

Handbok för restaurering av ålgräsekosystem i Sverige – Vägledning

Per-Olav Moksnes, Lena Gipperth, Louise Eriander, Kristjan Laas,
Scott Cole och Eduardo Infantes

Bilaga 1

Restaurering av ålgräs med frön i Västerhavet

Innehåll

1. Bakgrund
2. Beskrivning av olika metoder
 - 2.1 Skörd av blomskott
 - 2.2 Produktion och plantering av frön
3. Utvärdering och val av lokal
4. Utförande av restaurering
 - 4.1 Utförande av restaurering
 - 4.2. Val av donatoräng
 - 4.3. Tillstånd, skörd och transport
 - 4.4. Förvaring av blomskott och produktion av livsdugliga frön
 - 4.5. Plantering av frön från båt
5. Utvärdering
6. Källförteckning

1. Bakgrund

Under senare år har användandet av ålgräsfrön fått uppmärksamhet för dess potential att vara kostnadseffektiv vid restaurering av stora områden (Marion & Orth 2010). Som diskuterats i avsnitt 4 i handboken har dock fleråriga studier i Bohuslän visat stora förluster av sådda frön och låg överlevnad av unga fröskott (se tabell 4.1), vilket gör det svårt att använda frön vid storskalig restaurering av ålgräs i Sverige då kostnaderna skulle bli för stora (se bilaga 3). Även om det är svårt att rekommendera storskalig restaurering med frön med de metoder som står till buds idag presenterar vi nedan detaljerade metodbeskrivningar för hur frön ska skördas, förvaras och sås, med förhoppningen att problemen med dagens höga förluster ska lösas med tiden. Exempelvis har studier i Bohuslän visat att förlusten av frön kan minskas dramatiskt om frön begravs med 2–3 cm sand (som skyddar frön från att spolats bort och ätas upp) så att upp till 14 % av planterade frön utvecklas till skott (Infantes m.fl. 2016). Även om det idag saknas storskaliga metoder för att begrava miljontals frön på rätt djup i svenska vatten så har mekaniska metoder för både skörd och sådd av frön i sedimentet utvecklas i USA (se nedan), som möjligen skulle kunna anpassas för svenska förhållanden.

2. Beskrivning av olika metoder

Plantering av ålgräsfrön vid restaurering har utförts enligt en rad olika metoder och effektiviteten av frösådd samt framgången har visat sig vara starkt platsberoende (Marion & Orth 2010). De metoder som utvärderats för plantering av ålgräsfrön inkluderar processer där fröna sprids ut direkt på sedimentytan, antingen efter att blomskott förvarats och frön samlats in eller genom att låta insamlade blomskott naturligt släppa fröna över planteringsytan. Andra metoder där fröna begravs i sediment har också utvärderats, både genom manuell och mekanisk plantering (Marion & Orth 2010).

2.1 Skörd av blomskott

Då frön ska användas vid ålgräsrestaurering krävs att reproduktiva blomskott med frön samlas in från en donatoräng. Den vanligaste skördemetoden är att dykare samlar in blomskott för hand. Vid den nordamerikanska östkusten där tätheten av blomskott är relativt hög (100–200 skott per kvadratmeter) beräknas en dykare samla in runt 16 000 frön per timme (Marion & Orth 2010). Då många miljoner frön krävs för storskalig restaurering har olika typer skördemaskiner testats som kan användas från båt för att effektivisera insamlingen och minska kostnaderna. Den typ som varit mest kostnadseffektiv är en mindre skördemaskin som monteras i fören på en grundgående båt och klipper sjögräs på ett visst avstånd ovanför botten varefter skotten samlas in i en nätkasse (se Marion & Orth 2010 för detaljer). Denna typ av skördemaskin kan samla in 50–80 000 frön per timma. Mekanisk skörd medför dock att en stor majoritet av de skördade skotten är vegetativa, vilket gör att lagringsanläggningar behöver ta itu med en stor mängd biomassa, samt att metoden utgör ett avsevärt större ingrepp i donatorängen i jämförelse med metoder då blomskott skördas för hand. De skördemaskiner som används i USA idag kräver relativt stora donatorängar med hög täthet av blomskott som växer i ett område med plan botten och jämnt vattendjup utan hinder så som stora stenar. På den svenska västkusten är denna typ av ålgräsmiljö ovanlig, varför mekaniska skördare bedöms

vara svåra att använda. Mekaniska skördare utvecklade för sluttande, stenrika bottnar som är typiska i Bohuslän är för närvarande inte tillgängliga. Dessutom är tätheten av blomskott cirka 25 gånger lägre i Bohuslän (6 blomskott per kvadratmeter i medeltal) än i USA, varför en skördemaskin till 99 % skulle samla in vegetativa skott i svenska vatten. I Danmark pågår dock studier med att försöka utveckla mekaniska skördare för förhållanden i danska fjordar (se www.NOVAGRASS.dk), men när denna rapport skrivs finns ännu ingen fungerande metod. **Idag rekommenderas därför att blomskott skördas för hand i Sverige.** Även om denna skördemetod är tidskrävande ger den mindre negativa effekter för donatorängen, och mindre efterarbete eftersom enbart blomskotten samlas in.

2.2 Produktion och plantering av frön

Det finns idag två olika typer av planteringsmetoder för ålgräsfrön: (1) förvaring av blomskott i nätkassar över restaureringsområdet där frön får falla naturligt när de mognar, samt (2) förvaring av blomskott på land och insamling av mogna frön som planteras från båt vid valfri tidpunkt. De två metoderna har båda använts framgångsrikt i USA (Pickerell m.fl. 2005, Marion & Orth 2010, Orth m.fl. 2012) och har olika för- och nackdelar vilka beskrivs nedan.

Fröplantering med nätkassar

Vid frörestaurering med nätkassar placeras insamlade blomskott med mogna frön (ca 100 skott eller cirka 2500–5000 frön per kasse) i 0,5 m stora nätkassar (1 cm maska) som fästs i ytan vid bojar förankrade i havsbotten i området som ska restaureras. Förankringslinans längd anpassas så att varje nätkasse kan röra sig med strömmen över ett cirka 30 m² stort område, och bojar placeras i ruttmönster över restaureringsområdet så att bojarna svängradie precis överlappar (se Pickerell m.fl. 2005 för detaljer). Kassarna lämnas 1–2 månader vid lokalen där fröna faller av naturligt från blomskotten allteftersom de mognar, varefter nätkassar och bojar avlägsnas.

