (*Coregonus albula*), trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*), skrubbe (*Platichthys flesus*) og hvitfinnet steinulke (*Cottus gobio*).

På 1990-tallet ble det årlig satt ut mellom 50.000 og 100.000 laksyngel jevnt fordelt mellom svenskegrensa og utløpet i fjorden (T. Towsen pers. medd.). Fra 1996 ble det ikke lenger tatt ut stamfisk, og all laksyngel i 1997 og senere er et resultat av naturlig rekruttering. Tettheten av laksyngel (0+) har variert svært mye siden 1997, men var høyere enn alle andre år i 1999, 2005 og 2012 (**figur 3**; Saltveit mfl. 2013). Tettheten som ble beregnet for ettårige laksunger (1+) i 2012 (13 individ pr. 100 m²), er den høyeste som er funnet i undersøkelsesperioden.

Den naturlige reproduksjonen hos laks i Enningdalselva er god, og sannsynligvis produseres det et overskudd av laksyngel. Faktorer som begrenser overlevelsen fra rogn til 0+ og fra 0+ til 1+ er konkurranse, predasjon og begrensede områder med habitat egnet for laksunger.



Figur 3. Beregnet gjennomsnittlig tetthet av laksyngel (0+) og 1+ laks (antall pr. 100 m²) på strykestrekninger i Enningdalselva om høsten i perioden 1997-2012. Fra Saltveit mfl. (2013).

Ørret var sparsomt representert i Enningdalselva. I 2009 var bestanden dominert av eldre ørretunger ($\geq 1+$), mens det i 2012 hovedsakelig var årsyngel (0+). Ørret ble bare funnet på henholdsvis seks og fem av lokalitetene i 2009 og 2012. I 2009 ble totaltettheten (alle årsklasser samlet) beregnet til 1,2 individ pr. 100 m², mens den i 2012 var 2,9 individ pr. 100 m². Den totale tettheten av ørret har vært svært lav i hele perioden 1997-2012 (1-2 individ pr. 100 m²).

3 Metoder

Enningdalselva ble delt inn i fem delstrekninger av Larsen & Karlsen (1997): Strekning 0 (1250 m): Iddefjorden til Ørbekken (brakkvannsområde), Strekning 1 (2600 m): Utløpet av Rødsvatnet til Ørbekken, Strekning 2 (3250 m): Mjølnerødfossen til innløp Rødsvatnet, Strekning 3 (1950 m): Utløp Kirkevatnet til Mjølnerødfossen og Strekning 4 (1800 m): Utløpet av N. Bullaresjön til innløp Kirkevatnet. Undersøkelsene i 2015 var begrenset til den 1800 m lange strekningen mellom utløpet av N. Bullaresjön og innløpet til Kirkevatnet.

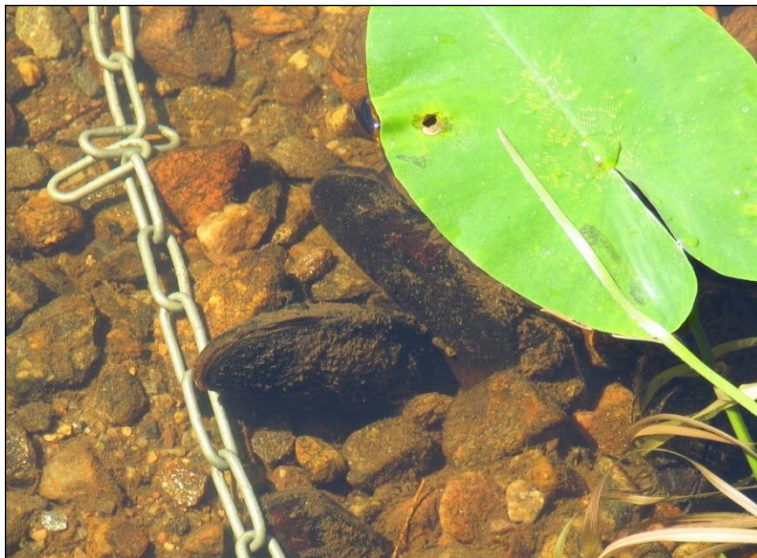
Feltarbeid med elfiske ble gjennomført 22. april 2015 på høy vannføring, og dette vanskeliggjorde den planlagte innsamlingen av ungfisk. Feltarbeid med kartlegging av elvemusling ble gjennomført 25.-26. august 2015. Vannføringen var moderat lav og synkende (vannmerke ved Berby viste 30 cm 25. august), og observasjonsforholdene var gode.

Det ble samlet inn fisk fra Holtet for kontroll av antall muslinglarver på fiskens gjeller. Til sammen sju laksunger (alder 2+) og ti ørretunger (alder 1+, 2+ og 3+) ble samlet inn (**figur 4**). All fisk ble fiksert på 4 % formaldehyd uten nærmere undersøkelser i felt. Fisken ble bearbeidet under lupe på laboratoriet og gjellene på begge sider av fisken ble undersøkt. Resultatene er presentert ved bruk av termene prevalens (prosentandel infiserte fisk av totalantallet fisk undersøkt), abundans (gjennomsnittlig antall parasitter på all fisk undersøkt, dvs. snitt av både infiserte og uinfiserte fisk) og infeksjonsintensitet (gjennomsnittlig antall muslinglarver på infisert fisk).



Figur 4. Elfiske i Enningdalselva ved Holtet 22. april 2015 med angivelse av hvor fisken (laks og ørret) ble fanget (hvite prikker).

Undersøkelse av utbredelse og tetthet av elvemusling ble gjennomført ved direkte observasjon (bruk av vannkikkert) og telling av synlige individer (Larsen & Hartvigsen 1999). Det ble benyttet det allerede etablerte stasjonsnettet fra overvåkingsprogrammet for elvemusling der fire av stasjonene ligger ved Holtet (stasjon 27-29 og 31). På alle stasjonene ble det undersøkt en avgrenset flate på 100 m² (10 x 10 m). Flatene ble lagt langs den ene elvebredden og om lag halvveis ut i elveløpet. Flatene ble delt opp i mindre «tellestriper» ved hjelp av kjettinger. I tillegg ble det etablert en ny stasjon (stasjon 32; areal 100 m²) i et område der vi visste at det tidligere var observert levende muslinger (L.R. Karlsen og B.M. Larsen upubl. materiale).



For å kunne telle muslinger på telleflatene ble det lagt ut kjettinger for å avgrense arealet i mindre tellestriper. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

I tillegg til flatetellinger ble det gjennomført tidsbegrensede tellinger av 15 minutters varighet («fritelling») på hver av stasjonene. Det ble normalt gjennomført to tellinger fordelt med en telling ovenfor og en telling nedenfor arealet. På stasjon 28 ble det supplert med ytterligere én telling ovenfor arealet. Det ble skilt mellom levende individ og tomme skall (døde dyr) ved alle tellinger.

Alle levende elvemusling (og andemusling (*Anodonta anatina*)) ble samlet inn for lengdemåling. Det ble samlet inn 27 elvemusling og ti andemusling til sammen på de fem stasjonene. Alle levende muslinger ble målt med skyvelære til nærmeste 0,1 millimeter før de ble satt tilbake i substratet. I tillegg ble det lengdemålt tomme muslingskall som ble samlet inn spredt langs hele den undersøkte strekningen (stasjon 27-32). Det ble funnet til sammen 111 tomme elvemuslingskall eller deler av elvemuslingskall i august 2015 samt fire andemuslingskall.

Skallene som ble funnet varierte fra helt ferske skall fra muslinger som nettopp hadde dødd til skall som var kraftig erodert og hadde ligget noen år i elva siden muslingene døde. Sandaas & Enerud (2010) fant at muslingskall fikk en vektreduksjon på ca. 45 % etter seks år, men at de fremdeles beholdt formen og kunne oppfattes som «hele» skall. Det kan derfor ta 10 år eller mer før skallene helt eller delvis har forsvunnet. Alle skallene av elvemusling ble sortert i fem grupper basert på hvor lenge de antagelig hadde ligget i elva (**tabell 1** og **figur 5**).

De levende muslingene ved Holtet ble også undersøkt med hensyn til graviditet. Dette ble gjort samtidig som DNA-prøvene ble tatt. Når skallene forsiktig ble åpnet fra hverandre, inispiserte vi samtidig gjellene i felt før muslingene ble lagt tilbake i substratet.

Tabell 1. Gruppering av elvemuslingskall etter graden av erosjon på skallene for angivelse av hvor lenge de har ligget i elva etter at muslingen døde (= alder, år). Med støtte i Sandaas & Enerud (2010) er det gitt en beskrivelse av hvordan skallene i ulike grupper ble skilt fra hverandre (se også **figur 5**).

Gruppe	Alder, år	Beskrivelse utseende
1	<1	Intakt skall, med hovedsakelig rent hvit innside – fortsatt perlemorfarget
2	1(-2)	Intakt skall, med gule felt av varierende størrelse på innsiden. Mindre perlemorglans
3	2-3	Skallet noe erodert langs kanten, gule felt på en stor del av innsiden som har fått uregelmessig overflate
4	4-5	Skallet erodert opptil en centimeter langs deler av kanten og bare periostracum tilbake. Guldfarget innside med lite perlemor
5	>6	Skallet kan fortsatt ha intakt form, men er kraftig erodert og det meste av kanten består bare av periostracum. Skallene virker myke når man tar på dem. På eldre skall som begynner å gå i oppløsning vil kanten begynne å rulle seg inn



Figur 5. Gruppering av elvemuslingskall funnet i Enningdalselva ved Holtet i august 2015 etter graden av erosjon på skallene for angivelse av hvor lenge de kan ha ligget i elva siden muslingen døde. Bildene i øverste rekke angir muslingskall tilhørende gruppe 1 (til venstre) og gruppe 2 (til høyre). Bildene i nederste rekke angir fra venstre til høyre muslingskall tilhørende henholdsvis gruppe 3, 4 og 5 (se også **tabell 1**). Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Prøver til genetiske analyser ble tatt av levende musling i felt. Prøvene ble tatt ved å stryke på overflaten av de indre bløtdelene (fot og kappe) med en bomullspinne (Q-tip) (Karlsson mfl. 2013, Karlsson & Larsen 2013). Det ble samlet inn DNA-prøve fra alle levende elvemusling som ble påvist ved Holtet (strekning 4); 27 individ til sammen (**tabell 2**). Da hypotesen om at det er to

genetisk forskjellige populasjoner av elvemusling i Enningdalselva, «ørretmusling» i øvre del og «laksemusling» i nedre del, skulle testes, ble det også samlet inn DNA-prøver fra 30 muslinger på elvestrekningen ved Berby gård (strekning 1) (**tabell 2**).

Tabell 2. Skallengde av elvemusling samlet inn til genetisk prøvetaking i Enningdalselva 25.-26. august 2015.

Stasjon	Antall	Gj.snitt lengde \pm SD	Minste	Største
Holtet	27	98,9 \pm 9,1	70,0	111,7
Berby	30	119,2 \pm 17,0	79,9	148,6

DNA ble ekstrahert som beskrevet av Karlsson mfl. (2013) ved bruk av Dneasy tissue kit fra Qiagen. NINA har i mange studier genotypet åtte mikrosatellitter fordelt på to PCR multiplexer som beskrevet av Karlsson & Larsen (2013) og Karlsson mfl. (2013). To av mikrosatellittene har imidlertid vist signifikante avvik fra Hardy-Weinberg likevekt som tilskrives usikker genotyping. Disse har derfor ikke blitt inkludert i de videre analysene. De seks resterende mikrosatellittene har imidlertid blitt brukt i mange studier, og en stor database med genotyper fra disse foreligger.

