

Gölgrodans populationsdynamik och relation till vissa omvärldsfaktorer

Analys av data från inventeringar av gölar i Forsmark

Arbetet är beställt av SKB



Svensk Kärnbränslehantering AB



Produktion: Svensk Naturförvaltning AB

info@naturforvaltning.se
www.naturforvaltning.se

Ramsberg
Sommarrovägen 10
SE-711 98 Ramsberg
Telefon 0581-66 09 70

Göteborg
Flöjelbergsgatan 8B
SE-431 37 MÖLNDAL
Telefon 031-22 30 45

SAMMANFATTNING

Svensk Naturförvaltning AB har på uppdrag av SKB analyserat data som samlats in vid inventeringar av gölgröda och mätningar av en del andra egenskaper i gölgrödornas habitat i Forsmark. Syftet med analyserna har varit att beskriva gölgrödans populationsutveckling i området och hur antalet gölgrödor varierar i relation till en del biotiska och abiotiska faktorer i omgivningen. Gölgrödan ökade i antal mellan 2011 och 2012 men det går inte att dra några generella slutsatser om populationens tillväxt i området. Baserat på de uppgifter om förekomst i gölarna från åren 2008, 2011 och 2012 kan man beräkna sannolikheten att gölgrödan försvinner respektive återetablerar sig i en göl. Baserat på de sannolikheterna kan man förvänta sig att 57% av gölarna innehåller gölgröda. Generellt verkar gölgrödan påverkas positivt av förekomsten av andra groddjur, vilket kanske är en konsekvens av att dessa trivs och kan samexistera i samma miljöer. Tät vegetation och mjuka bottenar verkar missgynna gölgrödan som verkar trivas bättre i steniga miljöer. Antalet gölgrödor påverkas även negativt av höga koncentrationer lösta joner i vattnet samt ökande turbiditet och absorbans.

I rapporten redovisas ett förslag på fortsatt uppföljning av gölgrödan i Forsmarksområdet genom en mätning av förekomst/icke-förekomst av grodor i områdets gölar.

