

Rapport

**P-16-25**

Februari 2017



# Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne i Forsmark 2016

**Åsa Eriksson**  
**Tim Schnoor**  
**Per Collinder**

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

SWEDISH NUCLEAR FUEL  
AND WASTE MANAGEMENT CO

Box 250, SE-101 24 Stockholm  
Phone +46 8 459 84 00  
skb.se

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING



ISSN 1651-4416

**SKB P-16-25**

ID 1570724

Februari 2017

# **Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne i Forsmark 2016**

Åsa Eriksson, Tim Schnoor, Per Collinder  
Ekologigruppen AB

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna. SKB kan dra andra slutsatser, baserade på flera litteraturkällor och/eller expertsynpunkter.

Data i SKB:s databas kan ändras av olika skäl. Mindre ändringar i SKB:s databas kommer nödvändigtvis inte att resultera i en reviderad rapport. Revideringar av data kan också presenteras som supplement, tillgängliga på [www.skb.se](http://www.skb.se).

En pdf-version av rapporten kan laddas ner från [www.skb.se](http://www.skb.se).

© 2017 Svensk Kärnbränslehantering AB



## Sammanfattning

Moniteringen som redovisas i denna rapport avser att studera hur olika typer av skötsel av rikkärr påverkar växtsamhället. Projektet startades under 2015. Denna rapport avhandlar resultat av inventering 2016 och diskuterar skillnader mellan åren. Skötselåtgärderna utförs i ett rikkärr där den skyddade orkidén gulyxne *Liparis loeselii* växer. Denna art är en av flera som ingår i den artskyddsdispens som söktes parallellt med inlämnandet av ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. Några av de lokaler där gulyxne hittats kan eventuellt komma att påverkas av grundvattensänkning orsakad av bygget av Kärnbränsleförvaret och SKB har i dispensansökan angett skötsel som en skydds- och kompensationsåtgärd.

De skötselmetoder som undersöks är slåtter, som i andra områden har visat sig gynna gulyxne, och röjning av vedartad vegetation i mer igenväxta delar av samma våtmark. Hur olika intensivt tramp i våtmarken påverkar förekomsten av gulyxne studeras också. Lokalen som valts ut för denna studie ligger utanför det förväntade påverkansområdet för en potentiell grundvattensänkning i Forsmarksområdet.

En metodik har tagits fram i samarbete med SLU och Stockholms universitet och baserar sig på undersökningstyp rikkärr. Samtliga gulyxneförekomster samt en grupp övriga rikkärrarter har inventerats i ett avgränsat område. Här har också omvärldsfaktorer som täckningsgrad och individantal i buskskiktet, täckningsgrad av vass, förna och mossor uppdelat i brunmossor, spjutmossa och vitmossa noterats. Även avståndsmätningar mellan markskikt och grundvattenytan samt mellan gulyxne och grundvattenytan har gjorts.

Denna rapport är den första årliga uppföljningen av skötselåtgärdernas inverkan på gulyxneförekomster. Basinventeringen som genomfördes under 2015 ligger till grund för uppföljning av skötselåtgärderna.

Resultatet från årets inventering och analys kan sammanfattas med att gulyxnepopulationen i våtmark 48 har ökat, men det finns inga säkerställda samband med skötselåtgärderna. Även om antalet gulyxne (alla livsstadier) har ökat totalt sett så finns det 2016 ingen statistiskt signifikant skillnad i förekomst av gulyxne i någon särskild behandling. Referensytor, inventeringstrampade och slåttade ytor ligger i samma härad vad gäller medelförekomst av gulyxne.

Med utgångspunkt från en total modell med samtliga miljövariabler föll enbart en avståndsvariabel (avstånd till närmaste gulyxne 2016) ut som signifikant. Det vill säga hittar man en gulyxne är chansen stor att man hittar en till i närheten.

Fortsatta inventeringar behövs för att kunna bedöma hur skötsel påverkar gulyxnepopulationen i Forsmark. I de statistiska analyserna bör ytterligare metoder som begränsar det stora antalet nollor i materialet prövas.

## Summary

The aim of the study presented in this report is to study how different types of management of marshlands affect plant community and this project was started in 2015. Maintenance actions are performed in one marshland where the protected fen orchid *Liparis loeselii* is growing. The concern for this species is due to its protection within the EU system of species and habitat protection. Construction of the planned repository for spent nuclear fuel will involve diversion of groundwater, which could potentially influence groundwater levels in wetlands on which these species are dependent.

The management methods under study are haymaking, which in other areas have been shown to benefit fen orchid, and also clearing of shrub layer vegetation. How different disturbance connected to treading in the wetland affects the occurrence of fen orchid is also studied. The venue chosen for this study is outside the expected impact area of a potential lowering of the groundwater levels in Forsmark area.

A methodology has been developed in collaboration with SLU and Stockholm University and is based on "Undersökningstyp rikkärr". The population of fen orchid has been inventoried and a group of other species connected to calcium rich fens as well as coverage of shrub layer, reeds, forest litter and different mosses and sphagnum.

This report is the first in a series of yearly reports to follow the effects of the different management strategies. The analysis shows that the fen orchid population has grown considerably between the years but there are no conclusive results between the different management strategies. The incline in numbers was about the same in the different management areas. The only significant connection found is the distance between the plants of fen orchids. If you find one, you are likely to find another close by.

Continued inventories are needed to prove connections between management and effects on fen orchid. In the statistical analysis further methods to handle the large number in zeroes in the material needs to be tested.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	7
<b>2</b>	<b>Metodik</b>	9
2.1	Artinformation gulyxne	9
2.2	Inventeringsområde, Våtmark 48	10
2.3	Transekter	11
2.4	Inventeringsytor	13
2.5	Skötselåtgärder	15
2.5.1	Röjning av vedvegetation och slätter	15
2.5.2	Extremtramp	15
2.5.3	Inventeringstramp	15
2.5.4	Referensyta	15
2.6	Statistisk analys	17
2.6.1	Allmänt, metodik statistik	17
2.6.2	Utvärdering av behandlingseffekt på gulyxne	17
2.6.3	Utvärdering av behandlingseffekt på sammansättning av arter	18
<b>3</b>	<b>Resultat</b>	19
3.1	Gulyxnepopulation	19
3.2	Grundvattennivåer	21
3.3	Behandlingarnas effekter på gulyxne	21
3.4	Behandlingseffekter på rikkärrsarterna	22
3.5	Behandlingseffekter på miljövariabler	24
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	25
4.1	Förslag på fortsatta arbeten	26
4.1.1	Inventering	26
4.1.2	Skötselåtgärder	26
4.1.3	Grundvattennivåer under tillväxtperioden	26
4.1.4	Statistiska analyser	27
<b>5</b>	<b>Dataleverans</b>	29
<b>6</b>	<b>Tack till</b>	29
	<b>Referenser</b>	31
<b>Bilaga 1</b>	Statistik	33





# 1 Inledning

Moniteringen som redovisas i denna rapport avser att studera hur olika typer av skötsel av rikkärr påverkar växtsamhället och detta projekt startades under 2015 (Eriksson et al. 2015). Skötselåtgärderna utförs i ett rikkärr där den skyddade orkidén gulyxne *Liparis loeselii* växer. Denna art är en av flera som ingår i den artskyddsdispens som söktes parallellt med inlämnandet av ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark (Mannheimer Swartling 2011). Några av de lokaler där gulyxne hittats kan eventuellt komma att påverkas av grundvattensänkning orsakad av bygget av Kärnbränsleförvaret och SKB har i dispensansökan angett skötsel som en skydds- och kompensationsåtgärd.

De skötselmetoder som undersöks är slätter, som i andra områden har visat sig gynna gulyxne, och röjning av vedartad vegetation i mer igenväxta delar av samma våtmark. Hur olika intensivt tramp i våtmarken påverkar förekomsten av gulyxne studeras också. Lokalen som valts ut för denna studie ligger utanför det förväntade påverkansområdet för en potentiell grundvattensänkning i Forsmarksområdet.

Betydelsen av olika potentiellt kompensatoriska stödåtgärder, för gulyxne specifikt och rikkärssamhället i allmänhet, blir viktig att kunna visa inför kommande miljöprövning. Gulyxne är känslig för sänkta grundvattentytenivåer genom att de konkurreras ut av högvuxna arter som tål torrare förhållanden bättre. Slätter har i andra kärr med förekomst av gulyxne visat sig vara effektivt för att bibehålla eller öka en population av arten. En regelbunden störning som slätter missgynnar de mer snabbväxande arterna (till exempel vass, buskar och träd). I Sverige finns idag flera lokaler med gulyxne som är i behov av regelbunden hävd för att undvika kraftig tillbakagång och utdöende. Det allvarligaste hotet mot gulyxne är att lokalernas hydrologi påverkas negativt. I Götaland utgör bristande eller upphörd hävd i näringsrika eller mindre blöta växtmiljöer också ett hot (Naturvårdsverket 2006). Detta belyser att hävd är en effektiv metod att gynna gulyxne och hålla kvar livskraftiga populationer i miljöer där förutsättningarna med tiden ändrats till gulyxne's nackdel om inte hävden kvarstår.

Sedan 2011 har SKB organiserat årliga och omfattande inventeringsinsatser i rikkärren i Forsmarksområdet. Dels för att upptäcka och beskriva förekomsten i området, men också för att följa de befintliga populationernas utveckling. Det finns misstankar om att inventeringsinsatsen i sig i form av tramp har en gynnsam effekt på gulyxne (och andra rikkärtsarter) eftersom vi har sett en stadig ökning av gulyxnepopulationen sedan inventeringarna började. Finns en sådan effekt kan den vara viktig att dokumentera för att förstå mönster relaterade till förändringar i inventeringsintensiteten i framtiden.

Förutom gulyxne har ett antal ytterligare arter valts ut som representanter för växtsamhället i rikkärr (kärrspira, slätterblomma, kärrknipprot, loppstarr och ängsnycklar). Avsikten här är att bredda perspektivet till rikkärrets växtsamhälle när effekter av behandlingarna studeras. Arterna är utvalda utifrån att de förekommer i kärnmiljöerna i Forsmark och är indikatorarter för rikkärssamhällen (Sundberg 2007).

Ett antal abiotiska faktorer mäts årligen i samband med inventeringarna för att om möjligt kunna koppla effekter på växtsamhället till processer som har med de olika behandlingarna att göra. Därför mäts täckningsgraden av vass, förna, brunmossa, spjutmossa och vitmossa. Eftersom den hydrologiska aspekten är av stor vikt finns också en vattenpegel i rikkärret förutom de grundvattennivåmätningar som görs inom transekterna. Avsikten är att noggrant kunna dokumentera variationer i grundvattennivån inom och mellan transekter, samt för rikkärret i sin helhet. Detta kan också jämföras med andra rikkärr inom ett större område. Följaktligen finns möjlighet att studera hur svängningar i grundvattennivån påverkar gulyxne och rikkärssamhället och hur eventuella interaktioner mellan hävd och grundvattenvariation ser ut.

