

Kultivering av Elvemusling 2019 og 2020



hos

Kultiveringsanlegget for elvemusling
Storebø-Austevoll

Per Johan Jakobsen , Ragnhild Jakobsen og Nina Hatland

Forord

Produksjon for 2019 er beskrevet i denne rapporten, Videre er aktiviteten for 2020 rapportert i henhold til kontrakt mellom Miljødirektoratet og Universitetet i Bergen. Kontrakten gjelder en videreføring av prosjektet som har pågått i regi av Universitetet i Bergen siden 2012 og som har til hensikten å produsere juvenile muslinger fra trua elvemuslingbestander for utsetting. Prosjekt målene er i høy grad oppnådd for 2019 og 2020 og vi har hatt en større produksjon enn forventet. Vi takker Jon Magerøy, Steinar Kålås, Martin Hansen, Magnus Johan Steinsvåg, Jørgen Geist og Jarl Koksvik for godt og fruktbart samarbeid i 2019 og 2020.

Bergen 6 Februar 2021.

Innhold	side 2
Sammendrag.	side 2
Bakgrunn.	side 4
Kort beskrivelse av Muslinganlegget 2014 til 2019.	side 5
Endringer i driften 2019 og 2020.	side 6
Produksjon av muslinger 2019 og 2020.	side 9
Infeksjon av fisk 2020.	side 12
Vitenskapelige arbeid fra muslingprosjektet 2019 og 2020	side 13
Referanser	side 14

Framsidedeilete: 18 måneder gammel elvemusling fra Årvikelva i Tysvær kommune klar til utsetting 2021

Sammendrag

Fra 2014 observerte vi kraftige oppblomstringer av cyanobakterier i Kvernavatnet, Austevoll, som er vannkilden til genbanken for elvemusling. Oppblomstringene var kraftigere enn tidligere observert og har vist en tiltakende tendens siden 2013. Dette sammenfalt med at sitkagranskogen i halve nedbørsfeltet ble hugget ned. Analyser fra NIVA viser svært høye konsentrasjoner av algegiften microcystin som er en kraftig levergift. Samtidig har dødeligheten av unge muslinger produsert i genbanken økt i samme periode.

For å bøte på dette har prosjektet har prøvd å kompensere for potensielle økninger i fosforutslipp ved å så til nedslagsfeltet med gras, samt pumpe ut store mengder med bunnvann fra vannkilden for å redusere effekten av indre gjødsling av vannet. I tillegg har vi filtrert, kalket og redusert nitrogen i vannet brukt til unge muslinger i anlegget. Dette har trolig hatt en effekt med hensyn til vannkvalitet og reduksjon av algegift, som vist fra NIVA sine målinger.

Effekten av disse tiltakene har likevel ikke vært stor nok til å kompensere for den

økte frekvensen av misdannelser, sekundære soppinfeksjoner og tiltagende direkte dødelighet hos unge muslinger i anlegget. Overlevelsen av unge muslinger produsert i anlegget var i 2017 redusert til noen få promille, sammenlignet med perioden frem til 2014. Veksten av muslingene var også lavere.

I 2018 ble det derfor bevilget midler til å etablere en filtrasjon og ozoneringsenhet i anlegget for å fjerne cyanobakterier, samt bryte ned gift fra disse. Grunnet at bevilgninger ikke kom før i mars, tidstap forbundet med anbud, leveringstid på 13 uker, etablering og 60 dagers innkjøring, kom dette anlegget ikke i gang før i slutten av november 2018. Det ble imidlertid anvendt en enkel ozonering av vannet inn til småmuslingene fra september 2018. Konsekvensen av dette tiltaket var en redusert dødelighet av muslinger grunnet reduserte problemer med soppinfeksjoner. Dette medførte at dødeligheten av muslingene ble redusert de siste tre månedene av året. Til tross for en økt overlevelse, var disse muslingene fremdeles deformerte med påfølgende redusert vekst og diffus dødelighet som en konsekvens av tidlig eksponering av algegifter. Fra 2019 ble imidlertid muslingene tilført filtrert ozonert vann og følgelig mindre eksponert for gifter fra cyanobakterier i den første og mest sårbare delen av livssyklusen sin. Dødeligheten på stamuslinger var også uheldig høy i perioden 2014 til 2018. Muslinger som ble tatt inn til anlegget produsert glochidier, mens glochidieproduksjonen av muslinger holdt i anlegget over lengre tid hadde ingen eller svakere produksjon. Årsaken til den tidligere høye dødeligheten var trolig at adulte muslinger filtrerer store mengder med cyanobakterier. Dette innebærer at store mengder microcystin fra cyanobakteriene blir anriket i muslingene.