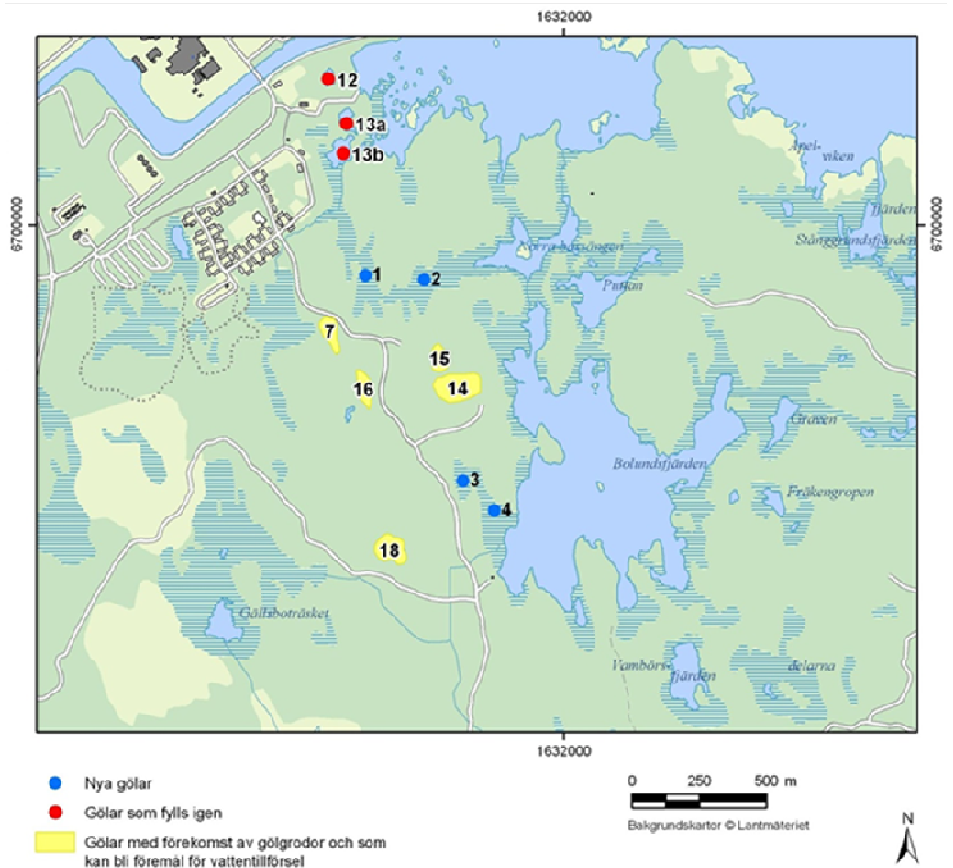
INLEDNING

Svensk Kärnbränslehantering AB har ansökt om att bygga ett djupförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. Man har också ansökt om dispens från artskyddsförordningen för att kunna fylla igen tre våtmarkslokaler där gölgröda (*Rana lessonae*) förekommer. Som en kompensationsåtgärd har SKB grävt fyra nya gölar i Forsmarksområdet. Dessa är tänkta att fungera som habitat för de grodor som flyttas från de gölar man avser att fylla igen men också som ett utökande av de habitat som idag finns i området. Gölarnas utformning och placering har gjorts med hänsyn till artens speciella krav på livsmiljö och på ett avstånd från idag befintliga lokaler (som inte berörs av igenläggningen) så att spridning ska kunna ske naturligt, se karta i figur 1.

De nya gölarna grävdes under februari 2012. Under sommaren 2012 inventerades gölgröda och vattensalamandrar bland annat i dessa nya lokaler. En inventering av bottenvegetation och bottenfauna genomfördes under hösten 2012. Förutom dessa ekologiska undersökningar genomförs vattenkemisk provtagning varje månad och ytvattennivåer registreras kontinuerligt. Samtliga dessa inventeringar och mätningar planeras att pågå under flera år. Syftet med undersökningarna är att följa upp och dokumentera hur de nya miljöerna utvecklas.

I området finns ett antal naturliga gölar som kan tjäna som referensobjekt. Dessa är mycket grunda, saknar ofta tydliga in- och utlopp samt har en kalkpåverkad flora och fauna. De inventeringar och mätningar som nämns ovan görs/har gjorts i varierande grad även i dessa objekt (se tabell 1).

Svensk Naturförvaltning AB har på uppdrag av SKB analyserat de data som samlats in. Syftet med analyserna har varit att beskriva gölgrödans populationsutveckling i området och hur antalet gölgrödor varierar i relation till en del biotiska och abiotiska faktorer i omgivningen.



Figur 1. Karta över Forsmarksområdet med de gölar som ingått i analysen.

Tabell 1. Tillgängliga data, siffrorna inom parentes motsvaras av siffrorna i kartan i figur 1.

	Nya gölar (1-4)	"Gamla gölar"(7, 14, 15, 16, 18)	Gölar som fylls igen (12, 13a, 13b)
Gölgröda, vattensalamandrar	2012	2008 2011 2012	2008 2011 2012
Bottenkartering (vegetation och botten-fauna)	2012	2008 I göl 16 & 18 även 2012	2008
Vattenkemi	Från april 2012	14, 16, 18; nov 2008-dec 2010 16, 18; från maj 2012	-
Ytvattennivåer	Från juni 2012	Från april 2009	-
Grundvattennivåer	-	Från april 2009	-

STICKPROVSURVAL OCH STATISTISK ANALYS

Urvalet är inte slumpmässigt utan utgör lokaler där gölgrödan tidigare observerats samt de nya gölar som grävts. Under 2012 adderades några lokaler där gölgrödan inte tidigare observerats. Inte heller detta stickprov är slumpmässigt utan utgör dammar som ansågs "lämpliga" för gölgrödan.

Analyserna är gjorda i programmet R (www.r-project.org) med GLM och antagandet att antalet observerade grodor är quasipoissonfördelade.

Urvalet i kombination med ett litet stickprov (för vissa analyser 5 stycken) begränsar möjligheterna till analyser och innebär att man bör vara försiktig med att dra några generella slutsatser av resultaten.