Karlsson mfl. (2016) beskriver utviklingen av et nytt mikrosatellitt assay der man beholdt seks av de åtte opprinnelige markørene. De to upålitelige markørene ble tatt ut fra protokollen og erstattet med så mange nye som mulig. Nye markører ble inkludert fra primer-sekvenser fra Geist mfl. (2003) og Garlie (2010) fordelt i to ulike PCR multiplexer. Muslingene fra Enningdalselva ble undersøkt med hensyn til både det opprinnelige markørsettet på seks mikrosatellitter og det nye markørsettet på 15 mikrosatellitter.

Det er tidligere vist at elvemusling-bestander karakterisert som «laksemusling» eller «ørretmusling» utfra infeksjonsgrad på respektive vertsarter oppviser genetiske forskjeller (Larsen mfl. 2011, Karlsson & Larsen 2013, Karlsson mfl. 2014). Kort oppsummert så oppviser laksemusling-bestander en generelt høyere genetisk variasjon enn ørretmusling-bestander, og genetiske distanser (F_{ST} eller Nei's genetiske distanse; Nei (1972)) mellom laksemusling- og ørretmusling-bestander grupperer seg i to atskilte genetiske grupper (Karlsson & Larsen 2013, Karlsson mfl. 2014). For genetisk klassifisering av muslinger fra Berby og Holtet i Enningdalselva ble disse sammenliknet med et tidligere beskrevet datasett med 33 forskjellige lokaliteter av elvemusling (Karlsson & Larsen 2013). Genetisk variasjon i form av forventet heterozygositet og allelrikdom ble estimert ved henholdsvis programvaren Genepop v.4 (Raymond & Rousset 1995) og FSTAT v. 2.9.3 (Goudet 2001). Allelrikdom er et mål på antall forskjellige alleler uavhengig av den reelle sample-størrelsen. For å sammenligne ulike elver tar man derfor utgangspunkt i stikkprøven med det laveste antall muslinger (i vårt tilfelle var dette en sample størrelse på åtte individer).

Parvis genetisk distanse (F_{ST}) mellom bestander (Enningdalselva ved Berby og Holtet og alle bestander fra Karlsson & Larsen (2013)) ble estimert og visualisert i en prinsipalkomponentanalyse (PCA, principal component analysis) ved bruk av programmet GENALEX (Peakall & Smouse 2006).

Hvert enkelt individ fra Berby og Holtet i Enningdalselva ble i tillegg forsøkt genetisk tilordnet bestander karakterisert som laksemusling eller ørretmusling inkludert i Karlsson & Larsen (2013). Dette ble gjort ved direkte individuell genetisk tilordning med den bayesianske metoden (Rannala & Mountain 1997) implementert i programmet GeneClass2 (Piry mfl. 2004). Med denne metoden blir hver enkelt musling tilordnet de ulike referansebestandene med en relativ sannsynlighet (log likelihood score). Den relative sannsynligheten for å tilordnes de forskjellige laksemusling-bestandene ble summert og sammenliknet med den summerte relative sannsynligheten for å tilordnes de forskjellige ørretmusling-bestandene.

4 Resultater

4.1 Muslinglarver på gjellene til fisk

Det er undersøkt 41 laksunger til sammen ved fire ulike anledninger ved Holtet (april 2000, oktober 2001 og november 2003 (Larsen & Karlsen 2010) og april 2015 (denne undersøkelsen)) (**tabell 3**). Ingen av laksungene har noen gang hatt muslinglarver på gjellene.

Det var lav tetthet av ørretunger ved Holtet, og bare tre årsyngel (0+) og en ettårig ørret ble fanget i oktober 2001 (Larsen & Karlsen 2010). Det var imidlertid muslinglarver på tre av ørretungene, selv om antall muslinglarver var lavt og 20 larver var høyeste antall på en enkelt fisk (**tabell 3**). Muslingene ved Holtet hadde gytt i første halvdel av september 2001 (Larsen mfl. 2002), og muslinglarvene var ganske store allerede i begynnelsen av oktober. Fravær av muslinglarver på både laks, gjedde, abbor, ål og ørekyte kan tyde på at larvene ikke har utviklet seg normalt på disse artene. Senere er det undersøkt ytterligere 31 ørret i november 2003 og april 2004 (Larsen & Karlsen 2010) samt i april 2015 (denne undersøkelsen) uten å finne muslinglarver på noen av ørretungene.

I april 2004 ble det imidlertid funnet larver av andemusling på to av ørretungene (B.M.Larsen upubl. materiale).

Tabell 3. Registreringer av muslinglarver på ungfisk av ørret og laks (gjellene på begge sider) i Enningdalselva ved Holtet i 2000, 2001, 2003, 2004 og 2015. Infeksjonen av muslinglarver er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infisert), abundans (gjennomsnittlig antall larver på all fisk undersøkt) og intensitet (gjennomsnittlig antall larver på infisert fisk). N = totalt antall fisk samlet inn; Maks = maksimum antall muslinglarver på enkeltfisk; SD = standardavvik.

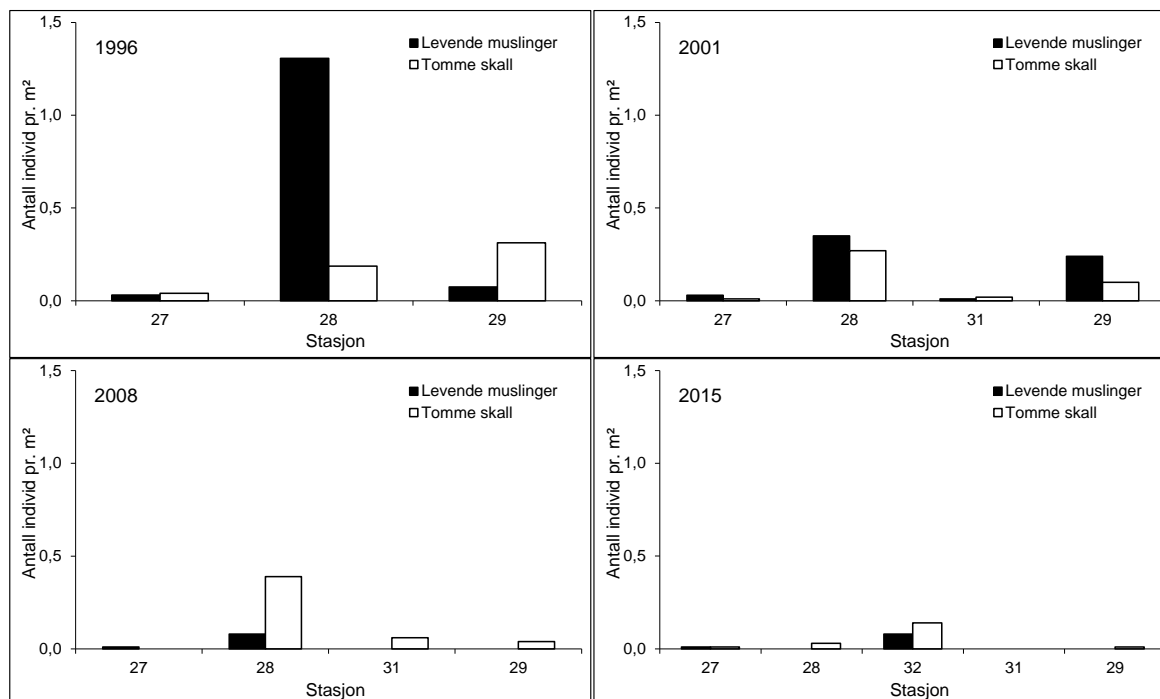
Art	År	Dato	Alder	N	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet	Maks
						Gj.snitt ± SD	Gj.snitt ± SD	
Laks	2000	13.04.	1+	12	0	0	0	0
	2001	08.10.	0+	12	0	0	0	0
		08.10.	1+	8	0	0	0	0
	2003	04.11.	0+/1+	2	0	0	0	0
	2015	22.04.	2+	7	0	0	0	0
Ørret	2001	08.10.	0+/1+	4	75,0	7,0 ± 9,0	9,3 ± 9,5	20
	2003	04.11.	0+/1+	16	0	0	0	0
	2004	28.04.	2+	5	0	0	0	0
	2015	22.04.	1+	6	0	0	0	0
		22.04.	2+/3+	4	0	0	0	0
Gjedde	2001	08.10.	-	3	0	0	0	0
Abbor	2001	08.10.	-	5	0	0	0	0
Ål	2001	08.10.	-	3	0	0	0	0
Ørekyte	2001	08.10.	-	3	0	0	0	0

4.2 Elvemusling

4.2.1 Utbredelse og tetthet

Det ble bare funnet levende elvemusling på to av de fem stasjonene som ble undersøkt ved Holtet i 2015. Tomme skall derimot ble påvist alle steder, og bekrefter at elvemusling har forekommet på hele den 1,8 km lange strekningen ved Holtet tidligere.

Det ble bare funnet ni levende elvemusling på de fem flatene (til sammen 500 m²) som ble undersøkt i 2015. Dette ga en gjennomsnittlig tetthet på 0,02 individ pr. m². I 1996 var tettheten til sammenligning 0,47 individ pr. m² og det har vært en kraftig nedgang både i utbredelse og antall elvemusling på alle stasjonene ved Holtet fra 1996 til i dag (**figur 6, vedlegg 1**). Tidsbegrensede tellinger («fritelling») på de samme stasjonene bekreftet denne utviklingen. I 1996 ble det i gjennomsnitt funnet 0,90 individ pr. minutt søketid, mens det i 2008 og 2015 var henholdsvis 0,03 og 0,05 individ pr. minutt (**figur 7, vedlegg 1**).

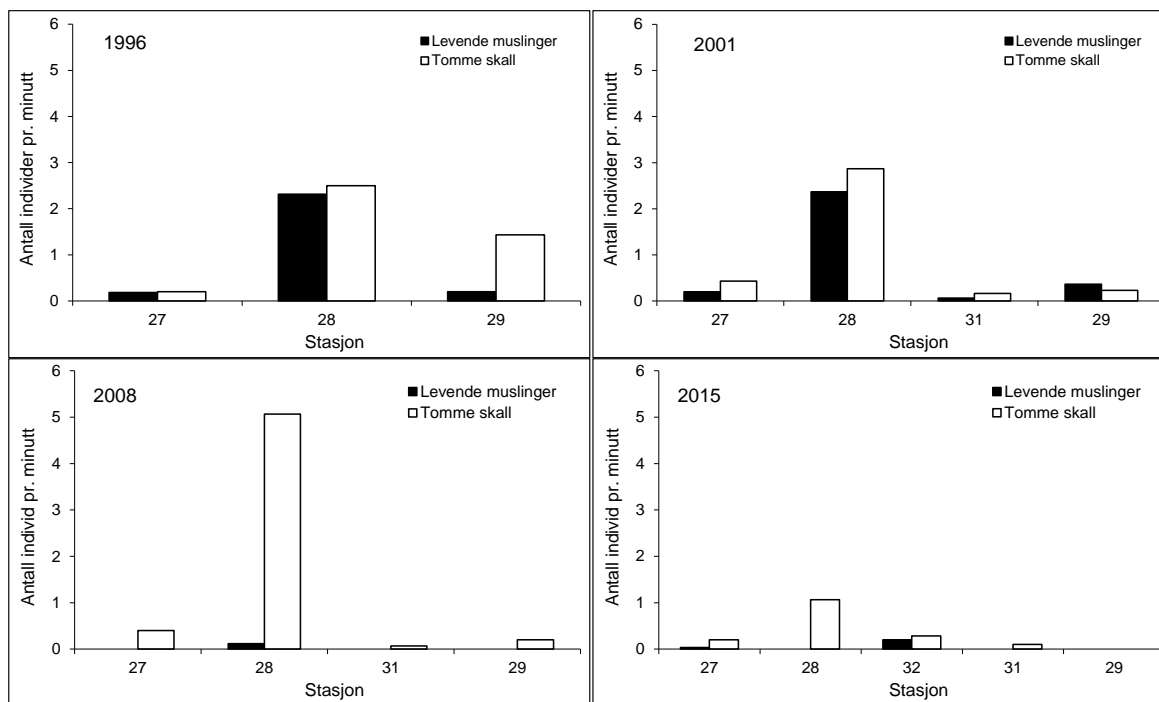


Figur 6. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Enningdalselva ved Holtet (stasjon 27-32) basert på tellinger i flater (oppgitt som antall muslinger pr. m²) i 1996, 2001, 2008 og 2015. Stasjon 31 ble ikke undersøkt i 1996 og stasjon 32 ble bare undersøkt i 2015. Jf. **vedlegg 1**.