Restaureringsförsök med nätkassar i USA har gett blandat resultat med en fröskottsetablering på 0,1–7 % av planterade frön (Pickerell m.fl. 2005, Marion & Orth 2010). I Bohuslän har försök med metoden inte gett så goda resultat. I småskaliga försök i Gullmarsfjorden där kassarna förankrats nära botten bildade cirka 1 % av sådda frön skott som sedan visade god tillväxt (Eriander m.fl. 2016). Vid mer storskaliga försök i flera områden med bojar vid ytan utvecklades dock inga frön alls (se handbok, tabell 4.1). Orsakerna till de misslyckade planteringarna är inte kända, men belyser osäkerheten vid restaurering med frön.

Fröplantering med nätkassar kan vara kostnadseffektivt för mindre projekt då ingen anläggning på land för skottförvaring och fröproduktion behövs. Den kräver dock att ett stort antal bojar med nätkassar placerar vid ytan (100–400 st per ha) under cirka två månader på hösten, vilket kan störa båttrafik. Nätkassarna kan också vara känsliga för stormar och påväxt av snabbväxande alger, och metoden ger begränsad kontroll av frömognad. Vid en jämförelse i USA mellan fröplantering med nätkassar och plantering med mogna frön som sprids från båt (se nedan) gav den senare metoden högre fröskottsetablering och ansågs vara mer kostnadseffektiv vid storskalig restaurering (Marion & Orth 2010). **I svenska vatten kan fröplantering med nätkassar tillsvi-**

dare inte rekommenderas innan metoden har visat sig fungera mer tillfredställande, men fortsatta studier uppmuntras.

Fröförvaring och plantering av mogna frön från båt

Om frön ska användas vid restaurering i Svenska vatten är sådd av mogna frön från båt den metod som rekommenderas idag. Enligt denna metod tas insamlade blomskott med frön i land där de hålls i stora vattentankar med genomströmmande havsvatten. Fröna tillåts att naturligt släppa från plantan och samlas därefter upp från botten av tankarna varefter de förvaras tills de är redo att gro då de sprids ut över planteringsytan. Frösådd enligt denna metod efterliknar den naturliga frösläppningsprocessen från plantan, där fröna efter att de har mognat faller av blomskottet och sjunker ned på sedimentytan. Skillnaden är att fröna kan förvaras i skyddad miljö tills de är redo att gro, vilket anses minska förlusten av frön. Längs den Nordamerikanska östkusten, mognar ålgräsfrön och släpper från blomskotten på försommaren, men groer inte förrän på senhösten, och under denna frödvala förvaras fröna under optimala förhållanden på land. Fröna sås sen för hand från båt när väderförhållandena är gynnsamma i tätheter som förväntas ge tillräcklig stor etablering av fröskott (6–1000 frön per kvadratmeter) över planteringsområden som varierar mellan 0.01–2 ha (Orth m.fl. 2003, Orth m.fl. 2012). I en framgångsrik restaurering i Virginia i USA användes denna metod där 25–50 frön per kvadratmeter såddes över 0,2–0,4 ha stora områden, vilket gav en fröskottsetablering på runt 6 % i medeltal (Orth m.fl. 2012).

Fördelen med metoden i jämförelse med fröplantering med nätkassar är att större kontroll fås över hur många frön som faktiskt sås över området, och att förluster orsakad av fröpredation, bortspolning av strömmar, m.m. minskar under perioden då fröna är i dvala (Marion & Orth 2010). En nackdel är att hög dödlighet av frön kan fås under förvaring, vilken kan vara betydande (>90 %) om t.ex. infektioner bryter ut (Goshorn 2006, Marion & Orth 2010). En annan nackdel är att alla frön oftast sprids vid ett tillfälle, vilket ger höga tätheter av frön på botten som kan locka till sig fröpredatorer, eller att en storm av slumpen kan spola bort hela sådden.

I Skandinaviska områden mognar ålgräsets frön och släpper från blomskotten under sommaren, men en majoritet av fröna ligger sen i dvala över vintern och groer inte förrän till våren. Frön skulle därför behöva förvaras på land runt 8 månader, från augusti till april, om fröna ska sås strax innan de groer. Studier i Bohuslän har visat att det går att förvara ålgräsfrön över vintern och så livsdugliga frön på våren. Dessa studier har också funnit att de optimala förhållandena för att minimera groning och dödlighet under vintern är syresatt vatten med hög salthalt (30) och låg temperatur (5° C) i mörker (Infantes m.fl. 2016). Övrigt överraskande nog ökade inte överlevnaden av frön som förvarats på laboratoriet under vintern och såts på våren i jämförelse med frön som såts under hösten. I båda fallen var förlusten av frön mycket hög, med en fröskottsetablering runt endast 0,5 % på 1–3 m djup, men lite högre på 5 m djup i skyddade lokaler (2–4 % i medeltal; Infantes m.fl. 2016). Med tanke på att förvaring av frön över vintern medförde en betydande dödlighet och förlust av frön (36 %) samt ökade kostnader tycks det inte finnas några vinster med en vinterförvaring av frön. **För svenska förhållanden rekommenderas därför att ålgräsfrön sås på senhösten efter att de mognat.**

I Skandinaviska vatten tycks erosion av frön från vågor och strömmar samt predation från framför allt strandkrabbor vara en huvudorsak till den låga procent frön som utvecklas till fröskott. Fältstudier i Bohuslän visar att dessa förluster kan minska med cirka 100–500 % om fröna begravs med ett cirka 2 cm tjockt lager av sand (Infantes m.fl. 2016, Infantes m.fl. *i review*). Liknande resultat har setts i andra delar av världen, och i USA har mekaniska planteringsmaskiner utvecklats för att möjliggöra plantering av frön under sedimentytan vid storskalig restaurering. Dessa planteringsmaskiner är monterade på slädar som dras bakom båten där en pump eller vattentryck distribuerar frön ut i tunna rör som planterar dem under sedimentytan (Traber m.fl. 2003, Marion & Orth 2010). Inledande storskaliga test av dessa planteringsmaskiner visade dock inte ökad fröskottsetablering i jämförelse med att så skott för hand från båt, men då överlevnaden var mycket hög med båda metoderna (28 %), rekommenderas metoden i områden där förluster av på grund av predation och transport av vågor och strömmar förväntas vara hög (Marion & Orth 2010). Liknande planteringsmaskiner skulle kunna utvecklas för svenska förhållanden, men måste då anpassas för de sluttande, stenrika bottenar med drivande algmattor som är typiska i Bohuslän, på samma sätt som diskuterats ovan för skördemaskiner. I Danmark pågår idag studier med att försöka utveckla också mekaniska planteringsmaskiner för förhållanden i danska fjordar (www.NOVAGRASS.dk). Eftersom metoder saknas för att plantera stora mängder frön i sedimentet eller täcka dem med sand för storskalig restaurering i svenska kustområden, **rekommenderas idag planteringsmetoden där insamlade mogna frön sprids över planteringsytan för hand från båt under hösten.** Nedan följer en ingående beskrivning av hela restaureringsprocessen enligt denna metod baserat på studier i Bohuslän.