Fra 2019 og etter etablering av vannrensaneanlegget er overlevelsen av unge muslinger svært gode og overlevelsen av unge muslinger har økt mer enn 350 ganger. Fra 2019, har vi mer enn 15.000 muslinger fra Åreidelva (Rogaland). Vi har undersøkt denne populasjonen ukentlig og har kun observert noen titalls døde individ. Gjennomsnittsstørrelsen til disse er på mer enn 4.2 mm og er klar til utsetting i 2021, men det anbefales å vente til våren.

I 2020 har vi etter opptelling i januar 2021, produsert 16.000 muslinger på mer enn 1,4 mm fra Teksdalselva (Trøndelag), 7.600 fra Skoelva (Telemark) og 5400 fra Rugga (Møre og Romsdal). Dødeligheten av årets muslinger er nå grovt regnet 40% og produksjonen har aldri vært så høy som den er i dag.

Av de fem muslingbestandene som er kommet inn i 2020 i henhold til avtale har Svankilelva (Hitra), Lakselva (Hitra) og Vollelva (Hitra) sluppet glochidier og fra Dokkadeltaet i Oppland har Etna bidratt med infeksjoner. Fisken er tungt infisert og vi vil kunne høste mer enn anlegget har kapasitet til å ivareta for produksjon. Lakselva er imidlertid tapt, fordi en eller flere otere (*Lutra lutra*) klarte å ta seg inn i fiskekaret i slutten av januar 2021 og utraderte all fisken. Bingselva fra Drammensvassdraget har trolig blitt tatt inn for seint og vi har ingen glochidieslipp fra disse. Derimot har vi også infisert fisk med muslinger fra Haukåsvassdraget (Vestland fylke) og Lyngstadelva (Møre og Romsdal). Sistnevnte hadde ikke glochidieslipp da den ble tatt inn i 2019 og Haukås som har hatt store problemet grunnet forurensing har vært holdt i anlegget i ett år og har nå begynt å reprodusere. Etter etablering av trommelfilter og kalking av inntaksvannet er dødeligheten på stammuslinger nå svært lav og trolig lavere enn i naturlige habitat.

Bakgrunn

Globalt er ferskvannsmuslinger en gruppe med flere truede arter. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* er blant de mest truede. Den er derfor ført inn i den Europeiske rødlisten. Til tross for at svært mange bestander er utdødd, finnes det fremdeles bestander og restbestander fra arktiske og tempererte strøk i Vestlige deler av Russland, hele Europa og nordøstre deler av Nord Amerika. Norge og Sverige utgjør i dag den delen av utbredelsesområdet, som har flest levedyktige bestander og har derfor stort forvaltningsansvar for arten. Til tross for at Norge og Sverige har flest gjenværende muslinger og flest gjenværende bestander, er det likevel estimert at grovt regnet to tredjedeler av våre bestander mangler rekruttering eller har så svak rekruttering at bestandene er synkende (Larsen 2005).