Samtidig ble det bekreftet en høy overdødelighet av muslinger med et stort og økende antall tomme skall i perioden. På flatene ble det funnet 0,1-0,2 skall pr. m² i gjennomsnitt i 1996, 2001 og 2008. Ved fritellingene ble antall skall estimert til 0,9-1,4 individ pr. minutt søketid i de samme årene. I 2015 var det færre tomme skall, men med tanke på at antall muslinger allerede var kraftig redusert kan det heller ikke forventes å finne så mange tomme skall lenger.

4.2.2 Populasjonsstørrelse

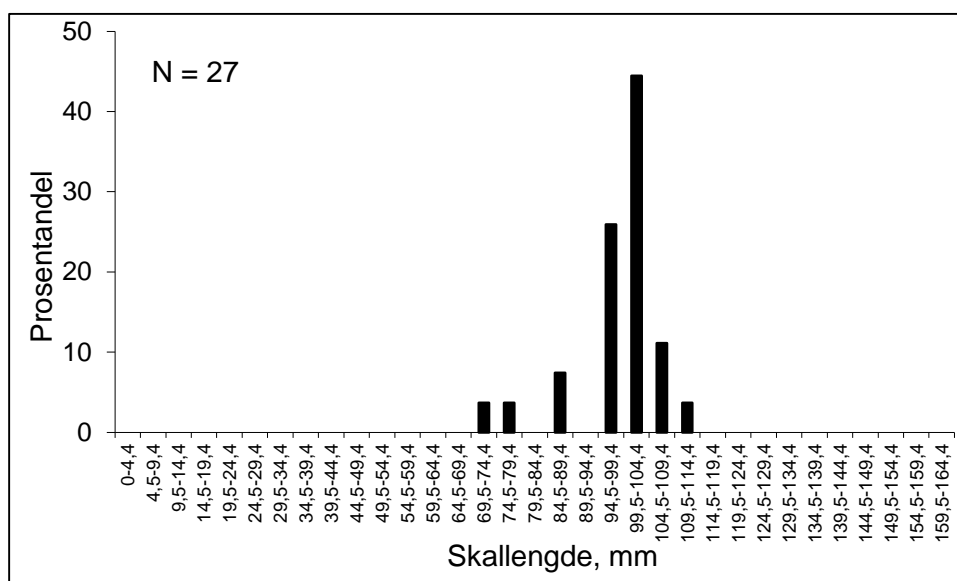
I 2015 ble det funnet til sammen 22 elvemusling på flater og i fritellingsområder på stasjon 27-32. I tillegg ble det søkt på nytt etter flere elvemusling i tilknytning til stasjon 32, og til sammen ble det registrert 27 gjenlevende elvemusling ved Holtet. Bestanden er nok noe større enn det, men egnet areal som ikke ble undersøkt var begrenset, og det vil bare være snakk om enkeltindivider og spredte muslinger som ikke ble oppdaget. Det kan bety at det pr. 2015 sannsynligvis er mindre enn 50 individer igjen ved Holtet.



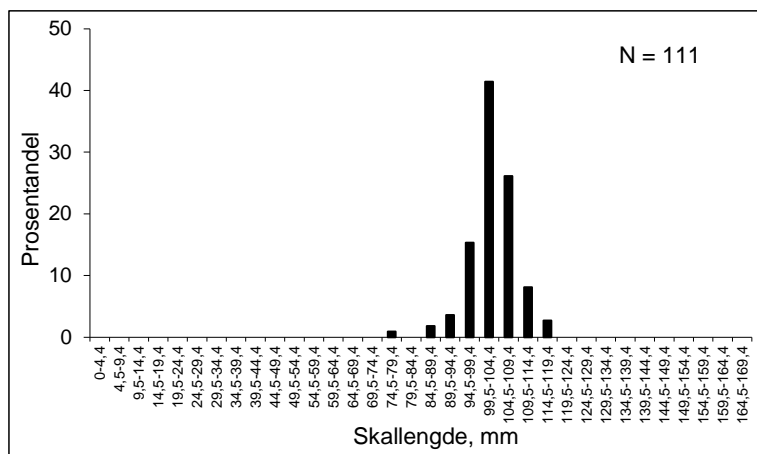
Figur 7. Relativ tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Enningdalselva ved Holtet (stasjon 27-32) basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger pr. minutt) i 1996, 2001, 2008 og 2015. Stasjon 31 ble ikke undersøkt i 1996 og stasjon 32 ble bare undersøkt i 2015. Jf. vedlegg 1.

4.2.3 Lengdefordeling

Skallengden varierte fra 70 til 112 mm hos levende elvemusling i Enningdalselva ved Holtet i 2015 (**figur 8**). Det var flest muslinger i lengdegruppene 95-105 mm. Gjennomsnittslengden var 99 mm (SD = 9; N = 27). Tomme skall som ble funnet i Enningdalselva ved Holtet varierte i lengde mellom 77 og 118 mm (**figur 9**) med et gjennomsnitt på 103 mm (SD = 6; N = 111).

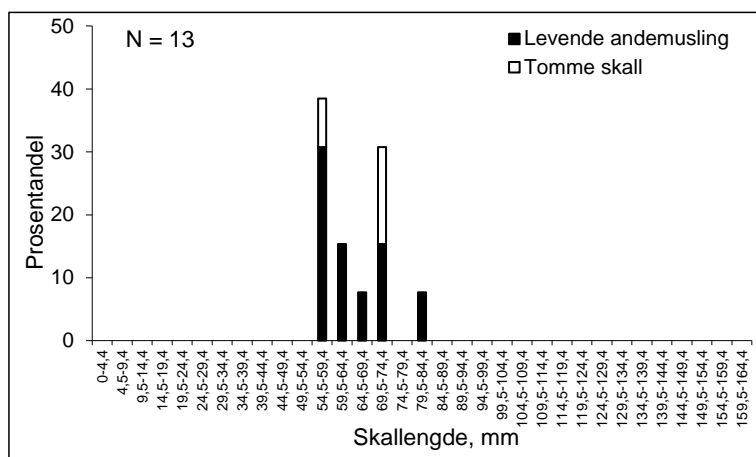


Figur 8. Lengdefordeling av levende elvemusling fra Enningdalselva ved Holtet i august 2015.



Figur 9. Lengdefordeling av tomme skall av elvemusling fra Enningdalselva ved Holtet i august 2015.

Andemuslingene som ble funnet i Enningdalselva i august 2015 sto hovedsakelig i det stilleflytende partiet av elva ved stasjon 27. Skallengden varierte fra 56 til 83 mm (**figur 10**), og gjennomsnittslengden av levende muslinger var 65 ± 8 mm ($N=10$).



Figur 10. Lengdefordeling av levende andemusling og tomme skall av andemusling fra Enningdalselva ved Holtet i august 2015.



Andemusling (øverst) og elvemusling (nederst) fra Enningdalselva (stasjon 27) i august 2015. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

4.2.4 Vekst

Den minste muslingen som noen gang er funnet ved Holtet var 70 mm, og ble funnet i 2015 (**tabell 4**). Dette individet viste seg senere å tilhøre bestanden av laksemusling (se avsnitt 4.2.7) som i all hovedsak har sin utbredelse nedenfor Mjølnerødfossen (jf. Larsen & Karlsen 2010). I følge en vekstkurve som er utarbeidet for laksemusling i Enningdalselva (Larsen mfl. 2002a, Larsen & Karlsen 2010) vil en 70 mm lang laksemusling være om lag 10 år gammel. Det er bare aldersbestemt ett individ fra Holtet tidligere (Larsen mfl. 2002a). Dette individet hadde om lag samme tilvekst i de seks første leveårene sammenlignet med muslingene ved Berby. Men tilveksten til muslingen fra Holtet avtok deretter raskt, og muslingene ved Holtet var generelt mye mindre ved samme alder sammenlignet med muslingene ved Berby. I 2015 var den minste ørretmuslingen som ble funnet ved Holtet 79 mm lang. Denne vil kunne være nærmere 20 år gammel.

Tabell 4. Gjennomsnittlig lengde av levende elvemusling i Enningdalselva ved Holtet samt minste og største musling funnet i 1996, 2001, 2008 og 2015.

År	Antall	Gjennomsnittlig lengde ± sd, mm	Minste musling, mm	Største musling, mm
1996	70	105 ± 5	88 (81 ¹)	113 (119 ¹)
2001	122	104 ± 8	71	120 (124 ¹)
2008	50	104 ± 5	90 (76 ¹)	114 (115 ¹)
2015	27	99 ± 9	70 ² /79	112 (118 ¹)

¹ tomme skall som er funnet

² laksemusling

4.2.5 Dødelighet

Nedgangen i antall muslinger har pågått over noen år ved Holtet. Antall muslinger gikk ned allerede fra 1996 til 2001, men det var en ytterligere utarming av bestanden i årene frem til 2008. Andelen tomme skall var ca. 50 % i 1996 og 2001, men økte til ca. 80-95 % av totalt antall levende og døde musling i 2008 og 2015 (**tabell 5**).

Tabell 5. Prosentandel tomme skall funnet på stasjon 27-32 (flater og fritellinger) i 1996, 2001, 2008 og 2015.

År	Antall levende muslinger	Antall tomme muslingskall	Sum	Prosentandel tomme skall
1996	269	291	560	52,0
2001	153	151	304	49,7
2008	16	373	389	95,9
2015	22	93	115	80,9

Av 110 døde muslinger (tomme skall) som ble undersøkt i Enningdalselva ved Holtet i 2015, var seks individer nylig døde (< 1 år), og ytterligere tre individer var døde for ett eller noe over ett år siden. Av de døde muslingene (tomme skall) som ble samlet inn hadde 17,3 % dødd i løpet av de siste tre årene (**tabell 6**). Nær en tredel av muslingene hadde dødd i løpet av de siste fire-fem årene. Dette representerer en årlig dødelighet på anslagsvis 6,0-8,5 %.

Tabell 6. En vurdering av graden av erosjon på 110 elvemuslingskall funnet i Enningdalselva ved Holtet i august 2015 med angivelse av andel muslinger i grupper (1-5) etter hvor lenge de har ligget i elva etter at muslingen døde (= alder, år). Beskrivelse av gruppene er gitt i **tabell 1** og **figur 5**.