3. Utvärdering och val av lokal

Metoder för utvärdering och val av lokal för restaurering med frön liknar den för skott (se handbok, avsnitt 2), men med den viktiga skillnaden att **studien måste starta ett år tidigare. Totalt behövs därför 2 år för att utvärdera potentiella restaureringslokaler om frömetoder används.** Detta beror på att ålgräsfrön bildas på hösten, men gror först efterföljande vår. De vuxna plantornas vinteröverlevnad kan därför inte utvärderas förrän cirka 18 månader efter att fröna bildats.

Utvärdering av tillgänglig information

Utvärdering och val av lokaler för restaurering inleds tidigt år 1 med att kontakta berörda myndigheter, eventuellt anmäla eller samråda om studien. Samtidigt insamlas information och data över historisk och aktuell utbredning av ålgräs, samt över miljöförändringar och åtgärder som har skett inom målområdet. Underlag i form av flygfoton bör också insamlas. Baserat på detta underlag bör 10–12 potentiella restaureringslokaler väljas ut (*Urval 1*; se faktaruta B1).

Faktaruta B1.1. Schema för utvärdering av potentiella restaureringslokaler – Frön

Jan–april (år 1)

Information och tillstånd • Informera Länsstyrelsen och berörda kommuner om projektet

Insamla bakgrunds information • Data på miljövariabler, ålgräsinventeringar flygfoton i målområdet.

Urval 1 • Identifiera orsakerna till ålgräsets minskning,
• Identifiera ålgräsängar, och potentiella restaureringsområden
• Välj ut de **10–12 mest lovande lokalerna** för restaurering samt **4–5 potentiella referensängar** i målområdet

Juni

Provtagning 1 • Besök de utvalda lokalerna i fält och inventera djup, botten typ utbredning av ålgräs, drivande algmattor, grumligt vatten, m.m.

Urval 2 • Analysera insamlat material och välj ut de 5–6 mest lovande potentiella restaureringslokalerna samt 2 referensängar

Provtagning 2 (direkt efter provt. 1) • Provtag sediment i de potentiella restaureringslokalerna
• Sätt ut instrument för kontinuerlig mätning av ljus, temperatur och salthalt i de potentiella restaureringslokalerna

Juli

Provtagning 3 • Notera förekomst av drivande alger, grumligt vatten, m.m.
• Rengör och läs av instrument i fält

Provtagning 4 (insamling blomskott) • Undersök fröomognad och samla in blomskott från referensängar när mogna. Förvara i blomskott vattentankar på land.

Augusti

Provtagning 5 • Notera förekomst av drivande alger, grumligt vatten, m.m.
• Ta upp och läs av instrument, och analysera fältdata

Analys • Analysera sedimentprover och fältdata

Urval 3 • (Samma som för skott; se handbok, Faktaruta 2.7).
• Välj ut de **3–4 mest lovande lokalerna fröplantering**

September

Provtagning 6 (start fröplantering) • Utför testplantering med frön i de 3–4 utvalda lokalerna

Juni (år 2)

Provtagning 7 (8 månader sen plantering) • Provtag skotttäthet (analysera % fröetablering) och epifytiska alger
• Notera förekomst av drivande alger, grumligt vatten, m.m.
• Sätt ut instrument i fält

Juli

Provtagning 8 (9 månader sen plantering) • Notera förekomst av drivande alger, grumligt vatten, m.m.
• Rengör och läs av instrument i fält

augusti-september

Provtagning 9 (12 månader sen plantering) • Provtag skotttäthet, bladmorfologi, epifytiska alger
• Notera förekomst av drivande alger, grumligt vatten, m.m.
• Tag upp och läs av instrument

Maj (år 3)

Provtagning 10 (20 månader sen plantering) • Tag upp kvarvarande plantor och analysera överlevnad och skotttillväxt

Urval 4 • Bedöm ljusstillgång och risker från algmattor och resuspension
• Bedöm överlevnad och tillväxt hos testplanteringar
• Välj ut de **2 mest lovande restaureringslokalerna**.

Juni

Start av plantering

Övervakning av lokaler och testplantering

Utvärderingen i fält startar med ett fältbesök där de 5–6 mest lovande restaureringslokalerna och 2 referens/donatorängar väljs ut (*Urval 2*). Därefter startar fältprovtagning och övervakning i juni då instrumenten placeras i fält. Dessa instrument avläses och rengörs månadsvis varefter data analyseras och *urval 3* sker i augusti då de 3–4 mest lovande lokalerna väljs ut (se handbok, avsnitt 2.8 för detaljer). I dessa lokaler utförs sen testplantering med frön under september månad (se faktaruta B1.1).

Liksom vid testplanteringar med skott kan det vara motiverat att undersöka effekter av olika planteringstätheter av frön samt olika planteringsdjup inom lokaler och frön från olika donatorängar. Eftersom stora förluster av frön (>99 %) är att förvänta vid djup <3 m på grund av frötransport av strömmar och vågor, predation från krabbor och nedgrävning från sandmask (se handbok, avsnitt 2.5.7) kan det vara motiverat att inkludera också mycket höga frötätheter vid testen (upp till 500 frön per kvadratmeter) för att öka sannolikheten att några fröskott kan gro så att också tillväxt och överlevnad av fröskotten kan utvärderas. Samma metoder med transektlinor och planteringsramar som används vid testplantering av skott (se handbok, faktaruta 2.6) kan användas vid testplantering med frön, där dykare sprider fröna för hand inom planteringsrutor.

