



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser  
Sötvattenslaboratoriet

## Medborgarforskning för Musslor i Mälaren



**Slutrapport 2019-12-31**

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	3
Syfte .....	4
Inledning .....	4
Medborgarforskning - en win-win situation .....	4
Vandarmusslans utbredning, ekologi och påverkan .....	5
Metodik .....	7
Provtagningsplatser .....	7
Fjärrstyrd dropkamera .....	7
Musselprovtagning .....	10
Strategi för ett effektivt utförande .....	10
Bedömning av video .....	12
Resultat och diskussion .....	13
Lokalisering av hårbotten .....	13
Tidsåtgång .....	13
Bedömning av täckningsgrad, antal och andel levande musslor .....	13
Fördelar och nackdelar .....	16
Rapportering .....	16
Rekommendationer .....	16
Tack .....	17
Referenser .....	18

## Sammanfattning

Projektet ”Medborgarforskning för Musslor i Mälaren” genomfördes 2019. Projektet hade främst två syften. Dels ville SLU Aqua finna enkla och snabba metoder för övervakning av den invasiva vandarmusslan *Dreissena polymorpha* i Mälaren. Dels var det viktigt att genomföra projektet som ett medborgarforskningsprojekt, i nära samarbete med lärare och elever. Vandarmussla är en främmande art som ursprungligen kommer från området kring Kaspiska havet. Musslan har etablerats i Mälaren sedan 1920-talet, och har på senare tid även kraftigt expanderat i andra svenska sötvattenssystem. Vandarmusslor kan bilda musselbankar på alla typ av substrat, men de återfinns mestadels på hårbotten. Flottviken i Mälaren (i närheten av Märsta) valdes ut som pilotområde för denna metodstudie. Två fältdagar valdes ut i oktober, då elever och lärare fick testa metodiken. Sammanlagt sex klasser från årskurs 7-9 med lärare från Naturskolan i Sigtuna och Centralskolan i Märsta närvarade under fältdagarna. Arbetet utfördes från en motordriven flytplattform, samt en snabbgående motorbåt. SLU Aquas utgångspunkt var att finna metoder för att bedöma täckningsgrad och antal musslor/m<sup>2</sup> vid tre provtagningsplatser i viken. Genom att använda fjärrstyrd video och dropkamera kom vi åt områden som annars var svåra att inventera med konventionella metoder som fridykning eller vattenkikare. Då det inte går att särskilja levande musslor från döda med hjälp av enbart dropvideo användes sedimentprovtagare för att uppskatta andel levande musslor. Bedömning av täckningsgrad och antal musslor/m<sup>2</sup> gjordes av fyra olika elevgrupper per provtagningsplats. Eleverna räknade musslor utifrån stillbilder från videoupptagningar och kompenserade för andelen levande/döda musslor på platsen. Fälтарbetet tog i genomsnitt 30 minuter per plats, och 50 minuter för att utvärdera video och fotografier. Beräkningarna av täckningsgrad, andel levande musslor och antal musslor/m<sup>2</sup> påverkades kraftigt av musselbankens utseende, var i banken (patchen) som dropvideon och bottenhuggen hamnade, samt av bias hos bedömnarna. Trots viss variation i resultaten så fanns det en hel del fördelar med metoden. Det handlar om en snabb, enkel och mobil metodik som fungerar tillfredsställande vid enklare frågeställningar med en viss kvantifieringsgrad. Metoden kan användas i sjöar med dålig sikt och på större djup än fyra meter, och de flesta momenten kan utföras av elever. Metoden är inte lika väderberoende som då videotranskter genomförs eftersom man ankrar upp båten vid provtagningsplatsen. Dock kan man vara tvungen att flytta båten för att provta ett större område, vilket ändrar geografisk position. Det var svårt att välja ut hårbotten med Lowrance-loden (istället bör ”side-scan sonar”-teknik testas). Musselbankernas (patchernas) storlek varierar kraftigt och kantzoner var svåra att identifiera utan dropkamera. Med hjälp wifi-koppling till iPad/iPhone, skulle träff/miss i patchen kunna utvärderas mer i detalj. Bottenhugg (för andel levande musslor) och videoupptagning gjordes inte heller på exakt samma plats, och det hade varit bättre att placera kameran direkt ovanpå sedimenthuggaren.

Projektet finansierades med medel från SLU (FOMA) samt från Havs- och vattenmyndigheten.

## Syfte

Projektet hade två huvudsakliga syften. Vi ville finna enkla och snabba metoder för övervakning av den invasiva vandrarmusslan (*Dreissena polymorpha*), i insjöar på hårda bottenar och på djup över fyra meter. Dessutom ville vi se om projektet kunde bedrivas på ett lättförståeligt och konkret sätt, så att lärare kunde genomföra projektet tillsammans med högstadiel elever.

## Inledning

Det finns flera rapporter som har utvärderat metoder för bedömning av artabundans och täckningsgrad av hårbottenfauna på större vattendjup. Användbara metoder av undervattensfotografering och videoupptagning har t.ex. visat sig fungera utmärkt i marin miljö (se t.ex. Johnston et al. 2019; Goudge et al. 2014; Wijkmark et al 2014). I Sverige har dessa metoder också utvärderats för just marin miljö (Havs- och vattenmyndigheten 2017; Blomqvist et al. 2012). Till skillnad från dessa studier prioriterade SLU Aqua behoven att finna enkla dropvideo-metoder för *insjöar*, miljöer som ofta har betydligt sämre sikt än marina miljöer (bl.a. pga. högre turbiditet och sämre ljusinstrålning). Trots detta har flera studier genomfört lyckade transektstudier med dropkamera även i insjöar (Karatayev et al. 2018). En väsentlig skillnad i jämförelse med tidigare undersökningar var att projektet ”Medborgarforskning för Musslor i Mälaren” skulle kunna utföras av personer som inte var utbildade biologer eller forskare. SLU Aqua ville testa möjligheterna att använda enkla och konkreta metoder för medborgarforskning. I naturvårdsverkets skrift Övervakning av främmande arter i Mälaren (2011) efterlyses övervakning av vandrarmusslor, men metodiken som föreslås utgår från mer traditionella metoder (dyktransekter). SLU Aqua vill med denna studie testa mer modern och kostnadseffektiv metodik.