RESULTAT

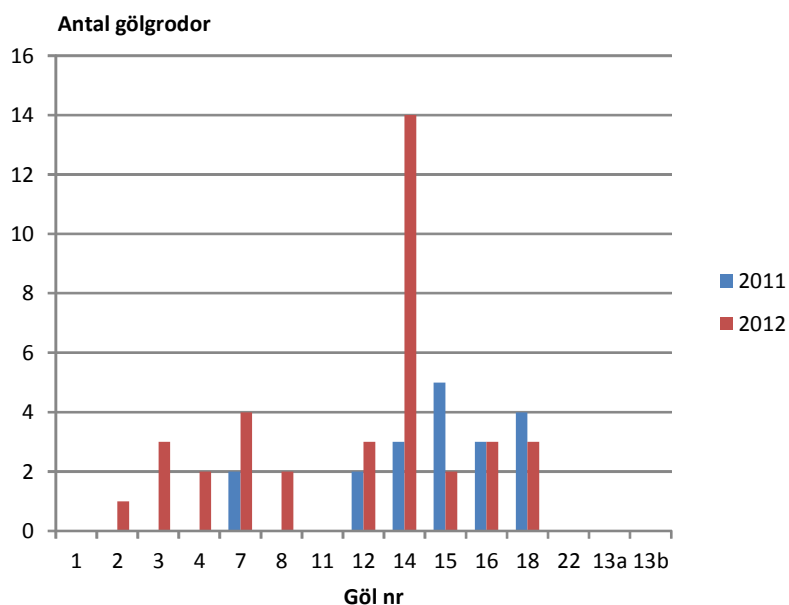
Gölgrödans populationsutveckling

Antal gölgrödor

Förekomst av gölgröda noterades vid ett antal lokaler 2008 och antalet gölgrödor som observerats finns noterat för 2011 och 2012 (tabell 2 och figur 2).

Förändringen av antalet observerade gölgrödor i de undersökta gölarna indikerar en ökning mellan 2011 och 2012. Populationstillväxten kan beräknas på flera olika sätt, exempelvis genom en enkel summering av antalet individer för de gölar som inventerats 2011 och 2012. Denna skattning ger en årlig tillväxt på 63%. Alternativt kan tillväxten per göl beräknas och utifrån dessa beräkningar skatta en medeltillväxt. Denna skattning ger en årlig tillväxt på 72%. Inga av dessa tillväxtskattningar skiljer sig signifikant från nolltillväxt.

Det går inte att dra några säkra slutsatser om gölgrödans utveckling mellan 2011 och 2012, dels eftersom stickprovet är litet och dels för att urvalet av uppmätta gölar inte skett objektivt. Inga tecken tyder dock på att populationen skulle minska. En något mer informativ analys av metapopulationsdynamiken nedan förstärker denna slutsats.



Figur 2. Antalet gölgrödor som observerats i respektive göl som inventerats 2011 och 2012.

Tabell 2. Förekomst (F) och icke förekomst (I) av gölgroda från inventeringen 2008 och antalet observerade gölgrodor per göl från inventeringarna 2011 och 2012. Punkt anger att lokalen ej inventerats.

Göl nr	2008	2011	2012
1	.	.	0
2	.	.	1
3	.	.	3
4	.	.	2
7	F	2	4
8	.	.	2
11	I	.	0
12	F	2	3
14	F	3	14
15	F	5	2
16	F	3	3
18	F	4	3
22	I	.	0
13a	F	0	0
13b	F	0	0

Metapopulationsdynamik

I Forsmarksområdet finns ett antal gölar där gölgrödan har sin utbredning och förekomst. Varje göl utgör ett eget, litet system där gölgrödan förekommer (F) eller inte förekommer (I). Alla dessa gölar har en egen dynamik över tiden. I vissa gölar kommer gölgrödan att försvinna medan etablering sker i andra. I en del gölar kommer gölgrödan att förekomma år från år medan det aldrig observeras några grodor i andra. Information om dessa fyra möjliga händelser ger möjlighet att beskriva och följa gölgrödans dynamik i Forsmarksområdet.

I tabell 3 sammanfattas tillståndet för de undersökta gölarna med avseende på F och I och den förändring som skett mellan år redovisas i tabell 4.

Tabell 3. Förekomst (F) och Icke-förekomst (I) av undersökta gölar i Forsmarksområdet

Göl	2008	2011	2012
1			I
2			F
3			F
4			F
7	F	F	F
8		I	F
11			I
12	F	F	F
13a	F	I	I
13b	F	I	I
14	F	F	F
15	F	F	F
16	F	F	F
18	F	F	F
22			I

Tabell 4. Förändringen mellan år av gölgrödans förekomst i Forsmarksområdet. Alla möjliga förändringar har observerats (FF, FI, IF, II).