Studien är i första hand designad för att kunna svara på effekter av olika skötselformer men genom att följa flera olika typer av processer till exempel överlevnad hos befintliga plantor, fekunditet, spridning och nyetablering i såväl tomma som av gulyxne ockuperade delområden, så finns goda förutsättningar för att skilja på flera av dessa processer. Därmed finns förutsättningarna för att i mer detalj förstå effekterna av introducerad skötsel, vilket potentiellt också möjliggör för mer specifika åtgärder om så skulle behövas.

Inventeringarna har genomförts enligt SKB:s interna styrdokument Aktivitetsplan AP SFK-16-021 (Våtmarksskötsel 2016). Resultaterande data från den aktuella aktiviteten lagras i SKB:s databas Sicada och är spårbara via aktivitetsplansnumret (AP SFK-16-021).

Koordinatsatta observationer skickas även till Artdatabanken. Endast data i SKB:s databaser får användas för vidare tolkningar och för modellering. Data i SKB:s databaser kan vid behov revideras. Datarevisioner resulterar inte nödvändigtvis i någon revision av motsvarande P-rapport. Det normala förfarandet är dock att större revisioner leder till revision av P-rapporten, medan smärre datarevisioner resulterar i rapportsupplement, som finns tillgängliga i anslutning till webb-versionen av P-rapporten på [www.skb.se](http://www.skb.se).

## 2 Metodik

### 2.1 Artinformation gulyxne

Gulyxne är en liten orkidé som är ca 1 dm hög och som förekommer i rikkärr. De större, ljusgröna, fettglänsande bladen som omger stjälkens nedre del är hela och tunglika och uppåtriktade. Blommorna är blekt gulgröna till färgen och ofta 5–10 till antalet. Blomningstiden är slutet av juni till början på juli.

Gulyxne är en perenn med en stamknöl (stammen är uppsvälld under markytan) och under optimala förhållanden tar det 4–5 år att slutföra livscykeln, från frö till blommande individ.

Gulyxne tillhör hotkategori NT – Nära hotad enligt Artdatabanken förteckning över rödlistade arter 2015 (Artdatabanken 2015) och var tidigare klassad som VU – Sårbar. Gulyxne är fridlyst enligt Artskyddsförordningen (SFS 2007:845), enligt paragraf: 4, 5 och 7.



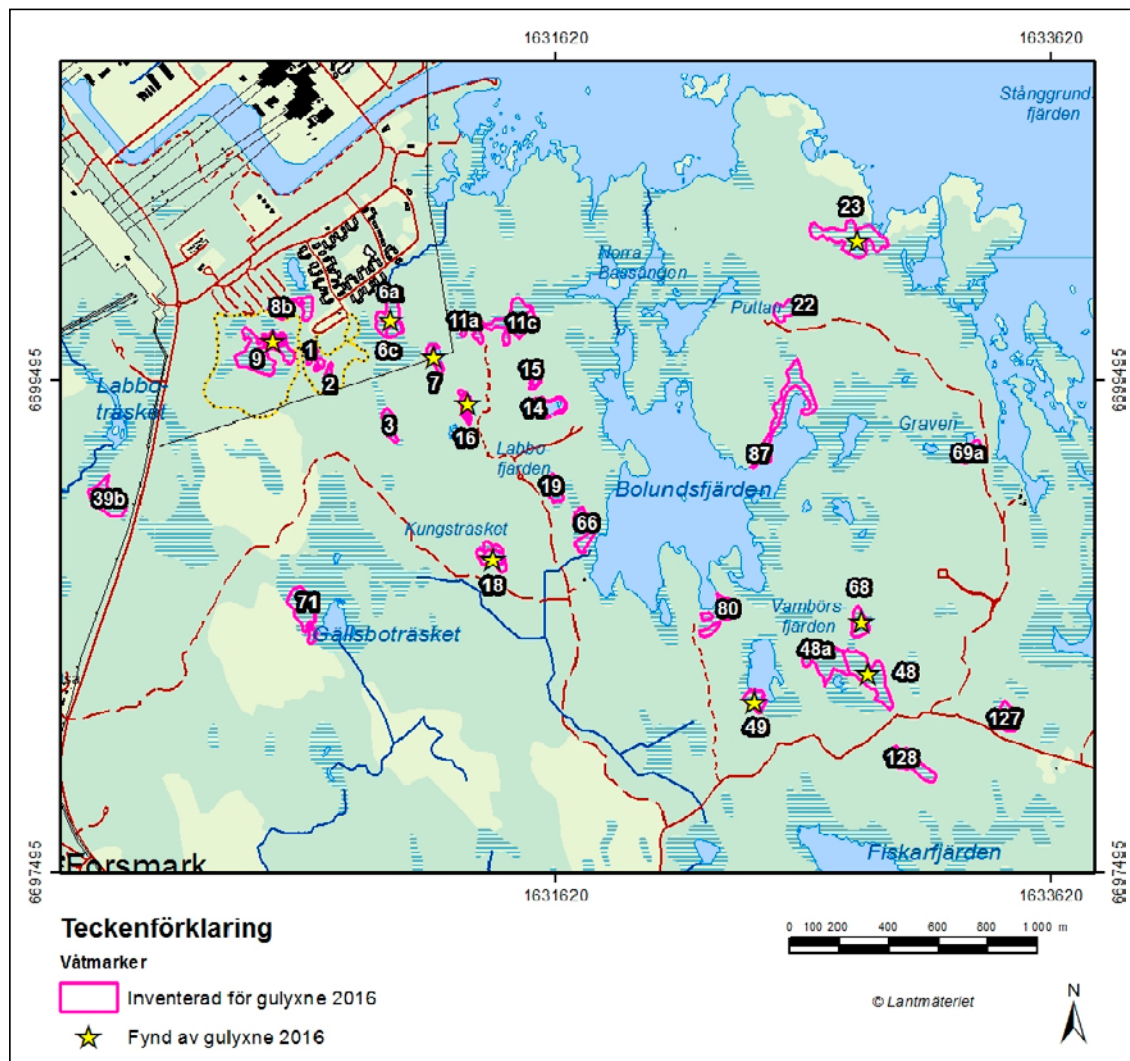
*Figur 2-1. Gulyxne, en liten orkidé som trivs i Forsmarks rikkärr.*

## 2.2 Inventeringsområde, Våtmark 48

Våtmark 48 ligger i södra delen av SKB:s mark och ligger också utanför det prognosticerade påverkansområdet för grundvattensänkning. Kärret är ett kraftigt kalkpåverkat kärr med flera arter typiska för rikkärr och till och med extremrikkärr. Huvuddelen av kärret är kraftigt vassbevuxet. Våtmarken har tidigare inventerats övergripande för ett antal rikkärrsindikatorer (Göthberg och Wahlman 2006, Hamrén och Collinder 2010).

Våtmark 48 stod år 2016 för cirka 42 % och år 2015 för 39 % av gulyxnepopulationen i Forsmarksområdet. Torvdjupet inom våtmarken varierar mellan 70 och 100 cm (Collinder 2014).

Grundvattenmätning startade under juli 2014.



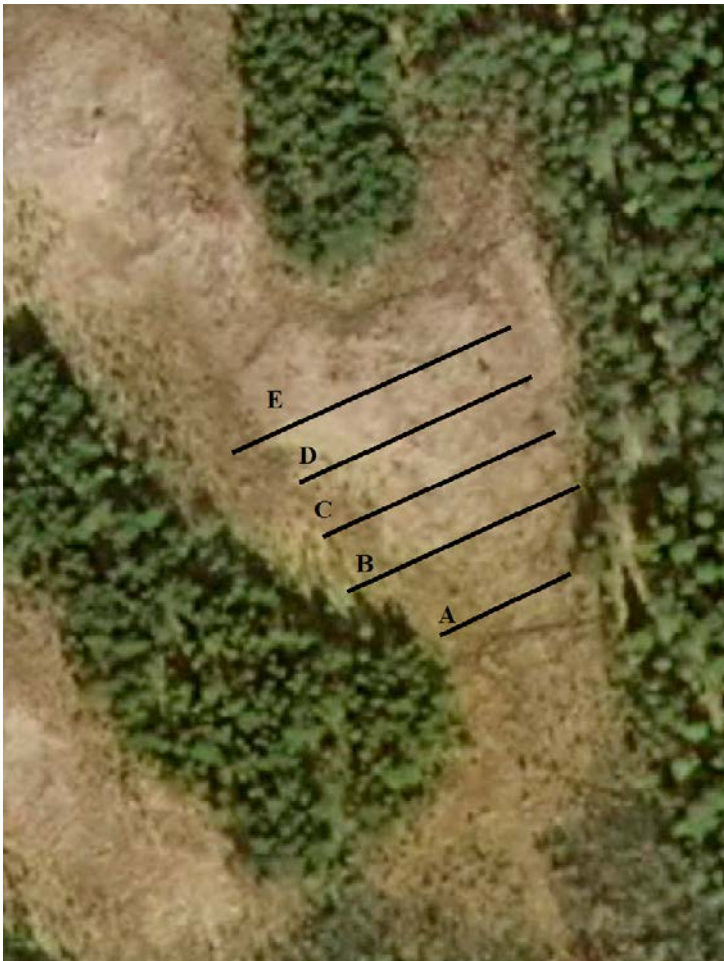
**Figur 2-2.** I våtmark nr 48 långt ned till höger i kartan har den uppföljande inventeringen skett. Våtmarken hyser en stor andel av gulyxnepopulationen i Forsmarksområdet.

## 2.3 Transekter

Fem transekter har lagts ut med markeringspinnar för start och slut av varje transekt samt var 10:e meter (se figurerna 2-3 och 2-5). Varje markeringspinne är färgmarkerad efter åtgärd och inmätt med en GPS med hög noggrannhet (0,5 meter). Se exempel på markeringspinne i figur 2-4.

Varje transekt är 10 meter bred och består av fyra delar (se figur 2-5); inventeringstramp 2 meter bred (I), extremtramp 2 meter bred (T), referens med ingen påverkan 2 meter bred (R), slåtter med röjning av vedvegetation, och inventeringstramp, (S), 4 meter bred. För slåtterdelen har dock endast de 2 meter i mitten inventerats med samtliga parametrar och endast förekomst av gulyxne har observerats på vardera 1 meter på sidorna. Huvudorsaken till skillnaden i bredd är att referensremsan inte kunde göras bredare än två meter utan att tillåta att den beträds. När referensen inventeras står inventeraren i intilliggande remsa. Vi bedömde att inventeraren kan upptäcka alla förekomster av rikkärrsväxter upp till en meter in från kanten. Det bedömdes också att kanteffekten vid en slagen yta om endast 2 meters bredd skulle vara negativ för utvärdering av resultatet och därför gjordes transekter med slåtter bredare än de 2 meter som inventerades.