## Medborgarforskning - en win-win situation

För SLU Aqua var det viktigt att projektet genomfördes som ett medborgarforskningsprojekt, där skolbarn och lärare från flera skolor involverades tidigt i planeringen. Genom att inkludera lärare och skolbarn i olika miljöprojekt, kan SLU engagera fler personer utifrån samhället (som normalt står utanför forskningsvärlden), vilket ger många vinster. SLU kan t.ex. uppmuntra fler skolor till att arbeta med forskning och miljöövervakning i undervisningen och därmed erhålla en bättre integration mellan objektiv problemlösning och naturvetenskaplig utbildning på grundskolenivå (figur 1). SLU kan dessutom öka möjligheterna för att mer kostnadseffektivt undersöka fler lokaler, tillsammans med engagemang från medborgare. SLU kan därmed bredda förståelsen för interaktionen mellan invasiva arter, deras kringliggande miljö, samhälleliga kostnader för en eventuell påverkan och behovet av miljöövervakning.



**Figur 1.** Lärare från Naturskolan i Sigtuna och elever från Centralskolan i Märsta diskuterar vad som ska göras under en av projektets fältdagar 2019 (foto: Daniel Uddenberg, Centralskolan i Märsta).

## Vandarmusslans utbredning, ekologi och påverkan

Vandarmussla (*Dreissena polymorpha*) är en främmande art som ursprungligen kommer från området kring Kaspiska havet. Musslan har etablerats i Mälaren sedan 1920-talet, och har på senare tid även kraftigt expanderat i sjöar som Hjälaren, Roxen och Glan m.fl. Vandarmusslan är mycket invasiv, och känd för att kolonisera sjöar explosionsartat (Alix et al. 2016). I Sverige är t.ex. för närvarande hela området som an knyter till Göta kanal hotat. En vandarmussla lever normalt i 3-5 år (Ludyanskiy et al. 1993). De når reproduktiv ålder efter ca ett år (Strayer 1991), men lek är möjlig redan vid några månaders ålder om vattentemperaturen håller sig över 12°C genom hela våren och sommaren (Mackie 1991). Befruktningen sker externt och ägg/spermier släpps ut direkt i vattnet (Strayer 1999); hermafroditism förekommer men är ovanligt (Ludyanskiy et al. 1993). Honor släpper 20 000 – 30 000 ägg vid varje lektillfälle. Vid optimala temperaturförhållanden kan musslorna leka upp till fem gånger på en säsong, vilket innebär att varje hona kan producera över en miljon ägg per år (Gilroy & Wright 2016). Detta bidrar så klart till vandarmusslornas oerhörda expansionstakt vid nyetablering. Befruktade ägg utvecklas till planktoniska veligerlarver (TL: 80 – 220 µm; Strayer 1999), och behöver ytterligare en till nio veckor för att vidareutvecklas beroende på vattentemperatur (Martel et al. 1994). De planktoniska veligerlarverna sprids vidare med vattenströmmar, och äter huvudsakligen växtplankton (Strayer 1999). Slutligen sätter sig de små larverna fast (koloniserar), med hjälp av trådar som utsöndras från byssus, på lämpligt substrat. De utvecklas snabbt till småmusslor, till utseendet identiska sina föräldrar. (Ludyanskiy et al. 1993; figur 2). Efter etablering kan invasiva arters populationer variera stort i

mängd och utbredningsområde. I Mälarens östra delar har t.ex. vandrarmusslan kraftigt minskat sedan 2005 (Bohman 2019).



**Figur 2.** Årsjuvenil (0+) vandrarmussla från koloniseringsundersökningar i Mälaren 2016 (foto: Patrik Bohman, SLU).

Vandrarmusslor kan bilda musselbankar på alla typ av substrat. De återfinns dock mestadels på hårdare substrat, men har även hittats på mjukare botten, samt på djur och växter (Coakley et al. 2002, Burlakova et al. 2006). I skiktade sjöar kan vandrarmusslornas utbredning även begränsas i djupled (hypolimnion) genom syrebrist (Yu & Culver 1999), och vissa studier konstaterar att musslorna sällan koloniserar större djup i sådana sjöar (Mackie et al. 1989). I skiktade sjöar eller sjöar med mycket mjukbotten trängs istället musslornas utbredning ofta ihop på transportbotten inom littoralen (närmare land). I Mälaren finns dock hårdtytor även på djupare områden, t.ex. där kraftiga underströmmar blottlagt hårdsubstrat, som kan fungera som tillväxtområden. Vandrarmusslor sätter sig även fast på annan flora och fauna. Detta kan leda till att sällsynta stormusselararter försvinner på grund av konkurrens och överväxt (figur 3). Tidigare studier har konstaterat att det finns en stark koppling mellan vandrarmusslors täthet och ökad dödlighet hos inhemska stormusslor (Ricciardi et al. 1995). Vid höga tätheter kan vandrarmusslor även förändra hela ekosystem genom att överkonsumera djur- och växtplankton. En medelstor vandrarmussla beräknas filtrera omkring 1,5 liter vatten per dag, vilket kraftigt kan påverka högre trofnivåer, t.ex. för fisk (Gilroy & Wright 2016; Colvin et al. 2015). Eftersom ingen övervakning sker av musslor i Mälaren, vet vi inte hur vandrarmusslornas utbredning ser ut. 2002-2006 utfördes en strandinventering av musslor (Lundberg & von Proschwitz 2007). Detta följdes av inventeringar av musslor och snäckor 2016-2017 (Bohman 2019). Eftersom dessa undersökningar endast genomfördes på strandnära områden (0-2 m djup), så är det intressant att finna metoder som även kan studera bestånd på djup över fyra meter. 2007 genomförde Grandin och Larson dykinventeringar av vandrarmusslor på större djup vid några lokaler i Mälaren, men de östra populationerna verkar ha minskat sedan dess (Bohman 2019). Därför initierades projektet ”Medborgarforskning för musslor i Mälaren” av SLU Aqua 2019.



