

Rapport

R-21-06

Oktober 2021



Effekter av slätter och tramp på ett urval av rikkärrsväxter

Interimssammanställning av resultat från försök i ett rikkärr i Forsmark

Sara Nordén
Peter Saetre
Anders Löfgren

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

SWEDISH NUCLEAR FUEL
AND WASTE MANAGEMENT CO

Box 3091, SE-169 03 Solna
Phone +46 8 459 84 00
skb.se

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING

ISSN 1402-3091

SKB R-21-06

ID 1930063

Oktober 2021

Effekter av slätter och tramp på ett urval av rikkärrsväxter

Interimssammanställning av resultat från försök i ett rikkärr i Forsmark

Sara Nordén, Peter Saetre
Svensk Kärnbränslehantering AB

Anders Löfgren, EcoAnalytica in Scandinavia AB

Nyckelord: Gulyxne, Slätterblomma, Kärrknipprot, Kärrspira, Ängsnycklar, Slätter, Tramp, Våtmarksskötsel.

Denna rapport är publicerad på www.skb.se

© 2021 Svensk Kärnbränslehantering AB

Sammanfattning

Effekten av årlig slåtter och olika intensivt tramp har undersökts i en våtmark i Forsmarksområdet under perioden 2015–2020. Hittills insamlade data har sammanställts och en första utvärdering av försökets effekter redovisas i denna rapport. Försöket genomfördes i ett kustnära rikkärr, utan identifierad tidigare hävd. De fem arter som följdes (gulyxne (*Liparis loeselii*), kärrknipprot (*Epipactis palustris*), kärrspira (*Pedicularis palustris*), slåtterblomma (*Parnassia palustris*) och ängsnycklar (*Dactylorhiza incarnata*)) är representativa arter för rikkärr i detta område, och har också identifierats som slåttergynnade under flera olika förhållanden, både nationellt och regionalt i Sverige.

Jämförelsen av individantalet före och efter försökets start visade få skillnader mellan de tre olika behandlingarna och referensen. En tydlig negativ effekt sågs där ängsnycklar utsattes för extremtramp och slåtter. Skillnaden blev så tydlig att extremtrampet avbröts 2018. Sett över samtliga behandlingar (och referens) ökade antalet gulyxne och kärrspira generellt under den studerade perioden, medan kärrknipprot och ängsnycklar minskade över alla behandlingar. Slåtterblomma visade varken ökning eller minskning i antal.

Sedan 2012 har gulyxne även inventerats i ett antal rikkärr i Forsmarksområdet med syfte att följa populationsutvecklingen under den tid som SKB utfört olika typer av undersökningsaktiviteter. Under denna period har tydligt synkrona positiva och negativa förändringar av individantal av gulyxne observerats i olika rikkärr. Dessa rikkärr ligger inom närliggande avrinningsområden med liknande nederbörd.

Resultaten från skötsel-försöket visar, så här långt, att faktorer i form av inducerade störningar genom olika behandling på lokal nivå har haft liten betydelse under den studerade perioden. Istället verkar regionala hydrologiska faktorer ha större betydelse när det gäller att påverka förändringar i individantal, och resultaten indikerar att dessa faktorer under studieperioden varit till gulyxnes fördel.

Försöket har genomförts i ett rikkärr under naturliga förhållanden, dvs utan mänsklig negativ påverkan på hydrologin, och inventeringsresultaten visar att förhållandena under studieperioden har varit gynnsamma för gulyxne i hela Forsmarksområdet. Eventuella positiva effekter av de studerade åtgärderna har inte kunnat säkerställas. Detta innebär emellertid inte att slåtter inte skulle kunna vara en effektiv metod för att motverka negativa effekter på gulyxne och övriga rikkärrarter vid en situation med förändrade hydrologiska förhållanden, t ex vid en inducerad grundvattenavsänkning.

Summary

The effects of annual mowing and different threading intensity have been investigated in a wetland in the Forsmark area, north-eastern province of Uppland, east-central Sweden during the period 2015–2020. Data gathered so far has been compiled and a first evaluation of the results is presented in this report. The study was performed in a near coastal rich fen without identified earlier human cultivation. The five studied species (*Liparis loeselii* (fen orchid), *Epipactis palustris* (marsh helleborine), *Pedicularis palustris* (marsh lousewort), *Parnassia palustris* (grass-of-parnassus) and *Dactylorhiza incarnata* (early marsh-orchid)) are representative species for rich fens in the area and has also been identified as promoted by mowing during several different circumstances both national and regional in Sweden. Comparison before and after treatment start showed few differences between the three treatments and the reference. A significant negative effect was seen when *Dactylorhiza incarnata* was exposed to extreme threading and mowing. The effect was so clear that the extreme threading was terminated in 2018. Seen over all treatments *Liparis loeselii* and *Pedicularis palustris* increased in numbers whereas *Epipactis palustris* and *Dactylorhiza incarnata* decreased after treatment start. *Parnassia palustris* neither increased nor decreased in number during the studied period.

In order to follow the progress of the local fen orchid population in the Forsmark area during the period when SKB has performed different types of investigation activities this species has been inventoried in a number of rich fens in the area since 2012. During this period distinct synchronous positive and negative changes in number of individuals has been observed at different occasions. The rich fens are located in nearby drainage areas with similar precipitation. According to the study results so far, induced disturbances through different treatments on local level were of little importance during the studied period. Instead, regional hydrological factors seemed to have larger impact on changes in number of individuals. These regional factors seem to have benefitted the local fen orchid population in the rich fens in Forsmark during the study period.

The study was performed in a rich fen during natural conditions, i.e. without negative human impact on hydrology, and according to results from the inventory, the conditions were favourable for fen orchids in the whole Forsmark area during the study period. Positive effects of the studied measures could not be distinguished, but that doesn't disqualify mowing as an effective method to counteract negative effects on the fen orchid population and other rich fen species in a situation with changed hydrological conditions, i.e. as a result of induced lowering of groundwater levels.

Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Pågående studier av rikkärrsekosystem i Forsmarksområdet – utgångspunkt och syfte	8
1.3	Rikkärrssamhällen i Sverige och i Forsmark	9
1.3.1	Utbredning och restaurering	9
1.3.2	Hävdhistorik i rikkärr i Sverige och i Forsmark	10
1.4	Beskrivning av studiearterna	11
1.4.1	Gulyxne	11
2	Metodik	13
2.1	Behandlingsförsök i ett rikkärr	13
2.1.1	Transekter	13
2.1.2	Behandlingar	13
2.1.3	Inventering	15
2.2	Inventering av gulyxnepopulationer i Forsmarksområdet	15
2.3	Statistisk bearbetning och analys av data	15
3	Resultat	19
3.1	Gulyxne	19
3.1.1	Gulyxnes populationsutveckling i försöksytan	19
3.1.2	Gulyxnes olika livsstadier	21
3.2	Övriga arter	22
3.2.1	Ängsnycklar	22
3.2.2	Kärrknipprot	23
3.2.3	Kärrspira	24
3.2.4	Slätterblomma	24
3.3	Förändring av antal individer över alla behandlingar för de fem arterna	25
3.4	Andra gulyxnelokaler i Forsmarksområdet	26
4	Diskussion	27
4.1	Effekter av olika behandlingar på rikkärrarter	27
4.1.1	Gulyxne	27
4.1.2	Övriga rikkärrarter	27
4.1.3	Gynnas rikkärrets arter av trampet vid inventering?	27
4.2	Slutsatser	28
	Referenser	29
Bilaga	Analys av betydelsen av storleken på inventeringsrutan	31
	Analys av antalet gulyxne baserat på större rutor	32

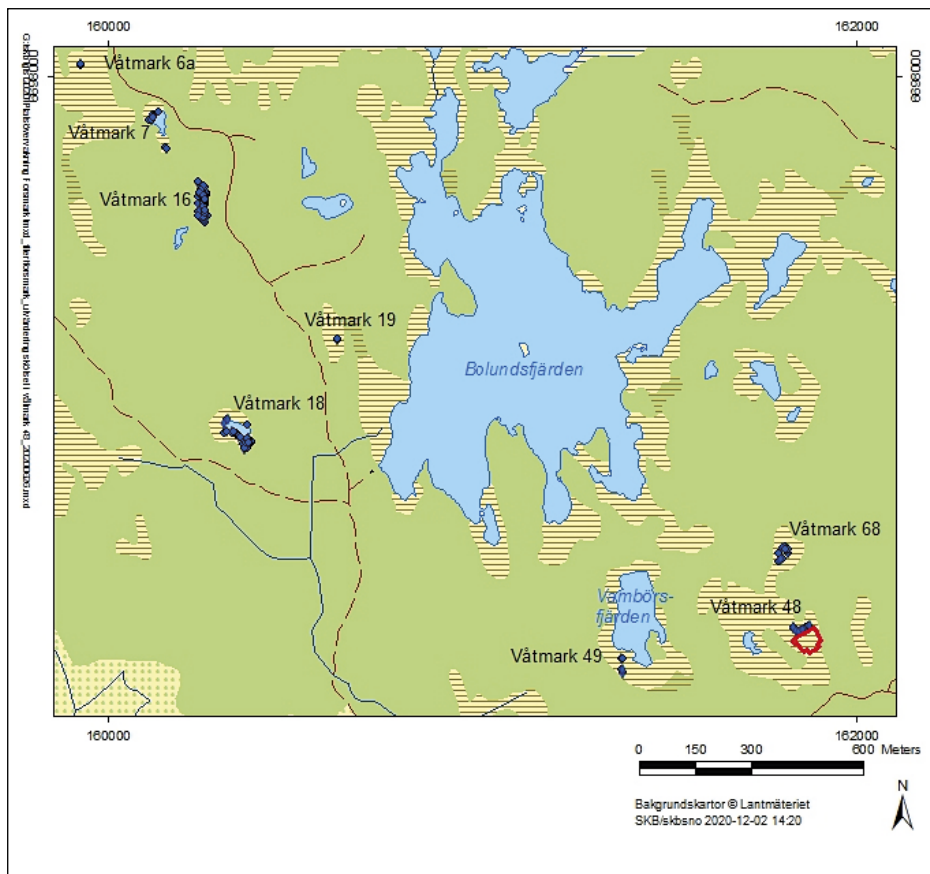
1 Introduktion

1.1 Bakgrund

I Forsmark planeras ett slutförvar för det använda kärnbränslet (benämnt Kärnbränsleförvaret) liksom en utbyggnad av det befintliga slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR). Båda byggprojekten innebär bergarbeten, vilket kan ge störningar på den lokala hydrologin. Vid bygget av Kärnbränsleförvaret finns en risk att våtmarksmiljöer påverkas av sänkningar av grundvattennivåer och i några av dessa våtmarker finns känsliga och skyddade arter. Inventeringar av ett antal särskilt identifierade skyddsvärda arter (gulyxne, gölgroda och större vattensalamander) har pågått sedan 2012 (Collinder 2013). För att hantera denna risk har SKB sökt en artskyddsdispens parallellt med inlämnandet av ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark (SKB 2011, Mannheimer Swartling 2011). Några av de lokaler där den skyddade orkidén gulyxne hittats kan eventuellt komma att påverkas av en grundvattensänkning orsakad av bygget av Kärnbränsleförvaret. SKB har därför i dispensansökan pekat på skötsel som en möjlig skydds- och kompensationsåtgärd.

Våtmarker är känsliga för ändrade hydrologiska förhållanden, och våtmarksarterna konkurreras i regel ut av andra mer konkurrenskraftiga arter om miljön blir torrare, t ex efter dränering (t ex Tyler 1981, Mälson et al. 2008). Slåtter kan vara ett effektivt sätt att motverka den ökade konkurrensen från de mer snabbväxande arterna då man introducerar en regelbunden störning som missgynnar dessa arter (t ex vass, buskar och träd; Ekstam och Forshed 1992). I Sverige är idag många av de befintliga lokalerna med gulyxne i behov av regelbunden hävd för att undvika tillbakagång och lokala utdöenden (Sundberg 2006). Den främsta orsaken till att gulyxnelokaler idag försvinner är just upphörd hävd som ofta föregåtts av ändrade hydrologiska förhållanden i ett tidigare skede (Sundberg 2006). Detta belyser att hävd är en effektiv metod att gynna gulyxne och hålla kvar livskraftiga populationer i miljöer där de ursprungliga hydrologiska förutsättningarna ändrats till gulyxnens nackdel.