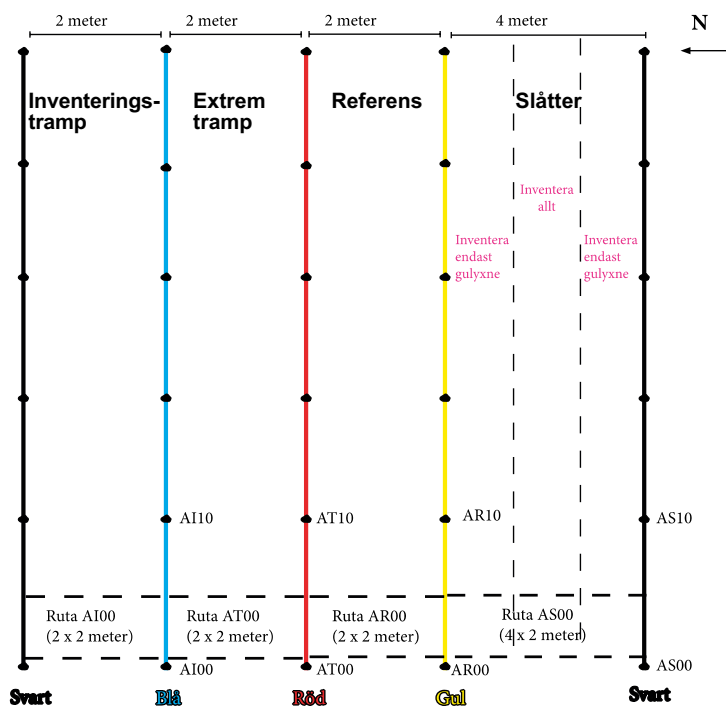
Transekt A är 30 meter lång, B är 54 meter, C är 54 meter, D är 54 meter och E är 62 meter.



*Figur 2-3. Ungefärlig utbredning av transekt A-E.*



Figur 2-4. Exempel på markeringspinne. Märkningen visar att kätten står vid transekt D, vid remsan som slåttas (S) och 12 meter från transektens startpunkt.



Figur 2-5. Transektupplägg. Denna bild visar Transekt A med de beteckningar som angetts på markeringspinningar i våtmarken. Totalt har 5 transekter med dessa fyra skötselregimer inventerats.

## 2.4 Inventeringsytor

De markerade transekterna har delats in i tvåmeterslängder. Varje inventeringsyta är namngiven efter transekt (A–E), därefter skötseltyp (S, R, T, I) och därefter meterangivelse från B–D transekternas startlinje (se figur 2-6). Således betyder exempelvis CS00 Transekt C, slåtteryta och första tvåmetersrutan i transekten. Meterangivelsen utgår alltså från samma startlinje för alla transekter, för att fältpersonalen ska se samma meterangivelse på käpparna på båda sidor av remsan hen arbetar i. Som ses i figur 2-3 varierar transekternas längder något vilket gör att placeringen av start- och slutpunkt mellan olika transekter skiljer något. Detta innebär att startpositionen för de flesta transekterna (B–D) börjar med position '00' medan startpositionen för transekt A (den kortaste transekten) är '12' och för transekt E (den längsta transekten) är '–8'.

Förekomst av gulyxne, andra inventerade arter och skattning av buskskiktets täckning och individantal har gjorts i storrutor som är 2 meter långa (se streckade linjer längst ned i figur 2-5). Bredden på rutorna är 2 meter för alla utom slåtterrutorna som är 4 meter bred. Från och med 2016 har slåtterytan delats upp så att en remsa om 2 meters bredd delas in i inventeringsytor så att ytorna även i slåtterytorna blir 2 × 2 meter. Dessa behandlas statistiskt med det övriga materialet. 2 meters bredden har lagts mitt i skötselområdet för slåtter så att kanteffekter undviks. Gulyxne på resterande yta (1 meters bredd på ömse sidor om inventeringsytorna) har registrerats separat för att jämförelser skall kunna göras av det totala beståndet av gulyxne i slåtterytorna. Ett tomt inventeringsprotokoll visas i figur 2-6.

För varje enskild ruta, 2 × 2 meter, har följande inventerats:

- Antal av samtliga gulyxneförekomster (uppdelat på fertil, dubbel bladrosett, enkel bladrosett) samt avstånd mellan bladrosett och vattenyta. För slåtterrutorna inventeras även gulyxneförekomst utanför 2 × 2 metersrutan (se ovan).
- Antal av rikkärrsarterna kärrspira, slåtterblomma, kärrknipprot, loppstarr och ängsnycklar
- Skattning av täckningsgrad buskskikt (hur mycket av marken i inventeringsrutan skuggas av busken vid ett tänkt tillstånd av solen i zenit). Skattningen görs i procent. Metodiken innehåller i sig felkällor. Precisionen på skattningarna är god när en art täcker under 3 %, eller över 97 % av ytan men är sämre när en art täcker runt 50 % av ytan. Skattningsfel kan då vara uppskattningsvis 20–30 %.
- För buskskiktet har även antalet individer räknats.

### INVENTERINGSTRAMP (I)

TRANSEKT \_\_\_\_\_

(mellan blå och svart markering, blå till höger och från väster till öster)

Datum: \_\_\_\_\_ 2016 Inventerare: \_\_\_\_\_

Rutnr består av transektbokstav, skötselangivelse, löpnummer

RUTA	Gulyxne (Fertil, blad- rosett dubbel, enkel)	Avstånd bladrosett/ vattenyta (cm)	Antal					Täckningsgrad i 0,5 x 0,5 m						
			Kärr- knipprot	Kärr- spira	Ängs- nycklar	Loppstarr	Slätter- blomma	Buskskikt (täcknings- grad/antal ind/ramet)	Vass	Förna	Brun- mossor	Sjüt- mossa	Vit- mossa	Grund- vattenyta, 2 mätt
	/ /							/						/
	/ /							/						
	/ /							/						
	/ /							/						/
	/ /							/						
	/ /							/						
	/ /							/						/
	/ /							/						
	/ /							/						/
	/ /							/						
	/ /							/						
	/ /							/						
	/ /							/						

Figur 2-6. Inventeringsprotokoll.

Rikkärsarterna har inventerats enligt floraväkterimetoden (Edqvist 2009) där upp till tio förekomster räknas och därefter skattas varje ytterligare 10-tal. Efter tio 10-tal skattas ytterligare 100-tal. Både blommande och icke blommande individer räknas.

Sedan tidigare undersökningar har vi kunnat se mönster som visar att exempelvis hög andel brunmossa (och låg andel vitmossa) och låg andel förna är goda indikatorer på att miljön är lämplig för gulyxne (Collinder 2014). För att följa positiv utveckling som antas komma avseende dessa parametrar har en småyta ( $0,5 \times 0,5$  meter) lagts ut i var tredje inventeringsruta ( $2 \times 2$  metersruta) och täckningsgrad har skattats för:

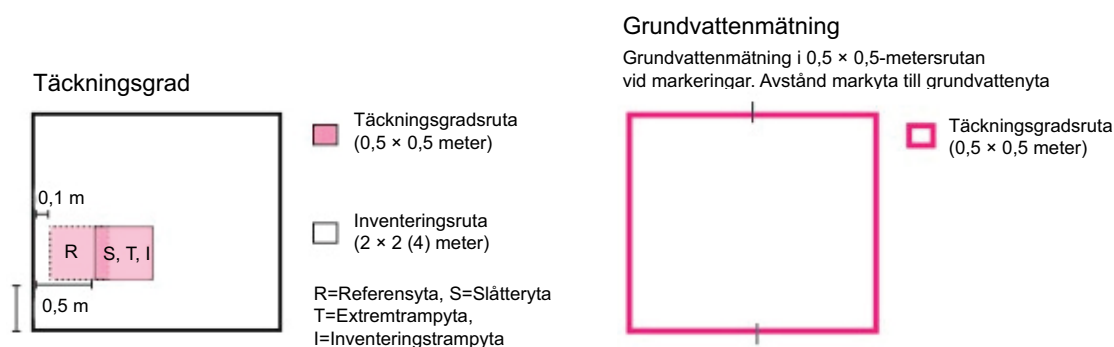
- Vass.
- Förna.
- Brunmossa, spjutmossa och vitmossa. Täckningsgraden har skattats i procent. Se ovan under buskskikt.
- 2 grundvattenmätningar, avstånd mellan markyta och grundvattenyta.

Mossor har inventerats i enlighet med undersökningstyp rikkärr (Naturvårdsverket 2013) med en uppdelning där brunmossa indikerar rikkärr, spjutmossa är en medelrikkärrsindikator samt vitmossa en indikator på igenväxning och en torrare del av kärret. Vitmossa och spjutmossa är negativa indikatorer för gulyxne.

Då markytan är småkuperad har avståndet mellan markyta och grundvattenyta mätts i två punkter i  $0,5 \times 0,5$  metersrutan (se figur 2-7).

Småytan om  $0,5 \times 0,5$  meter läggs ut i den norra kanten av varje del av transekten och 0,5 meter in från både väster och norr. Undantaget är i referensdelen där rutan läggs ut 0,5 meter in från väster och endast 0,1 meter från norr då denna transektdel inte får beträdas (figur 2-7). Detta innebär en större risk att täckningsgradsuppskattningen för just referensen påverkas av intilliggande behandling (extremtramp), jämför med täckningsgraderna för övriga behandlingar. Dock bedömde vi denna bias som mindre än biasen om inventeraren hade behövt bedöma täckningsgrader av mossor på avstånd. Anledningen till att referensen placerades bredvid extremtramp och inte inventeringstramp/slätter är att det extra tramp som sker utanför referensremans kanter inte motsvarar normalt inventeringstramp. Placeringen innebär en ökad risk för att extremtrampseffekten spiller över i referens, men borgar för att trampet i inventeringstrampsytorna faktiskt motsvarar trampet i övriga våtmarker som inventeras i Forsmarksområdet.

### Inventering i $0,5 \times 0,5$ -metersrutan, i var tredje storruta



**Figur 2-7.** Småyta för inventering av täckningsgrader och grundvattenmätning. Inventeras i var tredje storruta. För delarna S (slätter), T (extremtramp) och I (Inventeringstramp) läggs rutan 0,5 m från norra och västra kanten medan den i referensdelen (R, ljusare rosa i figuren) placeras 0,1 meter in mot den norra kanten. Grundvattenmätning (avståndet mellan markyta och grundvattenyta) har utförts i två punkter för varje småyta – se markering i nedre figuren.



## 2.5 Skötselåtgärder

### 2.5.1 Röjning av vedvegetation och slåtter

Under augusti/september 2015 har Niklas Bengtsson från Lundby Landskapsvård röjt vedvegetation och slåttat med röjsåg i de fyra meter breda transektdelarna (S) i de fem olika transekterna (A–E). Under augusti 2016 har slåtter med röjsåg återupprepats.