Når vi verner elvemusling, verner vi også hele samfunn av andre organismer. *Margaritifera margaritifera* er en nøkkelart, paraplyart, vannkvalitets indikator og en flaggskips art (Geist, 2010). I likhet med andre muslingarter i ferskvann, bidrar den til å bedre forholdene i elveøkosystemet og til å øke biodiversiteten. (Killeen et al., 2004; Strayer, 2017; Vaughn, 2018). Levende muslinger og, tomme skall fra døde muslinger øker habitatkvaliteten for andre organismer ved å bedre den fysiske strukturen, stabilisere, og øke bioturbasjonen av elve-sedimenter og partikulært organisk materiale i ellevannet. Elvemusling kan også være med å redusere toksiner fra vannsøylen og øke næringstilgangen fra flommende vann til elvebunnen (Vaughn and Hakenkamp, 2001; Vaughn et al., 2008; Strayer, 2017). Ved å øke biomassen av Elvemusling i vassdrag der den finnes, bedres kvaliteten på økosystemene og økes biodiversiteten. Historisk har den derfor vært bestemmende for økosystemene i tusener av elver i hele sitt utbredelsesområde.

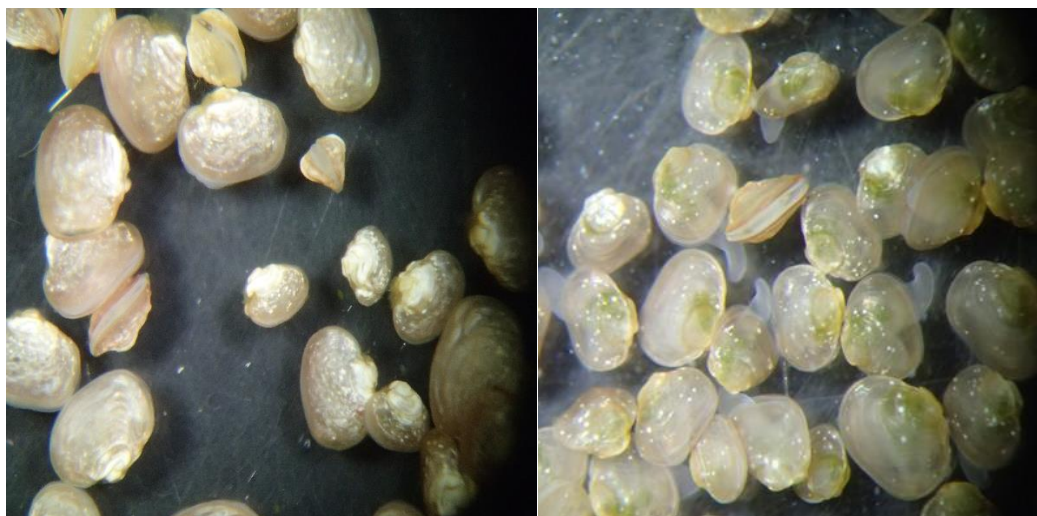
Miljødirektoratet har derfor hatt stort fokus på denne arten innenfor forvaltning og forskning. Det er flere delmål i forvaltningen. Det første er å ivareta bestander demografisk og geografisk. Andre er å tilrettelegge for evolusjonære prosesser og bedre livsbetingelser i bestandene våre. Endelig har en som mål å forvalte og konservere evolusjonære enheter av arten som helhet. Dette innebærer at bestander i særlig utsatte deler av utbredelsesområdet, også har spesielt høy forvaltningsstatus.

Ett av tiltakene er å kultivere elvemusling fra bestander med manglende eller sviktende rekruttering, eller som er på randen av ekstinksjon for å bevare eksisterende demer.. Det ble derfor startet ett kultiveringsanlegg for elvemusling i Austevoll, Vestland fylke i 2011, med mål å ivareta det genetiske grunnlaget for individuelle bestander, endre demografien i bestandene til yngre individ, samt øke antallet muslinger, der dette er fordelaktig.