Sedan 2006 har SKB organiserat omfattande inventeringsinsatser i rikkärr i Forsmarksområdet, dels för att upptäcka och beskriva förekomsten av rikkärr i området (Göthberg och Wahlman 2006), men också för att beskriva och följa de befintliga gulyxnepopulationernas utveckling (Holmgren et al. 2020).



Figur 1-1. Den våtmark där olika typer av skötsel studerats sedan 2015, våtmark 48. Området där försöket med skötselåtgärder pågår är markerat med röd ram. Övriga rikkärr har inventerats med avseende på gulyxne sedan 2012 eller senare. Fynd av gulyxne i dessa våtmarker, från perioden 2018–2020, markeras med blå punkter.

1.2 Pågående studier av rikkärrsekosystem i Forsmarksområdet – utgångspunkt och syfte

Forsmarksområdet kännetecknas av en flack landhöjningskust med en hög andel våtmarker som klassificeras som rikkärr till extremrikkärr (Göthberg och Wahlman 2006), och dessa har identifierats som skyddsvärda på nationell basis (Hamrén och Collinder 2010). I och med SKB:s planerade aktiviteter i området har företaget ett särskilt ansvar att se till att man inte påverkar befintliga skyddsvärda miljöer och dess arter på ett negativt sätt. Ett potentiellt hot kan vara en sänkning av grundvattennivån (tillfällig eller långvarig) i områden som är sammanbundna via vattenförande sprickor i berggrunden, när förvaret är under byggnation. I händelse av en sådan grundvattensänkning planerar SKB olika typer av insatser, för att motverka och minimera påverkan på känsliga våtmarker. SKB har därför en övervakning samt beredskap att, vid behov, vidta vissa skyddsåtgärder under bygget och driften av det planerade Kärnbränsleförvaret. Om det planerade Kärnbränsleförvaret medför sänkta vattennivåer i utpekade skyddsvärda våtmarker, har SKB förbundit sig att tillföra vatten till dessa genom infiltration för att bibehålla den hydrologiska dynamiken. En annan åtgärd som skulle kunna sättas in i dessa eller i andra rikkärr med gulyxne är slätter för att bibehålla dynamiken och motverka igenväxning om förhållandena blir torrare under en period. Det har också föreslagits att slätter i de idag befintliga strandnära rikkärren kan vara ett sätt att gynna t ex gulyxne.

Under 2015 startades ett försök för att undersöka om slätter och olika intensitet av tramp kan gynna gulyxne i rikkärr i Forsmarksområdet där det idag inte finns några synliga tecken på hävd (Eriksson et al. 2015). Försöket har sedan dess följts upp på årlig basis (Eriksson et al. 2017, 2018, Eriksson och Collinder 2018, 2019, 2020). I denna rapport görs en utvärdering av de undersökta behandlingarnas effekter baserat på data från sex år, dvs fram t o m 2020.

Förutom gulyxne har ett antal ytterligare arter valts ut som representanter för rikkärrets växtsamhälle (kärrspira, slätterblomma, kärrknipprot och ängsnycklar) i den våtmark där skötsel försöket genomförs. Avsikten är att bredda perspektivet till rikkärrets växtsamhälle när effekter av behandlingarna studeras. Arterna är inte utvalda för att likna gulyxne i livshistorieegenskaper eller preferenser vad gäller abiotiska faktorer, annat än att vara associerade med rikkärsmiljöer, men de har alla i olika sammanhang visat positiv respons på hävd (t ex Ekstam och Forshed 1992, Tyler et al. 2021). Regelbundna störningar i form av slätter och tramp kan påverka flera olika typer av processer i rikkärssamhället t ex överlevnad hos befintliga plantor, fekunditet, spridning och nyetablering (Wheeler et al. 1998).

Under arbetets gång har både antalet lokaler med gulyxne och antalet individer av arten ökat i området. Tankar har väckts om att störning i form av tramp har en gynnsam effekt på gulyxne (och andra rikkärtsarter). Om det finns en sådan effekt kan den vara viktig att dokumentera för att förstå mönster relaterade till förändringar i inventeringsintensiteten i framtiden.

1.3 Rikkärssamhällen i Sverige och i Forsmark

1.3.1 Utbredning och restaurering

Norra Upplands kalkområden har en flora och fauna som till stora delar är gemensam med den i andra trakter med stora kalkförekomster t ex Öland, Gotland, Siljansringen, områden kring Storsjön i Jämtland och kalkområden i Östergötland. Kärren i Forsmark spänner över en gradient av successionsstadier, från områden som nyligen frilagts av landhöjningen, via välutvecklade och starkt kalkpåverkade rikkärr, till äldre fattigkärr och mossar med mindre minerogen påverkan. I Forsmarksområdet återfinns rikkärr främst inom områden mellan havsnivån och upp till en nivå på 4 m ö h, men t ex gulyxne förekommer vidare upp till 32 m ö h i norra Uppland (Data från Artportalen 2018). De kärr som idag finns i området representerar kategorier från medelrikkärr till extremrikkärr. Denna gradient har tidigare beskrivits utifrån ett antal indikatorarter av främst kärlväxter (Göthberg och Wahlman 2006), samt ett antal olika riktade inventeringsinsatser för att ytterligare säkerställa kunskaper kring olika artgrupper knutna till dessa miljöer (trollsländor och snäckor, Hamrén och Collinder 2010). I samband med dessa arbeten har också arter klassificerade som rödlistade identifierats.

Norra Uppland med sina kalkområden hyser idag kärnpopulationen av gulyxne i Sverige (SLU 2020). Undersökningar har visat att förekomst av gulyxne är associerad med en rad andra exklusiva arter i våtmarksmiljöer (Sundberg 2006, Andersen et al. 2015). Exempelvis finns längs Upplandskusten den största sammanhängande förekomsten av gölgroda i Sverige. Grodorna trivs bra i små kalkoligotrofa gölar i anslutning till rikkärr.

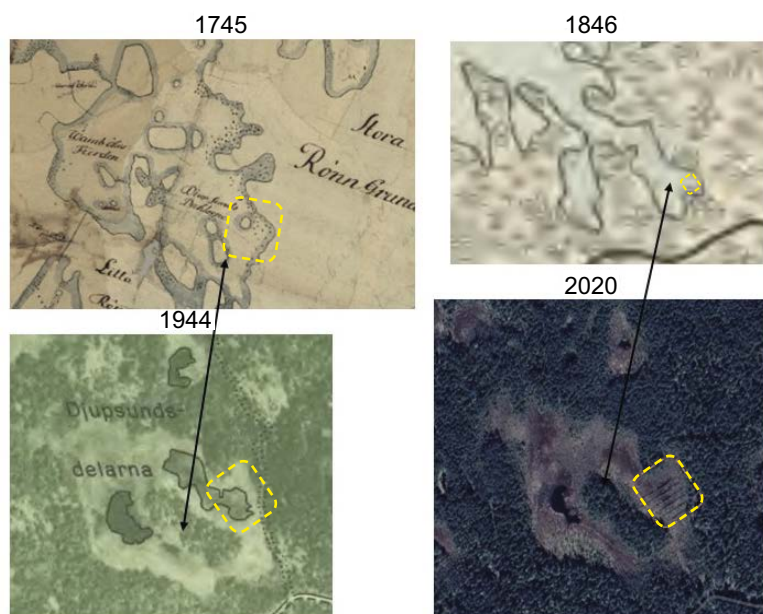
Liksom andra våtmarker har rikkärr drabbats hårt av dikning (Sundberg 2006). Andra faktorer som kan ha en negativ påverkan på befintliga rikkärr är kvävenedfall och surt regn (Sjörs och Gunnarsson 2002), liksom torrare somrar (Sundberg 2006). Längre norrut har dessa faktorer mindre betydelse. Här har istället upphörd hävd samt en naturlig pågående succession (Elveland 1978) lyfts som trolig orsak till tillbakagången av rikkärtsarter (Sundberg 2006).

Flera olika typer av restaureringsinsatser har provats med mer eller mindre goda resultat. I Lagmansro i Östergötland restaurerades ett tidigare dikat och uppodlat rikkärr genom röjning av vedvegetation och borttagande av matjord (Länsstyrelsen Östergötland 2009). Man fann att landsnäckorna etablerade sig snabbast efter åtgärderna medan etableringen av kärlväxter och mossor tog längre tid. I Gästrikland återställdes vattennivåerna i ett sedan 24 år dikat rikkärr genom igenläggning av diken (Målson et al. 2008). Uppföljningen indikerade en viss, om än långsam, återhämtning av vegetationen. Det finns dock exempel på att intensifierad beteshävd också kan vara en del i själva tillbakagången av gulyxne, t ex för en av de tidigare största populationerna som fanns på Gotland (Sundberg 2006).

1.3.2 Hävdhistorik i rikkärr i Sverige och i Forsmark

Många våtmarker har historiskt använts som slåttermarker för att bärga hö som vinterfoder till kreaturen. I södra Sverige upphörde detta bruk i början på 1900-talet då markerna istället användes för bete (Tyler 1981). Längre norrut pågick slåttern längre in på 1900-talet. Ofta slogs inte rikkärren mer än vartannat år eller när inägorna gav för lite hö. En hög frekvens av slåtter i denna typ av näringsfattigt kärr sänkte på sikt produktionen (Sundberg 2006). En regelbunden slåtter innebär också att successionen stoppas upp och att torvbildningen hämmas (Elveland 1978). De kustnära, och därmed unga, kärren i Uppland har troligen inte betats som i södra Sverige eftersom de har dålig bärighet och därmed snabbt skulle trampas sönder av tunga betesdjur (Sundberg pers. komm.).

Den flacka landhöjningskusten och den tidigare snabba strandlinjeförskjutningen har inneburit en tämligen snabb förändring av landskapet i Forsmark. Utvecklingen för den våtmark som undersökts i denna studie visas i figur 1-2. Från att ha varit en del av en havsvik år 1745 är den idag ett rikkärr utan påverkan av saltvatten. Stora delar av området var så sent som 1944 fortfarande del av något som låg närmare öppet vatten än fast mark (figur 1-2). Från området Storskäret, strax söder om dagens våtmark, finns noggranna beskrivningar från 1745 av de olika ägoslagen och hur de lämpar sig för höproduktion. Detta vittnar om en omfattande hävd i området av delar som då låg ovan havsnivån. Stora delar av det landskap som idag ej brukas har varit tämligen orört under de senaste 50 åren.



Figur 1-2. Historisk utveckling av det rikkärr där skötselstudien har utförts. Området för skötsel försöket är avgränsat inom den i gult streckade rektangeln. År 1745 var området del av en havsvik som kommer in norrifrån via den idag avgränsade sjön Bolundsfjärden och detta förhållande gällde även år 1846. På kartan från 1944 var stora delar av det område som idag ingår i försöket utmärkt som del av ett mindre vattenområde (liten sjö eller göl). På sista bilden ses ett randigt mönster som orsakats av den årliga slåtter som pågått sedan starten 2015. Området ligger idag på 1,4–1,8 m ö h.

1.4 Beskrivning av studiearterna

Förutom gulyxne ingick även kärrknipprot, kärrspira, slätterblomma och ängsnycklar i studien. De studerade arterna är relativt vanliga och utmärkande för rikkärr (Rydin et al. 1999), med undantag för kärrspira som också återfinns i icke kalkpåverkade kärr. De har tidigare beskrivits som hävdgynnade i vissa typer av miljöer, t ex i tidigare dikade markområden i anslutning till fuktiga miljöer som våtmarker (tabell 1-1). Ekstam och Forshed (1992) gjorde en generell klassificering för ett stort antal växtarter knutna till hävdpåverkade miljöer baserat på hur känsliga dessa var för utebliven hävd i ängs- och hagmarker. Detta har ytterligare följts i flera arbeten, men också i blötare miljöer, t ex Tyler et al. (2021). Känsliga arter (som slätterblomma) reagerar snabbast, medan andra arter snarare kortsiktigt gynnas av att hävden upphör (kärrknipprot, kärrspira och ängsnycklar) för att sedan också gå tillbaka när fler konkurrenskraftiga arter etablerar sig. Ekstam och Forsheds (1992) generaliseringar byggdes på miljöer som var helt beroende av hävd, ofta med lång kontinuitet. Tabell 1-1 sammanställer relevanta uppgifter, så som habitat, ståndort och respons på slätter/bete, för de ingående arterna.