Slåtter har gjorts med röjsåg på en höjd av 15 cm över markytan. Höjden har valts så att eventuella gulyxneplantor inte ska skadas av åtgärden. Det borttagna växtmaterialet har flyttats bort från våtmarken.

Ytan inventeras i början på juli innan slåtter sker vilket innebär att ytan förutom av slåttern också påverkas av den trampning som blir då inventerarna långsamt och metodiskt söker av ytan.

### 2.5.2 Extremtramp

Under september 2015 och september 2016 har Ekologigruppen trampat extra i de transektdelarna ”extremtramp” (T) genom att systematiskt gå fram och tillbaka 2 gånger över hela ytan. För att täcka de 2 meter breda transekterna har de delats in i sex remsor (figur 2-10). Trampningen har skett med korta, överlappande steg. Ingen hänsyn har tagits till eventuella exemplar av gulyxne. Större buskar har inte trampats ned men trampning har skett intill stammen. Extremtrampning görs i september då gulyxne har öppnat sina frökapslar.

### 2.5.3 Inventeringstramp

Skötseln i denna yta utgörs endast av att gulyxne inventeras på samma sätt som i slåtterytan. Däremot sker ingen slåtter i denna yta.

### 2.5.4 Referensyta

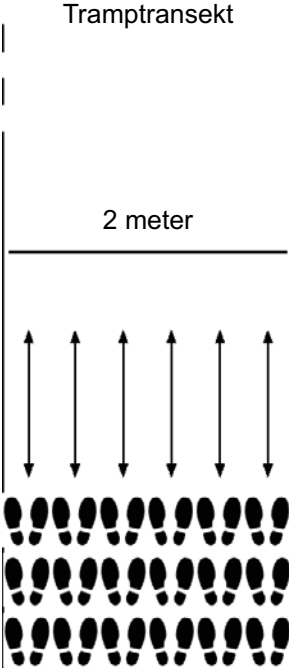
I referensytan görs ingen skötsel eller annan påverkan. Ytan inventeras från angränsande områden utan att inventerarna går i ytan.



*Figur 2-8. Transekt efter slåtter (transekt C). Foto: Ekologigruppen, september 2016.*



Figur 2-9. Transekt efter extremtramp. Foto: Ekologigruppen, september 2016.



Figur 2-10. Upplägg av trampning.

## 2.6 Statistisk analys

### 2.6.1 Allmänt, metodik statistik

Försöket har utvärderats statistiskt dels med generaliserade linjära modeller (GLMM, Generalized Linear Mixed Modell), dels med multivariata analyser. Datamaterialet innehåller ett stort antal nollor (se histogram i bilaga 1) vilket försvårar statistisk analys. För att minska antalet nollor i utvärderingen gjordes analyser av datasetet uppdelat på två olika sätt. 1) Ett oförändrat dataset med antalet gulyxne (totalt alla livsstadier) i alla inventerade provytor. 2) Ett reducerat dataset där antalet gulyxne (totalt alla livsstadier) summerades över tre provytor. Summeringen gjordes genom att summera förekomster av gulyxne i rutan där småytor lade ut ( $0,5 \times 0,5$  m rutan) och de två omkringliggande. På så sätt fås färre totalt antal observationer men också en mindre andel nollor än i det totala datasetet.

Det reducerade datasetet används för utvärdering nedan. Orsaken är att 1) det har en mindre andel nollor som är svåra att modellera med och 2) modellen kan byggas med fler variabler eftersom det är baserat på de punkter där utökade mätningar av mossor och grundvatten genomfördes (se sektion 2.4 ovan) och 3) vissa modeller gick inte att få stabila med det totala datasetet när glmmADMB användes. Det är oklart om detta är en effekt av antalet nollor i materialet eller beror på andra orsaker.

Skillnaden i hur gulyxne räknades i slåttade ytor 2015 respektive 2016 ledde till att en justering av antalet gulyxne i slåttade ytor behövde göras. 2015 inventerades en yta på  $8 \text{ m}^2$  per slåttad yta (det vill säga ytans bredd var 4 m) mot en yta på  $4 \text{ m}^2$  2016 (2 m bredd). Därför delades antalet gulyxne i slåttade ytor 2015 i två inför statistisk analys.

### 2.6.2 Utvärdering av behandlingseffekt på gulyxne

Försöket baseras på att antalet gulyxne i de olika behandlingarna har räknats. Detta innebär att en statistisk utvärdering måste göras med en modell (sannolikhetsdistribution) som kan hantera denna typ av data. Typiskt görs detta med en modell som baseras på en Poisson-fördelad sannolikhet. I det aktuella försöket finns det dock ett stort antal rutor där man inte hittar någonting alls, det vill säga att punkten får värdet 0. Totalt sett är antalet punkter man inte hittar gulyxne i väldigt stort i försöket (se histogram i bilaga 1). Denna typ av data ger modeller som är "zero-inflated", eller uppblåst med nollor. Detta måste hanteras på något sätt vid utvärdering. I detta projekt använder vi oss av funktionen "glmmADMB" i R-paketet "glmmADMB" (Skaug et al. 2013). Denna funktion räknar fram en korrektionsfaktor (zero-inflation factor) som försöker hantera det stora antalet nollor i materialet. Denna modell väljs för att den är en av de få som kan hantera en så kallad "mixed model" som kan innehålla både "fixed" och "random" variabler. En "fixed" variabel är en variabel som räknas som upprepningsbar (till exempel typ av behandling) och en "random" är en faktor som man på något sätt finns på grund av slumpen (till exempel vilken transekt en punkt tillhör). I körningar med glmmADMB användes det reducerade datasetet eftersom det inte gick att optimera modellparametrarna med modeller baserat på det fulla datasetet.

Analysen började med formulerande av en modell med maximalt antal variabler:

```
Full modell: glmmadmb(formula = gytot_reducerad ~ behandl + bsk + vass + forn +  
spjms + gv1 + dist_t15 + dist_t16 + (1 | trans), data = `7160R16`,  
family = "nbinom1", zeroInflation = TRUE)
```

Modellen reducerades ned med hjälp av utvärdering med AIC och likelihood ratio tester ("anova" funktionen i R (R Core Team 2016)) till en modell med minsta antal signifikanta variabler och/eller lägsta AIC.

Skillnad i effekt mellan åren utvärderades med en linjär mixed modell med hjälp av "lmer"-funktionen i R-paketet "lme4" (Bates et al. 2015). Skillnad mellan åren kategoriseras inte som räknedata eftersom den innehåller negativa tal utan kan anses vara en kontinuerlig variabel varför andra fördelningar än poisson och negativ binomial kan användas. Data antogs i detta fall vara normalfördelat med en topp vid noll. Efter logaritmering av datasetet kunde modeller med normalfördelade residualer formuleras. I likhet med tidigare formulerades en modell med maximalt antal variabler:

```
Full modell: lmer(log(32+gy_diff_year)~behandl + bsk + bsk_antal + dist_t16 + dist_t15 + vass +  
forn + brms + spjms + vims + gv1 + gv2 + (1|trans), data = `7160diff`, REML=TRUE)
```

Modellen reducerades också här ned med hjälp av utvärdering med AIC och likelihood ratio tester ("anova" funktionen i R) till en modell med minsta antal signifikanta variabler och/eller lägsta AIC.

För att utreda behandlingseffekter på miljövariablerna användes också "Lmer"-modeller likt den ovan men med enbart behandling som "fix" faktor och en transekteffekt som "random" faktor.

### **2.6.3 Utvärdering av behandlingseffekt på sammansättning av arter**

Utvärdering av behandlingarnas påverkan på växtsamhället i försöksytorna gjordes med multivariata statistiska metoder. Utvärderingarna gjordes i Canoco for Windows 4.54 (Biometris Plant Research International, The Netherlands). Principalkomponentsanalys (PCA) och Redundancy analysis (RDA) användes för att utvärdera effekter av behandling och miljövariabler. Hypotesprövning genomfördes genom en körning med alla insamlade miljövariabler varefter icke-signifikanta variabler togs bort så att enbart signifikanta variabler fanns med i slutmodellen. Variabelurvalet utfördes baserat på 499 permutationer. Körningen var fokuserad på avståndet mellan arter och med log-transformerade data. PCA och RDA är linjära multivariata modeller. Linjära modeller användes eftersom datamaterialet hade en längd på gradienten som var mindre än 2,5 (enligt en Detrended Correspondence Analysis). Ofta antas att om gradientens längd är mindre än 2,5 kan en linjär modell bäst motsvara den i datasetet iakttagna responsen.

### 3 Resultat

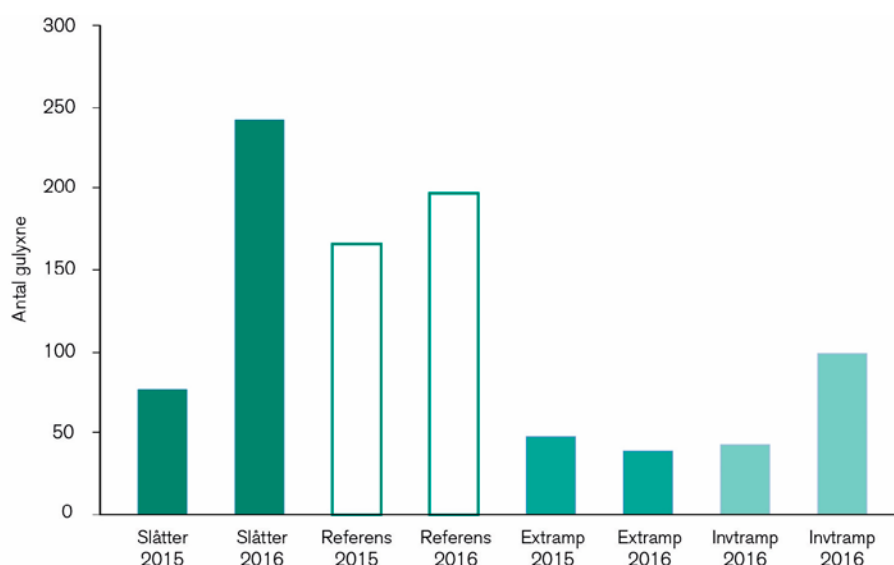
Inventeringsresultatet från uppföljningsinventeringen har levererats till SKB som en excellfil och som en shapefil. Mer detaljer kring dataleveransen finns i kapitel 5 Leverans.