Anlegget har eksistert i nær ti år og hadde en relativt god produksjon de første tre årene. Imidlertid opplevde en oppblomstring av cyanobakterier i vannkilden som startet i 2014. Dette førte til økt dødelighet og deformasjoner av de produserte muslingene, samt økt dødelighet av stammuslinger i anlegget. Som en konsekvens av dette ble det sensommeren 2018 montert vannbehandlingsanlegg som sikrer vann av god kvalitet til produksjon av nyfødte muslinger samt filtrasjon og kalking av vann til stammuslingene, sommeren 2019. Som rapporten under viser, har dette medført at dødeligheten har gått kraftig ned både på nyfødte muslinger og stammusling og de to siste årene har anlegget hatt en god produksjon av muslinger. Denne rapporten omhandler drift og produksjon i Elvemuslinganlegget i Austevoll for 2019 og 2020. Utsetting av muslinger fra anlegget 2020 er beskrevet i (Kålås 2021).

Kort beskrivelse av situasjonen på Muslinganlegget fra 2014 til 2019

Situasjonen før vannbehandlingsanleggene ble etablert høsten 2018 var prekær (Jakobsen med flere 2018). Soppinfeksjoner, lav veksthastighet, deformasjoner og høy diffus dødelighet var normen. Til tross for årlig høsting av opptil 50.000 muslinger fra gjellene på laks eller ørret, ble bare noen hundre muslinger produsert frem til en størrelse på 2 mm. Oppdretts metoden var den samme som i 2013 og 2014, da årsproduksjonen av to millimeter store muslinger var henholdsvis 8000 og 14000. Årsakene var oppblomstringer av de to microcystin produserende cyanobakteriene *Planktotrix sp.* og *Pseudoanabena sp.* Oppblomstringene kommer allerede i April og varer ut året. Disse to artene dominerer phytoplanktonet i vannet. Det er mulig at nedhogningen av Sitkagran skogen i halve nedbørsfeltet til vannkilden i 2013 førte til en «bottom up effekt» fordi næringstilførselen til vannkilden økte. Til tross for at den tidligere skogbunnen i dag har et vegetasjonsdekke har cyanobakterie oppblomstringene vedvart. Målinger foretatt av NIVA i 2017 og av oss i 2018, viste at microcystin nivåene tidvis var så høye at de falt utenfor øvre del av måleskalaen på 50 µg/L. Det er også vist at microcystin har negativ effekt på glochider fra Elvemusling sin evne til å infisere sine verter. (Åmdal Sundt 2020). Elvemusling er en art som har evolvert under oligotrofe betingelser og har derfor trolig ikke høy toleranse ovenfor microcystiner.



Figur. 2 En sammenligning av muslinger fra Storelva 2018 og Teksdalselva fra 2020 Som en ser er muslingene fra 2018 høstingen deformerte etter at de var foret opp i anlegget over en 6 måneders periode. Dette var gjeldende for alle muslingpopulasjonene i 2018. Muslingene fra Teksdalselva ble høstet våren 2020 og har en jevnere vekst og ingen deformasjoner.