Tabell 1-1. De arter som följdes i det beskrivna skötsel försöket i rikkärr 48 och ett antal egenskaper så som huvudsaklig levnadsmiljö, om de är hävd- respektive trampgynnade och hur fort de reagerar på utebliven hävd.

Art	Latinskt namn	Habitat ¹	Ståndort ²	Respons på bete/slätter ³
Gulyxne ⁴	<i>Liparis loeselii</i>	Extremrikkärr	Våt	Gynnas av viss betning/slätter men överlever också i oskötta miljöer
Kärrknipprot	<i>Epipactis palustris</i>	Extremrikkärr	Våt-temporärt översvämmad	Klarar återkommande bete/slätter men föredrar oskötta miljöer
Kärrspira	<i>Pedicularis palustris</i>	Intermediärt kärr	Våt-temporärt översvämmad	Starkt gynnad av regelbunden betning/slätter men klarar några år utan skötsel
Slätterblomma	<i>Parnassia palustris</i>	Intermediärt kärr	Våt	Starkt gynnad av regelbunden betning/slätter men klarar några år utan skötsel
Ängsnycklar	<i>Dactylorhiza incarnata</i>	Medelrikkärr	Våt	Gynnas av viss betning/slätter men överlever också i oskötta miljöer

1) Klassificering enligt Sundberg (2007).

2) Enligt Tyler et al. (2021); våt respektive våt-temporärt översvämmad.

3) Enligt Tyler et al. (2021) i tidigare hävdad miljö.

4) Rödlistad VU (SLU Artdatabanken: <https://artfakta.se/naturvard/search/species?q=gulyxne>).

1.4.1 Gulyxne

I Norden har gulyxne sitt huvudutbredningsområde i norra Uppland och Gästrikland, och den hittas främst i rikkärr. Ur ett globalt perspektiv tycks gulyxne på flera sätt vara knuten till miljöer som är i ett tidigt successionsstadium (Sundberg 2006). I Sverige är huvudutbredningsområdet den mellan-svenska flacka landhöjningskusten där arten förekommer i relativt unga rikkärr, i Wales och Holland är det rörliga sanddynen (Jones 1998, Grootjans et al. 2002) och i östra England är det övergivna torvtäcker (Wheeler et al. 1998). Man gör skillnad på två varieteter, en smalbladigare, *varia*, begränsad till kalkrika kärr och en bredbladigare, *ovata*, begränsad till kalkpåverkade sanddynsmiljöer. Från USA är ett ännu större spektrum av habitat beskrivna av Rolfsmeier (2007).

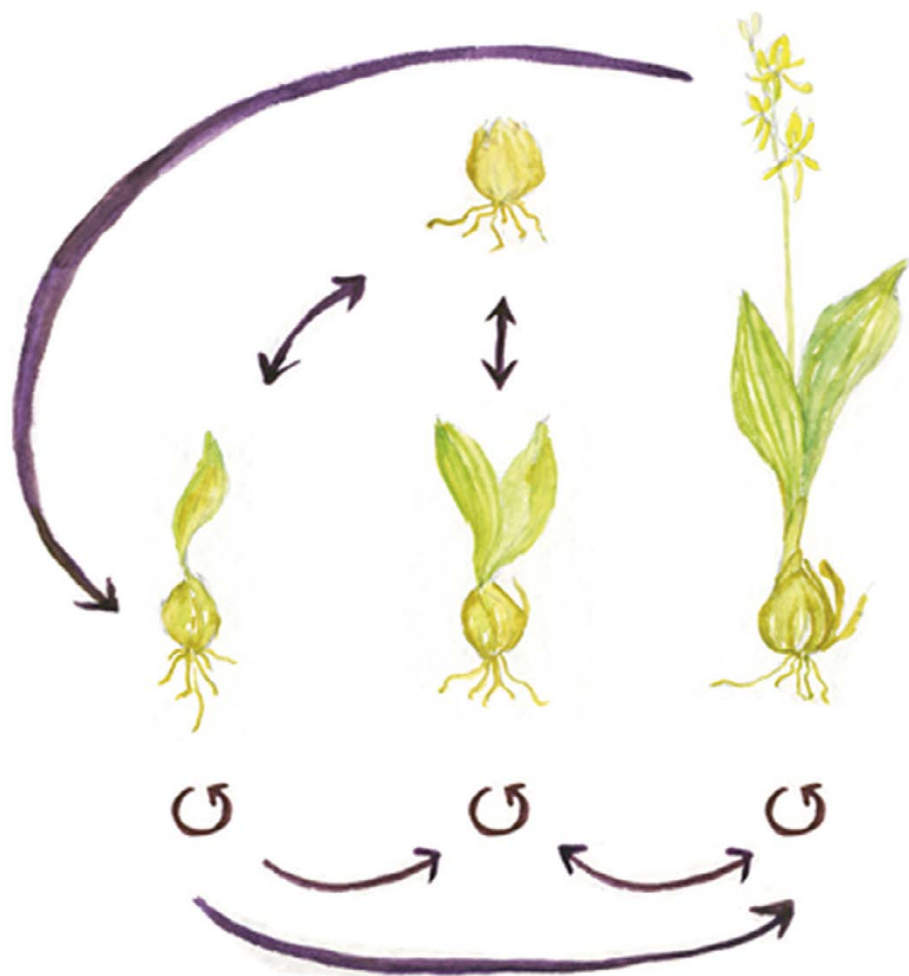
Gulyxnens frön bildar så kallade protokorm (association mellan frö och svampmycel), vilka är nödvändiga för groningen. Mrvicka (1990) observerade protokorm hos gulyxne i maj. Det första bladet kan ses under sommaren efter groningen och egentliga rötter kommer först våren därpå (Mrvicka 1990). Under det andra året bildas en tvåbladsrosett, ofta med olikstora blad, för att nå det blommande stadiet året därpå, och individen kan sedan vara i detta stadium under flera på varandra följande år. Flera studier har påvisat att det kan förekomma avvikelser i den ovan beskrivna livscykeln på grund av ogynnsamma eller extra gynnsamma förhållanden (Wheeler et al. 1998, McMaster 2001, Oostermeijer och Hartman 2014). Exempel på detta är att pseudolöken kan vara vilande ett år eller att individer kan befinna sig i samma livsstadium under flera år. Figur 1-3 visar livscykeln för gulyxne med alla påvisade övergångar. Det verkar som att enbladsstadiet som regel inte återkommer efter att en planta har blommat och att tvåbladsstadiet alltid föregår blomning (Wheeler et al. 1998). Wheeler et al. (1998) noterade att det tar två till fyra år efter enbladsstadiet innan blomning sker och att blomning ofta följs av ytterligare

blomning efterföljande år. Maximal ålder hos enskilda plantor har noterats till åtminstone åtta år i sanddynsmiljöer (Jones 1998). Wheeler et al. (1998) visade att rameter ofta dyker upp i anslutning till moderplantor. I samma studie uppmärksammades dessutom stora fluktuationer i individantal mellan år.

År 2000 var ett toppår för arten i Sverige, både beträffande antalet sterila och antalet blommande plantor (Sundberg 2006). Även 2004 var ett bra år. Det har föreslagits att arten ökar året efter en varm och torr sommar (Sundberg 2006). Dessa observationer stämmer bra med Oostermeijer och Hartman's (2014) studie, som visserligen gäller underarten subsp. *ovata* på sanddyner. Studien visade att ökad markfuktighet var negativt korrelerad till antal vegetativa rosetter i habitat typiska för Holland (fuktiga dynsänkor). De kunde också hänvisa till flera oberoende vittnesmål från reservatsskötare att flera på varandra fuktiga år gav en kraftig nedgång i populationsstorlekar. Rätt fuktighet i myren vid fröspridning samt närvaron av lämpliga svamphyfer kan således vara avgörande för etablering av nya individer, tillsammans med konkurrens från andra arter som en effekt av pågående succession (t ex Rasmussen 1995, Jones 1998).

Wheeler et al. (1998) noterade en kraftig nedgång i rekrytering och en ökad mortalitet i anslutning till en ovanligt torr växtsäsong. De argumenterade att den låga fuktigheten på våren påverkade frögroning och överlevnad negativt, och att en torr sommar påverkade fruktsättning och pollinering positivt. De spekulerade också kring att mycket vatten skyddar bladen från att ätas upp av mollusker under våren.

Som påpekas i Oostermeijer och Hartmann (2014) är den förväntade effekten efter initierad slåtter att andelen juveniler (enbladiga individer) ökar i gulyxnepopulationen. Etablering av nya plantor kan ses som en central del av överlevnaden eftersom en del tyder på att de enskilda individerna inte är mer långlivade än 6–8 år (Wheeler et al. 1998, Jones 1998).



Figur 1-3. *Gulyxnes* livscykel (baserat på Wheeler et al. 1998). Illustration: Anna Maria Larson, Ekologi-gruppen AB, 2016.

2 Metodik

2.1 Behandlingsförsök i ett rikkärr

Försöket genomfördes i en del av ett rikkärr i Forsmark (våtmark 48, se figur 1-1). Som beskrivits ovan utgjorde området vid mitten av 1700-talet en del av en havsvik (figur 1-2) och stora delar av området där skötsel-försöket genomfördes utgjordes så sent som för 75 år sedan av ett vattenområde (mindre sjö eller göl).

Objektet omfattar ett stort, öppet kärr med vass över nästan hela sin yta. Vissa partier av kärret innehåller låg och gles vassvegetation. Det förekommer brunmossor i hela kärret, även i partier med tät vass. De delar som ingår i försöksområdet är förhållandevis fasta (ej gungfly). Objektet klassas som regionalt naturvärde enligt metodiken i Hamrén och Collinder (2010). Det motiveras av stor rikedom av rikkärrarter, inklusive en mycket stor förekomst av arten kärrknipprot, samt ett flertal intilliggande rikkärr. Vid inventeringen 2015 (inför starten av åtgärderna) registrerades 334 gulyxneindivider i försöksområdet (Eriksson et al. 2015). Av dessa utgjorde 23 % blommande individer, 51 % var tvåbladiga och 26 % enbladiga.

Nedan följer en beskrivning av behandlingsförsökets upplägg som bygger på motsvarande beskrivningar i följande rapporter: Eriksson et al. (2015, 2017, 2018), Eriksson och Collinder (2018, 2019, 2020).

2.1.1 Transekter

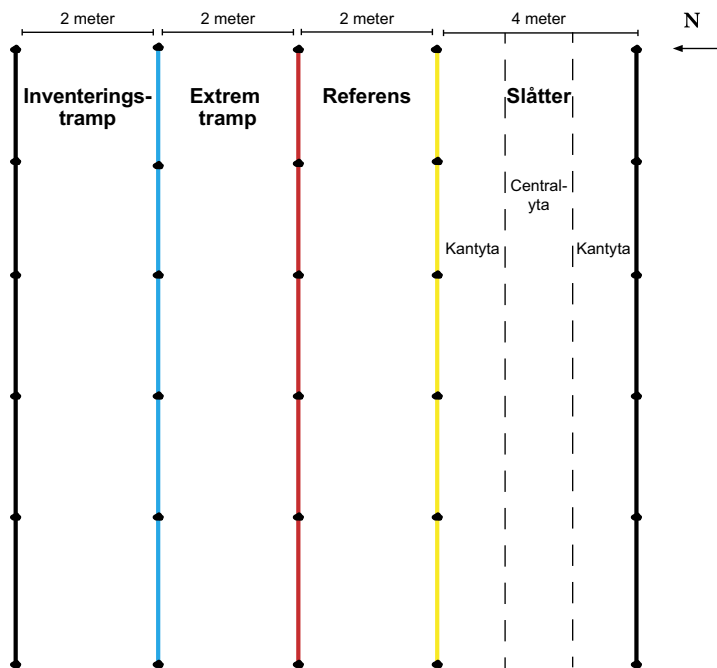
Fem transekter har markerats ut i våtmarken med stakpinnar. Transekt A till E är 30, 54, 54, 54 respektive 62 m långa. Varje transekt bestod av fyra parallella behandlingar (figur 2-1); inventerings-tramp (I), extremtramp (E), referens med ingen behandling/påverkan (R) samt slåtter med röjning av vedvegetation och inventeringstramp (S). Samtliga behandlingsdelar var 2 m breda, men för slåtterdelen hade ytterligare 1 m på vardera sida av delen slagits för att undvika kanteffekter.