**Figur 3.** Vandrarmussla fastsatt på en spetsig målarmussla (*Unio tumidus*) från Mälaren. (Foto: Patrik Bohman, SLU).

## Metodik

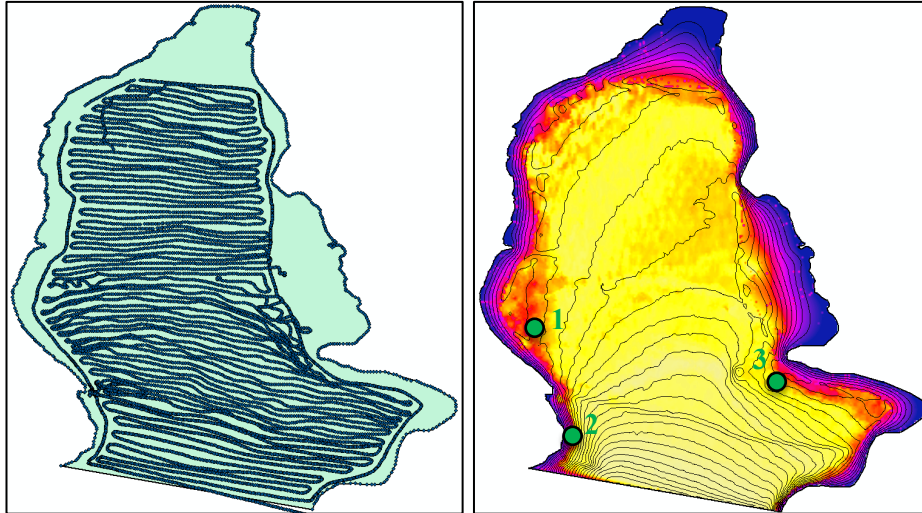
Under 2018 hade SLU Aqua och Naturskolan bl.a. hunnit ekoscanna djup och botten i Flottviken utanför Naturskolan (men inte GIS-analyserat resultaten), köpt in utrustning för undervattensvideo och utvecklat och testat tre nedsänkbara dropkamera-prototyper (Bohman 2019). Under 2019 genomfördes följande: 1) identifiering av tre undersökningsplatser i Flottviken där vi kunde testa metodiken, 2) utformning av strategier för att kunna utföra metodiken som ett medborgarprojekt och 3) utvärdering av metodiken med hjälp av lärare och elever.

## Provtagningsplatser

Flottviken i Mälaren utanför Naturskolan i Sigtuna valdes ut som område för denna metodstudie. Eftersom Naturskolan har resurser (personal, utrustning, båtar) att ta sig ut och arbeta på vattnet var Flottviken idealisk. SLU Aqua planerade tillsammans med naturskolans personal upplägget för pilotprojektet. Först identifierade vi tre försöksplatser i Flottviken, med hårt bottensubstrat utifrån GIS-analyser från ekolodning (figur 4). Platserna slumpades utifrån uppgifter om lämpligt djup (över fyra meter) och hårdhet (hårt). Sedan undersöktes platserna med båt och dropkamera för att kontrollera om botten verkligen var så hård som framgick av kartorna. I ett fall ändrades platsens position pga. att botten var alltför mjuk.

## Fjärrstyrd dropkamera

Genom att använda fjärrstyrd video och dropkamera kan områden som annars är



**Figur 4.** Flottsvisken innan (vänster bild) och efter (höger bild) att ekolodsdata GIS-analyserats. Vänster bild visar körningar med ekolodet i viken. Höger bild visar djuplinjer med 1 meters differens i djupled. Bottenssubstrat visas i färger med mörklila som hårdast och ljusgul som mjukast. De tre provtagningsplatserna (1-3) är markerade med gröna punkter. Illustration: Patrik Bohman, SLU.

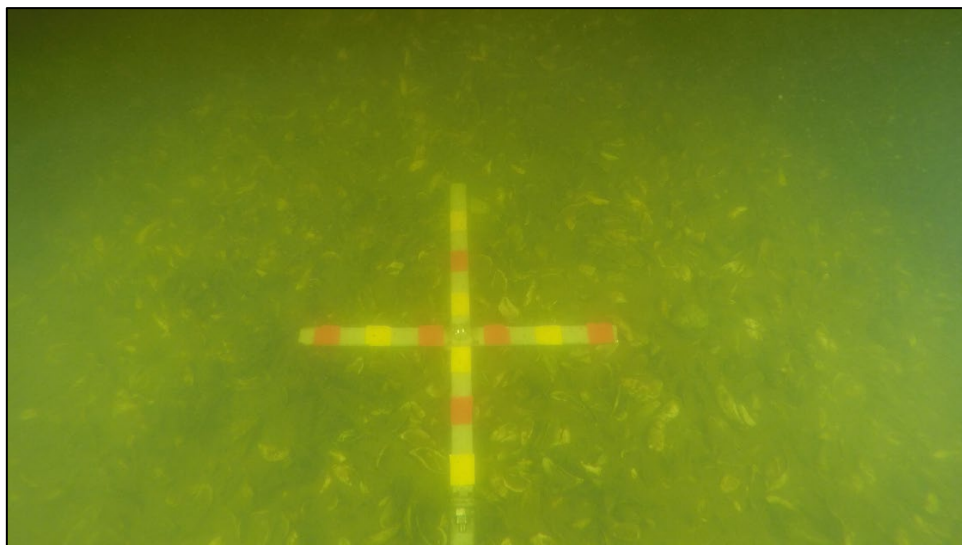
svåra att inventera med konventionella metoder som fridykning eller vattenkikare (pga. stora djup, dålig sikt eller otillgänglighet) undersökas. Det finns en mängd metoder med dropkamera beskrivna i tidigare litteratur (se t.ex. Havs- och vattenmyndigheten 2017; Blomqvist et al. 2012; Karatayev et al. 2018). Dessa studier förespråkar videotranskter, där dropkamera släpas en given sträcka efter en båt. Vi valde dock att använda en tidigare testad, enkel konstruktion med en dropkamera och två lampor fastsatta på en stålram (figur 5; Bohman 2019). Istället för att släpa dropkameran efter båten så sänks kameran istället ner och ställs på botten och videofilmar punkter i musselbanken (figur 11). Fördelarna med denna ”punkt”-metod är att det blir lättare gå att ankra upp och arbeta med skolklasser i båten. Videotranskter är dessutom betydligt mer känsliga för väder och vind, då båten måste följa en given sträcka efter GPS. Det bedömdes som svårt att utföra detta med flera skolklasser i båten. Dessutom är sikten mycket dålig i Mälaren, vilket kräver att kameran videofilmar på mycket nära håll och med god belysning. Som kamera användes en GoPro 4 (wifi-kopplad till en iPad/iPhone). Via fjärrstyrning kunde både inspelning och lämpliga nedslag kontrolleras i realtid uppe i båten. Två ledlampor (Arcon, 2000 lumen) placerades i en 45-gradig vinkel till kamerans fokusområde, vilket minskade störningar från partiklar i vattnet. Stålramen sänktes ned till botten med tre linor fästade i en styranordning från en båt. Med hjälp av styranordningen (som fungerade som en ratt; figur 5) kunde vi lyfta stålramen från botten och vrida den 360-grader uppifrån båten, så att en större bottenyta spelades in på video. På så sätt fick vi en bättre uppfattning om musslornas täckningsgrad och antal.