Endringer i driften 2019 og 2020

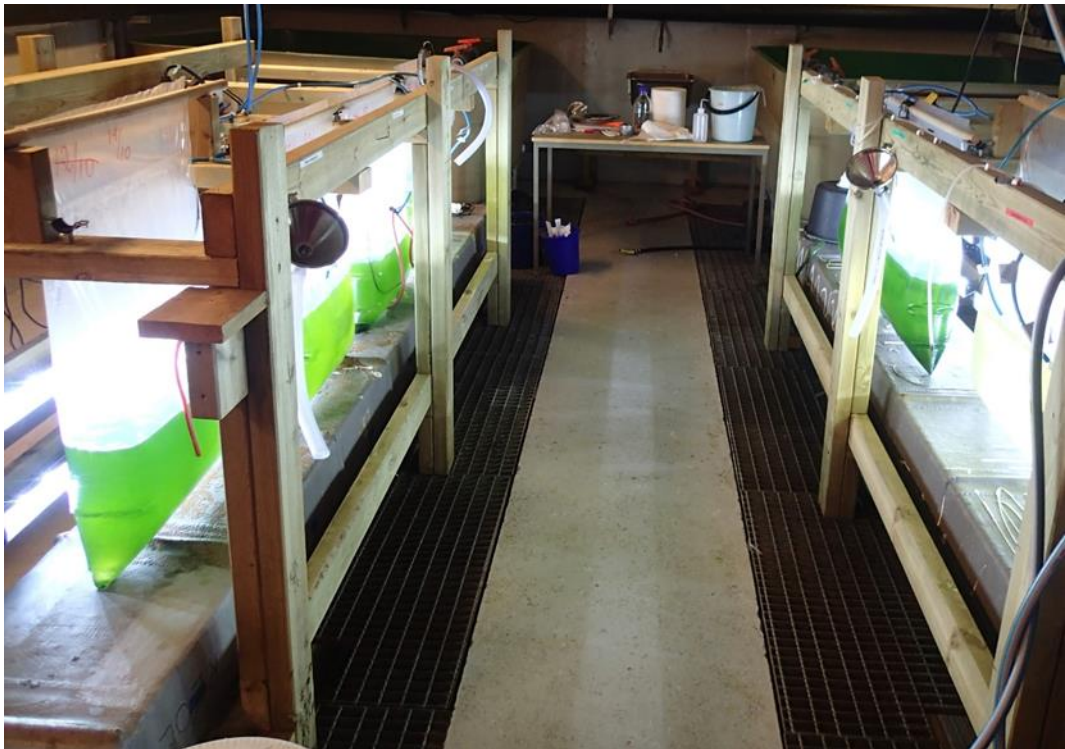
Etter at vannbehandlingsanlegget var etablert har produksjonen av småmuslinger høstet fra fiske gjeller øktsom nevnt tidligere. Vannbehandlings systemet og virkemekanismer er beskrevet i Jakobsen med

flere (2018) og oppdrettsprosedyrene er beskrevet av Jakobsen og Jakobsen (2017). Etableringen av vannbehandlingssystemet har påført prosjektet ekstrakostnader i form av årlig service, arbeidskraft til drift, samt reparasjoner.

Vi har og utvidet mattilbudet til muslingene og dyrker algene *Scenedesmus.sp*, *Selenastrum.sp* og *Nannocloropsis.sp*, som fores til både 0+ og 1+ muslinger. Algene er isolater levert fra NIVA's alge kultur samling (<https://niva-cca.no>). Alle algeisolatene blir holdt i sterile kulturer og deretter dyrket i plastposer (19.5 L vann, 0.5 L steril algekultur og 20 mL algemedium (Standard løsning 100 g Varicon Aqua Cell-hi F2F i 1 L water)).

Vannet brukt i kulturene er ozonert i forkant for å unngå kontaminering av andre alger.

Temperaturen holdes stabilt på ~20 C ° med bruk av varmekolbe og det er kontinuerlig bobling av sterilfiltrert luft i hver av kulturene. Hver av kulturene blir belyst med 2x 60W led plantelys. I tillegg til detritus og kommersielle alger fra Reed Marikultur, blir nå både årsgamle og to år gamle muslinger foret med disse algene for å øke mattilbudet.



Figur 3 Bildet viser produksjonsenheten til algekulturene– Algene blir inokulert en uke før de blir brukt. Ukentlig brukes det 60 liter med algekultur til muslingene.

I perioden 2015 og frem til 2019, hadde vi også en høyere dødelighet på stammuslingene enn det en forventer i naturlige habitat. I denne perioden var disse tilført råvann fra vannkilden som inneholdt store mengder med cyanobakterier. Det ble observert at muslingene nesten ikke filtrerte vann en stund etter at de hadde ankommet anlegget. Samtidig var de eksponerte for store mengder av microcystinholdige cyanobakterier. Da Elvemusling kan filtrere opptil 50 liter vann i løpet av døgnet, vil dette innebære at de inntar store mengder med microcystin. Det ble derfor etablert trommelfilter (NP Drumfilter) å rense inntaksvannet. Filteret har en maskevidde på filterduken på 20 micrometer og fjerner mer enn 95% av algene i vannet. Vannkapasiteten fra filteret er 6 M3/ time. Vannet blir deretter