Under det första året inventerades hela de fyra meter breda slåtterdelarna, dvs 4 m × 2 m (Eriksson et al. 2015). Detta justerades året därpå så att samma ytstorlek inventerades i slåtterdelarna som i de andra behandlingsdelarna (2 m × 2 m). För att kunna jämföra första årets resultat i slåtterdelarna med resultaten från kommande års inventering behöver resultatet för varje inventeringsruta 2015 viktas ner. Hur denna viktning gått till redovisas i bilaga 1.

2.1.2 Behandlingar

Inom varje transekt utfördes fyra olika behandlingar enligt följande (figur 2-1):

- 1) Slåtter (S) genomfördes med röjsåg på en höjd av 15 cm över markytan. Höjden valdes så att eventuella gulyxneplantor inte skulle skadas av åtgärden. Det slagna växtmaterialet flyttades bort från våtmarken. Slåtter utfördes årligen under augusti.
- 2) Inventeringstramp (I) där behandlingen utgjordes av att gulyxne inventerades på samma sätt som i slåtterytan. Däremot skedde ingen slåtter i denna yta.
- 3) Extremtramp (E) innebar att delen trampades extra genom systematisk gång fram och tillbaka 2 gånger över hela ytan. För att täcka de 2 meter breda delarna delades de in i sex remsor. Trampningen skedde med korta, överlappande steg. Ingen hänsyn togs till eventuella exemplar av gulyxne. Större buskar trampades inte ned men trampning skedde intill stammen. Extremtrampning genomfördes i september då gulyxne hade öppnat sina frökapslar. Behandlingen extremtramp utfördes sista gången 2018 och efterföljande år (2019 och 2020) genomfördes endast inventerings-tramp på dessa ytor.
- 4) Referens (R). Denna del lämnades helt orörd och inventerades från angränsande områden utan att inventerarna gick i ytan. Anledningen till att referensen placerades bredvid extremtramp och inte intill inventeringstramp var att det extra tramp som sker utanför referensremsans kanter inte motsvarar normalt inventeringstramp.



Figur 2-1. Upplägg av varje transekt (A–E); behandlingarna Inventeringstramp, Extremtramp, Referens respektive Slätter. Slätterdelen är uppdelad i centralyta (2 meters bredd) respektive kantytta (1 meters bredd vardera).



Figur 2-2. I de slättrade ytorna observerades en tydligt lägre vegetation efter fyra år av slätter. Bild från 2 juli 2019 (Eriksson och Collinder 2019): i mitten (slätteryta) syns enbart vass medan delarna på båda sidor av denna innehåller tätare vass samt även buskar och sly.

2.1.3 Inventering

De i fält markerade behandlingsdelarna delades in i tvåmeterslängder. Varje sådan inventeringsyta namngavs efter transekt (A–E), därefter skötseltyp (S, R, E, I) och därefter meterangivelse från B–D transekternas startlinje.

För varje enskild inventeringsruta, 2×2 meter, inventerades följande:

- Antal individer av gulyxne (uppdelat på blommande, enblads- och tvåbladsrosett) räknades. För slåtterytan noterades även gulyxneförekomst utanför 2×2 metersrutan (dvs i den slagna metern på varje sida utefter slåtterdelen, ”kantyta” i figur 2-1) separat.
- Arterna kärrspira, slätterblomma, kärrknipprot och ängsnycklar räknades enligt floraväkteri-metoden (Edqvist 2009, Naturvårdsverket 2015) där upp till tio förekomster räknas och därefter skattas varje ytterligare 10-tal. Efter 10-tal skattas ytterligare 100-tal. Både blommande och icke blommande individer räknades.

Inventeringen utfördes årligen under en till två dagar i början av juli.

2.2 Inventering av gulyxnepopulationer i Forsmarksområdet

Inventering av gulyxne har även skett årligen i de övriga våtmarker i Forsmarksområdet som hyser förutsättningar för artens förekomst (Collinder och Zachariassen 2016). I dessa våtmarker användes en annan metodik. Relevanta delar av våtmarkerna söktes igenom noggrant efter gulyxne och inventerades genom systematisk gång från nord–syd eller öst–väst beroende på vad som lämpade sig bäst för varje våtmark. Gångstråken skiljdes åt av ett mellanrum på cirka 5 meter. För varje rikkärr noterades det totala antalet individer (även antal blommande respektive vegetativa exemplar med 1 eller 2 blad).

2.3 Statistisk bearbetning och analys av data

För den statistiska analysen summerades antalet observationer för fem intilliggande inventeringsrutor i en $s \times k$ storruta (figur 2-3). För att försöket skall bli balanserat användes fem inventeringsrutor per storruta. Detta innebär att ett mindre antal inventeringsrutor exkluderades (~ 10 %). För att storrutorna inom varje block skulle ligga parallellt i samtliga transekter exkluderades inventeringsrutorna i ändarna av försöket (5 st i nordöst och 3 st sydväst änden) samt på ett område mellan block 1 och 2 (4 st) där en stig passerar genom försöksområdet. Därutöver utslöts de fyra inventeringsrutor som störts av en installation av ett grundvattenrör 2019. Dessa låg i slåtterdelen i transekt B. Efter installationen täckte sediment i storleksordningen 9 m^2 där det tidigare påträffats ett stort antal gulyxne. En uppskattning är att mellan 50 och 100 individer av gulyxne hade täckts av siltig morän (Eriksson och Collinder 2019). Tre av dessa inventeringsrutor låg i samma storruta, och denna utslöts helt ur analysen. Detta resulterade i att försöket representerades av 95 storrutor vilka inventerats vid sex olika tillfällen.

För att testa om behandling påverkade gulyxne och de fyra andra utvalda hävdgynnade våtmarks-växterna analyserades abundanserna med en generaliserad linjär modell. I modellen ingick följande fixa faktorer: *Före/Efter* behandling, *Behandling*, och *År[Efter]*. Utöver dessa faktorer ingick även två faktorer som relaterar till den rumsliga strukturen av försöket, nämligen *Transekt* och *Block*. Modellen inkluderade också interaktionerna mellan *Före/Efter* och *Behandling*, och mellan *Före/Efter*, *Behandling* och *År[Efter]*. Den första interaktionstermen testas om behandlingseffekterna påverkar abundansen, med hänsyn tagen till abundansen innan behandlingen införts. Den andra interaktionstermen testas om en eventuell behandlingseffekt skiljer mellan behandlingsåren (t ex om den ökar med tiden). För att jämförelserna mellan år ska kunna utvärderas med hänsyn tagen till abundanserna i de enskilda storrutorna, inkluderades interaktionen mellan *Block*, *Transekt* och *Behandling*. Den statistiska modellen kan beskrivas som följer, där y är antalet individer per storruta:

$$y = \text{Transekt} + \text{Block} + \text{Behandling} + \text{Före/Efter} + \text{År[Efter]} + \text{Behandling} \times \text{Före/Efter} + \text{Behandling} \times \text{Före/Efter} \times \text{År} + \text{Transekt} \times \text{Block} \times \text{Behandling}$$

Eftersom den beroende variabeln utgörs av antal individer så användes en Poisson-fördelning och en log-länkfunktion i analysen. Hänsyn togs till överdispersion, och modellen passades med en Firth-korrigerad Maximum Likelihood-metod. För att ta hänsyn till att en större yta inventerats det första året för behandlingen *Slätter* (4×2 m istället för 2×2 m) användes en viktning i analysen. För första årets observationer i slätterbehandlingen sattes vikten för gulyxne till 0,65 (se separat analys i bilaga 1) och för övriga arter sattes den till 0,5 (motsvarande areaförhållandet). Samtliga övriga behandlingar och inventeringsår fick vikten 1. När interaktionen *Behandling* × *Före/Efter* var signifikant ($p < 0.05$) användes parvisa kontraster för respektive behandling för att avgöra om den relativa responsen (dvs skillnaden i antal mellan 2015 och medelvärdet för perioden 2016–2020) var signifikant.



Figur 2-3. Faktorer i den statistiska modellen i förhållande till försöksupplägget. Varje transekt (A–E, svart) motsvarar fyra skötselbehandlingar (I, E, R, S, jmf avsnitt 2.1.2). Block (0–5, rött) motsvarar sex korridorer som går tvärs över alla transekter. En storruta ($n = 95$, exemplifierad med den lilla vita rektangeln) omfattar fem inventeringsrutor och utgör den observationsnivå som använts i den statistiska analysen.

Tabell 2-2. Nivåer på faktorer som används i den statistiska analysen.

Faktor	Nivå	Förklarar/testar
Transekt	A, B, C, D, E	Rumslig struktur i transektriktningen
Block	0, 1, 2, 3, 4, 5	Rumslig struktur vinkelrät mot transektriktningen
Behandling	Referens, Inventeringstramp, Extremtramp, Slåtter	Skillnader mellan behandlingar inklusive initiala förhållanden
Före/Efter	2015 jfr med 2016–2020	Skillnader mellan tiden före och efter behandlingarna (över alla behandlingar)
År [Efter]	2016, 2017, 2018, 2019, 2020	Skillnader mellan år efter behandling
Behandling × [Före/Efter]	Se ovan	Skillnad i F/E mellan behandlingar, dvs skötseffekter
Behandling × År [Efter]	Se ovan	Skillnad i utveckling 2016–2020 mellan behandlingar
Transekt × Block × Behandling	Se ovan	Variation mellan storrutor (över alla år)

För att kontrollera att resultaten inte är beroende av viktningen (0,65) gjordes även en separat analys av antalet gulyxne i slåtterbehandlingen med en reducerad modell. Analysen baserades på inventeringar i 4×2 m rutor för samtliga år (så ingen viktning behövdes). I modellen inkluderades *Före/Efter* och *År[Efter]* som huvudfaktorer, och Storruta som en kategorisk blockfaktor ($n = 24$). Med denna modell skattades effekten av slåtter, inklusive de slåtrade delar som låg ytterst i transekterna (och potentiellt påverkats av intelligande behandlingar). De alternativa beräkningarna bekräftade de ursprungliga beräkningarna (se bilaga 1).

För att undersöka om behandling påverkade populationsstrukturen hos gulyxne delades observationerna av gulyxne upp i enbladiga individer respektive övriga individer (dvs summan av tvåbladiga och fertila individer). Andelen enbladiga individer analyserades med modellen ovan, men eftersom målvariabeln utgörs av en andel användes en logistisk analys (dvs en binomial fördelning och en logit-länkfunktion). Vidare användes ingen viktning i analysen, då storleken på inventeringsrutorna inte bedöms ha någon påverkan på förhållandet mellan livsstadier i observationsenheterna. Alla analyser utfördes i programmet JMP 15.0.

3 Resultat

3.1 Gulyxne

3.1.1 Gulyxnes populationsutveckling i försöksytan

Förekomsten av gulyxne i inventeringsrutorna vid försökets start (2015) och vid sista inventeringstillfället (2020) visas i figur 3-1. Förekomsten är starkt aggregerad, och innan skötselåtgärderna inleddes saknades arten i stora delar av försöksområdet. Det går också att notera att slåtterytorna inledningsvis hade förhållandevis låga förekomster av gulyxne. Efter fem års behandling är ökningen tydlig. Det rumsliga mönstret har stora likheter med det vid försökets start, och arten tycks främst ha ökat i områden där den tidigare förekommit, eller i delar som angränsar till dessa.