**Figur 5.** Vänster bild: dropkamera monterad med två ledlampor fastmonterad på en enkel stålram. Höger bild: en styranordning var kopplad till stålramen med tre linor. Den blå sladden kopplades till en iPad/iPhone som fungerade som fjärrkontroll och realtidsskärm (foto: Patrik Bohman, SLU).

På stålramen satt ett metallkors fäst, med en centimeterskala i båda riktningar (figur 6). Detta gjorde att vi kunde uppskatta musslors antal/ytenhet bättre. Siktdjupet i Mälaren är ofta mycket dåligt, vilket innebar att kameran måste placeras mycket nära botten för att musslorna skulle kunna räknas (20-30 cm).



**Figur 6.** Ett metallkors var fäst längst ut på metallramen. Korset fungerade som referens då antal musslor/ytenhet skulle bedömas (foto: Patrik Bohman, SLU).

## Musselprovtagning

Då det är svårt att särskilja levande musslor från döda med hjälp av enbart dropvideo, måste provtagningar göras med sedimentprovtagare (Ekman- eller Van Veenhuggare). Genom huggen får man en bättre uppfattning om andelen levande musslor i förhållande till döda skal (figur 7). Ekmanhuggare används ofta för sedimentprovtagning av mjukare sediment (SLU 1999) och Van Veen-huggare för hårdare substrat (HELCOM 2015). För att bedöma andelen levande musslor i förhållande till döda skal gjordes 10 bottenhugg per provplats i Flottviken. Den genomsnittliga andelen levande musslor användes sedan för att uppskatta antalet musslor/m<sup>2</sup> utifrån video och stillbilder. Det finns en problematik som är kopplad till uppskattningen av andel levande musslor. Vandrarmusslor lossnar nämligen efter en tid från substratet och dör. Stora banker av enbart döda skal kan därför störa uppskattningen av musslornas antal och täckningsgrad. Vid dykinventeringar av vandrarmusslor i Mälaren fann t.ex. Grandin & Larson (2007) att det på mellan två och tio meters djup fanns ett tjockt lager av döda musselskal, på vilket levande vandrarmusslor växte.



**Figur 7. Höger bild:** Lärare från Naturskolan i Sigtuna instruerar elever hur en sedimentprovtagare fungerar under en av fältdagarna i oktober 2019 (foto: Daniel Uddenberg, Centralskolan i Märsta). **Vänster bild:** Efter hugg med sedimentprovtagare sorteras musslorna i döda respektive levande exemplar och andel levande i förhållande till döda skal beräknas (foto: Patrik Bohman, SLU).

## Strategi för ett effektivt utförande

Medborgarforskningsprojektet kräver gedigen planering för att kunna utföras effektivt och resultatriktat. Det är bl.a. viktigt att inkludera projektets samarbetspartners i ett tidigt stadium. Vid konstruktiva möten planerade SLU Aqua, tillsammans med personal från Naturskolan i Sigtuna, hur metodiken skulle utföras samt utvärderas. Personal från Centralskolan i Märsta medverkade sedan till att utforma en mer detaljerad strategi för de två fältdagarna. Eftersom sikten i insjöar ofta förbättras då kiselalgbloomingen är över, valde vi att genomföra de två fältdagarna i slutet av året (oktober). Sammanlagt 6 klasser med ca 26 elever per klass från årskurs 7-9 deltog under fältdagarna. Klasserna delades upp i mindre grupper på 4-6 elever. Varje elevgrupp leddes av en vuxen personal och grupperna

turades om att testa olika typer av metodik vid ett flertal ”stationer”. Stationerna delades in i följande:

#### *Fältarbete*

- Dropkamerantering och videofilmning under vatten
- Bottenhugg med sedimentprovtagare och uträkning av andel levande musslor i musselbanken
- Registrering av kringliggande miljödata (temperatur, pH, syrehalt, färg, turbiditet, siktdjup)

#### *Laborativt arbete*

- Tolkning av täckningsgrad och antal musslor/m<sup>2</sup> från video/foto
- Lupp- och mikroskopstudier av musslor och plankton

Fältarbetet utfördes dels från en motordriven flytplattform (figur 9), bestående av tre ihopsatta flytbryggor, samt från en snabbgående motorbåt. Allt laborativt arbete utfördes vid Naturskolans lokaler på land. För att upprätthålla elevernas koncentration och intresse genomfördes även lättare aktiviteter i form av kanotpaddling och korvgrillning. De två fältdagarna blev mycket uppskattade av både lärare och elever. Vid fältarbetet bedömdes *andel levande musslor* av fyra olika elevgrupper, där varje grupp beräknade andel levande musslor från 10 olika bottenhugg inom samma provplats. Vid det laborativa arbetet bedömdes *täckningsgrad och antal musslor/m<sup>2</sup>* av 4 olika elevgrupper. Varje grupp tolkade



**Figur 9.** En flytande plattform, bestående av tre flytbryggor, där större elevgrupper kunde arbeta under fältdagarna (foto: Patrik Bohman, SLU).

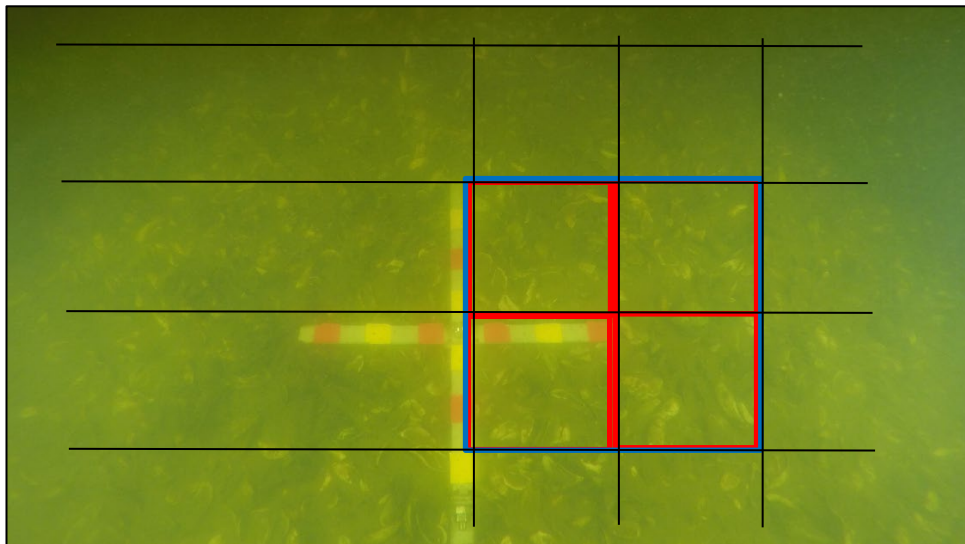
4 videos/fotografier från respektive 3 provplatser. Den laborativa bedömningsdelen genomfördes av elevgrupperna i anknytning till fältdagarna, samt senare i skolornas klassrum med berörd lärare. För att kunna utföra bedömningen användes ett antal semikvantitativa bedömningskriterier.