Göl	2008-2011	2011-2012
1		
2		
3		
4		
7	FF	FF
8		IF
11		
12	FF	FF
13a	FI	II
13b	FI	II
14	FF	FF
15	FF	FF
16	FF	FF
18	FF	FF
22		

Från tabell 4 kan vi beräkna tre viktiga parametrar för gölarna i Forsmarksområdet, alla viktiga för att beskriva metapopulationens dynamik.

1. Lokal överlevnad (FF): $86\% \pm 9.4\%$ (SE)
2. Lokalt försvinnande (FI): $14\% \pm 9.4\%$ (SE)
3. Lokal kolonisation (IF): $33\% \pm 27\%$ (SE)

Dessa resultat skall uppfattas så här:

1. Sannolikheten att en göl som har gölgröda under ett år också kommer att ha gölgröda vid nästa besökstillfälle skattas till 86%.
2. Sannolikheten att en göl som har gölgröda under ett år kommer att sakna gölgröda vid nästa besökstillfälle är 14%.
3. Sannolikheten att en göl där gölgröda inte observeras under ett år kommer ha gölgröda vid nästa besökstillfälle är 33%.

Utifrån dessa parametrar kan vi beräkna att den förväntade andel av gölar, vid jämvikt, som kommer att ha gölgröda är 57%. Man kan således inte förvänta sig en större förekomst av gölar med gölgröda på grund av den hastighet som gölgrödan förvinns från gölarna och med den hastighet som återetablering sker.

Eftersom urvalet av gölar inte gjorts på ett för analysen ändamålsenligt sätt bör resultaten betraktas med viss försiktighet. Vidare har inte heller den inventeringsmetodik som använts gjort det möjligt att beräkna vare sig den faktiska förekomsten i Forsmarksområdet eller sannolikheten att observera gölgröda i en göl som inventerats. Det senare innebär exempelvis att det troligen är så att försvinnandesannolikheten överskattas, eftersom gölar utan observation av gölgröda ändå kan ha förekomst.

Värt att uppmärksamma är att tre av de fyra anlagda gölarna genast berikades med gölgröda, vilket indikerar en god etableringsförmåga i nya miljöer och att skapandet av nya gölar otvivelaktigt tycks ha en potential att gynna artens förekomst.

Miljöfaktorer som kan påverka gölgrödan

I ett antal gölar finns både observerat antal grodor och mätningar av ett antal olika biotiska och abiotiska variabler. Med reservation för tidigare påpekanden om urval och stickprovsstorlek kan mätningarna ändå ge en första indikation på vilka faktorer som kan påverka gölgrödans möjlighet till en framgångsrik etablering och förekomst, och hur denna påverkan kan se ut.

De analyser som utförts är regressionsanalyser med hjälp av GLM (Generalized Linear Models) där vi antagit en quasi-poisson fördelning. För de vattenkemiska faktorerna har antalet gölgrödor transformerats genom $\ln(\text{antalet gölgrödor}+1)$. Anledningen till detta är att en av gölarna avviker relativt mycket genom ett större antal observerade grodor (se figur 2).

Flera variabler är korrelerade vilket gör att det är svårt att urskilja vilka eventuella variabler som är av betydelse. När man gör ett större antal analyser kommer vissa av dessa slumpmässigt att uppvisa signifikanta samband. Vilka som tillhör denna kategori och vilka som har faktiska samband är svårt att avgöra. För att åtminstone avgöra om vissa av faktorerna kan ha en verklig effekt så har antalet signifikanta resultat prövats om de avviker från hypotesen att alla samband har ett slumpmässigt ursprung.

Faktorerna har delats in i kategorierna kemiska-fysikaliska och biologiskt-fysiska. För kategorin "kemiska-fysikaliska faktorer" finns tre signifikanta resultat på 5% nivån. Med hjälp av binomialfördelningen och med 29 analyser är det förväntade antalet signifikanta analyser 1,45. Utfallet är således några fler än förväntat, något som dock inte är en signifikant skillnad ($p=5,5\%$). Vid ett lägre krav på signifikansnivå ($p\leq 10\%$), något som kan vara motiverat med tanke på det lilla stickprovet, så finns en signifikant avvikelse ($p=0,006$) med sju signifikanta analyser mot det förväntade 2,9. Bland de samband som observerats finns det rimligen några faktorer som är av betydelse för gölgrödans framgång. Sambanden finns rangordnade i signifikansordning (tabell 5).