Gruppe	Alder, år	Antall skall	Prosentandel	Kumulativ prosentandel
1	<1	6	5,5	5,5
2	1(-2)	3	2,7	8,2
3	2-3	10	9,1	17,3
4	4-5	17	15,5	32,7
5	>6	74	67,3	100,0

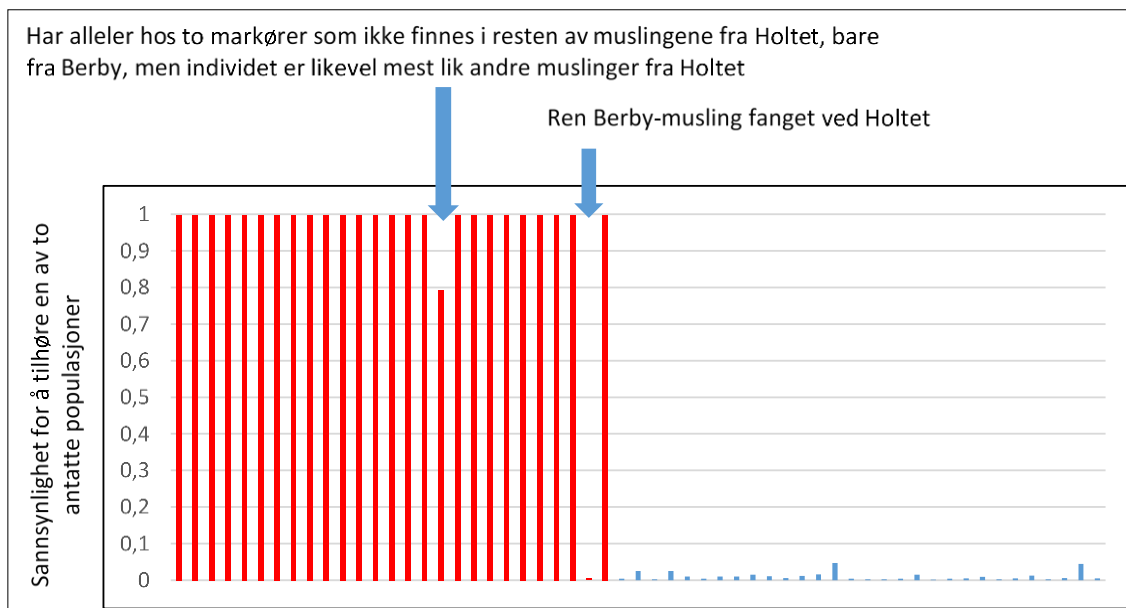
4.2.6 Graviditet

Det ble ikke funnet gravide muslinger ved en kontroll 25. august 2015 (N = 25). Det er usikkert om muslinglarvene allerede var frigitt på det tidspunktet eller om muslingene av ukjent grunn ikke reproduserte i 2015. Det er tidligere undersøkt for mulig graviditet i Enningdalselva i 2001 (Larsen mfl. 2002a). Den gangen var 45 % av muslingene ved Holtet gravide i slutten av august. Det ble antatt at muslinglarvene ble frigitt i første halvdel av september, og 21. september ble det ikke lenger funnet gravide individer. Ved Berby derimot ble det antatt at de fleste muslingene slapp larvene i perioden 10.-25. oktober. Det var derfor en betydelig forskjell i gyttidspunkt innad i Enningdalselva i 2001, og muslingene ved Holtet avsluttet gytingen om lag en måned før muslingene i nedre del av elva.

4.2.7 Genetikk

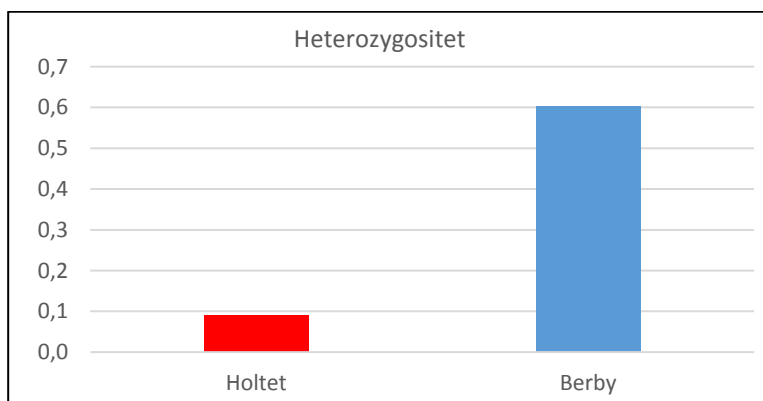
4.2.7.1 Genetiske forskjeller innad i Enningdalselva

Det ble avdekket store genetiske forskjeller mellom elvemuslingene fra Holtet og Berby ($F_{ST}=0,25$, $P\sim 0$). Denne genetiske forskjellen ble også tydelig ved å gruppere individene i to grupper uten informasjon om innsamlingssted, men kun ved hjelp av den individuelle genotypen ved hjelp av programmet STRUCTURE (**figur 11**). Ett individ funnet ved Holtet hadde en sannsynlighet tilnærmet lik null for å høre sammen med de andre individene fra Holtet, men isteden en tilsvarende høy sannsynlighet for genetisk å tilhøre individene fra Berby. Dette individet så dermed ut til å være en første generasjons immigrant fra Berby til Holtet. Et annet individ fra Holtet hadde en relativt lav sannsynlighet for å tilhøre Holtet, men likevel høyere sannsynlighet for å tilhøre Holtet enn sannsynligheten for å tilhøre Berby. Ved en nærmere inspeksjon skilte dette individet seg ut ved at to av de genetiske markørene hadde alleler som ikke ble observert i de andre individene fra Holtet, men derimot i individer fra Berby.

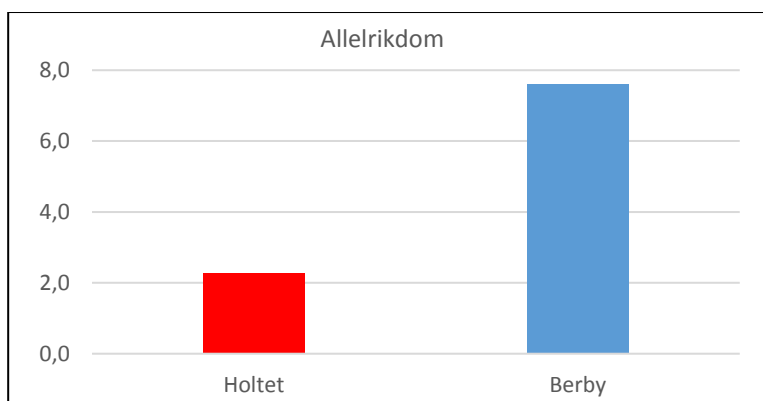


Figur 11. Gruppering av individer til to antatte populasjoner ($K=2$) fra Holtet (røde stolper) og Berby (blå stolper) utfra genotyper i 15 mikrosatellitt-markører, uten informasjon om innsamlingssted ved hjelp av programmet STRUCTURE.

Genetisk variasjon i form av gjennomsnittlig forventet heterozygositet (**figur 12**) og gjennomsnittlig antall alleler (**figur 13**) i 15 mikrosatellitt-markører var henholdsvis 0,091 og 2,27 i muslingene fra Holtet. Dette var betydelig lavere enn tilsvarende tall for Berby som var henholdsvis 0,602 og 7,62.



Figur 12. Gjennomsnittlig forventet heterozygositet i 15 mikrosatellitt-markører i elvemusling fra Holtet (rød) og Berby (blå).



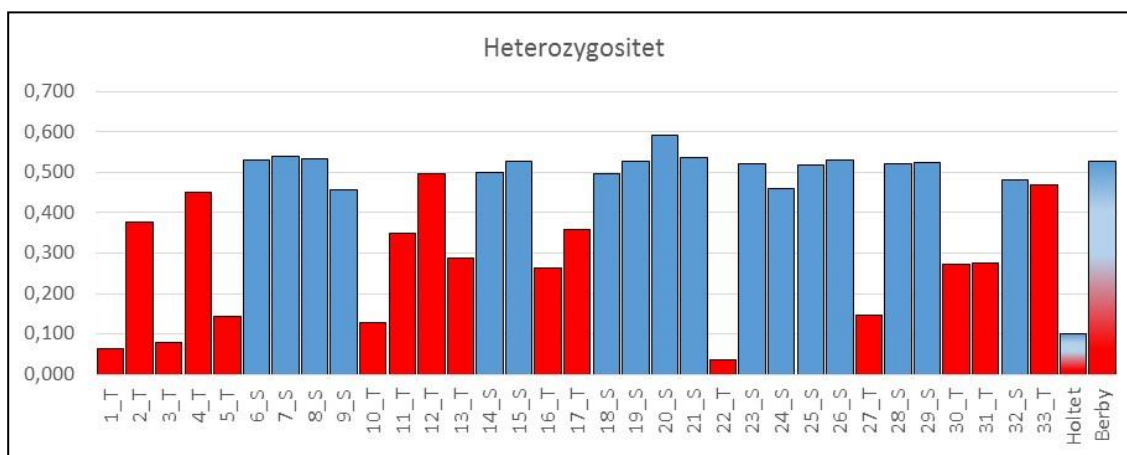
Figur 13. Gjennomsnittlig allelrikdom i 15 mikrosatellitt-markører i elvemusling fra Holtet (rød) og Berby (blå).

4.2.7.2 Genetisk tilordning til ørret- og laksemusling

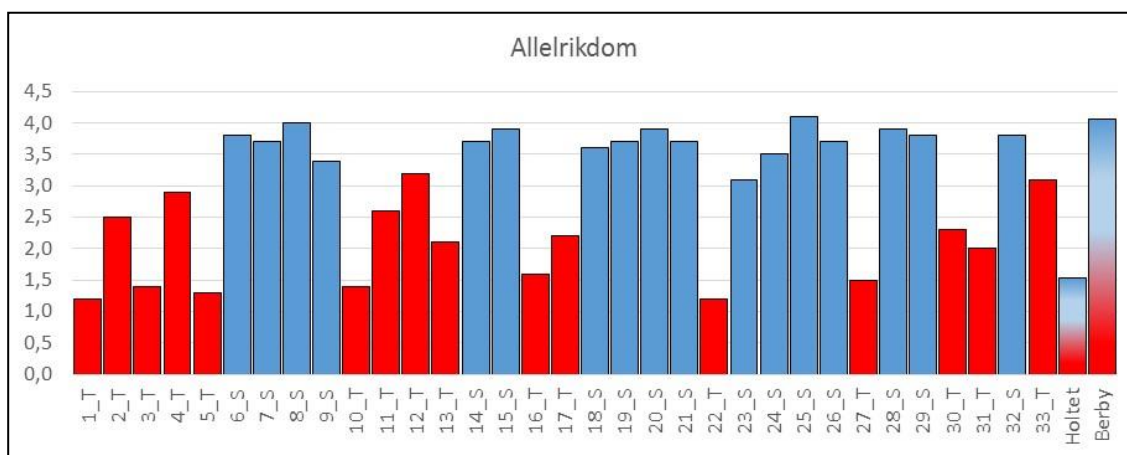
For genetisk karakterisering av elvemuslingene fra Holtet og Berby som enten ørret- eller laksemusling benyttet vi et referansemateriale av ørret- og laksemusling som tidligere er analysert for seks mikrosatellitter; de samme som det også er analysert for i Enningdalselva.

Elvemuslingene fra Enningdalselva ved Berby hadde en genetisk karakteristikk som var lik den som er funnet for laksemusling-bestander, mens muslingene ved Holtet var lik den som er funnet for ørretmusling-bestander.

Genetisk variasjon i form av forventet heterozygositet og allelrikdom var på henholdsvis 0,099 og 1,5 ved Holtet, mens tilsvarende genetisk variasjon ved Berby var 0,527 og 4,1. Sammenlikner man denne genetiske variasjonen med den som er observert i andre ørret- og laksemusling-bestander plasserte Holtet seg som en typisk ørretmusling-bestand og Berby som en typisk laksemusling-bestand (**figur 14 og 15**).