Lokalerna återbesöks i början av juni år 2 då instrumenten åter sätts ut i fält. Vid detta tillfälle ska överlevande fröskotten ha grott och provtagning genomförs med icke destruktiva metoder (antal skott, antal blad per skott och maximal blad längd) för bedömning av andelen sådda frön som utvecklas till skott. Planteringarna återbesöks därefter i juli och slutet av augusti för provtagning av planteringar samt avläsning av instrument som åter tas upp i augusti. Lokaler besöks sedan en sista gång i maj det tredje året för provtagning och bedömning av vinteröverlevnad. Därefter analyseras och utvärderas all insamlad data och de 2 mest lovande lokalerna väljs ut för restaurering, på samma sätt som vid skottplantering (faktaruta B1.1).

4.1. Utförande av restaurering

Tidpunkt för insamling av blomskott och plantering

Ålgräs är en blomväxt som bildar blommor som pollineras under vatten innan frön bildas som faller ned till botten när de mognat. Vid restaurering med ålgräsfrön är tidpunkten för insamling av blomskott avgörande för att maximera skörden av livsdugliga frön. Om blomskotten skördas innan pollinering fås inga frön alls, skördas de för tidigt efter pollineringen mognar inte alla frön efter att de plockats, och om de skördas för sent har många frön redan fallit av när de samlas in. Det är därför viktigt att känna till ålgräsets reproduktionscykel och de faktorer som påverkar frömodning, samt att kunna bedöma blomskottens utvecklingsstadier.

Ljus och vattentemperatur är av betydelse för utveckling av ålgräsets blomskott och frön, och normalt krävs vattentemperaturer på 10–15°C för att blomskotten ska utvecklas, och 15–20°C för att pollinering och produktion av livsdugliga frön ska ske (DeCock 1981). I Bohuslän ses de första blomskotten i slutet av maj, med maximala skotttätheter (oftast runt 6 blomskott per kvadratmeter) från mitten av juli till början av september, men med stora variationer mellan år, lokaler samt djup (tabell B1.1). Tätheten av blomskott är ofta högre på

grunda delar av ängen (upp till 17 blomskott per kvadratmeter), men skotten är längre och har oftast mer än dubbelt så många frön på 3 m än på 1 m (E. Infantes, *opubl. data*), så det är viktigt att undersöka hur antalet frön varierar med djupet i donatorängen för att optimera insamlingen av frön. Pollinering startar normalt i slutet av juni och pågår fram till i september och mogna frön kan hittas från i slutet av juli till slutet av september. Då temperaturen påverkar utvecklingen hittas ofta mogna frön tidigare på året i grunda än i djupa områden inom samma äng, och eftersom fröskidorna utvecklas nedifrån och upp på skotten är det också normalt att hitta fröskidor i olika utvecklingsstadier inom samma skott (E. Infantes, *opubl. data*).

Tabell B1.1 Ålgräsfrövariabler. Medelvärden och variation av medelvärden mellan lokaler och år för tätheter av blomskott i juli (medelvärden 1–3 m), antal frön per blomskott, antal producerade livsdugliga frön per blomskott, skördehastigheter av blomskott (inklusive variation mellan olika dykare) samt procent planterade frön som bildar unga fröskott, baserade på studier i Bohuslän 2011–2015.

Variabel	Medelvärde	Variation	Enhet
Täthet av blomskott	5,6	1–17	Antal blomskott per kvadratmeter
Frön per skott i stadie 4–5	42	19–100	Antal frön per blomskott
Livsdugliga frön per skott	34	6–82	Antal frön per blomskott
Skördehastighet	200	150–300	Antal blomskott per dykare och h
Fröskottsetablering	0,77	0–5,9	Procent frön som bildar skott

Eftersom både täthet och utveckling av blomskott samt produktion av frön kan variera kraftigt inom och mellan ängar och från år till år (tabell B1.1) bör lämpligast tidpunkt och djup för insamling fastställas genom regelbunden provtagning och bedömning av utvecklingsstadiet av blomskotten i donatorängen enligt 5 olika utvecklingsstadier från blomma till frön (DeCock 1980; se figur B1):

Stadium 1 – Blomhölstren är synliga med pistillens stift ännu kvar inuti hölstret

Stadium 2 – Pistillens stift sticker ut ur hölstret

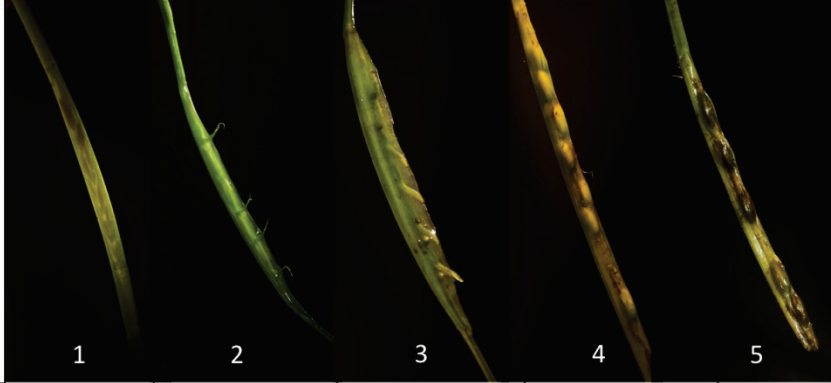
Stadium 3 – Pollen frisläpps från ståndarknappar och hölstret ser tom ut.

Stadium 4 – Gula till gröna frukter är synliga i hölstret och fortsätter att utvecklas.

Stadium 5 – Färdigutvecklade frön är mörkbrun och faller från blomskottet

Studier från Bohuskusten påvisar att den **bästa perioden för insamling av blomskott är när minst 40 % av fröskidorna befinner sig i utvecklingsstadium 4**. Detta tenderar att infalla under mitten av juli till mitten av augusti (E. Infantes, *opubl. data*), men bör bekräftas innan skörd av blomskott sker. Vid bedömning av blomskottens utvecklingsstadier inom en äng bör minst 10 blomskott samlas in per djup i de delar av ängen som ämnas användas som donatorområde (där tätheten av blomskott är högst). Utvecklingsstadiet bedöms sedan för varje skott och för varje skida inom ett skott enligt de 5 beskrivna stadierna (figur B1.1), varefter procent skidor inom respektive utvecklingsstadium räknas fram för alla skidor och skott. När över 40 % av blomskotten befinner sig i stadium 4 är tidpunkten lämplig för skörd av blomskott. In-

samling av blomskott för bestämning av utvecklingsstadium samordnas lämpligen med provtagning av tätheter av blomskott och beräkning av antal frön per skott för att skatta skördebehov och optimera insamlingen (se nedan). Om fröna ej är mogna för skörd vid den första insamlingen, bör provtagningen ske veckovis tills blomskotten är i rätt utvecklingsstadium.