Tabell 5: Samband mellan ln(antalet gölgrödor+1) och de kemiska och fysiska variabler som analyserats i gölarna. Röda siffror anger signifikans på 5% nivån. Grönfärgade rutor anger signifikans på 10% nivån.

Variabel	Samband	Lutning	P_Lutning
Konduktivitet	-	-0.07392	0.019778
Strontium	-	-33.7934	0.030666
Turbiditet	-	-0.11826	0.036306
Klor	-	-0.03654	0.057361
Brom	-	-7.13433	0.060627
Magnesium	-	-0.28844	0.066577
Absorbans (436)	-	-4.90542	0.080179
Ammonium	+	97.86007	0.102212
pH	+	1.026714	0.107005
Kvävedioxid	-	-2587.41	0.161046
Totalfosfor	-	-119.353	0.168349
Kisel	-	-0.18168	0.16994
Mangan	-	-56.2573	0.189834
Totalt organiskt kol	-	-0.08088	0.203656
Löst organiskt kol (DOC)	-	-0.08725	0.211016
Kalium	-	-0.54279	0.234531
Vätekarbonat	-	-0.01156	0.265906
Löst syre (%)	+	0.010433	0.298894
Syre	+	0.113129	0.401381
Järn	-	-1.89306	0.409243
Totalkväve	+	1.14559	0.425673
Sulfat	-	-0.0573	0.450064
Kalcium	-	-0.0201	0.454852
Kväveoxider	-	-107.916	0.538722
Sulfatsvavel	-	-0.12117	0.543624
Nitrat	-	-103.417	0.58117
Fosfat	+	461.174	0.650172
Litium	+	71.48599	0.844166
Fluor	-	-1.08981	0.928666

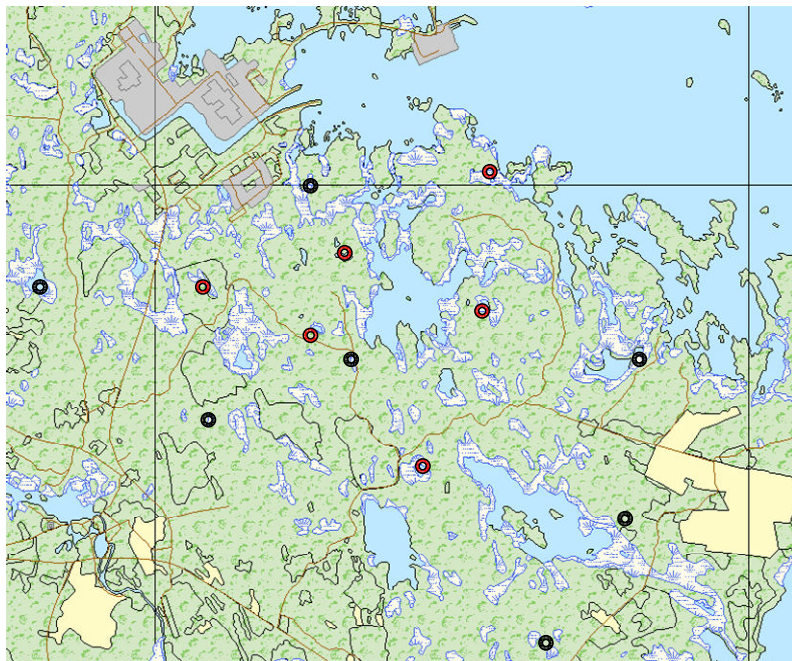
För kategorin ”Biologiskt- fysiska faktorer” (tabell 6) finns inga signifikanta resultat på 5% nivån, vilket skulle kunna vara ett förväntat resultat. Emellertid är dessa analyser gjorda på ett litet stickprov (n=6) och val av andra och mer biologiskt anpassade modeller skulle kunna ge ett annat resultat. Generellt verkar gölgrödan påverkas positivt av förekomsten av andra groddjur, vilket kanske är en konsekvens av att dessa trivs och kan samexistera i samma miljöer. Tät vegetation och mjuka bottenar verkar missgynna gölgrödan som verkar trivas bättre i steniga miljöer.

Tabell 6: Samband mellan antalet gölgrödor och de biologiska och fysiska variabler som inventerats i gölarna. Grönfärgade rutor anger signifikans på 10% nivån.