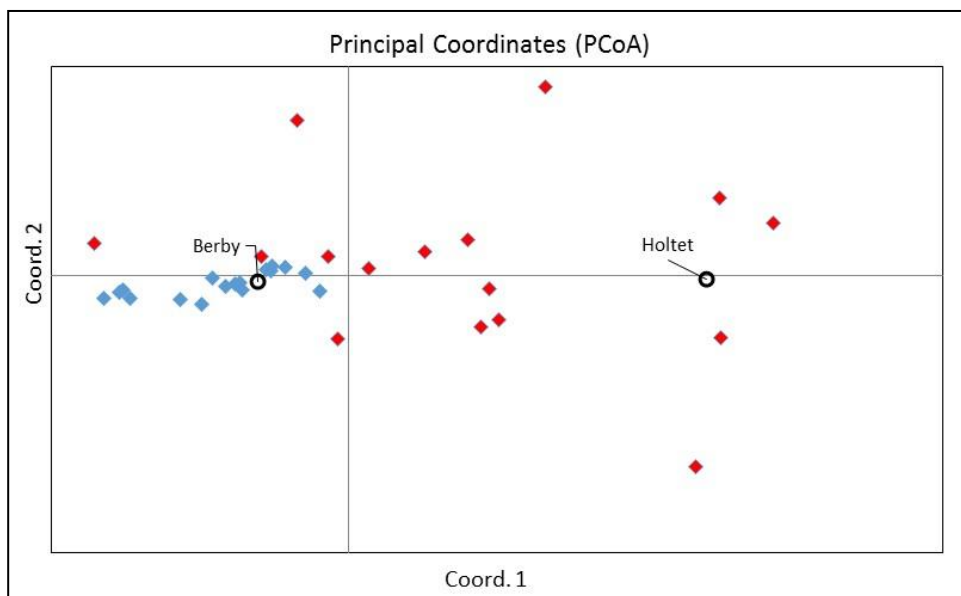


Figur 14. Sammenligning av gjennomsnittlig forventet heterozygositet i Enningdalselva ved Holtet og Berby (blå-rød gradert) med 17 laksemusling-bestander (blå) og 16 ørretmusling-bestander (rød) (fra Karlsson & Larsen 2013) basert på genetisk variasjon i seks mikrosatellitt-markører.



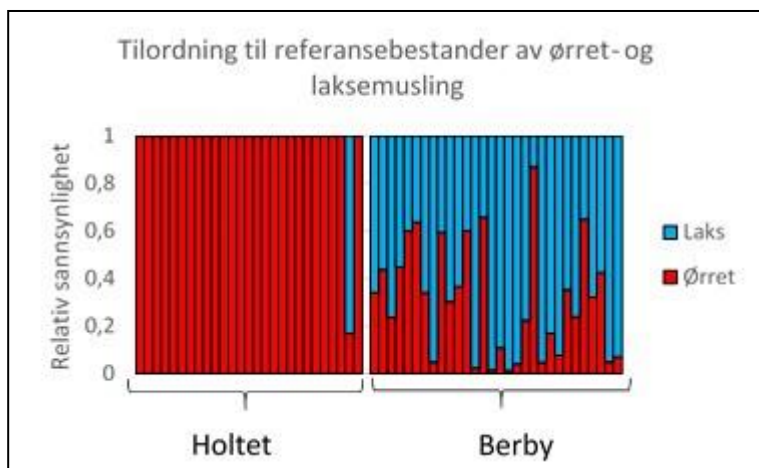
Figur 15. Sammenligning av gjennomsnittlig allelrikdom i Enningdalselva ved Holtet og Berby (blå-rød gradert) med 17 laksemusling-bestander (blå) og 16 ørretmusling-bestander (rød) (fra Karlsson & Larsen 2013) basert på genetisk variasjon i seks mikrosatellitt-markører og en sample størrelse på åtte individer.

Det er tidligere vist at elvemusling-bestander grupperes utfra parvise genetiske distanser i to ulike grupper; en gruppe med ørretmusling-bestander og en gruppe med laksemusling-bestander (Karlsson mfl. 2013). Når stikkprøvene fra Holtet og Berby ble inkludert i en slik analyse, bestående av et sett av referansebestander av ørret- og laksemusling, plasserte muslingene fra Holtet seg langt vekk fra Berby-muslingene i den løse koblingen med andre ørretmusling-bestander. Muslingene fra Berby derimot plasserte seg nært opp til andre laksemusling-bestander (figur 16).



Figur 16. Prinsipalkoordinatanalyse-plot av laksemusling-bestander (blå), ørretmusling-bestander (rød) og Enningdalselva ved Holtet og Berby (sirkel) basert på parvise F_{ST} estimat. Første aksene forklarer 33,4 % av variasjonen og den andre aksene 15,2 %.

Genetisk tilordning av enkeltindivider fra Holtet og Berby til et sett av referansebestander bestående av 26 ørretmusling-populasjoner og 18 laksemusling-populasjoner viste også tydelig at elvemusling fra Holtet tilhørte gruppen av ørretmusling og elvemusling fra Berby tilhørte gruppen av laksemusling (figur 17). Individer fra Holtet ble tilordnet med en betydelig høyere relativ sannsynlighet til andre ørretmusling-bestander enn til laksemusling-bestander, og individer fra Berby ble tilordnet med høyest relativ sannsynlighet til andre laksemusling-bestander.



Figur 17. Genetisk tilordning av elvemusling fra Holtet og Berby til 26 ørretmusling-bestander og 18 laksemusling-bestander. For hvert individ (stolpene) er relativ sannsynlighet for genetisk tilordning til ørretmusling-bestander og til laksemusling-bestander summert.

5 Oppsummering og diskusjon

I elvemuslingbasen (http://gint.no/fmnt/elvemusling/allefaktark_liste.php) er det nevnt fem lokaliteter i Østfold, men tre av lokalitetene er usikre da opplysningene som finnes ikke er verifisert og observasjonene med stor sannsynlighet kan være forveksling med andemusling. Elvemusling var lenge med sikkerhet bare kjent fra Enningdalselva i Østfold, men i 2009 ble det bekreftet at den også fortsatt fantes i Hobølelva (Karlsen 2009).

Det vi vet om elvemuslingens utbredelse i den norske delen av Enningdalselva begrenser seg til vassdraget mellom Norra Bullaresjön og Ørbekken. Dette er en strekning på 13 km. Utbredelsen er imidlertid splittet opp av innsjøene Kirkevatnet og Rødsvatnet, og i tillegg er det en lengre strekning mellom Kirkevatnet og Mjølnerødfossen der arten ikke er påvist (Larsen & Karlsen 1997). Dette gir en samlet strekning på ca. 8,5 km med kjent utbredelse av elvemusling i vassdraget.

Den svenske delen av vassdraget er utpekt som Natura 2000-område, blant annet på grunn av laks, oter og elvemusling. På den svenske siden er dessuten vegetasjonen langs elvekanten beskyttet. Det gjør at den svenske delen av elva har en relativt bra beskyttelse mot fysiske inngrep. På norsk side er elva, på grunn av laksestammen, pekt ut som *Nasjonalt laksevassdrag* og inngår også i *Verneplan IV* for vassdrag. Hele nedbørsfeltet er fredet mot vannkraftregulering.

Det var en gjennomsnittlig tetthet på 1,85 individ pr. m² i vassdraget i 2008, og bestanden ble estimert til om lag 324.000 individ. Selv om estimatet var unøyaktig ga det en bekreftelse på at bestanden fortsatt var stor. Det var imidlertid store forskjeller innad i vassdraget, og 93 % av den estimerte bestanden ble funnet på strekningen fra utløpet av Rødsvatnet til Ørbekken. Det var en økning i antall muslinger sammenlignet med 2001, men denne økningen var begrenset til strekningen nedenfor Mjølnerødfossen. På strekningen mellom Kirkevatnet og N. Bullaresjön var det derimot vesentlig færre elvemusling i 2008 sammenlignet med 1996 og 2001. Det var en betydelig overdødelighet, og en stor andel tomme skall ble funnet i 2008. Det hadde vært en bestandsnedgang ved Holtet på 66 % fra 1996 til 2001 og en ytterligere nedgang på 87 % fra 2001 til 2008. Dødeligheten var unormalt høy, og bestanden av muslinger ved Holtet ble av Larsen & Karlsen (2010) vurdert å stå i fare for å forsvinne i løpet av få år.



Nåværende kjerneområde for ørretmusling ved Holtet.
Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Resultatet fra overvåkingsundersøkelsen i 2015 bekreftet at antall elvemusling var ytterligere redusert ved Holtet siden 2008, og bare 27 levende individ ble påvist. I løpet av en 20-årsperiode er bestanden nå på det nærmeste borte, og det er ikke funnet noen entydig årsak til denne negative

utviklingen. Tellearealet på stasjon 32 (flate og fritelling) ble ikke etablert før i 2015, men deler av stasjonen ble kontrollert også i 2008. Da ble det lengdemålt 45 muslinger innenfor et relativt begrenset areal. I tillegg ble det funnet to nylig døde muslinger (intakte bløtdeler). Samtidig ble det også funnet én nylig død musling på stasjon 28. Det er ikke ofte man finner nydøde muslinger med bløtdelene fortsatt tilstede, da bløtdelene raskt går i oppløsning når muslingen dør. Når tre individer blir funnet på samme dag, er det derfor unormalt. En overdødelighet kunne ha vært forårsaket av en akutt forurensningsepisode, men den gradvise reduksjonen i antall musling, og en fortsatt nedgang i årene mellom 2008 og 2015, sannsynliggjør at det har vært en overdødelighet som har pågått over flere år. I 2015 ble det også funnet skall av muslinger som hadde vært levende mindre enn ett år tidligere. Det har derfor dødd muslinger hvert år over flere år, og denne dødeligheten har vært større enn det man kunne forvente bare utfra naturlig avgang på grunn av høy alder alene. Hva som har forårsaket denne langvarige og vedvarende overdødeligheten er fortsatt uklart.

Enningdalselva hadde tidligere problemer med både forsuring og høy tilførsel av næringsstoffer. Enningdalselva karakteriseres i dag som et kalkfattig og humøst vassdrag (Direktoratsgruppen 2013) med svært god/god status med hensyn til total fosfor og god status med hensyn til total nitrogen. Söderberg mfl. (2008) angir at mengden total fosfor i elver med en livskraftig muslingpopulasjon ikke skal overskride 15 µg/l, mens muslinger i svake eller ikke-reproduserende bestander fortsatt vil være tilstede selv om konsentrasjonen var 45 µg/l eller høyere. Gjennomsnittlig konsentrasjon av total fosfor på utløpet av N. Bullaresjön har vært 12-15 µg/l i mange år, og høyeste målte verdi på 2000-tallet har sjelden vært >20 µg/l. Det er derfor ingen grunn til å tro at høyt næringsinnhold alene har medvirket til forhøyet dødelighet av voksne muslinger i Enningdalselva.

Enningdalselva er utpekt som målområde for kalkingsvirksomheten i vassdraget, som utføres både på norsk og svensk side, for å opprettholde en god vannkjemi. pH har da også økt fra 1970-tallet og fram til i dag (**tabell 7**). Gjennomsnittlig pH var 6,23 for årene 1973-1975, og laveste pH-verdi var 5,74. I 2012-2014 var gjennomsnittlig pH 6,68, og laveste pH-verdi var 6,37. Redusert påvirkning av sur nedbør har også gitt seg uttrykk i økende alkalitet og redusert mengde sulfat i løpet av de siste 40 årene (**tabell 7**). Forsuring er dermed heller ikke isolert sett noe problem for voksne muslinger i Enningdalselva.