## Bedömning av video

**Täckningsgrad.** SLU Aqua använde en enkel, semikvantitativ skala för att bedöma täckningsgrad. Skalan är baserad på existerande riktlinjer för algkarteringar (Kautsky 1999):

- 0 (inga musslor)
- 5 (en till några få enstaka musslor)
- 25 (klart mindre än hälften av botten är täckt av musslor)
- 50 (hälften av botten är täckt)
- 75 (ej heltäckande men klart mer än hälften av botten täckt)
- 100 (botten är helt täckt)

**Antal musslor/m<sup>2</sup>.** Elevgrupper räknade musslorna utifrån stillbilder från videoupptagningarna, och använde korset på stålramen som referens (figur 10). Utifrån dessa rutor delades sedan fotografiet in i liknande rutor tills alla synliga musslor var räknade. Resultat från musselprovtagningen (andel levande musslor) vägdes in vid beräkningen av antal per ytenhet.



**Figur 10.** Med hjälp av korset som referens (känd längd) kunde underlagets yta beräknas i förhållande till antal musslor. Fotografiet delades sedan in i små fyrkanter som lades ihop till större. Successivt kunde samtliga synliga musslor beräknas på fotografiet (foto: Patrik Bohman, SLU).

## Resultat och diskussion

### Lokalisering av hårbotten

Lodningen av Flottsviken gjordes med ett enkelbeam-lod (Lowrance Elite Ti). Detta lod håller en relativt hög kvalitet, men har dock inte så hög hårdhetsprecision. Lodet behöver kalibreras mot kända bottentyper, så att GIS-analysen (Kringning) blir mer rättvisande. Detta gjordes inte innan lodet användes i projektet. Vi var därför tvungna att, efter att ha valt ut provtagningsplatser utifrån GIS-kartan (figur 4), även manuellt kontrollera bottensubstratet med dropvideo. En av provtagningsplatserna visade sig ligga på mjukbotten, och flyttades därefter till en hårdare botten. Det var därmed svårt att i detalj avgöra vilka bottenytor som bestod av hårdare substrat enbart med hjälp av Lowrance-lodet. Detta påverkar möjligheten att välja ut likvärdiga provtagningsplatser för att veta var området bör placeras enligt karta, samt hur stort område som bör samplas (med avseende på var gränserna går för hårdsubstrat och djup). Det vore därför intressant att använda en side-scan sonar som mer tydligt kan visa på avvikande bottentopografi (hårbotten) för musselövervakning.

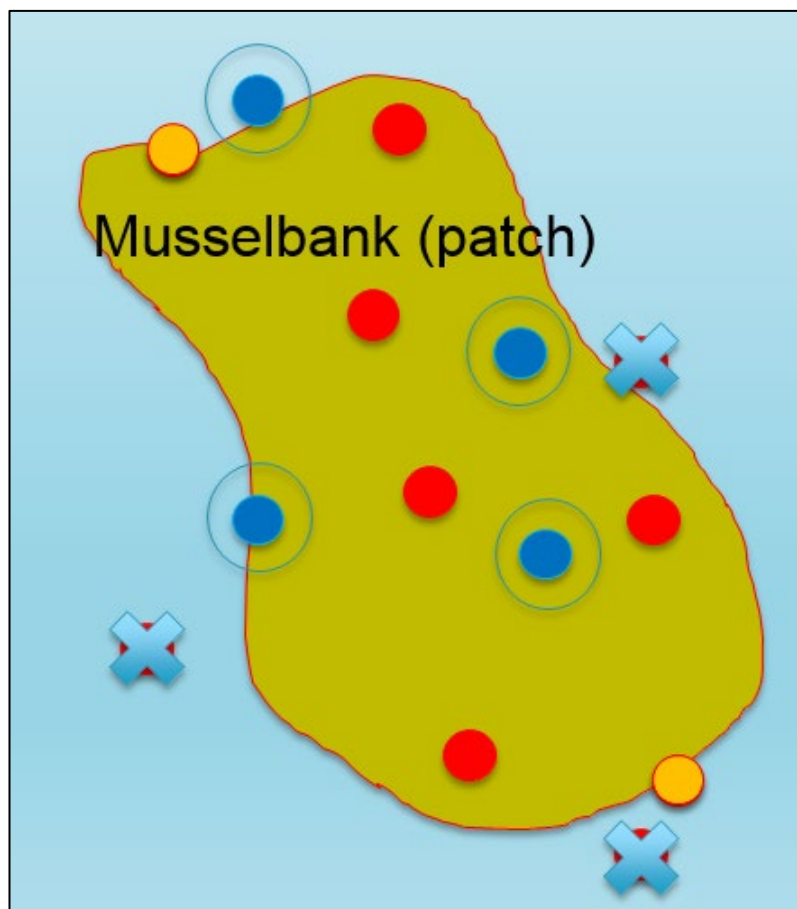
### Tidsåtgång

*Fältarbete.* Bedömning av tidsåtgång för metodiken genomfördes av elevgrupper i båt. För att utföra en uppskattning av vandarmusslors täckningsgrad i fält tog det i genomsnitt **30 minuter** per lokal för fältarbetet. Fältarbetet inkluderade uppankring och stabilisering av båt vid undersökningsplatsen, dropvideofilmning av 4 nedslag, samt 10 ekmanhugg (inklusive beräkning av andel levande musslor).

*Laborativt arbete.* Utvärderingen av video och stillbilder tog lite längre tid, lite beroende på elevgruppernas förmåga att fokusera på sitt arbete. I genomsnitt arbetade eleverna i omgångar under **50 minuter** för varje lokal.