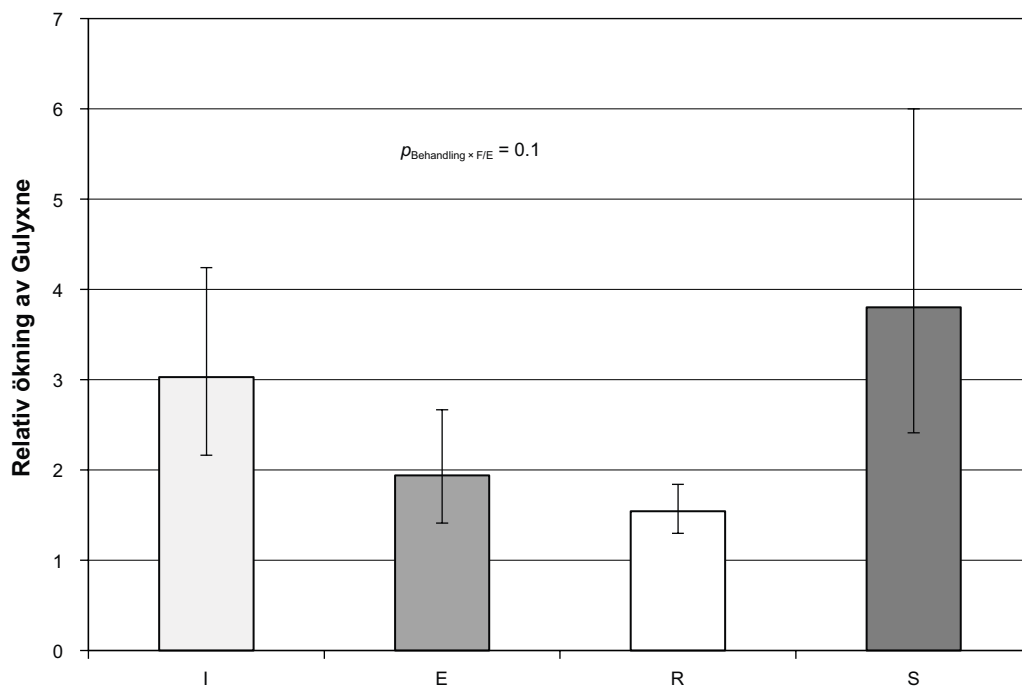
Antalet gulyxne ökar i samtliga behandlingar under den studerade perioden (figur 3-2). Den statistiska analysen visar ingen signifikant skillnad mellan de olika behandlingarna, men det finns en tendens till att den relativa ökningen är störst i slåtterdelarna och minst i referensdelarna.

Behandlingarna i våtmark 48 har pågått under fem års tid med undantag för extremtrampningen som gjordes sista gången efter inventeringen 2018. Behandlingen avslutades främst för att motverka den observerade negativa effekten på ängsnycklar (se avsnitt 3.2.1). Motsvarande negativ effekt är inte uppenbar för gulyxne (figur 3-3). Om vi tittar på antalet gulyxneindivider under den studerade perioden (figur 3-3) är den relativa ökningen i slåtterdelarna som störst efter 3–4 års behandling, för att avta något det sista året. Liknande mönster kan även ses för delarna med inventeringstramp och extremtramp, men inte för referensen där antalet gulyxne ökar mer stadigt över försöksperioden.

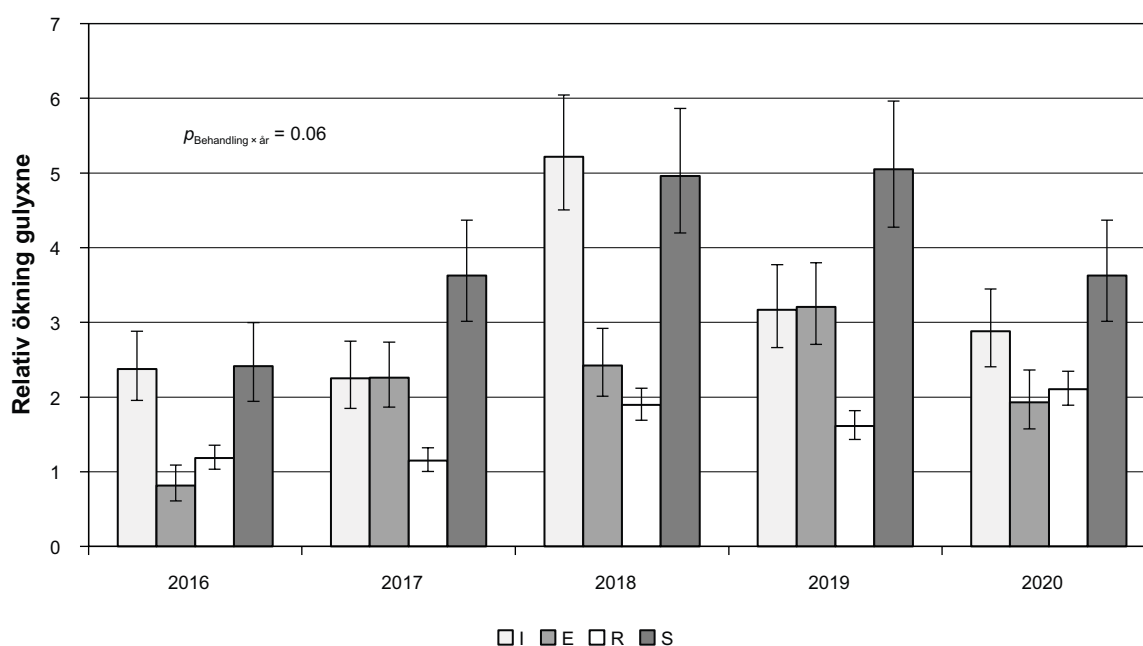
		Gulyxne 2015																			
		E				D				C				B				A			
		E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S
5		29	20	3	5	0	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0				
4		8	5	4	8	0	0	0	4	1	5	44	2	0	3	0	1	0	0	0	0
3		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	1	73		0	0	0	0
2		0	0	1	0	0	0	0	0	5	3	1	0	0	0	28	0	0	0	0	0
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0		0	0	0	0																

		2020																			
		E				D				C				B				A			
		E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S
5		45	11	31	17	0	0	2	6	8	1	1	6	0	2	30	0				
4		7	3	6	26	21	48	11	28	1	22	86	34	0	0	40	0	0	0	0	0
3		0	1	1	0	0	2	0	0	2	0	17	5	0	15	106		0	0	0	0
2		0	0	1	0	0	0	0	0	7	10	5	0	2	4	9	0	0	0	0	0
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0		0	0	0	0																

Figur 3-1. Fördelningen av gulyxne i de olika inventeringsrutorna före försökets start (2015) och efter fem års behandling (2020). Siffrorna anger antal individer per 20 m² och färgmättnaden ökar med antalet. Den beige ytan motsvarar en del av försöket som exkluderats på grund av en störning. Behandlingar: E = extremtramp, I = inventeringstramp, R = referens, S = slåtter.



Figur 3-2. Relativ förändring av antalet gulyxne efter att olika skötselåtgärder (behandlingar) införts; I = inventeringstramp, E = extremtramp, R = referens, S = slåtter. Staplarna representerar medelvärden för skillnader mellan före (F = 2015) och efter (E = 2016–2020), och felstaplarna anger medelvärdets standardfel. P-värdet (> 0.05) indikerar ingen skillnad i respons mellan behandlingar och referens.

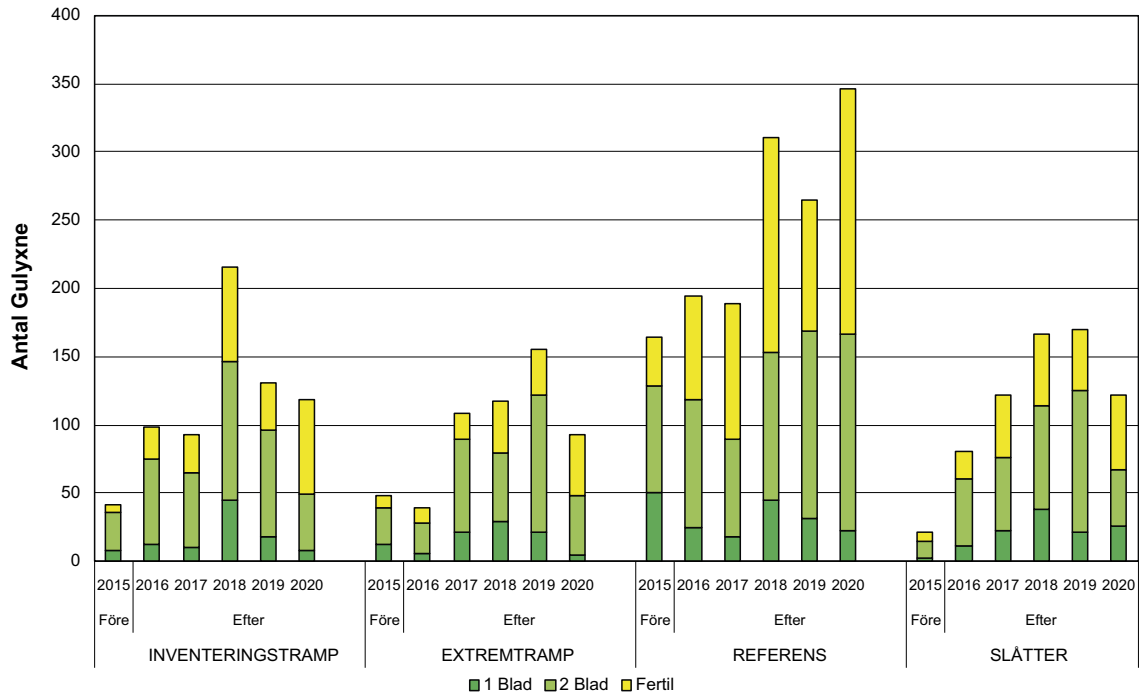


Figur 3-3. Relativ förändring av antalet gulyxne för de olika behandlingarna respektive år under behandlings-åren; I = inventeringstramp, E = extremtramp, R = referens, S = slåtter. Staplarna representerar medelvärden och deras standardfel. Ingen förändring mellan behandlingarna över 2016–2020 motsvarar siffran 1. P-värdet (~ 0.05) indikerar att det finns en tendens till skillnad i respons mellan behandlingarna mellan 2016 och 2020 för gulyxne.

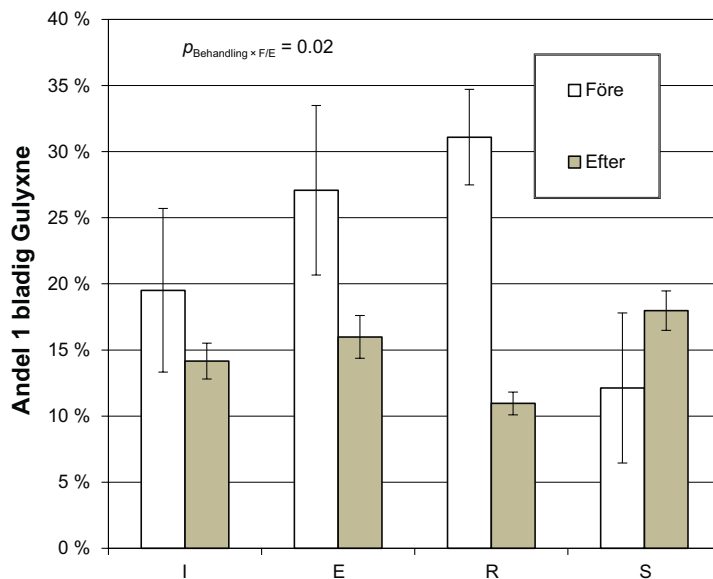
3.1.2 Gulyxnes olika livsstadier

I figur 3-4 visas antalet gulyxne fördelat på de tre livsstadierna enbladig, tvåbladig respektive blommande, för olika behandlingar och år. Generellt är blommande och tvåbladiga individer alltid flest i referensytan, och antalet blommande individer ökar i alla behandlingar (inklusive referens) (figur 3-4). I samtliga behandlingar är enbladiga individer fler under 2018 följt av ett ökat antal tvåbladiga individer 2019 och blommande 2020. Det verkar som vi här, oaktat behandling, kan följa en större årsklass över flera år trots artens relativt komplexa livscykel (se avsnitt 1.4.1).