Stadium	1	2	3	4	5
Stadiets längd	3-5 dagar	1 dag	3-4 dagar	30-40 dagar	
Beskrivning	Blomhöstret synligt	Pistillens stift utstickande	Stift tillbaka i hölstret	Frömoagnad	Frön släpps
Skörd	För tidigt för skörd			Skörd	För sent för skörd

Figur B1.1. De fem utvecklingsstadierna från blomma till mogna frön hos ålgräs. Foto: E. Infantes.

4.2. Val av donatoräng och skattning av skördebehov

Vid val av donatorängar för skörd av blomskott gäller samma generella riktlinjer som vid val av en donatoräng för vegetativa skott:

- använda minst 2 donatorängar
- matcha förhållanden mellan donatorängen och restaureringsområdet
- minimera påverkan
- ta hänsyn till genetiska och logistiska aspekter (se handbok, avsnitt 5.3 för detaljer).

Studier i Bohuslän visar att skott som utvecklas från frön anpassar sin morfologi mycket väl efter miljön där de planteras och klarar så väl grunda exponerade som djupa miljöer med begränsad ljusställgång oavsett från vilken miljö de är skördade (Infantes m.fl. 2016, Eriander m.fl. 2016). Det är därför inte nödvändigt att finna en donator som helt matchar restaureringslokalens förhållanden. Då förekomsten av blomskott är variabel kan det istället vara viktigare att identifiera ängar med hög täthet av blomskott för att begränsa kostnaderna vid insamlingen. Då donatoräng väljs bör vikar med höga tätheter av fintrådiga alger undvikas om möjligt eftersom detta försvårar insamlingen av blomskott samt kan orsaka algblomningar i lagringstankarna på land.

Potentiella negativa effekter av skörd

Insamling av blomskott och frön för hand förväntas endast ge marginella negativa effekter på donatorängen. Detta eftersom de flesta frön som släpps från en

äng stannar kvar inom ängen där mycket få utvecklas på grund av skuggning från vuxna plantor. Blomskotten släpper också naturligt från rhizomen efter att fröna mognat varför skörden endast snabbar på den processen. Studier i Bohuslän där samtliga blomskott inom 100 m² stora områden (1400–2100 blomskott per område) skördats för hand kunde inte detektera några negativa effekter av skörden på skotttätheten i ängen. Redan en månad efter skörden var skotttätheten i det skörda området (824 skott per kvadratmeter) lika hög som i kontrollområden (707 skott per kvadratmeter; n=3; E. Infantes, *opubl. data*). Dock bör inte alla blomskott skördas i en äng eftersom fröproduktionen anses utgöra en ”försäkring” för populationens överlevnad om de vuxna skotten skulle slås ut av t.ex. en algblomning (Greve m.fl. 2005). **Vi rekommenderar att upp till hälften av blomskotten inom skördeområdet kan skördas**, genom att ”gallra” blomskotten när de plockas för hand. Då ängar i Bohuslän i juli–augusti ofta innehåller runt 6 blomskott per kvadratmeter, där cirka 34 livsdugliga frön kan skördas per skott (tabell B1.1), innehåller en hektar stor yta (100×100 m) av ängen på 1–3 m djup uppskattningsvis 60 000 blomskott med cirka 2,0 miljoner frön, varav hälften kan skördas per år. Stora kvantiteter frön kan därför skördas från relativt små områden.

Skattning av skördebehov

En viktig aspekt vid val av donatorängar är att bedöma om det finns nog med blomskott i ängen samt hur stort område i ängen som behöver skördas. Som nämnts ovan kan antalet blomskott variera stort inom samma äng och från år till år, och har ofta en ojämn fördelning inom ängen. Det är därför viktigt att inventera fördelningen av blomskott i ängen och skatta både tätheten av blomskott samt antalet frön per skott innan skörden startas. Lämpligen kan områden med hög täthet av blomskott markeras med bojar eller med GPS-punkter när ängen besöks för att bedöma utvecklingsstadium av blomskott (se ovan) för att underlätta vid skördarbetet.

För att skatta hur stort område med blomskott som behöver skördas behövs skattningar av behovet av frön för restaureringen, samt skattningar av antalet frön som kan utvinnas per area av donatorängen. För att beräkna behovet av frön behövs skattning av förväntad andel av sådda frön som finns kvar på våren och gro till fröskott (proportionell fröskottsetablering; tabell B1.1), hur många fröskott som man önskar ska gro per kvadratmeter (4 till 16 skott per kvadratmeter; se handbok, avsnitt 5.1.3), samt hur stor area som ska restaureras. För beräkning av hur stort område som ska skördas behövs dessutom skattningar av tätheten av blomskott samt av antalet frön per skott i stadiet 4 och 5 (se figur B1.1) inom det tilltänkta skördeområdet (se tabell B1.1 och faktaruta B1.2 för beräkningar). Tätheten av blomskott skattas enklast med 1 m² stora provtagningsrutor som slumpas ut inom området som ska skördas, där snorklare eller dykare visuellt räknar antalet blomskott (n=10 per djup). I varje provtagningsruta plockas ett blomskott för analys av antal frön och utvecklingsstadium.

Faktaruta B1.2. Beräkning av skördebehov vid fröplantering

Beräkning av antal frön som behövs för plantering

Vid beräkning av hur många frön som skall skördas behövs skattning av förväntad andel av sådda frön som finns kvar på våren och gro till fröskott (proportionell fröskottsetablering), hur många fröskott som man önskar skall gro per kvadratmeter, samt hur stor area som skall restaureras (m²). Antalet frön som behöver sås fås då av:

Antal frön = (Önskad skotttäthet * Restaureringsarea)/Prop. fröskottsetablering

Om exempelvis en hektar (10 000 m²) skall restauras där man vill att 4 fröskott skall gro per kvadratmeter, och den procentuella fröskottsetableringen skattas till 2 % behöver (4 * 10 000)/0.02 = 2 miljoner livsdugliga frön sås (motsvarande 200 frön per kvadratmeter).