### Bedömning av täckningsgrad, antal och andel levande musslor

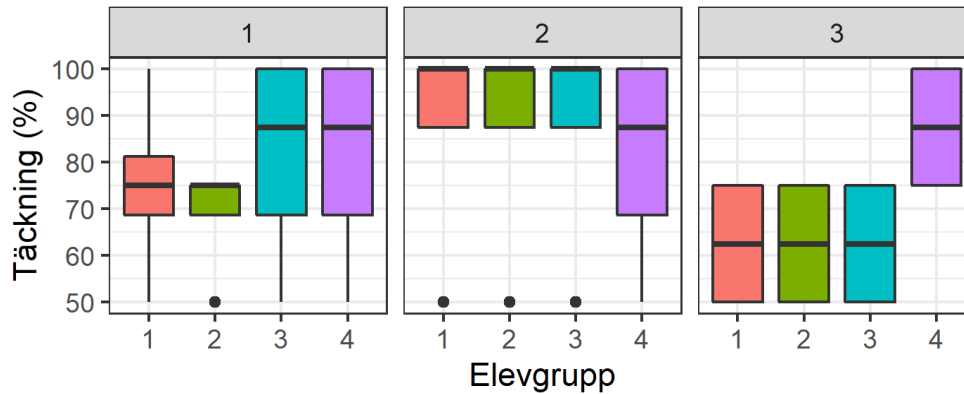
Även om musslorna är beroende av hårdsubstrat så växer de oregelbundet i ”patcher”. Det innebär att alla hårda bottnar inte alltid är optimala som tillväxtplatser. I Mälaren finns t.ex. en mycket stor variation av musslors utbredning på olika typer av hårbottnar. Det innebär att provtagningsplatser inom samma geografiska område kan uppvisa stora skillnader i beståndens tätheter (Grandin & Larson 2007). I områden med mycket höga tätheter upptäckte dock Grandin & Larson att vandarmusslor bildade en mer eller mindre heltäckande monokultur på botten. Denna täthet avtog på djup grundare än 2 meter, förmodligen på grund av vågpåverkan, erosion och isskrap. Utbredningsområdenas storlek kan även variera med säsong, eftersom beståndens täckningsgrad är störst under sommaren och minskar mot vintern (Rolla et al. 2019).



**Figur 11.** Musselbanker varierar kraftigt i storlek och utseende. Blå punkter visar nedslag med dropkamera ( $n = 4$ ) och cirklar visar kamerans täckning i 360-grader. Övriga punkter visar bottenhugg ( $n = 10$ ) inom patchen (röda), i kantzonen (gula) och utanför patchen (överkryssade). Illustration: Patrik Bohman, SLU.

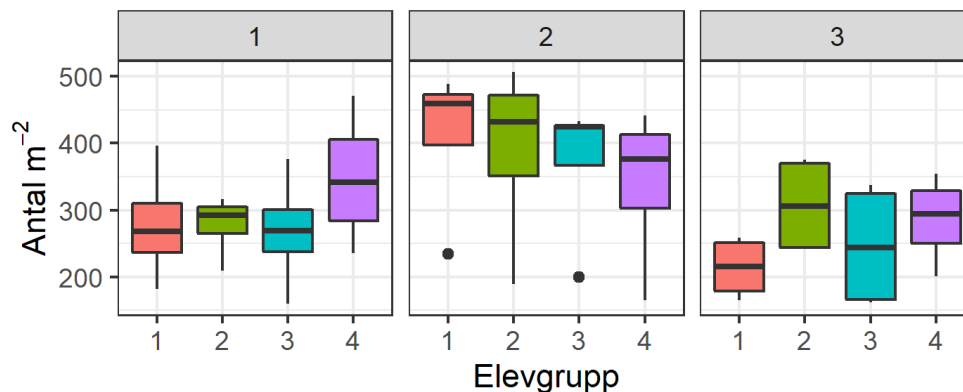
Beräkningarna av täckningsgrad, andel levande musslor och antal musslor/m<sup>2</sup> var helt beroende på musselbankens utseende, samt var i banken (patchen) som dropvideon och bottenhuggen hamnade (figur 11). Om bottenhuggen hamnade utanför banken (antal levande och döda musslor = 0) exkluderades hugget och gjordes om. Större variationer av andel levande musslor förekom troligen då bottenhugget hamnade i kantzonen av banken, på grund av att hugget gav färre levande och döda musslor totalt. Om något fler levande musslor fångades i förhållande till döda, så gav detta därmed större skillnader i resultatet. Eftersom vi inte filmade själva huggen så kunde vi inte uppskatta om de låg mitt i banken eller närmare kantzonen. Vi rekommenderar därför att även huggen filmas.

Vi upptäckte en viss subjektivitet vid enskilda elevers bedömning av täckningsgrad, vilket orsakade en variation i resultatet (figur 12-13). Det var betydligt svårare att erhålla rättvisande siffror vid beräkning av antal musslor vid ett genomsnittligt nedslag (figur 13). Figur 12 visar att bedömning av



**Figur 12.** Täckningsgrad utförd på provtagningsplats 1-3. Vid varje provtagningsplats genomfördes 4 videoupptagningar som respektive bedömdes av 4 elevgrupper.

täckningsgrad till stor del är lika inom de flesta elevgrupper, men en viss okänd bias (som t.ex. kan bero på okoncentration, slarv eller svårighet att tolka resultat) visar på stor variation inom enskilda elevgrupper. I figur 13 kan vi se att variationen också är ganska stor mellan vissa elevgrupper. Det finns alltså en bias beroende på vem som utför analysen. Täckningsgrafiken blir också lätt missvisande eftersom skattningen är grov och stickprovet relativt litet. Det gör att en ”outlier” påverkar grafernas utseende mycket.



**Figur 13.** Beräknat antal musslor/m<sup>2</sup> i förhållande till plats (n=3), videoupptagning (n=4 per plats) och elevgrupp (n=4 per video).