ført ned i en 9 m³ tank hvor det luftes og tilføres 1.5 mg. Kalsium/L og detritus og alger, tre ganger ukentlig. Vannet blir deretter pumpet inn til karene med stammusling. Effekten av dette tiltaket har vært positivt og vi observerer at stammuslingene nå filtrerer vann og har lav dødelighet. Vi har i 2020 også observert glochidieslipp hos musling som har vært flere år inne i anlegget.



Fig 4 . NP Drumfilter med maskevidde på 20 micrometer fjerner det meste av cyanobakteriene fra vannet til stammuslingene



Fig 5. Kalsium Klorid er løselig i vann og relativt billig. Samtidig har elvemusling en relativt høy klorid toleranse. Dette blir derfor brukt til å øke kalsiumkonsentrasjonen i vannet til stammuslingen



Fig 6. Vannet fra trommelfilteret blir luftet i ett 9 m³ kar og tilført kalsium med en doseringspumpe før det pumpes ut til stammusling karene. Karet blir også brukt til å tilføre mat til muslingene



Fig 7. Haukåsmusling fra anlegget 2020 Stammuslingen i anlegget ligger nå i elvegrus som er mer egnet for muslingene enn knust marmorgrus som ble brukt tidligere. Dette har vært mulig fordi vi har etablert kalking av inntaksvannet.

Produksjon av Muslinger 2019 og 2020

Fra 2019 og etter etablering av vannrensaneanlegget er overlevelsen av unge muslinger svært god. Fra 2019, har vi mer enn 15.000 muslinger fra Åreidelva (Rogaland). Vi har undersøkt denne populasjonen ukentlig og har kun observert noen titalls døde individ. Gjennomsnittsstørrelsen til disse er på mer enn 4.2 mm og størrelsen varierer fra 3mm til 8mm. Disse er klar til utsetting i 2021, men det anbefales å vente til våren. Ett annet problem som har oppstått er at Årvikelva har erosjoner i elvebredden i områdene der muslingene skal settes ut. Dette bør utbedres før muslingene settes ut i begynnelsen av Mai. Det er søkt midler til dette tiltaket, men foreløpig er dette usikkert. Samtidig er vi avhengig av å bruke oppvekstenhetene til 2020 produksjonen før vi begynner å høste muslinger til 2021 produksjonen. Dette grunnet plass og kapasitetsbegrensninger.



Fig 8. To av 10 oppvekstenheter for filtrerende 1+ musling. Enhetene inneholder ca 15.500 Årvikmuslinger.

Vannet blir resirkulert i enheten. Øverste renne er belyst med 150W led plantelys. Dette for å holde i gang en algeproduksjon. I tillegg har denne øverste enheten ett avgrenset innerkar som inneholder liten andemat (Lemna minor). Liten andemat har ett svært høyt proteininnhold og produserer protein og bakterierik detritus som fungerer som ekstra næringskilde til muslingen. Enheten blir også foret med 2.1 liter med algekultur tre ganger ukentlig. Nitritmålinger tas ukentlig og vann tilføres ved behov. Hvis nitritt konsentrasjonen overstiger 0.7 ppb reduseres foringen inntil nitritnivået er nede på akseptabelt nivå.



Fig 9. Filtrerende 1+ musling er plassert i marmorgrus og får tilført næring fra øvre del av sirkulasjonssystemet. Ved å riste i bakkene kommer muslingene opp til overflaten og døde muslinger, lettere enn levende. Muslingene graver seg ned i grusen etter noen timer. På denne måten kan tilstanden på muslingene kontrolleres.