Beräkning av antal skott och areal äng som behövs vid skörd

För att beräkna hur stort område med blomskott som behöver skördas för att få ett visst antal livsdugliga frön behövs skattningar av tätheten av blomskott inom det tilltänkta skördeområdet, samt skattning av antalet frön per skott i utvecklingsstadiet 4 och 5 (se figur B1) göras. Eftersom detta kan variera stort mellan ängar och år samt i vilket utvecklingsstadium skotten skördats (tabell B1), behöver provtagning ske i donatorängen för att bestämma dessa variabler. Eftersom alla skördade frön inte mognar och viss svinn av frön sker under förvaringsprocessen ger antalet omogna frön per blomskott vid skördetillfället en överskattning av produktionen av livsdugliga frön för sådd. Baserat på studierna i Bohuslän kan antalet livsdugliga frön som erhållas efter förvaring skattas som cirka 80 % av antalet frön per blomskott i utvecklingsstadiet 4 och 5 vid skördetillfället (tabell B1). Med en skattning på tätheten av blomskott i ängen, antalet omogna frön per blomskott samt att 50 % av alla blomskott skall skördas, kan antalet blomskott och arealen på ängsområdet som skall skördas för att insamla önskad mängd frön beräknas enligt:

Antal blomskott = Antal frön som behövs / (antal frön per skott * 0,80)

Areal äng = Antal blomskott / (Täthet blomskott per kvadratmeter * 0,50)

Om exempelvis 2 miljoner livsdugliga frön behövs och antalet frön per skott i stadiet 4–5 skattas till 40, behöver cirka 62 500 skott skördas (2 000 000 / (40 * 0,80) = 62 500). Om tätheten av blomskott skattas till 10 skott per kvadratmeter och hälften av skotten skördas behöver cirka 1,25 ha av ålgräsängen skördas (62 500 / (10 / 0,50) = 12 500 m²).

Beräkning av arbetstid för skörd. Vid goda förhållanden kan en van dykare plocka cirka 200 blomskott per timme. Två dykare som arbetar i par, 6 timmar per dag kan därför skörda cirka 2400 blomskott per dag. För att skörda tillräckligt med skott (62 500) för att utvinna 2 miljoner livsdugliga frön enligt exemplet ovan skulle det därför krävas cirka 26 stycken arbetsdagar för detta dyklag.

4.3. Tillstånd, skörd och transport

Innan påbörjandet av skördarbete och plantering sker är det viktigt att ändamålsenliga anmälningar och eventuella tillstånd beviljats (se handbok, avsnitt 3). När donatorängarna är utvalda och blomskotten har bedömts vara i ett lämpligt stadiet för insamling skördas den beräknade mängd blomskott som krävs för det specifika restaureringsprojektet (se ovan). Vid skördarbetet av blomskott är det viktigt att till största möjliga mån undvika onödig negativ påverkan på ängen då arbetet utförs (se handbok, avsnitt 5.4 för detaljer).

Identifiering av blomskott

Då blomskott med frön ska skördas är det viktigt att blomskotten kan skiljas från vegetativa skott. Ålgrässets blomskott har, till skillnad från vegetativa skott

en förgrenad struktur där varje gren har en eller flera hölster med blomställningar som innehåller både han- (ståndare) och honblommor (pistill; figur B1.1). Blomskotten har en smal rund stam och är dessutom generellt längre än vegetativa skott som gör att de sticker upp ovanför ängen (se handbok, figur 5.4b), vilket underlättar lokaliseringen vid insamling.

Skörd och transport

För svenska förhållanden rekommenderas att blomskotten skördas för hand med hjälp av snorkling (om skotten kan nå från ytan) eller dykning, och att liknade metoder används som beskrivs för skörd av vegetativa skott, där bojar används för orientering under skördearbetet (se handbok, avsnitt 5.4 för detaljer). Blomskott har dock 10 till 100 gånger lägre skottäthet än vegetativa skott, varför större områden behöver skördas (faktaruta B1.2). Blomskott plockas på liknande sätt som vegetativa skott där cirka **50 % av alla blomskott plockas** med jämna mellanrum så att ängen ”gallras”. Till skillnad från skörd av vegetativa skott behöver dock inget rhizom tas med. Istället bryts blomskottet av nära sedimentytan. När fröna mognar försvagas blomskottets stam nära meristemmet, och i vissa fall räcker det med att dra i skottet för att det ska lossna från rhizomet (se handbok, figur 5.4a), men detta varierar. I övrigt plockas, förvaras och transporteras blomskotten på samma sätt som vegetativa skott; 50 blomskott buntas med gummiband, förvaras i nätkassar under vatten, fuktigt, och skyddat från sol under transport (figur B1.2; se handbok, avsnitt 5.4 för detaljer). Eftersom blomskotten är längre än vegetativa skott (1–2 m långa) behövs längre nätkassar för att undvika att skotten bryts av. Maskstorleken på påsarna bör inte överstiga 1 mm, för att undvika att eventuella mogna frön som släpper från blomskotten kan falla igenom maskorna.

Skörd av skott i grunda miljöer (<1 m) där personen kan ligga på ytan och nå ned till botten är möjligt att utföra med snorkling, men oftast är dykning att rekommendera eftersom det är effektivare, framför allt vid större djup. Vid goda förhållanden kan en van dykare skörda cirka 200 blomskott per timme. Två dykare som jobbar i par, 6 timmar per dag, kan därför skörda cirka 2400 blomskott per dag, motsvarande cirka 80 000 livsdugliga frön efter förvaring (faktaruta B1.2).



Figur B1.2. Nätkassar fyllda med blomskott förs över till båten för transport till land.

4.4. Förvaring och produktion av livsdugliga frön

Innan insamlingen av blomskott sker i fält ska förvaringstankar på land ställas i ordning där fröna kan fortsätta att mogna på blomskotten och samlas in efter att de släppt. Dessa tankar ska vara tillräckligt stora (1 000–5 000 liter) för att rymma en stor mängd växtmaterial och vara försedda med genomströmmande eller cirkulerande havsvatten med samma temperatur och salthalt som omgivande vatten (se faktaruta B1.3). När blomskotten flyttas till vattentankarna tas gummibanderna bort och varje tank fylls till cirka en tredjedel med blomskott och resten med havsvatten. Strömmande vatten samt luftbubbling tillåter havsvatten att strömma in och runt växterna samt gör att områden med stillastående vatten undviks. Nyligen insamlat ålgräs har en starkt positiv flytkraft, så ett grovmaskigt nät (1×1 cm) uppspant på en träram i en storlek som passar i öppningen på tanken bör läggas över blomskotten för att hålla dem under vatten och förhindra uttorkning. Blomskott som förvaras på detta vis behöver ingen skötsel innan fröna samlas in från botten efter cirka 2 månader, mer än kontroll av vatten och luftflöden. Studier i Bohuslän visar att livsdugliga frön släpper kontinuerligt från blomskotten i förvaringstankarna allt eftersom de mognar i upp till 2 månader efter att de skördats, men att andelen livsdugliga frön minskar med tiden till under 50 % efter 2 månader då också antalet frön som släpper är lågt (E. Infantes, *opubl. data*). Förvaring längre än 2 månader är därför sällan lönsamt.