Diagrammet i figur 3-5 visar att andelen enbladiga individer minskar under skötselperioden för extremtramp liksom i referensdelen. Denna minskning ses dock inte för inventeringstramp eller i slätterdelen.



Figur 3-4. Antalet gulyxneindivider fördelat på de tre livsstadierna enbladig, tvåbladig respektive blommande (fertil) i de olika behandlingarna respektive år, före respektive efter försökets start.



Figur 3-5. Andel enbladiga gulyxneindivider av det totala antalet före (2015) respektive efter (2016–2020) att skötselåtgärder införts; I = inventeringstramp, E = extremtramp, R = referens, S = slätter. Staplarna representerar medel och deras standardfel.

3.2 Övriga arter

3.2.1 Ängsnycklar

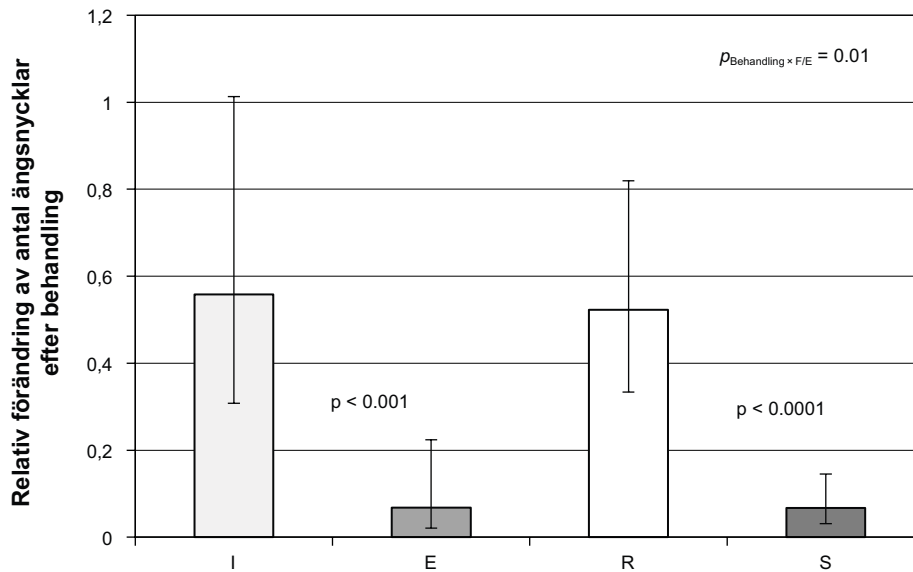
Utbredningen av ängsnycklar vid försökets start (2015) och vid sista inventeringstillfället (2020) visas i figur 3-6. Det är tydligt att antalet ängsnycklar minskat starkt under försökets gång. Utbredningen av ängsnycklar överlappar inte med den för gulyxne (jmf figur 3-1). Tvärtom utbreder sig de två arterna i olika delar av våtmarken, vilket antyder att de har något olika preferenser när det gäller ståndort.

Nedgången vid behandlingarna med slätter och extremtramp var stor, medan individantalet i behandlingen med inventeringstramp och i referensen var lika före och efter behandling (figur 3-7). Av figur 3-6 framgår att arten i stort sett försvunnit helt i behandlingarna med intensiv skötsel (slätter och extremtramp) i transekterna B–E år 2020, samt att en kraftig minskning skett i hela transekt A.

		Ängsnycklar 2015																			
		E				D				C				B				A			
		E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S
5		0	1	0	1	1	0	0	0	9	1	2	1	17	10	3	5				
4		0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	7	7	7	3	5	0	4	6	1
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		9	1	20	1
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	1	10	17
1		0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	1				
0		0	0	0	0																

		2020																			
		E				D				C				B				A			
		E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S	E	I	R	S
5		0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	4	0				
4		0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	2	3	0	0	3	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		1	2	3	0
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1
1		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0		0	2	0	0																

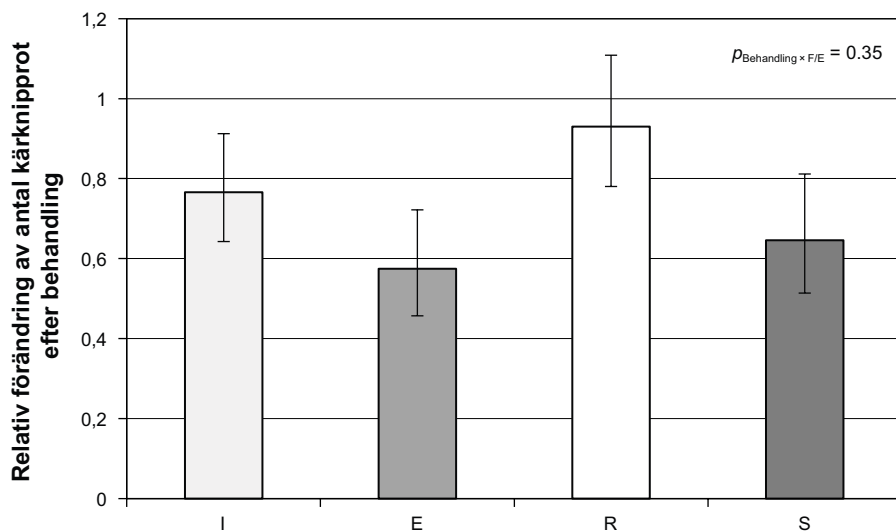
Figur 3-6. Fördelningen av ängsnycklar i de olika inventeringsrutorna före försökets start (2015) och efter fem års behandlingar (2020). Siffrorna anger antal individer per 20 m² och färgmättningen ökar med antalet. Den beige ytan motsvarar en del av försöket som exkluderats på grund av en störning. Behandlingar: E = extremtramp, I = inventeringstramp, R = referens, S = slätter.



Figur 3-7. Relativ förändring av antalet ängsnycklar efter att olika skötselåtgärder (behandlingar) införts; I = inventeringstramp, E = extremtramp, R = referens, S = slätter. Signifikanta effekter noteras för extremtramp respektive slätter. Staplarna representerar medelvärden och deras standardfel. P-värden för behandling E och S visar att den relativa förändringen är lägre än för behandling I och R mellan före och efter behandling.

3.2.2 Kärrknipprot

Totalt antal kärrknipprot i hela försöksytan minskar signifikant sett över alla behandlingsåren, men i stort sett hela minskningen sker under det sista året (figur 3-11). Det är ingen signifikant skillnad i respons mellan de olika behandlingarna när antalet individer jämförs före och efter behandling (figur 3-8).



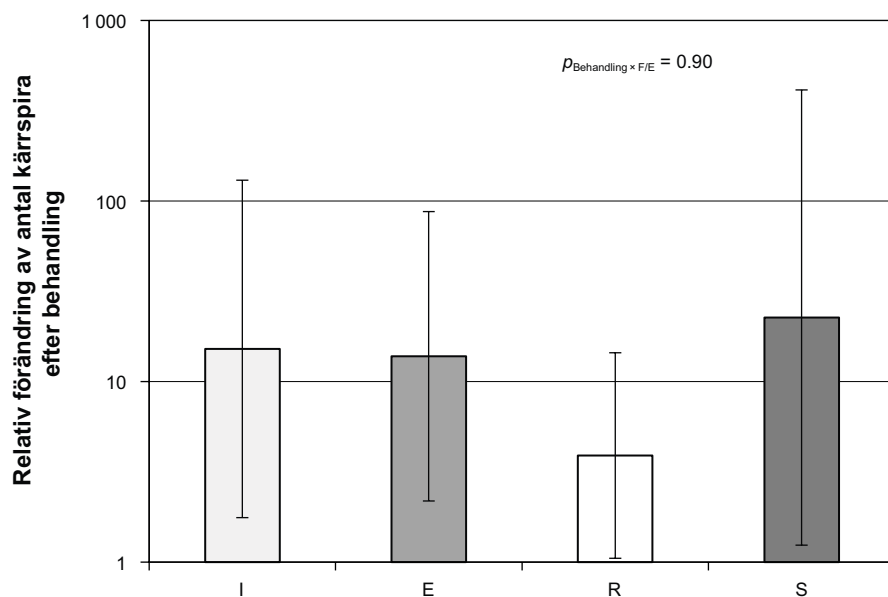
Figur 3-8. Relativ förändring av antalet kärrknipprot efter att olika skötselåtgärder (behandlingar) införts; I = inventeringstramp, E = extremtramp, R = referens, S = slätter. Staplarna representerar medelvärden och deras standardfel. P-värdet indikerar att den relativa förändringen är likartad i samtliga behandlingar.

3.2.3 Kärrspira

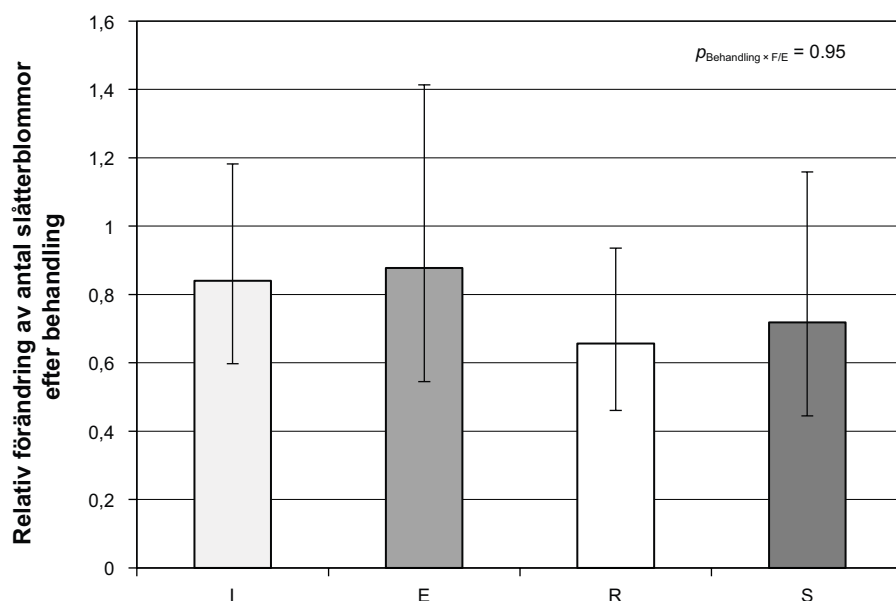
Kärrspira ökade kraftigt under försöksperioden över alla behandlingar (figur 3-11) men det var ingen signifikant skillnad i respons mellan olika behandlingar (figur 3-9). Individantalet varierar stort mellan olika inventeringsrutor.

3.2.4 Slätterblomma

För slätterblomma ses ingen signifikant ändring över perioden (figur 3-11) och heller ingen skillnad i respons mellan de olika behandlingarna (figur 3-10).



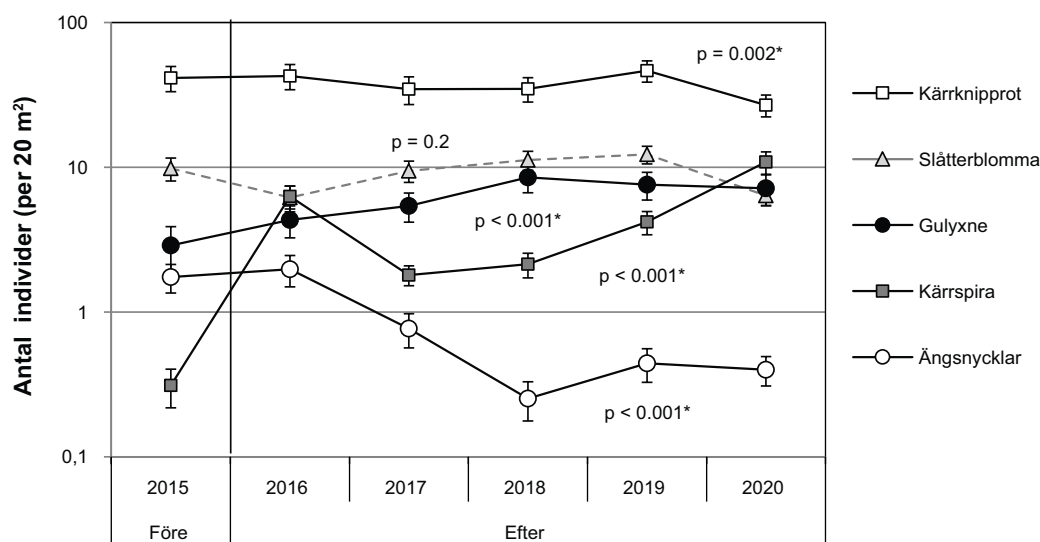
Figur 3-9. Relativ förändring av antalet kärrspira efter att olika skötselåtgärder (behandlingar) införts; I = inventeringstramp, E = extremtramp, R = referens, S = slätter. Staplarna representerar medelvärden och deras standardfel. P-värdet indikerar att den relativa förändringen är likartad i samtliga behandlingar.