I 2020 har vi etter opptelling i januar 2021, produsert 16.000 muslinger på mer enn 1,8 mm fra Teksdalselva (Trøndelag), 7.600 fra Skoelva (Telemark) og 5400 fra Rugga (Møre og Romsdal). Dødeligheten av årets muslinger er nå grovt regnet 40% og produksjonen har aldri vært så høy som den er i dag. Vi har brukt den samme produksjonsmetoden som tidligere med unntak av tilførsel av alger dyrket i anlegget. Det er svært plausibelt å anta at vannbehandlingen i anlegget er årsaken til at produksjonsresultatene nå er så gode, men siden tilførselen av levende alger også startet i 2019 kan en ikke utelukke at disse også har hatt en effekt.

			Antall	Antall i elva
Årvikelva	Tysvær	2019	15.500	300-400
Teksdalselva	Ørlandet	2020	16.000	Ukjent-kun nedre del
Skoelva	Nome	2020	7.600	Mindre enn 1000
Rugga	Fræna	2020	5.400	Usikker

Tabellen viser produksjonen av unge muslinger i Muslinganlegget etter opptelling Januar 2021.

Infeksjon av fisk 2020

Av de fem muslingbestandene som er kommet inn i år i henhold til kontrakt med Miljødirektoratet, har Svankilelva (Hitra), Lakselva (Hitra) og Vollelva (Hitra) sluppet glochidier og fra Dokkadeltaet i Oppland har Etna bidratt med infeksjoner. Fisken er tungt infisert og vi vil kunne høste mer enn anlegget har kapasitet til å ivareta for produksjon. Lakselva er imidlertid tapt, fordi en eller flere otere (*Lutra lutra*) klarte å ta seg inn i fiskekaret i slutten av januar 2021 og utraderte all fisken. Bingselva fra Drammensvassdraget har trolig ett tidlig glochideslipp og har derfor blitt tatt inn for seint. Vi har følgelig ingen glochideslipp fra Bingselva. Imidlertid, har vi også infisert fisk med muslinger fra Haukåsvassdraget (Vestland fylke) og Lyngstadelva (Møre og Romsdal). Sistnevnte hadde ikke glochideslipp da den ble tatt inn i 2019 og Haukåsmuslingene som har hatt store problemet grunnet forurensing, har vært holdt i anlegget i ett år og begynt å reproducere. Etter etablering av trommelfilter og kalking av inntaksvannet er dødeligheten på stammuslinger nå svært lav og trolig lavere enn i naturlige habitat.

Utsetting av kultiverte muslinger har som mål å bevare bestander inntil forholdene i lokaliteten bestanden kommer fra er forvaltet på en slik måte at muslingen kan klare å reproducere selv. En forutsetning for dette er at den utsatte muslingen genetisk sett representerer den den ble hentet i fra (Hoftyzer *et al.*, 2008) for å sikre at større antall med unge muslinger ikke reduserer den genetiske diversiteten i i bestanden (Tracy *et al.*, 2011). Det vil bli tatt prøver fra alle stammuslinger og prøvene vil bli konservert i RNA later og frosset ned for seinere genetisk analyse av materialet Innsamlede stammuslinger, vil som en hovedregel tilbakeføres til vassdragene de kommer fra. I et fåtall tilfeller hvor all gjenværende musling befinner seg i anlegget vil muslingen oppbevares i en lengre periode for å produsere glochidier for kultivering. Ved større avik i allelfrekvenser og heterozygositet bør en vurdere å kultivere flere aldersklasser. Det er også viktig å hente inn musling som er befruktet i elven de kommer fra fordi muslinger kan befruktes fra flere hanner enn dem som hentes inn som stammusling (Jones, 2018; Wacker *et al.*, 2019).