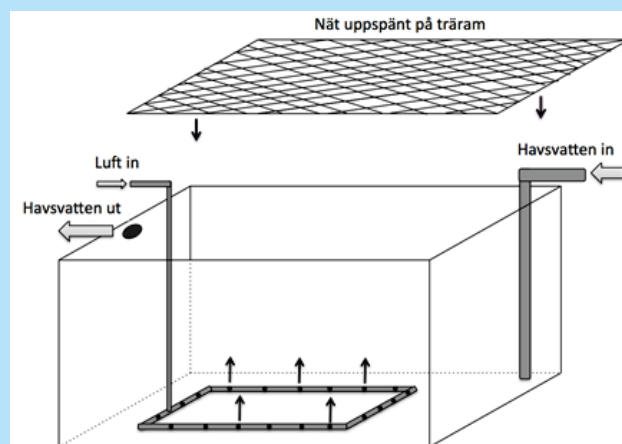
Faktaruta B1.3. Förvaring av blomskott för frö-extrahering

Då blomskott med frön i mognadsstadium 4 har samlats in, skall dessa förvaras i tankar med genomströmmande vatten tills fröna släpper och kan samlas upp från botten av tankarna (Figur A). Formen och storleken av tankarna är inte kritisk, så länge plantorna kan hållas helt under vatten, vid temperaturer under 25 °C och med ett ordentligt genomflöde av friskt havsvatten. Tankarna bör placeras i skugga för att hålla nere vattentemperaturen och för att minimera tillväxten av fintrådiga alger.



Figur A. Blomskott förvarade i glasfibertankar vid Sven Lovén centrum, Kristineberg, Göteborgs universitet.

Vattenflödet i tankarna bör vara tillräckligt för att byta ut hela tankens vatten på 2–6 timmar. Luftbubbling bör tillsättas vid botten av tankarna för att ge en bra omblandning av vattnet, samt för att undvika stratifiering (figur B). Genomströmmande havsvatten är att föredra, men då detta ej är möjligt kan återcirkulerande vattensystem användas förutsatt att god syresättning under natten och låg temperatur kan bibehållas. För att försäkra att blomskotten hålls under vatten placeras ett nät uppspänt på ram över skotten strax under vattenytan. Blomskott som förvaras på detta vis behöver ingen skötsel innan fröna samlas in från botten efter cirka 1–2 månader.



Figur B. Konstruktion av vattentankar för optimal förvaring av blomskott som förses med genomströmmande havsvatten och luftbubbling.

När fröna mognat släpper de från blomskotten och sjunker på grund av sin negativa flytkraft till botten av tanken. När fröna bedömts ha släppt från skotten (vilket kontrolleras med stickprov) omblandas skotten så att frön får möjlighet att sjunka till botten, varefter frön och övrigt organiskt material (bladfragment, alger, juvenila snäckor och musslor, m.m.) som samlats på botten

sugs upp med hjälp av en hävert (bestående av en grov trädgårdsslang) ned i ett såll med 1 mm maska (som håller kvar de 3–4 mm långa fröna). Fröna separeras därefter ut från övrigt organiskt material med hjälp av såll av olika storlekar, eller en ”flödeskammare” där vattenflödet regleras så att bladfragment, alger och annat material med lägre densitet än ålgräsfrön flyter upp och ur kammaren, medan fröna blir kvar. En sådan flödeskammare kan även användas för att separera livsdugliga frön från dåliga frön som har lägre densitet. Endast frön med en sjunkhastighet på minst 5.5 cm per sekund bedöms vara livsdugliga (Marion & Orth 2012). Små snäckor och musslor kan bli kvar i fröblandningen då det kan vara svårt att separera dem på grund av liknande storlek och vikt som fröna. Detta bedöms dock inte påverka kvaliteten på fröna eller skattningen av antalet frön baserat på vikt eller volym (se nedan). Insamling av frön bör ske veckovis då stora mängder växtmaterial annars kan ansamlas på botten och försvåra utsorteringen av frön.

Utsorterade, livsdugliga ålgräsfrön förvaras bäst mörkt (för att undvika tillväxt av alger), svalt (ca 10°C), i havsvatten med hög salthalt (>30) samt med luftbubbling för att undvika att stimulera groningen. Eftersom ålgräsfrön är mycket små kan de med fördel förvaras i mindre kar i tempererat laboratorium eller i ett kylskåp (figur B1.3). Skattning av antalet insamlade frön görs bäst genom att med flera stickprov ta vikt eller volym av en mindre mängd frön, som sedan räknas. Genom att bestämma vikt eller volym av alla frön kan antalet sedan skattas. Om exempelvis ett gram av fröblandningen (som också kan innehålla t.ex. små snäckor) i medeltal har 200 frön, och den totala vikten av den insamlade fröblandningen är 500 g, innehåller den insamlade fröblandningen totalt cirka 100 000 frön.



Figur B1.3. Förvaringskar för utsorterade livsdugliga ålgräsfrön i tempererat laboratorium. Foto: E. Infantes.

Vi rekommenderar inte att fröna förvaras under hela vintern till våren när de gror eftersom genomförda studier inte visar på mindre förluster av frön om de sås på våren i jämförelse med om de sås på hösten, samt att vinterförvaring leder till väsentliga förluster (36 %) av frön. I stället **rekommenderas att fröna sås under en period med lugnt väder under senhösten (oktober–november).**

4.5. Plantering av frön från båt

Eftersom de unga fröskotten på våren är känsliga för störning och lätt rotas upp från botten (figur B1.4) är det viktigt att markera planteringsområdet väl med bojar och att sätta upp skyltar där båtaktiviteter, fiske, bad, m.m. undanbeds inom planteringsområdet, framför allt om det är grunt. Detta görs dock bäst tidigt på våren eftersom bojar och skyltar annars riskerar att försvinna under vintern. Länsstyrelsen kan utfärda temporära föreskrifter för skydd av ett restaureringsområde.



Figur B1.4. Fröskott. Unga fröskott av ålgräs på 1,5 m djup under maj månad från frön som såtts under hösten. De unga skotten har dåligt utvecklat rotsystem och kan lätt slitas loss av vågor, drivande alger eller mänskliga aktiviteter i grunda områden. De kan också begravas av sandmaskens *Arenicola marina* feceshögar som ses på bilden. Foto: E. Infantes.