På samtliga tre undersökningsplatser i Flottviken var det en relativt stor andel musslor som var döda. Mellan 14-30% var levande utifrån de 10 bottenhugg som togs per plats. Att använda bottenhugg för att uppskatta mängden musslor per ytenhet visade sig dock vara kopplad till en viss problematik. Risken är att andelen döda musslor i förhållande till levande övertolkas. Anledningen är att levande musslor endast verkar fästa på det övre skiktet av musselskal (Grandin & Larson 2007). Eftersom vi inte vet hur djupt skiktet med döda skal är på provtagningsplatsen, så blir det svårt att kompensera för andelen levande/döda musslor i banken. Räkning av musslor utifrån video/foto kan enbart göras utifrån antalet i det allra *översta* skiktet, och det är möjligt att de flesta av dessa musslor är

levande. Om bottenhugg ska användas för att kompensera för andelen döda musslor så måste metodiken förbättras. Bottenhugg fungerar med mindre felmarginal om musselbankens djup är mycket grund, och med få döda musslor. En absolut fördel skulle därför vara att sätta dropkamera direkt över själva huggaren så att vi kunde fotodokumentera exakt var hugget hamnade i förhållande till mängden musslor. Det vore också en fördel om vi kunde mäta djupet av musselbanken. På grund av tidsbrist gjordes dock inte detta.

## Fördelar och nackdelar

Trots stor variation i resultaten så fanns det en hel del fördelar med metoden. Det handlar om en snabb, enkel och mobil metodik som fungerar tillfredsställande vid enklare frågeställningar. Metoden kan användas i sjöar med dålig sikt och på större djup än 4m, och de flesta momenten kan utföras av elever och lärare. Med hjälp av dropkameror som fjärrstyrs med iPhone, skulle man kunna utvärdera träff/miss i patchiness. Metoden är inte lika väderberoende som då videotransekter genomförs eftersom man ankrar upp båten vid provtagningsplatsen. Dock kan man vara tvungen att flytta båten för att provta ett större område. Det fanns även vissa nackdelar med metoden. Det var svårt att välja ut hårdbottnar med Lowrance-loden (man bör istället undersöka ”side-scan sonar”-teknik). Musselbankernas (patchernas) storlek och utseende varierar kraftigt och kantzoner var svåra att identifiera utan dropkamera. Bottenhugg och videoupptagning gjordes inte på exakt samma plats, och bottenhuggen kompenserade inte alltid för korrekt andel döda individer. Det hade därför varit bättre att placera kameran direkt ovanpå bottenhuggaren. Det fanns en viss bias då elevgrupperna bedömde täckningsgrad och antal musslor/m<sup>2</sup>. Det är svårt att exakt säga vad denna beror på.

## Rapportering

Projektet Medborgarforskning för Musslor i Mälaren (SLU.aqua.29019.5.4-101) har följande måluppfyllnad enligt avtal med havs- och vattenmyndigheten:

”Projektet skall senast 31/12-19 rapporteras skriftligen. Rapporten skall innehålla utförlig metodbeskrivning, resultat som gör det möjligt att följa upp metodiken och vidareutveckla den. Den skall också innehålla utfallet från samarbetet med skolbarn.”

Uppdaterad information kommer att rapporteras via projektets hemsida (<https://www.slu.se/musslor-i-malaren>). Den skriftliga rapporten kommer också att kunna laddas ner från denna hemsida.

## Rekommendationer

Utifrån våra erfarenheter inom detta projekt, så kan vi ge några rekommendationer om framtida projektidéer:



- Förbättra metodiken kring bottenhugg och kompensationen av döda musslor av de som räknas från video.
- Fortsätta att utveckla metodik för att snabbt finna så kallade ”hotspots”, dvs. hårdsustratområden där vandrarmusslor kan utveckla bestånd. Detta går att genomföra med hjälp av side-scanner plotting, även i miljöer med hög turbiditet (Powers et al. 2015). Då man valt ut ”hotspot”-områden i Mälarens olika delar, så kan man t.ex. vart tredje år undersöka beståndsutvecklingen på plats med uv-video.
- Skapa ett övervakningsprogram för invasiva arter i Mälaren, där arter på hårdsustrat ingår (inklusive vandrarmusslan) med hjälp av hotspot-områden.
- Man skulle även kunna analysera vandrarmusslans förekomst med hjälp av eDNA-provtagning vid SLU:s regelbundna djurplanktonhåvningar som regelbundet genomförs i Mälaren. Vandrarmusslans veligerlarver är planktoniska och kan därmed fångas in med hjälp av zooplanktonhåvning. Med hjälp av enartsanalys (qPCR) kan mängden DNA relateras till mängden veligerlarver i vattnet (se Bohman 2018).
- Övervaka systerarten quaggamussla (*Dreissena rostriformis bugensis*), som mycket väl kan ha etablerats i Mälaren. Eftersom ingen övervakning av musslor överhuvudtaget sker i Mälaren så vet vi inte om arten förekommer i Sverige än. Dessutom är arten mycket lik vandrarmusslan.

## Tack

Ett stort tack till alla som har hjälpt till under projektets gång. Tack till ett bra samarbete med Naturskolan i Sigtuna (Peja Snöbohm, Jan-Erik Hagggarsson, Johan Lindell) och Centralskolan i Märsta (Daniel Uddenberg, David Sjöberg). Tack till alla elever som hjälpte till att utvärdera metodiken under de två långa, kalla och regniga fältdagarna i oktober. Tack till de personer inom SLU Aqua som har hjälpt till i projektet ”Musslor i Mälaren” ända sedan starten 2016 (Alfred Sandström, Anders Asp, Fanny Rybak, Finn Broman, John Persson, Malin Hällström, Stefan Nyberg, Teresa Soler). Tack till Martin Ogonowski för boxplot-bearbetning av resultaten. Tack till praktikanterna Anton, Daniel, Jonas Mölle och Märta. Tack till Stefan Lundström för hans gedigna kunskaper om musslor. Tack Pavel Bina och SLU:s nätverk för medborgarforskning för givande diskussioner. Tack till SLU (FOMA-kansliet) och havs- och vattenmyndigheten för finansieringen av detta meningsfulla medborgarforskningsprojekt.

## Referenser

Alix, M., Knight, R.J., Ormerod, S.J. (2016). Rapid colonisation of a newly formed lake by zebra mussels and factors affecting juvenile settlement. *Management of Biological Invasions* 7(4): 405–418.

Blomqvist, M., Quarfordt, S., Andersson, S. (2012). Utvärdering av undervattensvideo (dropvideo) i jämförelse med dykning som visuell metod för uppföljning av marina naturtyper. Metodbeskrivning och erfarenheter från fält- och analysarbete utfört i samband med Waters gradientstudier i Västra Götaland och Östergötland. WATERS-rapport 2012-10-17.

Bohman, P. (2018). eDNA i en droppe vatten. Vattenprovtagning av DNA från fisk, kräftor och musslor – en kunskapssammanställning. *Aqua reports* 2018:18. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Drottningholm Lysekil Öregrund. 184 s.