Ser vi på mengden tungmetaller (krom, kadmium, nikkel, sink, bly og kobber) er det ingen verdier som spesielt peker seg ut i negativ retning. I henhold til Andersen mfl. (1997) er vassdraget ubetydelig forurensset med hensyn til kadmium, sink og bly, og bare moderat forurensset med hensyn til krom, nikkel og kobber. Tendensen er dessuten at mengden tungmetaller enten har holdt seg stabilt lav (gjelder kadmium og bly) eller er blitt redusert (gjelder krom, nikkel, sink og kobber) fra slutten av 1990-tallet og fram til i dag (**tabell 7**).

Mengden organisk stoff har imidlertid økt til dels betydelig i løpet av de siste 40 årene. TOC-verdiene har i henhold til Andersen mfl. (1997) hele tiden ligget innenfor tilstandsklassen «dårlig», og verdiene har dessuten økt fra et gjennomsnitt på 7,3 mg/l i 1986-1988 til 9,7 mg/l i 2012-2014. Dette skyldes en høy humuskonsentrasjon som vil være vanlig i områder med mye myr og skogkledde områder. Humusinnholdet kan også måles som kaliumpermanganatforbruk (KMnO_4 , mg/l), farge (vannets farge i forhold til en standard fargeskala, mg Pt/l) eller absorbans (spektrofotometrisk absorbans måles på filtrert vann). Vannfarge ble bare målt noen år på 1970-tallet, og verdiene i 1973-1975 varierte mellom 15 og 45 mg Pt/l. Vi ser imidlertid at kaliumpermanganatforbruket økte fra 21,1 mg/l i gjennomsnitt i 1973-1975 til 43,0 mg/l i gjennomsnitt i 2012-2014 (**tabell 7**), og absorbansen økte fra 0,06 til 0,16 i den samme perioden.

Økningen i vannfarge og humusinnhold kan ha virket inn på muslingene ved Holtet, men vi har ingen opplysninger i litteraturen som støtter dette. De relativt moderate verdiene som er målt i N. Bullaresjön skal fortsatt være lavere enn det som er forventet å ha effekt på overlevelsen hos elvemusling. Söderberg mfl. (2008) fant ingen klar sammenheng mellom vannfarge og muslingstatus, noe som kan indikere at vannfargen i seg selv kan være av underordnet betydning. Av

111 lokaliteter med elvemusling i Västernorrlands län i Sverige fant Söderberg mfl. (2008) at 40 % av disse kunne ha fargetall >80 mg Pt/l om våren. Selv om vannfargen har økt i de siste tiårene, var dette vesentlig høyere enn det som ble målt i N. Bullaresjön på midten av 1970-tallet og sammenlignet med vannprøver som ble tatt ved Holtet i perioden 1996-2008 (Larsen & Karlsson 2010).

Tabell 7. Vannkvalitetsdata fra utløpet av N. Bullaresjön. Gjennomsnittsverdier er angitt med standardavvik ($x \pm sd$) for 24 parametere i treårs-periodene 1973-1975, 1986-1988, 1999-2001 og 2012-2014. Beregningene er basert på primærdata som er publisert på hjemmesidene til Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö (www.slu.se) i databank för vattenkemi på nettstedet [http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi\\$Station?ID=Intro&S=484](http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi$Station?ID=Intro&S=484). For sulfat (SO₄), kalsium (Ca), magnesium (Mg) og kalium (K) er verdiene i databasen angitt som mekv/l. Dette er regnet om til mg/l etter formelen: mg/l = mekv/l x ekvivalent-vekt.

	Kond*, µS/cm		pH		Alk, mekv/l		SO ₄ , mg/l		Al, µg/l		Si, mg/l	
År	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
1973-1975	62,7	1,9	6,23	0,31	0,036	0,018	11,18	0,82	-	-	1,28	0,16
1986-1988	68,5	4,3	6,54	0,19	0,088	0,020	7,49	0,43	-	-	1,13	0,34
1999-2001	62,4	6,5	6,72	0,25	0,090	0,013	4,94	0,58	167	53	1,27	0,29
2012-2014	58,1	2,5	6,68	0,20	0,109	0,012	3,02	0,19	191	46	1,69	0,24

*Kond20 for 1973-1975 og 1986-1988, Kond25 for 1999-2001 og 2012-2014

	TOC, mg/l		KMnO ₄ , mg/l		Absorbans, 420nm/5 cm		Ca, mg/l		Mg, mg/l		K, mg/l	
År	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
1973-1975	-	-	21,1	3,9	0,060	0,016	3,02	0,24	1,37	0,05	0,86	0,08
1986-1988	7,3	0,8	30,1	3,1	0,103	0,019	3,94	0,28	1,24	0,08	0,78	0,08
1999-2001	8,1	1,0	38,3	3,5	0,139	0,021	3,58	0,38	1,10	0,08	0,74	0,04
2012-2014	9,7	0,8	43,0	4,9	0,159	0,024	3,26	0,24	0,98	0,06	0,78	0,39

	NO ₂ NO ₃ , µg/l		NH ₄ N, µg/l		Tot-N, µg/l		Tot-P, µg/l		Mn, µg/l		Fe, µg/l	
År	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
1973-1975	279	61	22	17	-	-	14	12	-	-	-	-
1986-1988	356	83	12	8	599	53	15	6	21	12	169	69
1999-2001	299	70	15	12	627	108	12	2	18	13	182	65
2012-2014	192	49	10	6	506	47	12	2	22	17	297	96

	Cr, µg/l		Cd, µg/l		Ni, µg/l		Zn, µg/l		Pb, µg/l		Cu, µg/l	
År	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
1973-1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986-1988	-	-	-	-	-	-	4,0	1,3	-	-	1,15	0,65
1999-2001	0,42	0,08	0,018	0,003	0,72	0,11	3,5	0,8	0,17	0,06	0,83	0,22
2012-2014	0,25	0,04	0,015	0,003	0,53	0,05	2,8	0,7	0,19	0,06	0,74	0,06

Parallelt med økende humusinnhold ser vi også at mengden jern økte i N. Bullaresjön. Økningen begynte allerede på 1970- og 1980-tallet, men da var konsentrasjonen av jern fortsatt mindre enn 200-250 µg/l. Utover på 2000-tallet økte konsentrasjonen slik at de fleste målingene viste verdier mellom 200 og 400 µg/l. Gjennomsnittlig konsentrasjon var 169 µg/l i 1986-1988, mens

den til sammenligning hadde økt til 297 µg/l i 2012-2014 (**tabell 7**). Selv om dette er blant de høyeste verdiene som er funnet i et utvalg av 31 norske elvemusling-lokaliteter (B.M. Larsen upubl. materiale), vet vi fra andre musling-lokaliteter at voksne elvemusling også kan overleve i elver med vesentlig høyere jern-konsentrasjoner (se Aspholm mfl. 2015).

Det er dermed ingen åpenbar årsak til at vannkvaliteten ved Holtet skulle være suboptimal for overlevelsen av voksne elvemusling. I tillegg er faktisk konsentrasjonen av mange av de undersøkte parametrene (turbiditet, vannfarge, nitrat, total fosfor, aluminium, jern, nikkel, kobber og sink) noe høyere ved Berby sammenlignet med Holtet (Larsen & Karlsen 2010, B.M. Larsen upubl. materiale). Ikke bare finner vi de største tetthetene av elvemusling ved Berby, men antall unge muslinger har også økt i nedre del (Larsen & Karlsen 2010).

En overdødelighet av muslinger ved Holtet kan selvsagt skyldes lokal forurensning fra diffus avrenning eller grunnlekkasje som ikke nødvendigvis er fanget opp ved de tilfeldige vannprøvene som er tatt ved Holtet eller fra vannovervåkingen i N. Bullaresjön. Men vi har ingen indikasjoner på at dette er tilfellet. Vi har derfor ingen god forklaring på hvorfor bestanden av muslinger ved Holtet er i ferd med å forsvinne.

Dødelighet hos muslinger kan selvsagt også skyldes infeksjonssykdommer (virus og bakterier) (Neves 1987), men dette er vanskelig å påvise og er lite undersøkt (Grizzle & Brunner 2009). Flere arter av potensielt patogene bakterier er isolert fra muslinger i ferskvann, men hvilken betydning de har for å utvikle sykdommer er ikke klarlagt. Eukaryote organismer, spesielt trematoder, midd og *Conchophthirus spp.* (Ciliata) forekommer også vanlig hos ferskvannsmuslinger (orden Unionoida), og noen kan redusere kondisjon og fitness hos verten. Potensialet som enkelte patogener kan ha til å forårsake skade hos ferskvannsmuslinger i perioder med suboptimale forhold er ikke undersøkt i tilstrekkelig grad (Grizzle & Brunner 2009). Ytterligere forskning er også nødvendig for å fastslå hvorvidt andre typer av patogener er til stede i ferskvannsmuslinger.

En bestand av musling vil ikke klare seg langsiktig uten at det også er laks eller ørret til stede. Larvene til elvemuslingen har et obligatorisk stadium på gjellene til disse fiskeartene. På andre fiskearter vil de også feste seg, men faller av etter 1-3 uker. I store anadrome vassdrag der laks er dominerende, vil laks normalt være den viktigste og kanskje den eneste vertsarten for musling-larvene. I små anadrome vassdrag (sjørørretvassdrag) og ovenfor vandringshindret i store anadrome vassdrag samt i innlandsvassdrag ser derimot ørret ut til å være eneste vertsart (Larsen 2005). Det er derfor nødvendig å bestemme hvilken fiskeart som er primærvert i hvert enkelt vassdrag. Det er samlet inn laks og ørretunger i flere omganger i Enningdalselva, og det ser ut til at laks er den viktigste vertsarten for elvemusling i nedre del av vassdraget (bl.a. ved Berby), mens det i øvre del av vassdraget (ved Holtet) ikke er funnet muslinglarver på noen av laksungene. Der ser det ut til at ørret kan være primærvert for elvemuslingens larver.

I tidligere undersøkelser i Enningdalselva er det i tillegg til ulik preferanse til vertsfisk i øvre og nedre del av vassdraget også funnet at populasjonen ved Holtet skiller seg fra populasjonen som finnes ved Berby ved at maksimal skallengde er mindre (lavere tilvekst) og vekten av skallene er lavere. Muslingene ved Holtet oppnår bare omlag en tredel av skallvekten sammenlignet med muslinger fra Berby (Larsen & Karlsen 1997). Det er også vist at bestandene har forskjellig livssyklus (gytetidspunkt). Resultatene så langt konkluderte med at elvemuslingen ikke gyttet før i oktober ved Berby, mens de ved Holtet gyttet allerede i september. Larsen & Karlsen (2010) mente derfor at det var sannsynlig at de to populasjonene var genetisk forskjellige.

I denne undersøkelsen ble det da også avdekket store genetiske forskjeller mellom muslingene fra Holtet og Berby. Ett av individene som ble funnet ved Holtet hadde imidlertid en sannsynlighet tilnærmet lik null for å høre sammen med de andre individene fra Holtet, men isteden en tilsvarende høy sannsynlighet for genetisk å tilhøre individene fra Berby. Dette individet så dermed ut til å være en første generasjons immigrant fra Berby til Holtet. Et annet individ fra Holtet hadde også en relativt lav sannsynlighet for å tilhøre Holtet, men likevel høyere sannsynlighet for å

tilhøre Holtet enn sannsynligheten for å tilhøre Berby. Dette betyr at selv om de aller fleste muslingene ved Holtet ble klassifisert som ørretmuslinger, forekom det også laksemusling i materialet. Ser vi imidlertid på lengdefordelingen og største musling funnet ved Holtet og sammenligner det med muslingene ved Berby fra 1996 (Larsen & Karlsen 1997), 2001 (Larsen mfl. 2002a) og 2008 (Larsen & Karlsen 2010) er det ingen av muslingene ved Holtet som har oppnådd i nærheten av den totallengden som et flertall av muslingene ved Berby hadde. På strekningen mellom Kirkevatnet og Mjølnerødfossen (strekning 3) ble det påvist tre levende elvemusling og ett tomt skall i 1996 (Larsen & Karlsen 1997), samt ett tomt skall i 2001 (Larsen mfl. 2002a). En av de levende muslingene og ett av skallene var henholdsvis 141 og 136 mm lange. Disse var utfra oppnådd lengde og vekt sammenlignbare med muslinger fra Berby, og var av den grunn mer lik laksemusling enn ørretmusling. Det ser likevel ut til at forekomsten av «Berby-muslinger» er svært sporadisk ovenfor Mjølnerødfossen, og at laksemusling må betegnes som en tilfeldig innvandrer til den øvre delen av Enningdalselva.