Som för vegetativa skott, rekommenderas generellt att frön sås på 1,5–2,5 m djup, varför bottentopografin avgör utformningen av planteringsytan (se handbok, figur 5.7). Innan planteringen startas markeras restaureringsområdet med 1 m långa PVC-rör som sticks ned i sedimentet med cirka 25 m avstånd i ett rutnät inom området. Detta kan utföras med hjälp av GPS och snorkling om inte vattendjupet är för stort. Rörens position markeras på GPSen och lämnas över vintern för att underlätta återlokalisering av området vid övervakning nästföljande år. Bojar med förankringsstenar bör undvikas under vintern då de kan släpas över botten av is och förstöra planteringar. Vid planteringsstillfället fästs tillfälligt små bojar vid varje PVC-rör (med hjälp av en vikt som släpps ned i röret) för att underlätta navigeringen under planeringen. Dessa samlas in när fröna är sådda. Det är viktigt att invänta en period med lugnt väder för plante-

ringen, så att en höststorm inte spolar bort alla frön innan de hinner begravas i sedimentet. Plantering av frön underlättas också av lugna förhållanden så att vind och strömmar inte transporterar frön utanför planteringsområdet.

Innan planteringen fördelas fröna som ska sås i mindre behållare (t.ex. större provrör med skruvlock) så att varje behållare innehåller det antal frön som ska sås inom varje planteringsenhet på 25×25 m. Antalet frön som behövs bestäms av önskad täthet av fröskott per ytenhet, skattad fröskottsetablering samt planteringsenhetens yta (se faktaruta B1.2). Om mer än en donatoräng skördats för fröskott bör frökällorna blandas så att de fördelas jämt över planteringsområdet. Mängden frön per behållare bestäms utifrån tidigare beräkningar av relationen mellan våtvikt/volym av frön och fröantal. Fröbehållare transporteras lämpligast i kylväskor med is.

Vid planteringen sås fröna över en planteringsenhet (25×25 m) i taget från båten, där en båtförare ansvarar för att båten långsamt och systematiskt rör sig över planteringsområdet (med hjälp av GPS och markeringsbojarna) medan 2 personer regelbundet kastar ut frön från vardera sidan av båten. Fröna sprids bäst genom att kasta ut ett mindre antal (ca 100 st) med handen från båtsidan. Det kan krävas lite övning att få våta och klibbiga frön att sprida sig i utkastet. Båtföraren ansvarar för att hela ytan täcks av frön och kommunicerar med ”frökastarna” så att fröna från en behållare räcker till hela planteringsenheten. Efter sådden bevakas väderförhållandena och eventuella stormar, som skulle kunna förklara eventuella förluster av frön och utebliven förekomst av fröskott, antecknas.

5. Utvärdering av restaurering

En mycket viktig del av alla restaureringsprojekt är att följa upp och utvärdera om målen med restaureringen har nåtts efter att planteringen är genomförd. Utvärdering av en äng restaurerad med frömetoder utförs på precis samma sätt som för ängar som utförs med skottmetoder (se handbok, avsnitt 6 och faktaruta 6.1 och 6.2 för detaljer). **En viktig skillnad är dock att utvärderingen kan starta först året efter att fröna planteras då skotten börjar tillväxa, och att utvärderingen därför tar ett år längre än om skottmetoder används.**

Precis som för skottmetoder rekommenderas att restaureringen utvärderas och bedöms genom att provta och jämföra den restaurerade ängen med minst två s.k. referensängar, samt att övervakning utvärderas efter 5 och 10 år. Vid kompensationsärenden bör minst 10 års övervakning krävas (se Moksnes m.fl. 2016, avsnitt 8.6).

6. Källförteckning

- DeCock A (1980) Flowering, pollination and fruiting in *Zostera marina* L. *Aquat Bot* 9:201–220
- Eriander L, Infantes E, Olofsson M, Olsen JL, Moksnes P-O. (2016) Assessing methods for restoration of eelgrass (*Zostera marina* L.) in a cold temperate region. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*. 479:76–88. DOI:10.1016/j.jembe.2016.03.005.
- Goshorn DM (2006) Large-scale restoration of eelgrass (*Zostera marina*) in the Patuxent River, Maryland. Submitted to NOAA Chesapeake Bay Program Office, US.
- Greve TM, Krause-Jensen D, Rasmussen MB, Christensen PB (2005) Means of rapid eelgrass (*Zostera marina* L.) recolonisation in former dieback areas. *Aquat Bot* 82:143–156.
- Infantes E, Eriander L, Moksnes P-O. (2016) Seagrass (*Zostera marina* L.) restoration methods using seeds on the west coast of Sweden. *Marine Ecology Progress Series*. 546:31–45. DOI: 10.3354/meps11615
- Infantes E, Crouzy C, Moksnes P-O. (*i review*) Seed predation by the shore crab *Carcinus maenas*: a positive feedback preventing recovery of eelgrass *Zostera marina*? PLOS ONE.
- Marion SR, Orth RJ (2010) Innovative technique for large-scale seagrass restoration using *Zostera marina* (eelgrass) seeds. *Rest Ecol* 18:514–526.
- Moksnes P-O, Gipperth L, Eriander L, Laas K, Cole S, Infantes E. (2016) Förvaltning och restaurering av ålgräs i Sverige – Ekologisk, juridisk och ekonomisk bakgrund. Havs- och Vattenmyndigheten. Rapport nummer 2016:8, 148 sidor, ISBN 978-91-87967-16-0.
- Orth RJ, Fishman JR, Harwell MC, Marion SR (2003) Seed-density effects on germination and initial seedling establishment in eelgrass *Zostera marina* in the Chesapeake Bay region. *Mar Ecol Prog Ser* 250:71–79
- Orth RJ, Moore KA, Marion SR, Wilcox DJ, Parrish DB (2012) Seed addition facilitates eelgrass recovery in a coastal bay system. *Mar Ecol Prog Ser* 448:177–195.
- Pickerell C, Schott S, Wyllie-Echeverria S (2005) Buoy-deployed seeding: demonstration of a new eelgrass (*Zostera marina* L.) planting method. *Ecol Eng* 25:127–136.
- Traber M, Granger S, Nixon S (2003) Mechanical seeder provides alternative method for restoring eelgrass habitat (Rhode Island). *Restor Ecol* 21:213–214.