#### 3.1 Gulyxnepopulation

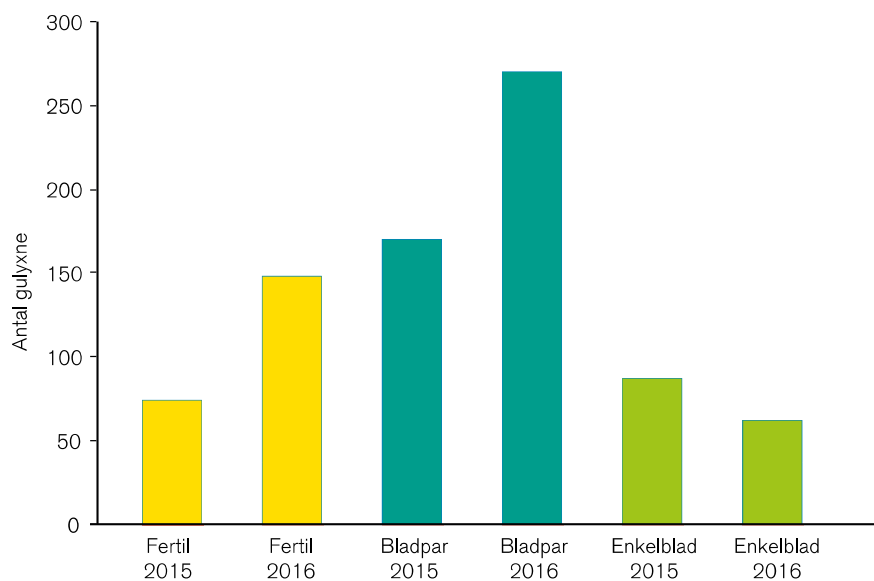
För inventeringen 2016 hittades totalt 480 individer av gulyxne varav 148 fertila, 270 stycken med dubbel bladrosett (2 blad) och 62 stycken med enkel bladrosett (1 blad). Transekt B, C och E innehåller en stor andel av populationen men även transekt D har en relativt stor andel av populationen. I transekt A hittades endast 1 individ med enkel bladrosett. Totalt sett har populationen ökat med knappt 44 % sedan 2015 års inventering. För fördelning mellan transekterna se tabell 3-1. Figur 3-1 och 3-2 redovisar fördelning mellan skötseltyper och referens samt mellan de tre inventeringsbara livsstadierna fertil, bladpar mot enkelblad. I figur 3-3 visas utbredningen av antalet funna gulyxne grafiskt för både 2015 och 2016. I figur 3-3 visas även i vilka rutor som minst en fertil individ har påträffats under 2016 års inventering.

**Tabell 3-1. Fördelning av funna individer av gulyxne i transekterna, 2015 och 2016. I varje transekt finns alla skötseltyper och referens representerade. För 2016 redovisas både totala antalet individer samt de antal individer som ligger utanför 2 × 2 metersrutan i slättertransekterna inom parentes.**

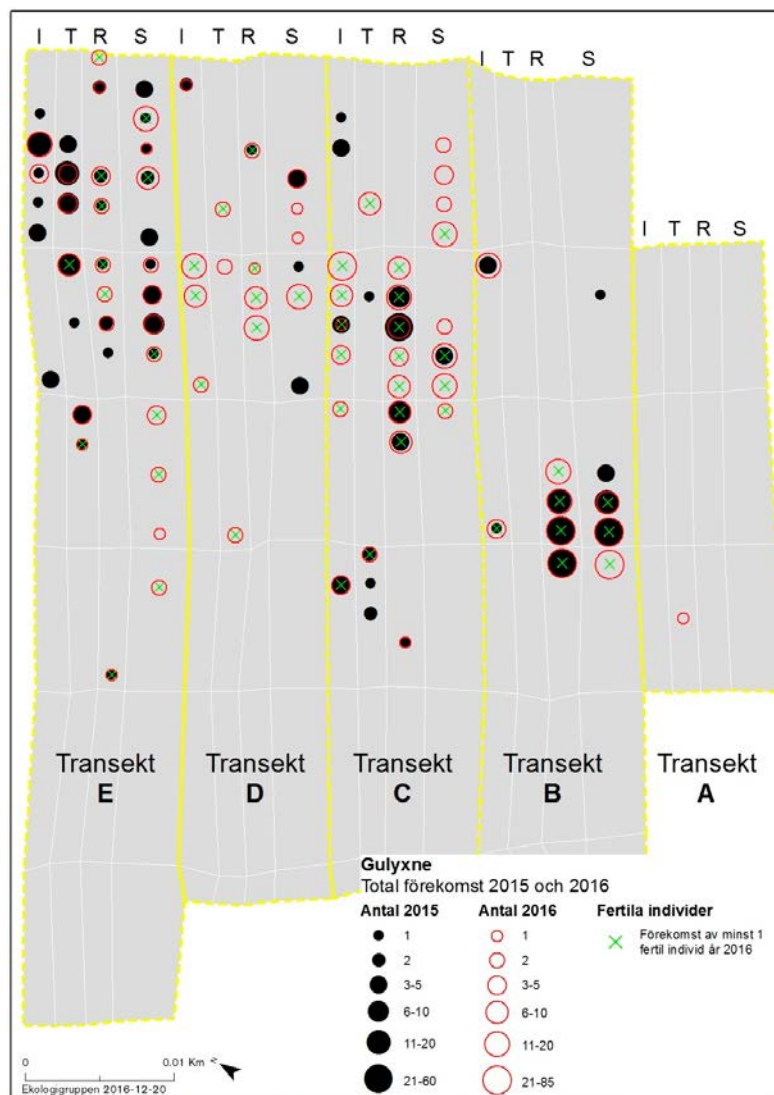
Transekt	Gulyxne totalt	Fertila	Vegetativ, tvåbladig	Vegetativ, enbladig
A – 2015	0	0	0	0
A – 2016	1 (1)	0	0	1 (1)
B – 2015	146	42	65	39
B – 2016	174 (54)	54 (17)	93 (32)	27 (5)
C – 2015	75	9	36	30
C – 2016	146 (32)	52 (9)	81 (21)	13 (2)
D – 2015	12	4	5	3
D – 2016	66 (2)	21 (0)	40 (2)	5 (0)
E – 2015	101	22	64	15
E – 2016	93 (9)	21 (4)	56 (4)	16 (1)



**Figur 3-1. Antal gulyxne per skötseltyp och referens 2015 och 2016.**



Figur 3-2. Antal gulyxne per livsstadium 2015 och 2016.



Figur 3-3. Abundans av gulyxne 2015 och 2016. De olika transekterna är markerade med S = Slätter, R = Referens, T = Extremtramp och I = Inventeringstramp. Ett grönt kryss visar i vilka rutor som minst 1 fertil individ har påträffats under 2016 års inventering.

## 3.2 Grundvattennivåer

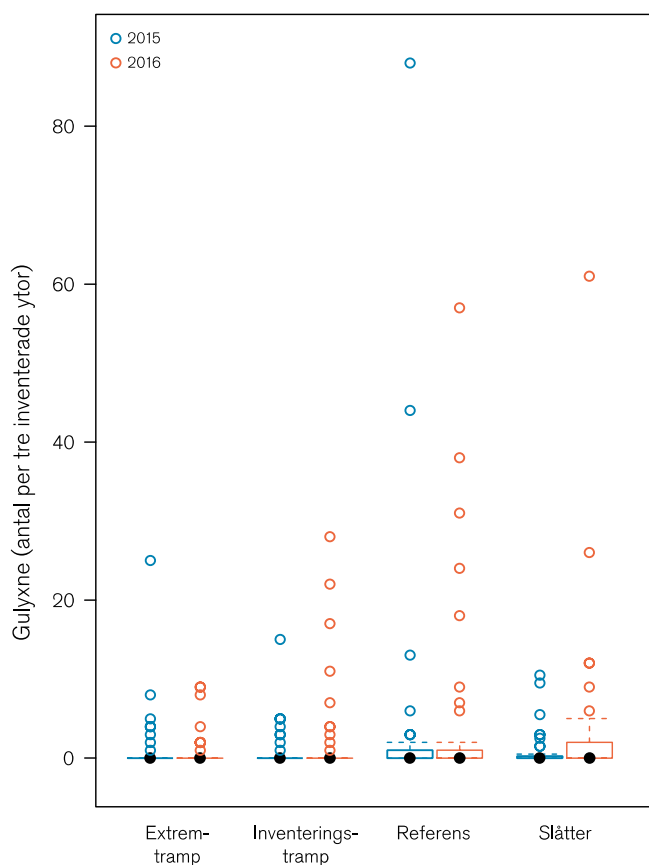
Grundvattenmätningar startade i juli 2014 och grundvattenröret ominstallerades under våren 2016. Då andra studier (Wheeler et al. 1998, McMaster 2001, Oostermeijer och Hartman 2014) påvisar att grundvattennivåerna är viktiga i början av årets tillväxt redovisas här endast medelvärden för grundvatten under april till juni 2015 respektive 2016.

**Tabell 3-2. Grundvattenmätningar (m ö h) april till juni för 2015 och 2016. Data Delivery Sicada-16-075.**

Tidpunkt	2015	2016	Skillnader
Slutet av april	1,21	1,21	0
1–15 maj	1,19	1,19	0
16–30 maj	1,22	1,20	2 cm
1–15 juni	1,21	1,18	3 cm
16–30 juni	1,20	1,19	1 cm

## 3.3 Behandlingarnas effekter på gulyxne

Även om antalet gulyxne (alla livsstadier) hade ökat totalt sett så finns det 2016 ingen statistiskt signifikant skillnad i förekomst av gulyxne i någon särskild behandling. Referensytor, inventerings-trampade och slåttade ytor ligger i samma härad vad gäller medianförekomst av gulyxne (figur 3-4). Extremtrampade och inventeringstrampade ytor har fler ytor med låga förekomster än referensytor och slåttade ytor (framgår av figur 3-4) men skillnaden i förekomst mellan dem och de andra behandlingarna är inte tillräckligt stora för att den ska vara signifikant.



**Figur 3-4.** Box-and-whiskers plot (lådagram) där svart punkt anger medianvärdet av antalet gulyxne summerat över tre inventerade ytor (det reducerade datasetet). Streck och lådor anger utsträckning av undre och övre kvartil av antal gulyxne. Runda ringar anger extremvärden i materialet.

Med utgångspunkt från en total modell med samtliga miljövariabler baserat på det reducerade datasetet (utom antal buskar som inte gick att få in i modellen) föll enbart en avståndsvariabel (avstånd till närmaste gulyxne 2016) ut som signifikant. Det betyder att den största delen av variationen i datasetet kan förklaras med närheten till närmaste förekomst av gulyxne (se diagram över avståndsvariabler och gulyxne i bilaga 1).