Enningdalselva ved Holtet (stasjon 28) før (øverste bildet) og etter (de to nederste bildene) gjennomføring av biotopforbedrende tiltak med utlegging av stein og steinblokker i elveløpet. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Med laksemusling hovedsakelig begrenset i utbredelse nedenfor Mjølnerødfossen, vil det være en forutsetning å ha en god laksebestand for å opprettholde en god muslingbestand i nedre og

midtre deler av elva. Ovenfor Mjølnerødfossen derimot, der det hovedsakelig bare finnes ørretmusling, er det nødvendig med en god ørretbestand. Laksungene dominerer imidlertid fiskesamfunnet ved Holtet i dag, og høsten 1997 var tettheten av laks og ørret henholdsvis 55 og 5 individ pr. 100 m² (stasjon 1-2; Saltveit 1998). Tettheten av ørret var lavere enn det som er antatt å være et minimum for å opprettholde bestanden av elvemusling på lang sikt (jf. Ziuganov mfl. 1994 og Söderberg mfl. 2008), og mangel på vertsfisk kan tidligere ha vært en medvirkende årsak til at rekrutteringen har sviktet og bestanden har gått tilbake.

Enningdalsvassdraget har gjennom mange hundre år endret karakter, og da det ble drevet tømmerfløting ble elveløpet ryddet for hindringer. Stein og småholmer ble fjernet for at tømmeret skulle flyte fritt. For å styrke bestandene av laks og ørret ble det i 2012 utarbeidet en forvaltningsplan for Enningdalselva (Johansson & Hesthagen 2012). Forekomsten av elvemusling er også beskrevet i forvaltningsplanen, men det ble ikke foreslått spesielle tiltak for elvemusling. Tiltak for elvemusling ble bare nevnt som del av de biotopforbedrende tiltakene der det uttalte målet var å øke antall laksunger på strekningene (30-90 laksunger pr. 100 m² oppvekstområde). Tanken var at bedre habitat for ørret- og laksunger skulle føre til større tetthet av vertsfisk for elvemuslingens larver, og dermed styrke bestanden av muslinger på lang sikt.

Tiltak for å forbedre fiskebestander kan også være nødvendig for å oppnå god økologisk status i henhold til vannforskriften. Slike tiltak har normalt en positiv effekt på elvemusling, men det forutsetter at tiltakene blir rettet mot det som er muslinglarvenes primære vertsart. Dette var ikke tilstrekkelig utredet på forhånd i Enningdalselva, og i forbindelse med iverksetting av tiltakene ble det blant annet gravd i elveløpet i tidligere gode leveområder for elvemusling. På stasjon 28 var antall muslinger redusert fra 98 individ (1,3 individ pr. m²) i 1996 til 35 individ (0,35 individ pr. m²) i 2001 og bare 8 individ (0,08 individ pr. m²) i 2008. I 2012 var dette ett av områdene som ble endret ved graving i elveløpet og utlegging av stein og blokk på strekningen. I 2015 ble det bare funnet tre tomme muslingskall på arealet til stasjon 28. Da reproduksjonen hos elvemusling er følsom for forandringer i sammensetningen og tettheten av det opprinnelige fiskesamfunnet var derfor ikke tiltak for å øke bestanden av laksunger ved Holtet det best egnede tiltaket for ørretmuslingene. Generelt vil vi få økt konkurranse om næring og oppholdssteder som kan føre til en ytterligere nedgang i den lokale ørretpopulasjonen. Dette gjør at styrking og spredning av laks i øvre del av Enningdalselva kan komme i konflikt med vernet av elvemusling. Et sterkere fokus på å styrke den lokale ørretbestanden ville nok vært en bedre strategi.

Söderberg (1998) og Henrikson mfl. (1998) foreslo en modell for å bedømme verneverdien (som også sier noe om levedyktigheten) av ulike lokaliteter med elvemusling. Modellen er senere modifisert av Larsen & Hartvigsen (1999). Det er valgt seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt (populasjonsstørrelse, gjennomsnittstetthet, utbredelse, minste musling, andel muslinger mindre enn 20 mm og andel muslinger mindre enn 50 mm), og det gis 0-6 poeng innenfor hvert kriterium. Samlet poengsum plasserer muslingpopulasjonen innenfor en av tre klasser av status/levedyktighet: Klasse I – liten levedyktighet, sårbar for ytterligere reduksjon og kan kreve omfattende tiltak (truet; 1-7 poeng), klasse II – sannsynlig levedyktig, men tiltak bør utredes/gjennomføres (sårbar; 8-17 poeng) og klasse III – høy levedyktighet og meget høy verneverdi (levedyktig; 18-36 poeng).

Muslinger som er 20 og 50 mm lange vil i de fleste vassdrag tilsvare 10 og 20 år gamle muslinger. I Enningdalselva derimot var veksten vesentlig bedre enn dette, og muslinger som var 10 år gamle kunne allerede være 70 mm. I Enningdalselva vil derfor færre årsklasser bli inkludert i de to lengdegruppene som inngår i modellen (<20 mm og <50 mm) sammenlignet med vassdrag med normal tilvekst. Legger vi uavhengig av dette modellen til grunn for å beregne poengsummen i Enningdalselva kan det likevel gi en pekepinn om utviklingen over tid. Bestanden ved Holtet oppnådde bare 4 av 36 poeng i denne verdivurderingen i 2015 (**vedlegg 2**). Dette indikerer at bestanden har liten levedyktighet, er sårbar for ytterligere reduksjon og vil kreve omfattende tiltak for å overleve. Årsaken til den lave poengsummen ligger i manglende rekruttering, fullstendig mangel av muslinger mindre enn 50 mm, lav tetthet og avtagende utbredelse. Det har også vært en nedgang i poengsum fra 1996 og 2001 til 2008 og 2015 (**vedlegg 2**).

Slik situasjonen var i 2015 er det kanskje bare ett tiltak som på kort sikt kan klare å ta vare på den siste rest av ørretmusling-bestanden og det genetiske materialet som denne representerer; innsamling av stammuslinger fra Holtet for overføring og oppbevaring (genbank) i kultiveringsanlegget for elvemusling på Austevoll utenfor Bergen.

Kultiveringsanlegget for elvemusling ble etablert i 2011 av Direktoratet for naturforvaltning (nå-værende Miljødirektoratet). Målet var å sikre truede bestander av elvemusling ved å produsere og dyrke muslingene til de var 1-5 år gamle for deretter å tilbakeføre dem til gunstige lokaliteter i elveløpet eller i refugier i tilknytning til vassdraget.

Det er forsøkt fire ulike måter for å hente inn muslingmateriale til anlegget (se bl.a. Jakobsen mfl. 2015): Elfiske: Innsamling av fiskeunger (laks eller ørret) som er naturlig infisert med muslinglarver fra en aktuell lokalitet som en ønsker å dyrke, Karinfeksjon i felt: Infeksjon av laks- eller ørretunger i felt ved å holde muslinger og fisk sammen i en lukket enhet i elva eller i kar på land, Innsamling stammuslinger: Innsamling av voksne muslinger i felt (normalt 30-50 individ) som overføres til anlegget der de holdes for infeksjon av fisk direkte i kultiveringsanlegget og Innsamling glochidier: Høsting av muslinglarver direkte i felt og overføring til anlegget der de overføres til kar med fisk som blir infisert. Av disse metodene har innsamling av stammuslinger vist seg best egnet så sant antall stammuslinger er tilstrekkelig stort slik at mest mulig av den genetiske variasjonen i populasjonen ivaretas.

I Enningdalselva vil det være mest aktuelt å samle inn stammuslinger som kan holdes i anlegget over noen år. Stammuslingene vil etter en nødvendig karantenetid også kunne tilbakeføres til Enningdalselva. Da vi bare kjenner til 27 levende muslinger, og bestanden slik vi kjenner den i dag sannsynligvis teller mindre enn 50 individer kan det være nødvendig å samle inn et flertall av disse. Det er anbefalt å holde mellom 20 og 50 muslinger fra hver bestand for å sikre at både hunner og hanner er representert i avlsbestanden (Jakobsen mfl. 2015). I prosjektet er det så langt (2015) brukt mellom 28 og 73 individ. Muslingene holdes i kunstige «elver» i anlegget der avstanden mellom muslingene er liten nok til å sikre en god befruktning av eggene. Vi vil foreslå en kultiveringsstrategi der man i størst mulig grad kontrollerer bidraget fra hver enkelt stammusling slik at dette blir så likt som mulig, og at man setter ut et moderat antall muslinger fordelt på flere årsklasser. Heller det enn å sette ut et stort antall muslinger basert på bare én produksjon (årsklasse) (jf. Karlsson mfl. 2016).

Parallelt med dette må det imidlertid arbeides videre med å identifisere årsaken til dødeligheten hos elvemusling ved Holtet. Likeledes kan det være nødvendig å bygge opp igjen en sterk bestand av ørret i Enningdalselva mellom Bullaresjön og Kirkevatnet for å ha en fungerende bestand av vertsfisk om, eller når, man lykkes med å bygge opp igjen bestanden etter utsetting av nye årsklasser av ørretmusling produsert ved kultiveringsanlegget.