Bohman, P. (2019). <https://www.slu.se/musslor-i-malaren/> (2019-12-20).

Burlakova, L.E., Karatayev, A.Y., Padilla, D.K. (2006). Changes in the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* within lakes through time. *Hydrobiologia*. 571:133-146.

Coakley, J.P., Rasul, N., Ioannou, S.E., Brown, G.R. (2002). Soft sediment as a constraint on the spread of the zebra mussel in western Lake Erie: Processes and impacts. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 5(3): 329-343.

Coggan, R., Mitchell, A., White, J., Golding, N. (2007). Recommended operating guidelines (ROG) for underwater video and photographic imaging techniques. MESH. [www.emodnet-seabedhabitats.eu/pdf/GMHM3\\_Video\\_ROG.pdf](http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/pdf/GMHM3_Video_ROG.pdf)

Colvin M, Pierce C, Stewart T. (2015). A food web modeling analysis of a Midwestern, USA eutrophic lake dominated by non-native common carp and zebra mussels. *Ecological Modelling* 312: 26-40.

Davies, J., Baxter, J., Bradley, M., Connor, D., Khan, J., Murray, E., Sanderson, W., Turnbull, C., Vincent, M., (2001). *Marine Monitoring Handbook*. JNCC. <http://jncc.defra.gov.uk/MarineMonitoringHandbook>

Gilroy, M.T. & Wright, C.A. (2016). *Silent Invaders: Biodiversity Decline as a Result of Zebra and quagga Mussel Over Population - A Historical Study of Eurasian Mussels in the North Country and Preventing their Spread Out West*. Rapport från St. Lawrence University (75 sidor).

Goudge, H., Morris-Webb, E., Stamp, T., Perry, F., Deamer-John, A. & O'Connor, J. (2014). Analysis of seabed video and stills data collected by drop down camera on the Solan Bank Reef SCI (1714S). JNCC Report No. 582. JNCC, Peterborough.

Grandin, U. & Larson, D. (2007). Dykinventering av vandarmussla i Mälaren och Hjälmaren - Rapportering av uppdrag 216 0634 (del 2) från Naturvårdsverket. ISSN 1403-977X (17 sidor).

Havs- och vattenmyndigheten (2017). Utvärdering av videoteknik som visuell undervattensmetod för uppföljning av marina naturtyper och typiska arter - Metodsäkerhet, precision och kostnader. Rapport 2017:8 (40 sidor).

HELCOM (2015). BALSAM Project 2013-2015: Recommendations and Guidelines for Benthic Habitat Monitoring with Method Descriptions for Two Methods for Monitoring of Biotope and Habitat Extent.

Johnston, C.M., Northen, K., Holt, R. & Parry, M. 2019 Identification of Littoral and Sublittoral Rock biotopes from community analysis results. JNCC Report No. 612. JNCC, Peterborough, ISSN 0963-8091.

Karatayev, A., Mehler, K., Burlakova, L.E., Hinchey, E.K., Warren, G.J. (2018). Benthic video image analysis facilitates monitoring of *Dreissena* populations across spatial scales. *Journal of Great Lakes Research* **44** (2018) 629–638.

Kautsky, H. (1999). Miljöövervakning av de vegetationsklädda bottarna kring Sveriges kuster. Mimeogr.version 20040513. Institutionen för Systemekologi, Stockholms Universitet. 33 s.

Ludyanskiy, M.L., D. McDonald and D. MacNeill. (1993). Impact of the zebra mussel, a bivalve invader. *BioScience*. **43**: 533-544.

Lundberg, S. & von Proschwitz, T. 2007. Mälarens stormusselfauna. Resultat från inventeringar längs Mälarens stränder. PM från Naturhistoriska riksmuseet. 2007:2. Naturhistoriska riksmuseets småskriftserie. ISSN: 0585-3249.

Mackie, G.L. (1991). Biology of the exotic mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia*. **219**: 245-268.

Mackie, G.L., W.N. Gibbons, B.W. Muncaster and I.M. Gray. 1989. The zebra mussel, *Dreissena polymorpha*: a synthesis of European experiences and preview for North America. Ontario Ministry of the Environment, Water Resources Branch, Great Lakes Section, Toronto, Ontario.

Martel, A., A.F. Mathieu, C.S. Findlay, S.J. Nepszy and J.H. Leach. (1994). Daily settlement rates of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, on an artificial substrate correlate with veliger abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **51**(4): 856-861.

Naturhistoriska riksmuseet (2015). Mälarens Stormusslor. Faktablad:  
<https://www.nrm.se/download/18.4a8bf74015c9db7e5961b105/1498117446126/13%20M%C3%A4larens%20stormusslor.pdf>.

Naturvårdsverket (2011) Övervakning av främmande arter I Mälaren. Rapport 6375. ISSN: 0282-7298 (58 sidor).

Powers, J., Brewer, S.K., Long, J.M. et al. (2015). Evaluating the use of side-scan sonar for detecting freshwater mussel beds in turbid river environments. *Hydrobiologia* (2015) **743**: 127.

Ricciardi, A., Rasmussen, J., Whoriskey, F. (1995). Predicting the intensity and impact of *Dreissena* infestation on native unionid bivalves from *Dreissena* field density. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 1449-1461.

Rolla et al (2019). Seasonal and spatial variation in growth and abundance of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in a recently invaded lake: implications for management. <https://t.co/HB7N62gIgK> #biorxiv\_ecology.

SLU (1999). Manual för riksinventering i sjöar och vattendrag 2000.  
<http://info1.ma.slu.se/RI2000/Provtagningsmanual.pdf>

Strayer, D.L. (1991). Projected distribution of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in North America. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **48**: 1389-1395.

Strayer, D.L. (1999). Effects of alien species on freshwater mollusks in North America. *Journal of the North American Benthological Society*. **18**: 74-98.

Wijkmark, N. (ed.) (2014). Field, laboratory and experimental work within the MARMONI project – report on survey results and obtained data. pp. 104.  
[http://www.aquabiota.se/wp-content/uploads/A3\\_REPORT\\_Survey\\_Results.pdf](http://www.aquabiota.se/wp-content/uploads/A3_REPORT_Survey_Results.pdf)

Yu, N. and D.A. Culver (1999). In situ survival and growth of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) under chronic hypoxia in a stratified lake. *Hydrobiologia*. **392**: 205-215.