**Tabell 3-3. Zero-inflated modell och tabell över parametrar för signifikanta variabler.**

```
glmmadmb(formula = gytot_reducerad ~ dist_t16 + (1 | trans), data = `7160R16`,
family = "nbinom1", zeroInflation = TRUE)
```

AIC: 400.8

Coefficients:

	Estimate	Std.	Error z value	Pr(>  z )
(Intercept)	2.5983	0.2191	11.86	< 2e-16 ***
dist_t16	-0.6977	0.0961	-7.26	3.9e-13 ***

Number of observations: total=174, trans=5

Random effect variance(s):

Group=trans

	Variance	StdDev
(Intercept)	1.164e-07	0.0003412

Negative binomial dispersion parameter: 19.335 (std. err.: 5.2098)

Zero-inflation: 1e-06 (std. err.: 1.6785e-06)

Log-likelihood: -195.391

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

2016 finns ett stort antal nya kluster av gulyxne spritt över behandlingarna (figur 3-3). Fler kluster har tillkommit än vad som har försvunnit. Det finns dock inga signifikanta skillnader eller trender i ökning och minskning (figur 3-5) över behandlingarna jämfört med 2015. Behandlingarna har alltså hittills ingen tydlig påverkan på nyetablering eller fortlevnad av gulyxne inom försöksområdet.

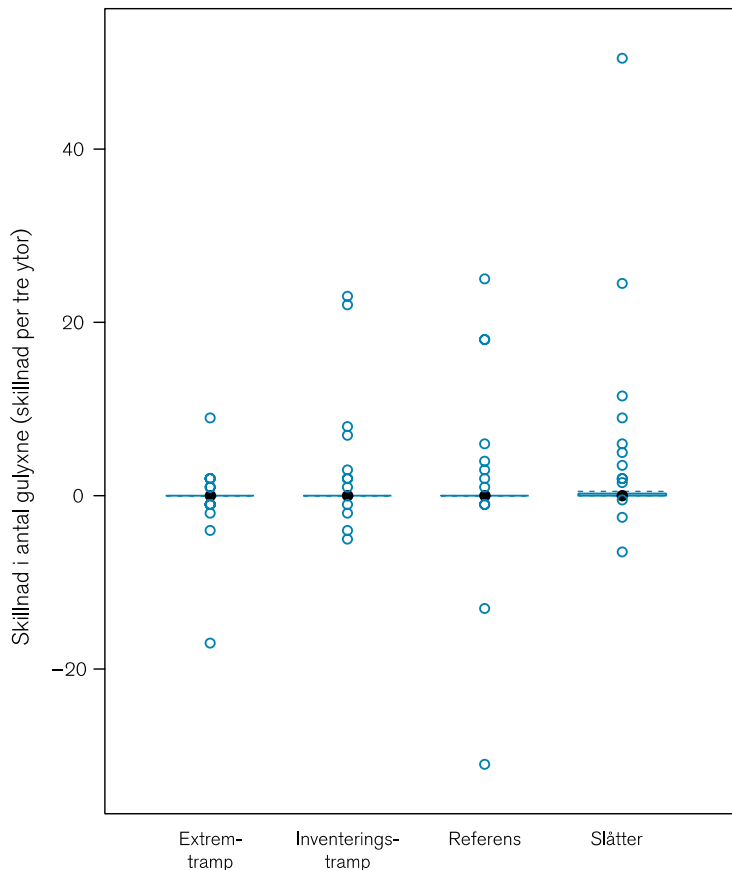
### 3.4 Behandlingseffekter på rikkärsarterna

Behandlingarnas effekter på växtsamhället har som tidigare beskrivits utvärderats med multivariata metoder varigenom en beskrivning av förhållandet mellan behandlingar, miljövariabler och växtsamhällen erhållits.

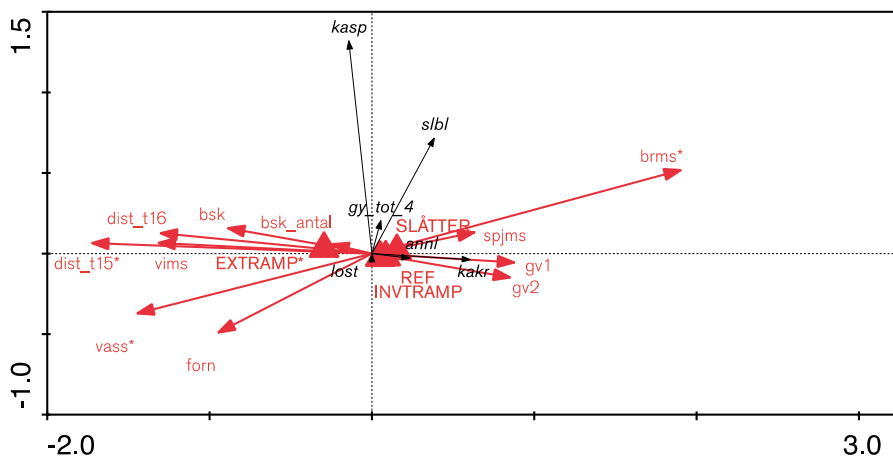
I figur 3-6 visas en PCA baserat på det reducerade dataset. Med hjälp av Monte-Carlo-simuleringar har behandlingen extremtramp och variablerna vass, brunmossa (brms), och avståndsvariabel (dist\_t15) fallit ut som signifikanta variabler. Enligt figur 3-6 har extremtrampade ytor färre slätterblommor, kärrknipprot och ängsnycklar och mindre täckning av brunmossa samt mer vass (också effekt längs axel 1). Det är dock ännu oklart om detta är en effekt av själva behandlingen eller om det beror på initialtillstånden i transekterna. I stort verkar mätta variabler främst påverka, eller åtminstone vara kopplade till, ängsnycklar eller kärrknipprot. Framförallt kärrspira, men även slätterblomma och gulyxne är bara svagt kopplade till mätta variabler.

Effekten av avståndsvariabeln (dist\_t15) är främst kopplat till förekomsten av kärrknipprot, slätterblomma och ängsnycklar, där mindre avstånd till gulyxne ökar förekomsten av dessa arter. I bilaga 1 finns ett kompletterande ordinationsdiagram som visar hur respektive behandlingars provyta fördelar sig relativt varandra.





**Figur 3-5.** Box-and-whiskers plot (lådagram) där svart punkt anger medianvärdet av skillnaden i antalet gulyxne (mellan 2015 och 2016) summerat över tre inventerade ytor (det reducerat dataset). Streck och lådor anger utsträckning av undre och övre kvartil av antal gulyxne. Runda ringar anger extremvärden i materialet.



**Figur 3-6.** Ordinationsdiagram från PCA gjord på det reducerade datasetet. Arter: gytot\_tot\_4 = Gulyxne summerat över tre ytor, slbl = slätterblomma, kagr = kärnkniptrot, annl = ängsnycklar, lost = loppstarr, kasp = kärrspira, bsk = busktäckning, bsk\_antal = buskantal, dist\_t15 = avstånd mellan gulyxneförekomster 2015 och 2016, dist\_t16 = avstånd mellan gulyxneförekomster 2016, brms = brunmossor, spjms = spjutmossa, vims = vitmossa, vass = vass, gv1/gv2 = grundvattenmätning 1 respektive 2, forn = förna. Behandlingarna syns som röda trianglar (EXTRAMP = extremtramp, SLÅTTER = slätter, REF = referens, INVTRAMP = inventeringstramp). \* indikerar signifikanta variabler ( $p < 0,05$ ).

### 3.5 Behandlingseffekter på miljövariabler

Behandlingarnas påverkan på respektive miljövariabel testades också. Täckning av buskar påverkades signifikant ( $p < 0,05$ , minskar i slåttade ytor) men inte variabeln ”Antal buskar”. Mängd förna påverkades också signifikant av behandling ( $p < 0,05$ ), den minskar i slåttade ytor. Det är dock svårt att dra en säker slutsats av behandlingseffekter på spjutmossa eftersom ingen av modellerna som testades på förekomsten av spjutmossa blev riktigt bra, eftersom en osäkerhet kring om residualerna i modellerna var normalfördelade eller ej fanns. Övriga miljövariabler skilde sig inte åt mellan behandlingar.

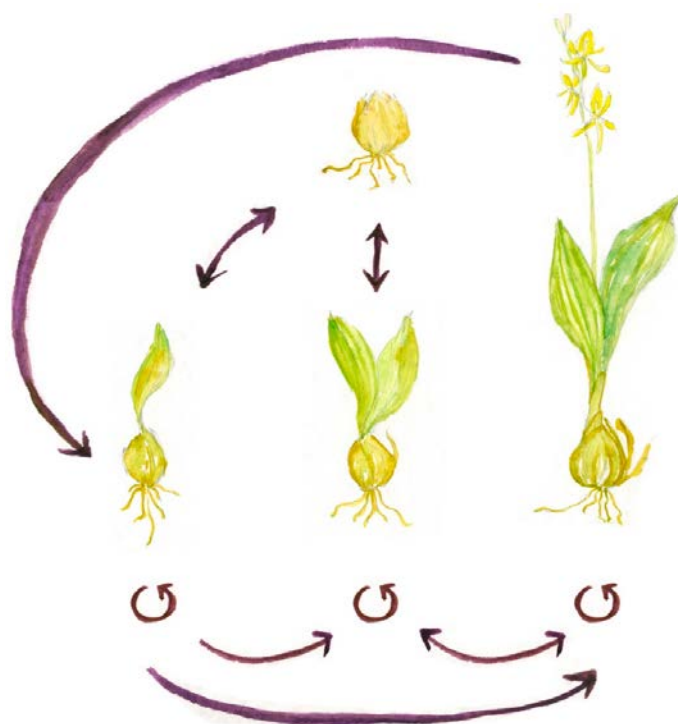
## 4 Diskussion

Resultaten från det första uppföljningsåret har inte visat på några säkerställda samband mellan gulyxnepopulationen och skötselåtgärderna. Det finns flera möjliga orsaker till detta:

- Respons på skötselåtgärderna (slåtter, röjning av vedvegetation och störning genom tramp) har inte visat sig ännu.
- Andra effekter som döljer positiva effekter av skötselåtgärder.
- Att effekten av skötselåtgärderna hittills är så liten att de statistiska metoderna inte kan detektera den, främst på grund av att så många ytor saknar förekomster av gulyxne (dvs är ”nollor”).

Gulyxnepopulationen i våtmark 48 har ökat med 44 % under 2016 och i flera inventeringsrutor förekommer blommande individer trots att inga individer hittades där under 2015 års inventering. Under optimala förhållanden tar det 4–5 år att slutföra livscykeln, från frö till blommande individ. En faktor som påvisats i andra studier (Wheeler et al. 1998, McMaster 2001, Oostermeijer och Hartman 2014) är att det finns flera avvikelser i livscykeln på grund av ogynnsamma eller extra gynnsamma förhållanden. Dessa är att stamknölen kan vara vilande ett år, att juveniler (enkelblad) kan blomma direkt året efter och att de kan befinna sig i samma livsstadium under flera år. Vilande stamknölar skulle därför kunna vara en delförklaring till årets resultat. Figur 4-1 visar livscykeln för gulyxne med alla påvisade övergångar. Vegetativ förökning kan förekomma (Andersen et al. 2015).