Stammusling 2020	hunner med glochider	verter
Bingselva (Øvre Eiker)	Ingen glochidier	Ørret
Haukåselva (Bergen)	14	Ørret
Vollelva (Hitra)	34	Laks/Ørret ?
Lakselva (Hitra)	42	Laks/Ørret ?
Svanvikselva (Hitra)	17	Laks/Ørret?
Lyngstadelven (Molde)	5	Ørret
Etna (32	Ørret

Vitenskapelig arbeid fra prosjektet

I 2020 er det produsert to masteroppgaver og en doktor scient opgave fra anlegget. Kristin Lian Aa og Katrine Åmdal Sundt tok begge sin masteroppgave i regi av prosjektet. Kristins masteroppgave hadde tittelen “

Can environmental toxins increase parasite fitness ? Ecotoxicological studies on the effects of microcystin on the host-parasite dynamics of Schistocephalus solidus. Tittelen på

Katrines masteroppgave **Eutrophication of oligotrophic habitats:** toxicological studies of the early life stages of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in cyanobacterial bloom conditions.

Janhavi Marwaha disputerte med doktoroppgaven « Host-parasite interactions between freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) and their salmonid hosts» Arbeidet inneholder tre vitenskapelige arbeid:

Marwaha, J., Jensen, K.H., Jakobsen, J.J. and Geist, J. (2017). Duration of the parasitic phase determines subsequent performance in juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*). *Ecology and Evolution*, 7 (5), pp 1375-1383. doi: 10.1002/ece3.2740.

Marwaha, J., Aase, H., Geist, J., Stoeckle, B.C., Kuehn, R. and Jakobsen, P.J. (2019). Host (*Salmo trutta*) age influences resistance to infestation by freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) glochidia. *Parasitology Research*, 118 (5), pp 1519-1532. doi:10.1007/s00436-019-06300-2.

Marwaha, J., Jakobsen, P.J., Karlsson, S., and Wacker, S.W. (2019). Differential glochidial virulence and host bias of individual mothers observed in the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) salmonid host-parasite system. (Manuskript)

Videre ble det publisert ett vitenskapelige arbeid av Wacker S, Larsen BM, Jakobsen P, Karlsson S. 2019. Multiple paternity promotes genetic diversity in captive breeding of a freshwater mussel. *Global Ecology and Conservation* 17: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00564>.

Datagrunnlaget for disse arbeidene har fremkommet som biprodukt av muslingproduksjonen i Austevoll.

Referanser

Geist J. 2010. Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia* **644**: 69–88.

Hoftyzer E, Ackerman JD, Morris TJ, Mackie GL. 2008. Genetic and environmental implications of reintroducing laboratory-raised unionid mussels to the wild. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **65**: 1217–1229.

Jones J. 2018. Assessing genetic variation of mussel hatchery operations. *Ellipsaria* **20**: 37–38.

Killeen I, Aldridge D, Oliver G. 2004. *Freshwater bivalves of Britain and Ireland*. Field Studies Council.

Killeen IJ. 2009. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L., 1758) in the River Irt Cumbria: Report on the 2009 survey., Unpublished report, 18 pp.

Kålås, S. 2021. Oppfølgende undersøkingar av elvemusling og status for arten i Vestland fylke i 2020. Rådgivende Biologer AS rapport 3302. 60s.

Larsen, B.M. 2005a. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Innspill til den faglige delen av handlingsplanen. – NINA Rapport 122. 33 s.

Tracy LN, Wallis GP, Efford MG, Jamieson IG. 2011. Preserving genetic diversity in threatened species reintroductions: How many individuals should be released? *Animal Conservation* **14**: 439–446. 45

Vaughn CC. 2018. Ecosystem services provided by freshwater mussels. *Hydrobiologia* **810**: 15–27.

Vaughn CC, Hakenkamp CC. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* **46**: 1431–1446.

Vaughn CC, Nichols SJ, Spooner DE. 2008. Community and foodweb ecology of freshwater mussels. *Journal of the North American Benthological Society* **27**: 409–423.

Wacker S, Larsen BM, Jakobsen P, Karlsson S. 2019. Multiple paternity promotes genetic diversity in captive breeding of a freshwater mussel. *Global Ecology and Conservation* **17**: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00564>.