Analys	Samband	Lutning	P_Lutning
Antal Större vattensalamandrar	+	0.239691116	0.074164209
Mjukbotten	-	-0.0825778	0.091182338
Antal Vattensalamandrar	+	0.021408047	0.115102429
Antal mindre vattensalamander	+	0.023341828	0.121660646
Djup	+	7.776093572	0.156735582
Klorofyll	-	-0.072168204	0.158600644
Vegetationsfri botten	+	0.015038087	0.204012416
Vegetationstäckning (procent)	-	-0.015038087	0.204012416
Större stenar	+	0.096771471	0.22004744
Stenar	+	0.058562792	0.282626487
Detritus	-	-0.004365458	0.718074345
Antal taxa	+	0.031377268	0.779658033
Antal evertebrater (ej Crustacea)	+	0.001116031	0.785601515
Average Score Per Taxon (ASPT)	+	0.155051518	0.868622393
Ekologisk Kvalitetskvot (EK)	+	0.907051378	0.868622393

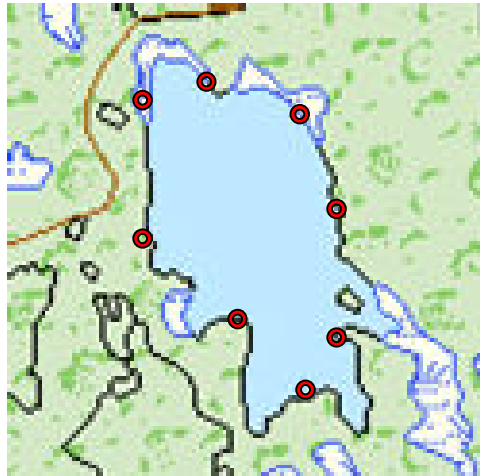
PLAN FÖR UPPFÖLJNING AV GÖLGRODAN

En uppföljning av gölgrödan kan utföras genom en enkel mätning av förekomst/icke-förekomst i områdets gölar. Detta görs förslagsvis genom ett årligt stickprov med en uppdelning av gölarna i två strata: gölar med respektive utan tidigare känd förekomst av gölgröda (figur 3). Mätning av förekomst/icke-förekomst är enkel att utföra och har en naturlig relation till artens verkliga populationsstorlek. Rätt utförd är det möjligt att kalibrera den enkla mätningen till en komplett skattning av artens populationsstorlek.



Figur 3. Exempel på ett stickprovsurval av gölar med en stratifiering i gölar med tidigare känd förekomst (röda cirklar) och utan tidigare förekomst av gölgröda (svarta cirklar).

Mätningen kan förstärkas om mer noggrann information och kunskap behövs för arten. Detta kan ske genom en noggrann, men ändå enkel mätning i de enskilda gölarna. Genom att registrera förekomst av gölgröda på förutbestämda, semislumpade punkter längs gölarnas "stränder" erhålls ett index för grodantalet i de enskilda gölarna i termen "grodoförekomst per provpunkt" (figur 4). Denna mätning kräver inte någon större ökning av insatsen jämfört med en övervakning av enbart förekomst/icke-förekomst av områdets gölar, varför den rekommenderas.



Figur 4. Exempel på mätning av förekomst från flera punkter i samma göl. Från dessa mät-punkter, som utgör ett stickprov, kan en kombination av mätningar göras av vuxna grodor, ägg och larver.

Vidare finns möjligheten att skatta den faktiska populationens storlek. Denna noggrannhetsnivå kräver avsevärt större fältinsats jämfört med det som beskrivits ovan och det är tveksamt om den är nödvändig för att förstå och beskriva artens dynamik i dagsläget.

En annan typ av förstärkt kunskap kan fås genom mätning av artens demografi. I synnerhet artens reproduktionsförmåga och hur reproduktionen varierar inom och mellan år är väsentlig att känna till. Mätning av reproduktion bör ske på några olika sätt där varje metod ger ett mått på olika stadier i utveckling från ägg till vuxen groda. Till att börja med kan man räkna förekomst/icke förekomst av äggmassor. Lämpligen görs detta på samma punkter som där vuxna grodor räknas och görs samtidigt med vuxenräkningen. Därefter räknas yngel genom att håva. Även detta kan ske från samma punkter som vuxenräkning, men vid ett senare tillfälle i augusti. Slutligen kan man, om tillstånd ges, fånga och mäta individer för att skatta andelen ettåringar. Det senare utgör ett samlat mått på artens reproduktiva framgång. Annan värdefull information kan vara de vuxna grodornas överlevnadssannolikhet, förmågan att etablera sig i alternativa gölar mellan år, utbyte mellan gölar osv. I dagläget är dock vår bedömning att denna typ av mätning är överflödigt vad gäller dagens målsättning med gölgrödan i området. Skulle behovet av denna typ av kunskap bli nödvändig kan den naturligt infogas i det basförslag som vi skisserat ovan och nedan.