Figur 3-10. Relativ förändring av antalet slätterblomma efter att olika skötselåtgärder (behandlingar) införts; I = inventeringstramp, E = extremtramp, R = referens, S = slätter. Staplarna representerar medelvärden och deras standardfel. P-värdet indikerar att den relativa förändringen är likartad i samtliga behandlingar.

3.3 Förändring av antal individer över alla behandlingar för de fem arterna

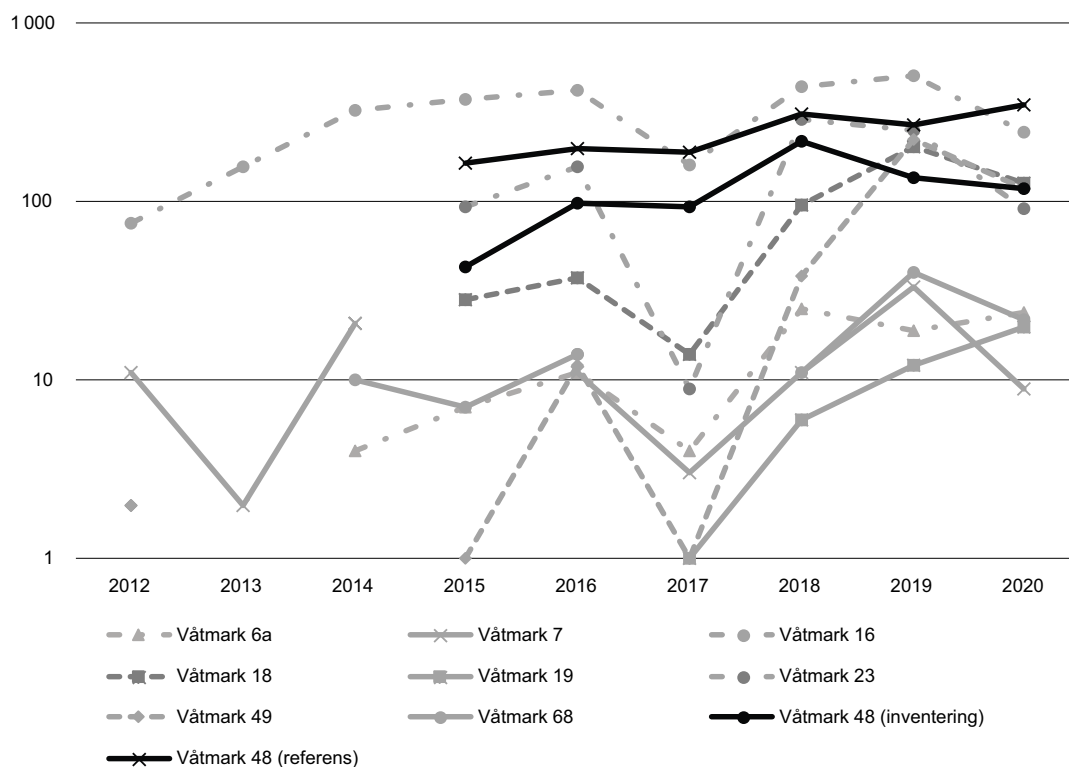
Generellt sågs små skillnader mellan behandlingar/referenser för fyra av de fem arterna (se avsnitt 3.1–3.2). Gulyxne och kärrspira ökade signifikant under behandlingsperioden (2016–2020) jämfört med året före behandlingarna (2015) efter ihopslagning av antalet individer över hela försöksytan (figur 3-11). Antal ängsnycklar och kärrknipprot uppvisade ett motsatt mönster och minskade signifikant under behandlingsperioden. För ängsnycklar fanns en tydlig negativ effekt på två av behandlingarna, men också i referensdelarna blev antalet individer färre (figur 3-7). Antalet slätterblommor skilde sig inte signifikant mellan åren före och efter behandlingarna.



Figur 3-11. Populationsutveckling för de fem studerade rikkärrsarterna under tidsperioden 2015–2020 över alla behandlingstyper sammantaget. Behandlingar i delar av våtmarken genomfördes första gången efter inventeringen 2015. Gulyxne och kärrspira (mörka symboler) uppvisade högre antal individer i perioden efter behandlingen (2016–2020) än året innan behandlingen (2015), medan kärrkniprot och ängsnycklar (vita symboler) minskade. Symbolerna representerar medelvärden och deras standardavvikelse.

3.4 Andra gulyxnelokaler i Forsmarksområdet

Gulyxne finns i fler våtmarker i Forsmarksområdet (se figur 1-1) och har inventerats av SKB sedan 2012 (Holmgren et al. 2020). Även på de andra gulyxnelokalerna ökade det totala individantalet mellan 2015 och 2018/2019, med en nedgång 2017 (se figur 3-12). I de flesta våtmarker noterades även en måttligare minskning av antalet individer 2020 (figur 3-12). Utvecklingen av antalet gulyxneindivider i behandlingen med inventeringstramp och referensdelarna i skötsel försöket (våtmark 48) stämmer ganska väl överens med resultatet från de övriga våtmarkerna. År 2020 ses emellertid en ökning av antalet gulyxne i våtmark 48:s referensdel, och den generella nedgången 2017 är inte märkbar i skötsel försökets referens- eller inventeringsdelar.



Figur 3-12. Totalt antal individer för nio gulyxnelokaler i Forsmarksområdet. För våtmark 48, där skötsel försöket utförs, redovisas antalet individer för delarna med inventeringstramp (inventering) respektive referensdelarna (referens).

4 Diskussion

4.1 Effekter av olika behandlingar på rikkärrsarter

4.1.1 Gulyxne

Skillnaderna i relativ förändring av antalet individer i de olika behandlingarna över de studerade åren kunde inte säkerställas statistiskt. Försöksperiodens längd (sex år) bör vara tillräcklig för att kunna täcka in eventuella behandlingseffekter som verkar på t ex fekunditet, etablering och överlevnad. I rikkärr med tidigare och längre tid av hävd liksom förändrad hydrologi kan man förvänta sig tillbakaträngda, tynande eller försvunna populationer av arter efter att hävden upphör (Ekstam och Forshed 1992). Typiskt kommer andra mer konkurrens- och tillväxtstarka arter att komma in och utnyttja frånvaro av mer eller mindre regelbundna störningar (vattenfluktuationer eller slätter). Vid restaurering av dikade rikkärr där arter tillhörande det ursprungliga växtsamhället fortfarande finns kvar skulle föryngringen av dessa arter snabbt kunna öka, t ex genom etablering av unga enbladiga plantor. Vid slätterförsöket avlägsnades stora mängder biomassa, vilket skulle kunna förväntas gynna konkurrenssvaga och stresståliga arter (t ex Grime 1977, Ekstam och Forshed 1992). Någon sådan "release effect" kunde dock inte iaktas i försöket.

4.1.2 Övriga rikkärrarter

Resultatet för de fem, ofta slättergynnande, arterna som ingick i denna studie visade under försökets sex år inga signifikant positiva effekter av slätter i jämförelse med referensen. Ängsnycklar reagerade istället kraftigt negativt på slätter och extremtramp. Ängsnycklar har i andra rikkärrsstudier visat sig vara känsliga för årlig slätter och det har därför t ex rekommenderats att slätter görs vartannat eller var tredje år (Tyler 1981). Arten har en kraftig och spröd stjälk med strödda blad utefter stjälken. Återkommande slätter som resulterar i avslagna eller brutna stjälkar kan därmed reducera en ansevärd del av biomassan och försvaga individer. Både gulyxne och slätterblomma har mer basala blad och anses därför vara bättre på att klara slätter (Ekstam och Forshed 1992). Den tvååriga kärrspiran växer under första året som en låg matta som bör undkomma slätter bra. Även kärrknipprotens bladmassa har en basal tyngdpunkt men arten har också en krypande jordrot vilket bör tala för bättre tolerans mot slätter.

Extremtrampningen har avslutats och genomfördes sista gången hösten 2018. Hösten 2020 genomfördes ingen slätter i den aktuella våtmarken och det blir intressant att se om uppehållen i både slätter och extremtramp ger en påvisbar effekt på individantalet för de inventerade arterna under de kommande åren.

Det är intressant att ökningen av gulyxne och kärrspira ser ut att äga rum oavsett behandling, medan slätterblomma varken ser ut att öka eller minska, oavsett behandling. En slutsats efter sex års försök är att inga av de åtgärder som ingick i försöket tycks gynna den mest skyddsvärda arten gulyxne eller andra arter som anses vara slättergynnade, utan åtgärder kan t o m innebära negativa konsekvenser på ängsnycklar. Detta är viktigt att beakta om skötsel av våtmarker med slätter ska införas i andra våtmarker i området.

4.1.3 Gynnas rikkärrets arter av trampet vid inventering?

Funderingar har funnits kring om inventering i sig kan ha positiva effekter på gulyxne, och att t ex en ändrad framtida frekvens i inventeringsarbetet skulle kunna leda till oväntade/oönskade effekter. I det sex år långa försöket går det dock inte att hitta någon effekt av tramp, vare sig positiv eller negativ, på någon av de fem inventerade arterna. Människotramp i sig får därför anses innebära en väldigt liten lokal påverkan, i alla fall så här långt (efter sex år).

4.2 Slutsatser

Försöket var designat för att kunna fånga upp skötsel effekter på fekunditet, etablering och överlevnad av gulyxne, men det samlade resultatet visar inga tydliga skillnader mellan olika behandlingar i den aktuella våtmarken. Det är möjligt att regionala faktorer som påverkar gulyxnepopulationen över-skuggar eventuella effekter av skötsel. Antalet individer av gulyxne tycks fluktuera mer eller mindre synkront i områdets rikkärr (figur 3-12), vilket tyder på att regionala faktorer har varit viktiga under den tid som inventering av arten pågått. Den faktor som tidigare lyfts fram som en av de viktiga för gulyxne har varit hydrologiska förhållanden (t ex Sundberg 2006), och dessa förhållanden påverkas i sin tur starkt av det regionala nederbörds mönstret.

För de fyra andra undersökta rikkärrsarterna saknas regelbunden uppföljning i andra rikkärr i området, varför datasetet inte möjliggör mer ingående jämförelser av andra arter än gulyxne. De abiotiska förhållandena i det aktuella rikkärret varierar dock mellan kärrets olika delar, t ex är de södra delarna torrare med en ökande fuktighet norrut. För ängsnycklar sågs under försöksperioden en tydlig individ-minskning i slätter- och extremtrampsbehandlingarna (figur 3-7), och denna art förekommer framför allt i områdets södra del. Grundvattennivåerna i Forsmarksområdet har varit relativt låga de senaste tre åren (Werner 2019a, b, Werner och Atmosudirdjo 2021). Det är möjligt att torra förhållanden och låga grundvattennivåer under undersökningsperioden har bidragit till minskningen av ängsnycklar. Detta skulle kunna undersökas närmare genom kommande och mer detaljerade analyser av data med en högre rumslig upplösning än den som använts i den befintliga utvärderingen (där observationer aggregerats för storrutor).

Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på www.skb.se/publikationer.