I andra studier (Wheeler et al. 1998, McMaster 2001, Oostermeijer och Hartman 2014) har även de hydrologiska förhållandena (vattennivån) i början av årets tillväxtperiod visat sig ha stor betydelse för övergångar och andel vilande stamknölar. I Forsmarksområdet är det troligt att det är i perioden under maj och juni som tillväxten startar. Grundvattendata visar på lägre nivåer för 2016 under tillväxtperioden maj/juni med 2–3 cm, jämfört med 2015. Detta skulle kunna vara en möjlig förklaring till årets resultat. För att säkerställa detta orsakssamband krävs dock mer riktade undersökningar av vattennivåer vid olika tillfällen på året, kombinerat med undersökningar av förekomst av gulyxne i olika livsstadier, gärna på flera olika platser.



**Figur 4-1.** Livscykel gulyxne (baserat på Wheeler et al. 1998). Illustration: Anna Maria Larson, Ekologigruppen AB, 2016.

De ovan nämnda studierna har även påvisat att gulyxne verkar behöva någon form av mindre störning (lätt tramp eller vinterbränning), tillsammans med slätter, som troligt gynnar fröetablering och stärker populationen. Detta visar att den aktuella studien, som inkluderar både slätter och lätt tramp (inventeringstramp) som skötselåtgärder, bör ha en effekt på uppkomst av gulyxne. Vid analys av miljövariabler så har förna och busktäckning minskat i slättade ytor vilket bekräftar nyttan och effekten av slätter som hävdmetod.

Förutom att utvärdera effekterna av behandlingar så utreddes sambandet mellan förekomst av gulyxne och ett flertal miljövariabler. Inga av de mätta variablerna visade sig påverka förekomsten av gulyxne. Det enda som påverkade antalet gulyxne var avståndet till närmaste annan förekomst av gulyxne. Detta kan bero på att 1) spridningen av gulyxne sker lokalt, kanske främst vegetativt 2) det finns fysiska kluster inom vilka miljövariablerna är särskilt lämpliga för gulyxne. Uppkomsten av flera nya kluster av gulyxne 2016 utesluter inte att det kan vara en kombination av de båda. Vanden Broeck et al. (2014) har dock i sina studier i Frankrike och Nederländerna funnit att långväga spridning förekommer.

När hela vegetationssamhället analyserades med multivariata metoder skiljer extremtrampade ytor ut sig signifikant. De extremtrampade ytorna hade färre slätterblommor, kärrknipprot och ängsnycklar än vad som finns i de övriga behandlingarna. Extremtrampade ytor är också kopplade delvis till mindre täckning brunmossa och mer täckning av vass. Analysen genomfördes enbart på 2016 års data varför det dock inte går att utesluta att detta mönster fanns redan när försöket påbörjades, även om försöket är utformat för att minska risken för denna typ av spatiala skillnader. Fortsatt analys av vegetationssamhällen bör innefatta flera år för att jämföra hur denna effekt utvecklar sig över tid.

Avståndsvariabeln var också signifikant för sammansättningen av hela vegetationssamhället. Avståndsvariabeln, som är kopplad till avstånd till närmaste gulyxne, har i detta fall en oklar betydelse eftersom det antyder en slags spatial effekt i vegetationssammansättning som sammanfaller med den avstånds-effekt som finns för gulyxne som hittades i analyserna för gulyxne i tidigare avsnitt. Avståndsvariabelns betydelse kan utredas vidare i fortsatta års analyser.

## **4.1 Förslag på fortsatta arbeten**

### **4.1.1 Inventering**

Inventeringen bör fortsätta att ske årligen för att följa upp hur effekten av slätter, röjning av vedartad vegetation samt tramp påverkar förekomsten av gulyxne. Gulyxne inventeras under mitten av juni till mitten av juli.

Då målet är att följa upp skötsel av våtmarker som en metod att öka eller bibehålla populationen av gulyxne i Forsmark bör uppföljningen pågå till skötsel effekterna kan utvärderas. Slätter har tidigare visat sig gynna gulyxneförekomster samt att gulyxneförekomster även har ökat i övriga inventerade våtmarker i Forsmark (Collinder 2014, 2015, Collinder och Zachariassen 2016), eventuellt på grund av störning genom inventeringstramp.

### **4.1.2 Skötselåtgärder**

Slätter med röjsåg samt tramp bör utföras årligen. Särskild röjning av vedvegetation kommer inte att vara nödvändig om slätter kommer utföras årligen. Beträffande tramp som skötselmetod är det två typer av tramp som undersöks. Dels det tramp som görs då inventering av gulyxne görs, dels det vi kallar extremtramp som görs i september då inventerare dels kan sprida frön samtidigt som en ”markberedning” sker. Med fortsatt inventering sker inventeringstramp. Extremtramp bör också utföras årligen tills tydliga effekter på gulyxne kan påvisas (negativa eller positiva).

### **4.1.3 Grundvattennivåer under tillväxtperioden**

Vidare studier på grundvattennivåer under tillväxtperioden skulle kunna ge uppfattningar om hur vattenståndsvariationer över året och åren kan påverka gulyxnepopulationen. Exempelvis om det finns skillnader i vattenståndsvariationer mellan våtmarker som korrelerar med gulyxneförekomst.

#### 4.1.4 Statistiska analyser

Det finns ett antal frågor rörande de genomförda analyserna vad gäller deras giltighet och hur de beskriver resultaten. Används rätt fördelning? Ska en metod som separerar nollor och icke-nollor användas istället? Som det ser ut idag är rutor med förekomst av gulyxne nästan uteslutande att betrakta som extremvärden (figur 3-6 och figur 3-7). För det fortsatta arbetet med att utvärdera försöket krävs fortsatt utforskande av metoder för att behandla den stora mängden ”nollor” i materialet. För nästa år föreslås två angreppssätt:

- 1) Prova att analysera försöket efter att ha reducerat bort större områden som innehåller enbart nollor. Till exempel genom att utesluta transekt A och/eller de västra områdena utan förekomster (figur 3-4) (förutsatt att dessa fortsatt innehåller få individer).
- 2) Prova fler typer av analyser för material med många nollor, exempelvis binomiala modeller med random effekter.

Analyserna av vegetationsammansättning bör fortsätta men inkludera en analys över effekter av skötselbehandlingarna för de olika åren.



## 5 Dataleverans

Förutom denna rapport leverans grunddata för såväl 2015 som 2016 i ett Excel-dokument – *Inventeringsmaterial\_2015\_2016.xlsx*, reducerat inventeringsdata (sammanslaget för tre intilliggande rutor) som använts i de statistiska analyserna – *Inventeringsdata\_reducerad\_2015\_2016.xlsx* samt en shapefil – *Vatmark\_48\_2016.shp*. Dessutom levereras shapefil för 2015 igen då vissa justeringar är gjorda – *Vatmark\_48\_2015v2.shp*. Shapefilerna har koordinatsystemet SWEREF99 med attributtabell. Metadata presenteras i ett metadatablad som levereras tillsammans med GIS-filerna.

## 6 Tack till

Tack till Sara Nordén (SKB) och Anders Löfgren (EcoAnalytica) för värdefulla synpunkter på rapporten.





## Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på [www.skb.se/publikationer](http://www.skb.se/publikationer). SKBdoc-dokument lämnas ut vid förfrågan till [dokument@skb.se](mailto:dokument@skb.se).

**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. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 150.

**ArtDatabanken.** Rödlistade arter i Sverige 2015. Tillgänglig: <http://www.artdatabanken.se/media/2012/hela-boken.pdf?st=r%c3%b6dlista>

**Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S, 2015.** Fitting linear mixed-effects models using lme4. Journal of Statistical Software 67. doi:10.18637/jss.v067.i01

**Collinder P, 2014.** Inventering av gölgroda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2013. SKB P-14-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Collinder P, 2015.** Inventering av gölgroda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2014. SKB P-15-02, 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.

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

**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.

**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.

**Naturvårdsverket, 2006.** Åtgärdsprogram för bevarande av rikkärr. Rapport 5601, Naturvårdsverket.

**Naturvårdsverket, 2013.** Undersökningstyp rikkärr. Version 1.3, 2013-06-12. 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.

**R Core Team, 2016.** R: A language and environment for statistical computing. Wien: The R Foundation for Statistical Computing. Tillgänglig: <https://www.R-project.org/>

**Sicada, 2016.** Data Delivery SICADA-16-075. Grundvattendata från – SFM000141 (Activity-ID 13345643) för 2015 och SFM000161 (Activity-ID 13362883) för 2016.

**Skaug H, Fournier D, Nielsen A, Magnusson A, Bolker B, 2013.** (Date: 2013-02-20 16:11:03 -0500 (Wed, 20 Feb 2013) \$). Generalized linear mixed models using AD Model Builder\_. R package version 0.7.5.

**Sundberg S, 2007.** Instruktion för inventering av rikkärr. Version 2.0. Länsstyrelsen i Uppsala län.

**Vanden Broeck A, Van Landuyt W, Cox K, De Bruyn L, Gyselings R, Oostermeijer G, Valentin B, Bozic G, Dolinar B, Illyés Z, Mergeay J, 2014.** High levels of effective long-distance dispersal may blur ecotypic divergence in a rare terrestrial orchid. *BMC Ecology* 14. doi:10.1186/1472-6785-14-20

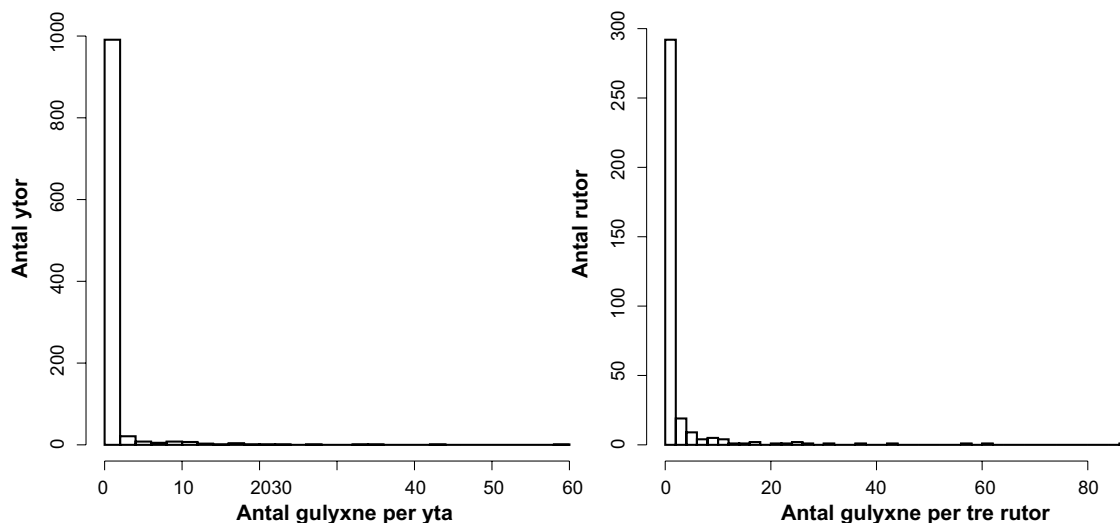
**Wheeler B D, Lambley P W, Geeson J, 1998.** *Liparis loeselii* (L.) Rich. in eastern England: constraints on distribution and population development. *Botanical Journal of the Linnean Society* 126, 141–158.

## Statistik

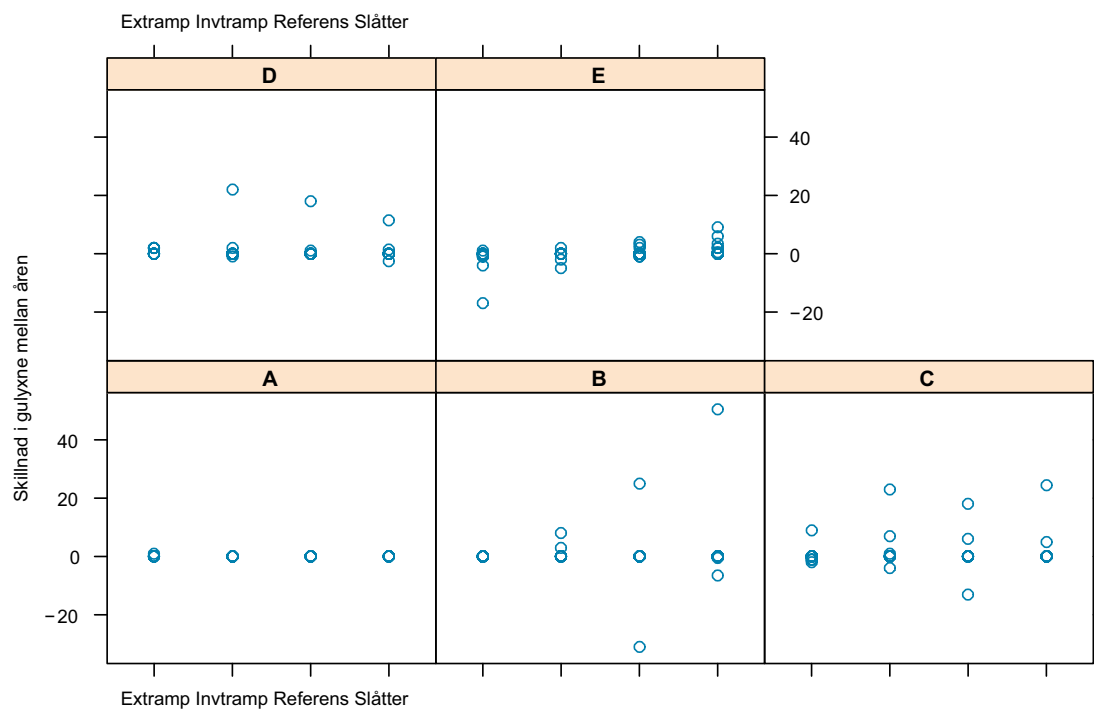
I denna bilaga finns kompletterande diagram och beskrivningar av genomförda analyser.

### Kompletterande grafer

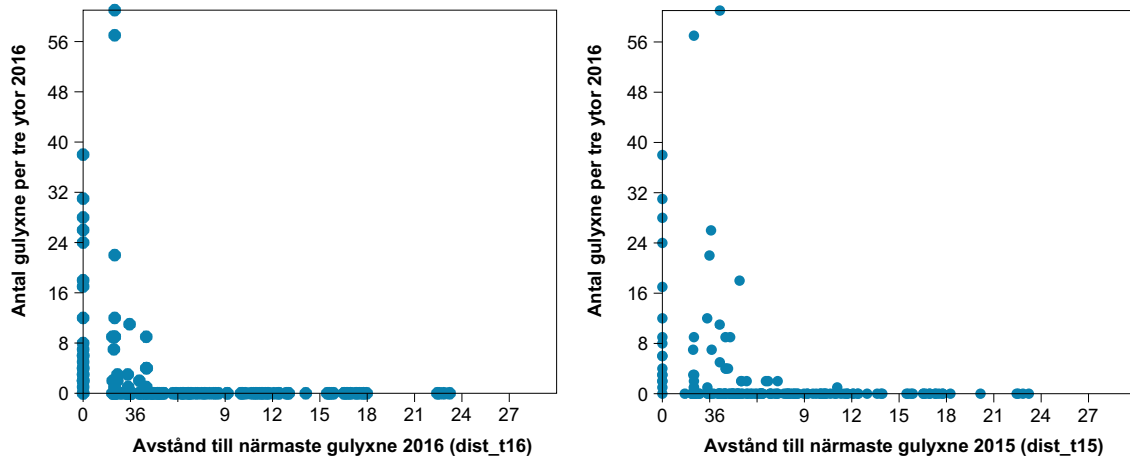
Figur B1-4 kompletterar resultatdelen i rapporten. De olika graferna beskrivsnärmare i respektive figurtext.



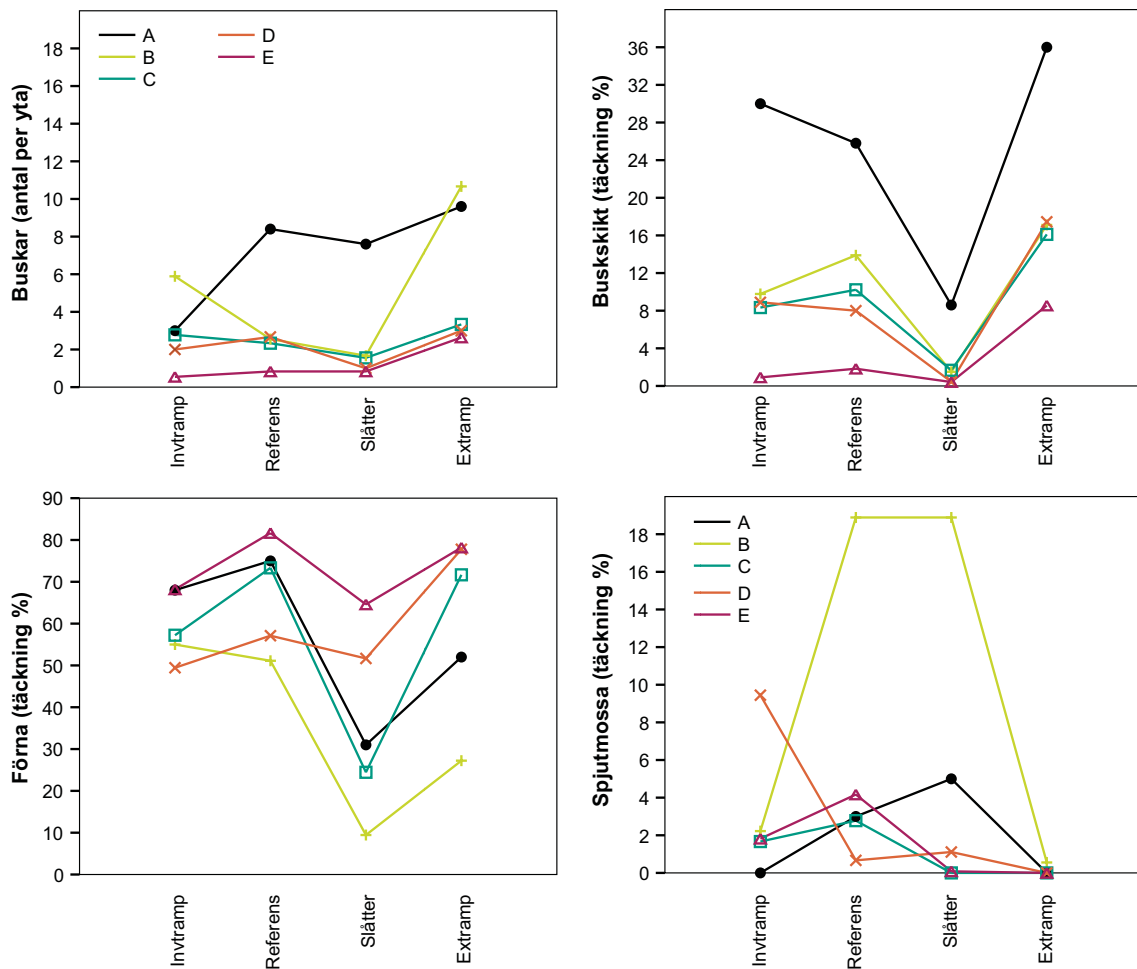
**Figur B-1.** Histogram över totala antalet gulyxne i hela datasetet (vänster) och det reducerade datasetet (höger).



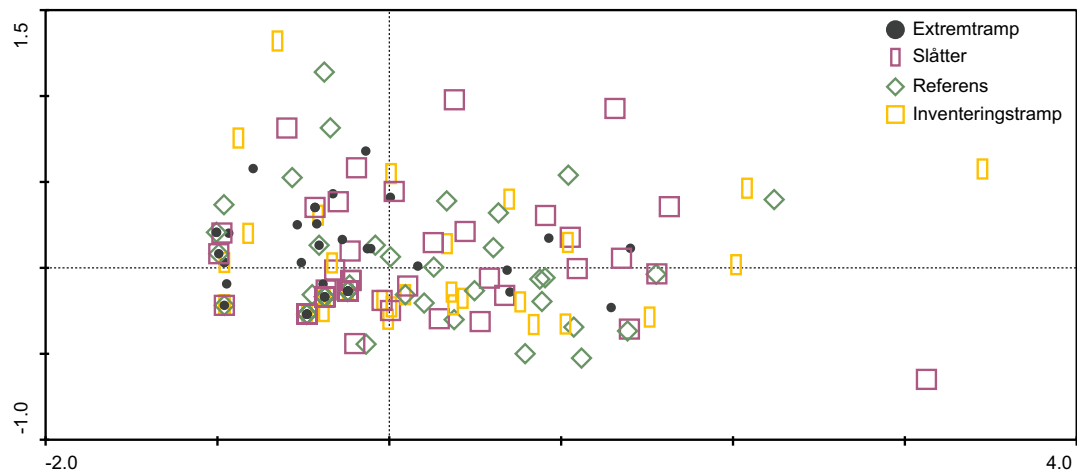
**Figur B-2.** Skillnaden i antalet gulyxne (mellan 2015 och 2016) för de olika behandlingarna uppdelat på de olika transekterna.



Figur B-3. Förhållandet mellan antal gulyxne och avstånd till närmaste gulyxne samma år (vänster) och till närmaste gulyxne som hittades förra året (höger).



Figur B-4. Medelvärden för ett antal olika miljövariabler uppdelat på behandling och transekt.



**Figur B-5.** Ordinationsdiagram från PCA gjord på det reducerade datasetet för 2016. Varje symbol representerar vegetationssammansättningen för en provyta. De ingående arterna är gulyxne, slätterblomma, kärknippot, ängsnycklar, loppstarr och kärrspira.

SKB har som uppdrag att ta hand om och slutförvara radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken på ett säkert sätt.

**skb.se**