Det övervakningssystem som vi föreslår ovan har till syfte att kunna förse en populationsmodell med data, som kan sammanfatta gölgrödans dynamik och möjliggöra förutsägelser av artens utveckling i området. Det är med tanke på detta som vi anser det angeläget med en årlig mätning av artens populationstillstånd. Det är mer angeläget att ha osäkra mätningar under enskilda år i en följd av år, än säkrare mätningar under få enskilda år. Årlig mätning gör det möjligt att följa artens dynamik som en metapopulation och förutsäga artens allmänna utveckling i Forsmarksområdet, artens lokala utdöende risk, utföra utökade rumsliga analyser mm. Om data om förekomst/icke-förekomst kan kopplas till gölarnas olika kvalitéer och/eller till den närliggande miljön kan dessutom en förbättrad skattning av populationen vara möjlig och mer långtgående analyser t.ex. hur populationen kan påverkas av olika störningar i miljön så som habitatförändringar, mänsklig påverkan genom anläggningsarbeten, etc.

Målet med mätningarna är att kunna beräkna tre centrala parametrar som behövs för att kunna analysera en metapopulation:

1. Lokal överlevnad
2. Lokalt försvinnande
3. Lokal kolonisation

De hittills genomförda inventeringarna av gölgröda i Forsmarksområdet är inte formgivna för att kunna göra en säker beräkning av artens förekomst. Ett av skälen till det är avsaknaden av ett representativt stickprovsurval för områdets gölar. Ett andra skäl är att de utförda inventeringarna konsekvent underskattar gölgrödans förekomst. Skälet till detta är att de gölar som saknar observationer av gölgrödor kan ha förekomst av arten, men att den förbisågs under inventeringen. För att göra en korrekt skattning krävs att varje göl inventeras minst två gånger per säsong. Här igenom blir det möjligt att skatta både den faktiska förekomsten av arten och sannolikheten att förbigå arten där den faktiskt förekommer men inte observeras under enskilda besök.

Mätningar av en del omgivningsfaktorer bör också utföras vid inventeringarna. Lämpliga variabler som kan registreras i fält samtidigt som gölgrödorna inventeras är

- täckningsgrad i vattenzonen av vass och annan övervattenvegetation, flytbladsväxter respektive skuggande träd och buskar.
- täckningsgrad av sten i vattenzonen.
- täckningsgrad av mjukbotten.
- förekomst av andra grodjur.
- förekomst av fisk, kräftor respektive andfåglar eller doppingar.
- bedömning av eutrofiering i gölen utifrån vegetation, vattenkvalitet etc.
- täckningsgrad av buskar och träd inom en 30 meter bred zon från strandlinjen.
- notering av mark- och naturtyper i strandzonen.
- förekomst av materiella spår av mänsklig aktivitet såsom byggnader, vägar, bryggor etc. i strandzonen respektive vattenzonen.

Om möjligt kan även vattenprover tas för analys. Ett lämpligt urval av variabler som ofta är relevant för förekomsten av olika vattenlevande organismer är

- pH.
- konduktivitet.
- absorbans.
- turbiditet.

LITTERATURLISTA

Collinder, 2013. Inventering av gölgröda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2012. SKB P-13-03. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Ekologigruppen, 2011. Uppföljning av gölgrödor i Forsmarksområdet.

Hamrén och Collinder, 2010. Vattenverksamhet i Forsmark - Ekologisk fältinventering och naturvärdesklassificering samt beskrivning av skogsproduktionsmark. SKB R-10-16. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Qvarfordt, Borgiel och Berg, 2010. Hydrochemical investigations in four calciferous lakes in the Forsmark area. Results from complementary investigations in the Forsmark area, 2008–2009. SKB P-10-25. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Qvarfordt, Borgiel och Berg, 2011. Hydrochemical investigations in four calciferous lakes in the Forsmark area. Results from the second year of a complementary investigation in the Forsmark area. SKB P-11-47. Svensk Kärnbränslehantering AB.