Andersen D K , Ejrnæs R, Vinther E, Svendsen A, Bruun H H, Buchwald E, Vikstrøm T, 2015. Forvaltning af rigkær: udgangspunkt i voksesteder af mygblomst. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi 150, Aarhus Universitet, Danmark

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

Collinder P, Zachariassen E, 2016. Inventering av gölgroda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2015. SKB P-16-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Edqvist M, 2009.Handledning för floraväkteriverksamheten. Version 1 2009-04-16. Svenska botaniska föreningen.

Ekstam U, Forshed N, 1992. Om hävden upphör: kärlväxter som indikatorarter i ängs- och hagmarker. Solna: Naturvårdsverket.

Elveland J, 1978. Skötsel av norrländska rikkärr: studier av vegetationsförändringar vid olika skötselåtgärder och annan påverkan. Solna: Naturvårdsverket.

Eriksson Å, Collinder P, 2018. Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne, Forsmark 2018. SKB P-18-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Eriksson Å, Collinder P, 2019. Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne, Forsmark 2019. SKB P-19-20, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Eriksson Å, Collinder P, 2020. Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne, Forsmark 2020. SKB P-20-27, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Eriksson Å, Bergsten A, Collinder P, 2015. Basinventering av gulyxne inför skötsel av våtmarker i Forsmark 2015. SKB P-16-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Eriksson Å, Schnoor T, Collinder P, 2017. Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne i Forsmark 2016. SKB P-16-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Eriksson Å, Schnoor T, Jakobsson S, Collinder P, 2018. Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne, Forsmark 2017. SKB P-18-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Grime J P, 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* 111, 1169–1194.

Grootjans A P, Bakker J P, Jansen A J M, Kemmers R H, 2002. Restoration of brook valley meadows in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478, 149–170.

Göthberg A, Wahlman H, 2006. Forsmark site investigation. Inventory of vascular plants and classification of calcareous wetlands in the Forsmark area. SKB P-06-115, Svensk Kärnbränslehantering AB.

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

Holmgren A, Lundkvist S, Kjetselberg J, 2020. Inventering av gulyxne i Forsmark 2020. SKB P-20-21, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Jones P S, 1998. Aspects of the population biology of *Liparis loeselii* (L.) Rich. var. *ovata* Ridd. Ex Godfery (Orchidaceae) in the dune slacks of South Wales, UK. *Botanical Journal of the Linnean Society* 126, 123–139.

Länsstyrelsen Östergötland, 2009. Återskapande av rikkärr. Projektnummer 252075. Slutrapport till Världsnaturfonden WWF. Bilaga 2009-10-23. Länsstyrelsen i Östergötland.

Mannheimer Svartling, 2011. Ansökan om dispens enligt artskyddsförordningen. SKBdoc 1270756 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

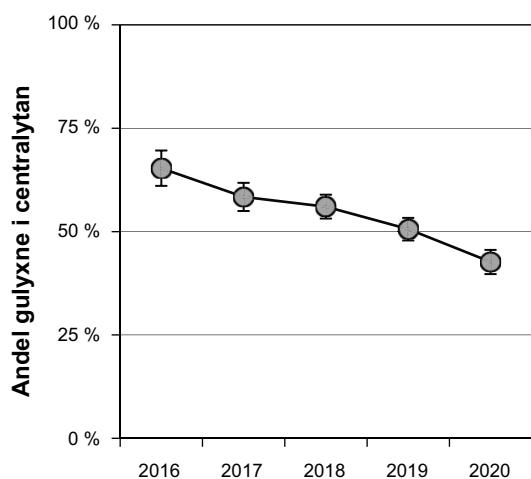
- McMaster R T, 2001.** The population biology of *Liparis loeselii*, Loesel's Twayblade, in a Massachusetts wetland. *Northeastern Naturalist* 8, 163–178.
- Mrvicka A C, 1990.** Neue Beobachtungen zu Samenkeimung und Entwicklung von *Liparis loeselii* (L.) Rich. *Arbeitskreis heimische Orchideen Baden-Württemberg* 22, 172–180.
- Mälson K, Backeus I, Rydin H, 2008.** Long-term effects of drainage and initial effects of hydrological restoration on rich fen vegetation. *Applied Vegetation Science* 11, 99–106.
- Naturvårdsverket, 2015.** Skyddsvärda och rödlistade kärlväxter – Floraväktarverksamheten. Version 2:0, 2015-10-27, Naturvårdsverket.
- Oostermeijer J G B, Hartman Y, 2014.** Inferring population and metapopulation dynamics of *Liparis loeselii* from single-census and inventory data. *Acta Oecologica* 60, 30–39.
- Rasmussen H N, 1995.** *Terrestrial orchids: from seed to mycotrophic plant.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Rolfsmeier S B, 2007.** *Liparis loeselii* (L.) Rich. (yellow widelip orchid): a technical conservation assessment. USDA Forest Service, Rocky Mountain Region.
- Rydin H, Sjörs H, Löfroth M, 1999.** Mires. I: Rydin H, Snoeijs P, Diekmann M (red). *Swedish plant geography.* Uppsala: Svenska växtgeografiska sällskapet. (*Acta Phytogeographica Suecica* 84), 91–112.
- Sjörs H, Gunnarsson U, 2002.** Calcium and pH in north and central Swedish mire waters. *Journal of Ecology* 90, 650–657.
- SKB, 2011.** Underlag till ansökan om dispens enligt artskyddsförordningen. Slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. SKB P-11-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SLU, 2020.** Artfakta: Gulyxne *Liparis loeselii*. Tillgänglig: <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/liparis-loeselii-980> [2020-08-20].
- Sundberg S, 2006.** Åtgärdsprogram för bevarande av rikkärr: inklusive arterna gulyxne *Liparis loeselii* (NT), kalkkärrsgrynsnäcka *Vertigo geyeri* (NT) och större agatsnäcka *Cochlicopa nitens* (EN). Rapport 5601, Naturvårdsverket.
- Sundberg S, 2007.** Instruktion för inventering av rikkärr. Version 2.0. Länsstyrelsen i Uppsala län.
- Tyler C, 1981.** Sydsvenska kalkkärr: hävd i gången tid och skötsel förslag för framtiden. Lunds universitet. (Meddelanden från Växtekologiska institutionen, Lunds universitet 47.)
- Tyler T, Herbertsson L, Olofsson J, Olsson P A, 2021.** Ecological indicator and traits values for Swedish vascular plants. *Ecological Indicators* 120. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106923
- Werner K, 2019a.** Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature. October 1, 2017 – September 30, 2018. SKB P-19-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Werner K, 2019b.** Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature. October 1, 2018 – September 30, 2019. SKB P-20-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Werner K, Atmosudirdjo A, 2021.** Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature, October 1, 2019 – September 30, 2020. SKB P-21-04 Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wheeler B D, Lambley P W, Geeson J, 1998.** *Liparis loeselii* (L.) Rich. in eastern England: constraints on distribution and population development. *Botanical Journal of the Linnean Society* 126, 141–158.

Analys av betydelsen av storleken på inventeringsrutan

Under det första året inventerades hela de fyra meter breda delarna som senare skulle komma att slåttas och en inventeringsyta för dessa delar av försöket var 4×2 m (Eriksson et al. 2015). Året därpå justerades detta så att den centrala delen (2×2 m) inventerades separat, och denna del fick samma yta som i de övriga behandlingsdelarna. Därutöver inventerades även ytterområdet på de ursprungliga inventeringsytorna i slåtterbehandlingen under samtliga år (2016–2020).

För att undersöka om storleken på inventeringsytan påverkade antalet gulyxne analyserades slåtterytorna separat. Om gulyxne är jämt fördelad förväntas andelen i centralytan motsvara areaförhållandet, dvs 2:4 eller 0,5. Analysen visade emellertid att andelen gulyxne i de centrala delarna minskade över tiden i jämförelse med de yttre ytorna ($p < 0.001$, logistisk regression). Första året efter slåtter (2016) var andelen i de centrala delarna 65 %. Efter fyra års slåtter hade andelen sjunkit till 51 %, och vid det sista inventeringstillfället var den 43 % (figur B-1). Jämfört med det första året efter slåtter (2016), ökade gulyxne markant i de centrala delarna samtliga efterföljande år, men responsen var betydligt starkare i zonerna som angränsade mot referens- eller inventeringstrampsytorna, vilket förklarar att andelen minskade.

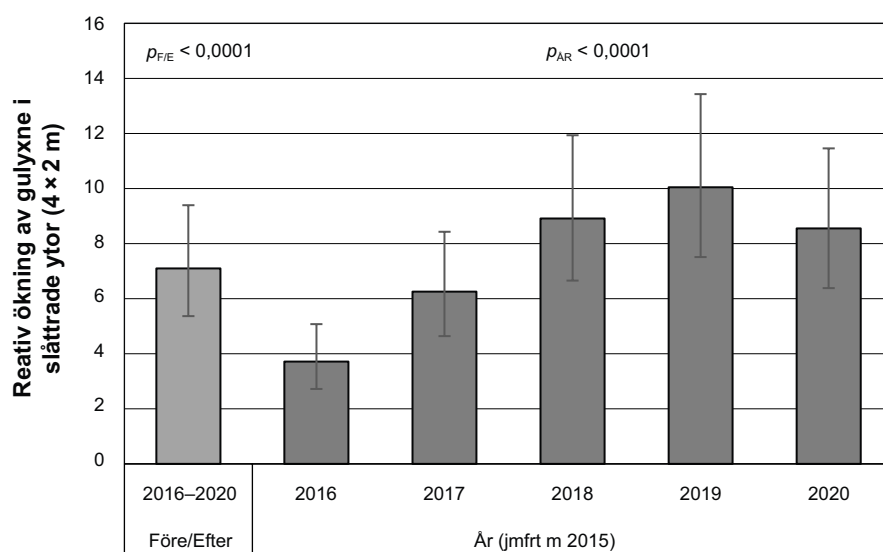
Eftersom det finns en avtagande trend, användes resultaten från det första året (2016) för att skatta andelen gulyxne i de centrala delarna vid försökets start (2015). Denna andel, 0,65, ingick alltså som en vikt för antalet gulyxne i slåtterbehandling år 2015 i huvudanalysen. Samtliga övriga gulyxne-observationer tilldelades vikten 1.



Figur B-1. Andel gulyxne i den centrala delen av inventeringsytorna i slåtterbehandlingen som en funktion av inventeringsår. Felstaplarna anger standardfelet på skattningarna av andelen.

Analys av antalet gulyxne baserat på större rutor

För att säkerställa att resultaten för slåtterbehandlingen inte är beroende av att storleken på inventeringsytan förändrades mellan det första (2015) och efterföljande (2016–2020) inventeringar, undersöktes antalet gulyxne i de slåtrade behandlingarna i en separat analys. I denna analys var inventeringsytan identisk för alla åren (dvs 4×2 m), men behandling inkluderade även potentiella kanteffekter. Även i denna analys ökade antalet gulyxne efter slåtterbehandlingen samtliga år, och responsen var störst tre till fyra år efter att skötseln påbörjats (figur B-2). Dessa resultat visar att viktningen som använts för att ta hänsyn till skillnaden i storleken på inventeringsytan inte lett till någon snedvridning av resultaten. Vidare går det att konstatera att responsen av slåtter tycks mer gynnsam i kant-zonerna än i de centrala delarna; gulyxne har i 4×2 m-ytorna ökat med en faktor sju över alla behandlingsåren (figur B-2), jämfört med en faktor fyra för responsen enbart i de centrala delarna (figur 3-2). I nordlig riktning gränsar slåterytorna till referensytorna och dessa delar trampas extra mycket eftersom inventerarna går just där när de inventerar den intilliggande referensdelen, som inte får beträdas. Möjligen har det extra trampet en extra positiv effekt utöver att ytan också slåstras.



Figur B-2. Relativ förändring av antalet gulyxne i de slåtrade delarna av försöket baserat på inventeringsrutor som inkluderar 1 m ytterområde på vardera sida. P-värden ($< 0,05$) indikerar att gulyxne ökat signifikant efter slåtter, samt att den positiva responsen varierar mellan år.

SKB:s uppdrag är att ta hand om använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken så att människors hälsa och miljö skyddas på kort och lång sikt.

skb.se