6 Referanser

- Afzelius, L. & Hardeng, G. 1995. Faunaen i Enningdalselva og Indre Iddefjord, med oversikt over naturfaglig litteratur. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvern avdelingen. Rapport 8 - 1995. 39 s.
- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. - SFT-veiledning 97: 04, TA-1468/1997. 31 s.
- Aspholm, P.E., Veersalu, A., Nilson, L.O., Larsen, B.M., Christensen, G. & Olofsson, P. 2015. Water quality and heavy metals in freshwater pearl mussels and their habitat. - I: Oulasvirta, P. (ed.) RAAKKU! Freshwater pearl mussel in northern Fennoscandia. - Nature Protection Publications of Metsähallitus. Series A 214, s. 136-169.
- Bakke, H. 1915. Id Herred. En grænsebygds historie. - Id kommune. 604 s.
- Bauer, G. 1988. Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. In Central Europe. - Biol. Conserv. 45: 239-253.
- 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.
- 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, Miljøvern avdelingen. Rapport 9-1991. 131 s.
- 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.
- Garlie, S. 2010. Utvikling av mikrosatelitt multipleks PCR for genetiske studier av *Margaritifera margaritifera*. Masteroppgave, Høgskolen i Hedmark.
- Geist, J., Rottmann, O., Schröder, W. & Kühn, R. 2003. Development of microsatellite markers for the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. (Bivalvia: Unionidea). - Mol. Ecol. Notes 3: 444-446.
- Goudet, J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3). - Available from <http://www.unil.ch/izea/softwares/fstat.html>.
- Grizzle, J.M. & Brunner, C.J. 2009. Infectious diseases of freshwater mussels and other freshwater bivalve mollusks. - Reviews in Fisheries Science 17: 425-467.
- 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.
- Hardeng, G. 2000. Enningdalsvassdraget – grensevassdrag med store verneverdier. - Østfold Energi og Fylkesmannen i Østfold, Miljøvern avdelingen. Hefte 24 s.
- Henrikson, L., Bergström, S.-E., Norrgrann, O. & Söderberg, H. 1998. Flodpärlmusslan i Sverige - dokumentation, skyddsvärde och åtgärdsförslag för 53 bestånd. - Del II i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport 4887.
- Jakobsen, P., Jakobsen, R.A. & Bjånesøy, T. 2015. Årsrapport 2014. Kultivering av elvemusling for gjenutsetting. - Rapport til Miljødirektoratet. 39 s.
- Johansson, D. & Hesthagen, T. (red.) 2012. Fiskevårdplan för sjöar och vattendrag i Enningdalsälvens avrinningsområde. - Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Rapport 2012-54. 285 s.
- Karlsen, L.R. 2009. Rapport fra telling av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i den øvre delen av Hobøelva, Hobøl kommune den 23. juni 2009. - Upublisert rapport. 5 s.
- Karlsson, S. & Larsen, B.M. (red.) 2013. Genetiske analyser av elvemusling *Margaritifera margaritifera* (L.) – et nødvendig verktøy for riktig forvaltning av arten. - NINA Rapport 926. 44 s.
- Karlsson, S., Larsen, B.M., Eriksen, L. & Hagen, M. 2013. Four methods of non-destructive DNA sampling from freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. (Bivalvia: Unionoida). - Freshwater Science 32: 525-530.
- Karlsson, S., Larsen, B.M. & Hindar, K. 2014. Host-dependent genetic variation in freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). - Hydrobiologia 735: 179-190.
- Karlsson, S., Larsen, B.M., Eriksen, L., Hagen, M. & Balstad, T. 2016. Elvemusling - evaluering av en kultiveringsmetode. - NINA Rapport 1257. 19 s.
- Larsen, B.M. & Aspholm, P.E. 2016. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport 2015: Karpelva, Finnmark. - NINA Rapport 1240. 42 s.

- Larsen, B.M. & Hartvigsen, R. 1999. Metodikk for feltundersøkelser og kategorisering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - NINA-Fagrapport 37: 1-41.
- Larsen, B.M. & Karlsen, L.R. 1997. Elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Enningdalselva, Østfold – Utbredelse og bestandsstatus. – NINA Oppdragsmelding 505: 1-25.
- Larsen, B.M. & Karlsen, L.R. 2010. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport for 2008: Enningdalselva, Østfold. – NINA Rapport 566. 39 s.
- Larsen, B.M. & Saksgård, R. 2011. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport 2010: Aursunda, Nord-Trøndelag. - NINA Rapport 718. 29 s.
- Larsen, B.M. & Saksgård, R. 2012. Utsetting av laksyngel i Forneselva, Nord-Trøndelag i 2011 – et tiltak for å øke rekrutteringen hos elvemusling. - NINA Minirapport 393. 10 s.
- Larsen, B.M., Sandaas, K., Hårsaker, K. & Enerud, J. 2000a. Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Forslag til overvåkingsmetodikk og lokaliteter. – NINA Oppdragsmelding 651: 1-27.
- Larsen, B.M., Hårsaker, K., Bakken, J. & Barstad, D.V. 2000b. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Steinkjervassdraget og Figga, Nord-Trøndelag. Forundersøkelse i forbindelse med planlagt rotenonbehandling. - NINA Fagrapport 39: 1-39.
- Larsen, B.M., Karlsen, L.R. & Eggen, J.-E. 2002a. Enningdalselva, Østfold (vassdragsnr. 001.1Z). – s. 26-37 i Larsen, B.M. (red.). Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Årsrapport 2001. NINA Oppdragsmelding 762.
- Larsen, B.M., Eken, M. & Hårsaker, K. 2002b. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* og fiskeutsettinger i Hoenselva og Bingselva, Buskerud. - NINA Fagrapport 56: 1-33.
- Larsen, B.M., Karlsson, S., Hindar, K. & Balstad, T. 2011. Genetisk variasjon hos elvemusling *Margaritifera margaritifera* (L.) i Norge – en pilotstudie. - NINA Minirapport 316. 20 s.
- Länsstyrelsen Västra Götalands län 2006. Flodpärlmussla i Västra Götalands län – känd förekomst 2005. – Länsstyrelsen Västra Götalands län Rapport 2006-85. 180 s. + vedlegg.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. – Am. Nat. 106: 283-392.
- Neves, R.J. (red.) 1987. Proceedings of the workshop on die-offs of freshwater mussels in the United States. – United States Fish and Wildlife Service. 166 s.
- NOU (Norges offentlige utredninger) 1991. Verneplan for vassdrag IV. – NOU 1991: 12A og 12B. 151 s. og 373 s.
- Peakall, R. & Smouse, P.E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in excel. Population genetic software for teaching and research. - Mol Ecol Notes 6: 288-855.
- Piry, S., A. Alapetite, J. M. Cornuet, D. Paetkau, L. Baudouin & A. Estoup, 2004. GeneClass2: a software for genetic assignment and first-generation migrant detection. - Journal of Heredity 95: 536–539.
- Rannala, B. & J. L. Mountain, 1997. Detecting immigration by using multilocus genotypes. - Proceedings of the National Academy Science 94: 9197-9201.
- Raymond, M. & Rousset, F. 1995. Genepop (version 2.1): Population genetics software for exact tests and ecumenicism. – J. Hered. 86: 248-249.
- 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.
- Saltveit, S. J. 1998. Kartlegging av gytebestand og naturlig rekruttering i Enningdalselva, Østfold. - Rapp. Lab. ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 173. 19 s.
- Saltveit, S. J. 2002. Tetthet, vekst og naturlig rekruttering hos laks i Enningdalselva, Østfold. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 214. 17 s.
- Saltveit, S.J. Bremnes, T. og Pavels, H. 2013. En tilstandsvurdering av Enningdalselva i Østfold. - Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Rapport nr. 24. 24s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2010. Forvitring av skall fra elvemusling. – Fauna 63: 28-31.
- Söderberg, H. 1998. Undersökningstyp: Övervakning av flodpärlmussla. Del III i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport 4887. 138 s.
- Söderberg, H., Norrgrann, O., Törnblom, J., Andersson, K., Henrikson, L. & Degerman, E. 2008. Vilka faktorer ger svaga bestånd av flodpärlmussla? En studie av 111 vattendrag i Västernorrland. – Länsstyrelsen Västernorrland. Kultur- och naturavdelningen. Rapport 8-2008. 28 s.
- Ziuganov, V., Zotin, A., Nezhlin, L. & Tretiakov, V. 1994. The freshwater pearl mussels and their relationships with salmonid fish. – VNIRO Publishing House, Moscow. 104 s.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Enningdalselva ved Holtet

Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på mellom 3 og 5 stasjoner som ble undersøkt i Enningdalselva ved Holtet i 1996, 2001, 2008 og 2015 basert på tellinger på flater. Tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. m² (levende dyr: N/m² og tomme skall: NS/m²). Jf. **figur 6**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 1**.

N					N/m ²			
Stasjon	1996	2001	2008	2015	1996	2001	2008	2015
27	3	3	1	1	0,03	0,03	0,01	0,01
28	98	35	8	0	1,31	0,35	0,08	0
32	-	-	-	8	-	-	-	0,08
31	-	1	0	0	-	0,01	0	0
29	6	24	0	0	0,08	0,24	0	0
27-32	107	49	9	9	0,42	0,16	0,02	0,02
Gjennitt ± sd					0,47 ± 0,72	0,16 ± 0,17	0,02 ± 0,04	0,02 ± 0,04
NS					NS/m ²			
Stasjon	1996	2001	2008	2015	1996	2001	2008	2015
27	4	1	0	1	0,04	0,01	0	0,01
28	14	27	39	3	0,19	0,27	0,39	0,03
32	-	-	-	14	-	-	-	0,14
31	-	2	6	0	-	0,02	0,06	0
29	25	10	4	1	0,31	0,10	0,04	0,01
27-32	43	40	49	19	0,17	0,10	0,12	0,04
Gjennitt ± sd					0,18 ± 0,14	0,10 ± 0,12	0,12 ± 0,18	0,04 ± 0,06

Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på mellom 3 og 5 stasjoner som ble undersøkt i Enningdalselva ved Holtet i 1996, 2001, 2008 og 2015 basert på tidsbegrensede tellinger (fritelling). Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. minutt (levende dyr: N/min. og tomme skall: NS/min.). Jf. **figur 7**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 1**.

N					N/min.			
Stasjon	1996	2001	2008	2015	1996	2001	2008	2015
27	11	6	0	1	0,18	0,20	0	0,03
28	139	71	7	0	2,32	2,37	0,12	0
32	-	-	-	12	-	-	-	0,20
31	-	2	0	0	-	0,07	0	0
29	12	11	0	0	0,20	0,37	0	0
27-32	162	90	7	13	0,90	0,75	0,05	0,07
Gjennitt ± sd					0,90 ± 1,23	0,75 ± 1,09	0,03 ± 0,06	0,05 ± 0,09
NS					NS/min.			
Stasjon	1996	2001	2008	2015	1996	2001	2008	2015
27	12	13	12	6	0,20	0,43	0,40	0,20
28	150	86	304	48	2,50	2,87	5,07	1,07
32	-	-	-	17	-	-	-	0,28
31	-	5	2	3	-	0,17	0,07	0,10
29	86	7	6	0	1,43	0,23	0,20	0
27-32	248	111	324	74	1,38	0,93	2,16	0,38
Gjennitt ± sd					1,38 ± 1,15	0,93 ± 1,30	1,43 ± 2,43	0,33 ± 0,43

Vedlegg 2. Kriterier og poengklasser for bedømmelse av levedyktighet

Söderberg (1998) og Henrikson mfl. (1998) foreslo en modell for å bedømme verneverdien (som også sier noe om levedyktigheten) av ulike lokaliteter med elvemusling. Modellen er senere modifisert av Larsen & Hartvigsen (1999). Det er valgt seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt (populasjonsstørrelse, gjennomsnittstetthet, utbredelse, minste musling, andel muslinger mindre enn 20 mm og andel muslinger mindre enn 50 mm), og det gis 0-6 poeng innenfor hvert kriterium. Samlet poengsum plasserer muslingpopulasjonen innenfor en av tre klasser av status/levedyktighet: Klasse I – liten levedyktighet, sårbar for ytterligere reduksjon og kan kreve omfattende tiltak (truet; 1-7 poeng), klasse II – sannsynlig levedyktig, men tiltak bør utredes/gjennomføres (sårbar; 8-17 poeng) og klasse III – høy levedyktighet og meget høy verneverdi (levedyktig; 18-36 poeng).

Kriterium	1 p	2 p	3 p	4 p	5 p	6 p
1 Populasjonsstørrelse (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 (%)	>0-1	>1-2	>2-3	>3-4	>4-5	>5
6 Andel muslinger <5 cm (%)	>0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	>25

Enningdalselva – strekning 4 Holtet

Kriterium	Poeng			
	1996	2001	2008	2015
1 Populasjonsstørrelse (i tusen)	3	2	1	1
2 Gjennomsnittstetthet (ind/m ²)	1	1	1	1
3 Utbredelse (km)	1	1	1	1
4 Minste musling funnet (mm)	1	1	1	1
5 Andel muslinger <2 cm (%)	0	0	0	0
6 Andel muslinger <5 cm (%)	0	0	0	0
Totalt antall poeng	6	5	4	4



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2945-6

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger