



Analys av ekologiska samband

Gällande alvarmark, gräsmark, ädellöv och barrskog i
Visby med omnejd, 2020

OM RAPPORTEN:

Titel: Analys av ekologiska samband gällande alvarmark, gräsmark, ädellöv och barrskog i Visby med omnejd, 2020.

Version/datum: redigerad 2022-08-01, slutversion.

Rapporten bör citeras enligt följande: Sterenberg, M. (2020). *Analys av ekologiska samband gällande alvarmark, gräsmark, ädellöv och barrskog i Visby med omnejd, 2020*. Calluna AB.

Foton i rapporten: © Calluna AB där inget annat anges

Omslag: bilden föreställer Gotlands kust, söder om Visby i naturreservat Södra Hällarna, september 2020 (© Marlijn Sterenberg).

OM UPPDRAGET:

På uppdrag av: Region Gotland (Adress: Samhällsbyggnadsförvaltningen, enhet Plan, 621 81 Gotland)

Uppdragsgivarens kontaktperson: Evelina Lindgren (evelina.lindgren@gotland.se, 0498-26 90 86)

Utfört av: Calluna AB (organisationsnummer: 556575-0675)
Adress huvudkontor: Linköpings slott, 582 28 Linköping
Hemsida: www.calluna.se
Telefon (växel): +46 13-12 25 75

Projektledare: Mova Hebert (Calluna AB)

Rapportförfattare: Marlijn Sterenberg (Calluna AB)

GIS-analyser: Marlijn Sterenberg (Calluna AB)

Kartproduktion: Marlijn Sterenberg (Calluna AB)

Kvalitetssäkring: Anna Koffman (GIS-analyser) & Magnus Tuvendal (PM och kartor) (Calluna AB)

Språkgranskning: Britten Lundborg Eriksson **Callunas**

interna projektkod: MHT0203

Innehåll

1 Sammanfattning	4
2 Inledning	6
Uppdrag	6
3 Bakgrund ekologiska samband	7
4 Ekologiska samband - alvarmark	12
Fokusart	12
Livsmiljö	13
Spridning	13
Resultat	14
Åtgärder	16
5 Ekologiska samband - gräsmark	17
Fokusart	17
Livsmiljö	18
Spridning	19
Resultat	20
Åtgärder	21
6 Ekologiska samband - ädellöv	22
Fokusart	23
Livsmiljö	23
Spridning	24
Resultat	25
Åtgärder	26
7 Ekologiska samband - barrskog	28
Fokusart	28
Livsmiljö	29
Spridning	30

Resultat	30
Åtgärder.....	32
8 Referenser.....	33
Bilaga 1 – Friktionsraster	35
Friktionsraster alvarmark	35
Friktionsraster gräsmark	36
Friktionsraster ädellöv.....	36
Friktionsraster barrskog.....	37

1 Sammanfattning

Calluna AB har 2020 på uppdrag av Region Gotland utfört GIS-analyser och kartläggning av ekologiska samband för Visby med omnejd. Uppdraget har som helhet bestått av följande tre delar: kartering av alvarmark, kartläggning av heltäckande biotopkarta samt analyser och kartläggning av ekologiska samband vilket presenteras i denna PM.

Syftet med analys och kartläggning av ekologiska samband för Visby med omnejd är att ta fram underlag som visar kärnområden för biologisk mångfald och spridningsmöjligheten av arter i landskapet för att underlätta beslutfattande och skötselprioriteringar. Fokus i analyserna är de fyra prioriterade naturtyperna alvarmarker, gräsmark, ädellöv och barrskog.

Begreppet ekologiska samband syftar på att landskapet består av livsmiljöer och spridningsmöjligheter mellan dessa livsmiljöer som är funktionella för den biologiska mångfalden och som går att analysera med hjälp av GIS. Vad som är livsmiljö och hur landskapet hänger samman kan se olika ut för olika arter. I vilken utsträckning arter kan sprida sig mellan livsmiljöområdena kallas för konnektivitet. I analyserna modelleras spridning över både kortare och längre avstånd för att spegla skillnaden i spridningsförmåga mellan olika arter och genom modelleringen visualiseras olika konnektivitet i landskapet. För arter med en begränsad spridningsförmåga länkas livsmiljöområden samman i hemområden. Spridning utanför dessa hemområden sker sällan. Arter med en bättre spridningsförmåga kan använda hemområdena för sina dagliga rörelser men har även lättare att förflytta sig mellan de olika hemområdena.

Analys av det ekologiska sambandet för alvarmark baseras på förekomst av alvarmark utifrån resultat av tidigare kartläggning. Gulfläckig igelkottspinnare är en fjäril knuten till alvar som endast sprider sig korta avstånd medan apollofjäril lättare har möjlighet att sprida sig över avstånd av flera hundra meter. Habitatnätverket för alvarmark består av 219 hemområden. Störst andel av större arealer alvarmark och områden med högre värde för konnektivitet ligger öst och nordost om Visby. I den norra delen av analysområdet, strax söder om Visby och i det västra och södra hörnet av analysområdet är det ekologiska sambandet brutet. Här ligger mindre delar av nätverket isolerade från andra delar av alvarmarks nätverket.

För att skapa hemområden för gräsmarks nätverket har gräsmarker med högre värden för biologisk mångfald valts ut från exempelvis TUVAs ängs- och betesmarksinventering. Viktiga arter knutna till gräsmarker är pollinatörer som vildbin, blomflugor och fjärilar. Bastardsvärmare är en stationär fjäril medan till exempel vissa arter av blomflugor och vildbin är mer rörliga. Habitatnätverket för gräsmarker består av 59 hemområden. I dagsläget är det ekologiska sambandet för gräsmark starkt i stora delar av analysområdet. Större hemområden och hemområden med högre konnektivitetsvärden finns belägna centralt inom analysområdet, nordost om Visby. Vid en del av de svaga spridningssambanden ligger artrika vägkanter på strategiska platser som ger möjlighet till ökad framtida spridning.

En viktig grupp av arter knutna till ädellöv är vedlevande insekter. Spridningsbegränsade arter kan fortleva i samma träd under långa perioder medan arter beroende på mer kortlivade miljöer är anpassade för att förflytta sig flera kilometer. Ädellöv förekommer spritt i stora delar av analysområdet, mest i form av alléer, brynmiljöer och mindre skogsområden. En täthetsanalys har använts för att skapa hemområden med högre täthet av ädellöv. Habitatnätverket för ädellöv består av 59 hemområden. Större hemområdena är mest koncentrerade till söder om Visby. Här ligger även de områden med högre konnektivitetsvärden. Två mindre isolerade delar av habitatnätverket är belägna i den norra delen av analysområdet. Svaga spridningssamband finns framförallt från ädellövsområden omkring Visby och norrut. Här finns dock en del ädellöv utanför de utpekade hemområdena vilket betyder att det finns förutsättningar att förbättra sambanden.

Barrskogs nätverket fokuserar mest på solexponerad tallved. För att skapa hemområdena valdes områden med en högre täthet av glesa och äldre barrskogsområden ut och lades ihop med barrskog med högre värden för biologisk mångfald från nationella underlag som Skogsstyrelsens nyckelbiotoper. Habitatnätverket för barrskog består av 157 hemområden. Barrskogens ekologiska nätverk är starkast öster om Visby, från detta område till sydöst om Visby och till södra hörnet av analysområdet. Hemområden med högre konnektivitetsvärden ligger framförallt öster om Visby. Svagare samband mellan barrskogsområden finns framförallt i områden med större arealer jordbruksmark i det sydvästra hörnet av analysområdet och norr om väg 147 där hemområdena är del av mindre isolerade nätverk.

2 Inledning

Uppdrag

Calluna AB har på uppdrag av Region Gotland utfört GIS-analyser och kartläggning av ekologiska samband för ett område om 18000ha omkring Visby (figur 1). Det aktuella analysområdet sträcker sig ett stycke utanför nuvarande fördjupad översiktsplan för Visby för att inkludera troliga framtida utvecklingsområden. Gräns i söder har satts vid Tofta skjutfält, i norr vid Lummelunda och i öster vid Follingbo.

Syftet med analys och kartläggning är att ta fram underlag som visar helheten i landskapet för att underlätta beslutfattande och skötselprioriteringar. Underlaget ska även fungera som verktyg för att nå regionala miljö kvalitetsmål. Resultatet blir ett kunskapsunderlag till grönplanen som kan användas i framtagandet av ny översiktsplan för Gotland och fördjupad översiktsplan för Visby.

Att analysera och kartlägga ekologiska samband är en metod för att ta reda på var kärnområden samt spridningsmöjligheter mellan kärnområden kan förväntas finnas. Region Gotland har valt att analysera de fyra naturtyperna alvarmark, gräsmark, ädellöv och barrskog då de bedömts som prioriterade naturtyper inom analysområdet.

Uppdraget har bestått av tre delar varav den tredje delen "Analys och kartläggning av ekologiska samband" presenteras i föreliggande PM:

Projektets tre delar:

1. Kartering av alvarmark

Vid början av projektet fanns ingen fullständig naturtypskartering för Visby. Tidigare har alvarmark karterats på Fårö och en liknande analys efterfrågades för analysområdet omkring Visby. Calluna och Geografiska Informationsbyrån (GIB) har utvecklat metoden, fältkontrollerat resultaten och skapat en heltäckande kartering av alvarmark för Visby med omnejd. Alvarmarken är indata till Lokala Marktäckedata och analyser av ekologiska samband. För ytterligare information hänvisas till metodbeskrivning gällande kartering av alvarmarker från GIB, 2020.

2. Kartläggning av biotoper

GIB har producerat en högupplöst biotopkarta, Lokala Marktäckedata (LMD), över analysområdet. Upplösning är 1m och biotoperna är klassade som Nationella Marktäckedata (Naturvårdsverket, 2018). Biotoper som alvarmark, buskmark och strand har tillagts. LMD är indata till analyserna av ekologiska sambanden. För ytterligare information hänvisas till information gällande leveransbeskrivningen Lokala Marktäckedata från GIB, 2020.

3. Föreliggande PM - Analys och kartläggning av ekologiska samband

Nedan presenteras inledningsvis bakgrunden i litteraturen till ekologiska samband och därefter beskrivs Callunas metod för analys av alvarmark, gräsmark, ädellöv och barrskog. För varje naturtyp redovisas i detalj hur resultaten har skapats. För varje naturtyp finns karta som visar hemområden och spridningsmöjligheter från dessa, samt brister i de ekologiska sambanden. Varje avsnitt avslutas med förslag på åtgärder som kan förbättra den gröna infrastrukturen för naturtypen.



Figur 1. Analysområdet.

3 Bakgrund ekologiska samband

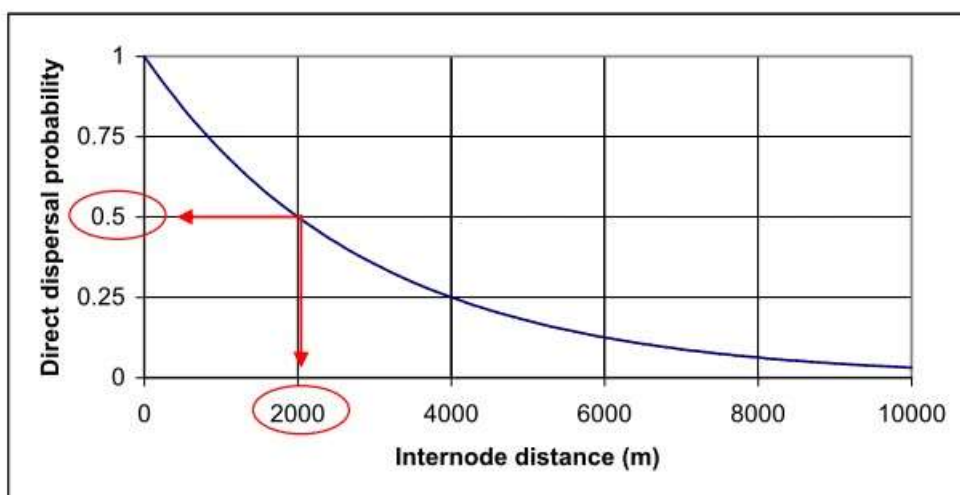
Begreppet ekologiska samband syftar på att landskapet består av funktionella livsmiljöområden för olika arter och funktionella spridningsmöjligheter mellan dessa. Funktionell betyder att det handlar om ekologiska processer och respons (Zetterberg 2011) och inte endast om själva strukturen i landskapet. I vilken utsträckning arter kan sprida sig mellan livsmiljöområdena kallas för konnektivitet. Vad som är lämpliga livsmiljöområden och spridningsmöjligheter är vid en analys av ekologiska samband beroende av vilken art som står i fokus, den s.k. fokusarten.

En fokusart är en art som är knuten till en viss typ av livsmiljö. Livsmiljön är de områden där arter kan hitta föda och reproducera sig. Med hjälp av fokusarter kan man bättre förstå hur landskapet ser ut från ett ekologisk funktionellt perspektiv. Barrskogar exempelvis erbjuder inte automatisk lämpligt habitat, som död ved och gamla träd med håligheter, till alla arter knutna till barrträd. Äldre naturskog har i detta perspektiv högre värden och gör större nytta för den biologiska mångfalden än yngre produktionsskog. Fokusarterna i denna rapport kan ses som representanter för de olika naturtyperna och kan ha specifika krav på sina respektive livsmiljöer (t ex gamla solbelysta träd) eller representera olika konnektivitetsnivå i landskapet genom att de har olika spridningsförmåga.

De viktigaste hoten mot biologisk mångfald är habitatförlust och fragmentering av landskapet (Wildcove m.fl. 1998). Fragmentering är en process som får en tidigare sammanhängande biotop att delas upp i mindre områden. Samtidigt med uppdelning i mindre områden minskar också ofta den totala arean av biotopen liksom konnektiviteten mellan områdena. Mänsklig aktivitet, som till exempel urbanisering och avverkningar i skogar, är idag de mest storskaliga orsakerna till fragmentering (i Linkowski & Lennartsson 2005). I dessa landskap är således även artens livsmiljö fragmenterad.

En population (en grupp individer av samma art) betar sig i fragmenterade landskap som en metapopulation där mindre populationer är sammanlänkade med varandra genom spridning (Hanski & Gilpin 1997; Hanski 2004). I dessa metapopulationer dör stora populationer sällan eller aldrig ut (kärnområden) medan små populationer (sänkpopulation) ofta dör ut men kan ibland återkolonieras från kärnområdet. Livsmiljöns areal, biotopkvalitet och grad av isolering avgör om det är fråga om en kärn- eller en sänkpopulation. Det är större sannolikhet att spridning sker från starka populationer. För att spridning ska lyckas behövs fungerade spridningsvägar och att avståndet till nästa livsmiljö inte är för långt. I en fungerade metapopulation med bra konnektivitet, kan en lokalt utdöende population enkelt stärkas eller ersättas genom spridning till detta område från en annan population (Mörtberg m.fl. 2007). En av de viktigaste åtgärderna för att lösa problem med fragmentering och habitatförlust är skötsel och skapande av spridningsmöjligheter (Heller & Zavaleta 2009).

Det maximala spridningsavståndet för en art anger hur långt årsungar antas kunna förflytta sig i sökandet efter nya livsmiljöområden. Detta maximala spridningsavstånd är ofta längre än de dagliga rörelser individer gör inom livsmiljöområdena. Arters spridningsförmåga varierar mellan olika arter, men även mellan individer av samma art. De flesta individer sprider sig över korta avstånd och spridningsavståndet sjunker exponentiellt (figur 2). Endast ett fåtal individer sprider sig över det maximala spridningsavståndet. Spridningsavståndet är även positivt korrelerat till populationsstorleken. I en större population är chansen större att en del av individerna sprider sig längre än i en mindre population. Även om långdistansspridningen sker sällan, är denna spridningstyp viktig för arters populationsdynamik och fortlevnad på stora rumsliga och tidsmässiga skalor. Utifrån genomsnittlig spridningsförmåga kan arter indelas i lättspredda och svårspredda eller spridningsbegränsade arter. Exakt spridningsavstånd är dock svårt att avgöra (Mörtberg m.fl. 2007).



Figur 2. Grafen visar sannolikheten för spridning mellan två habitatområden som en fallande exponentiell funktion. (Illustrationen är tagen från Conefor sensinode 2.2 user manual).

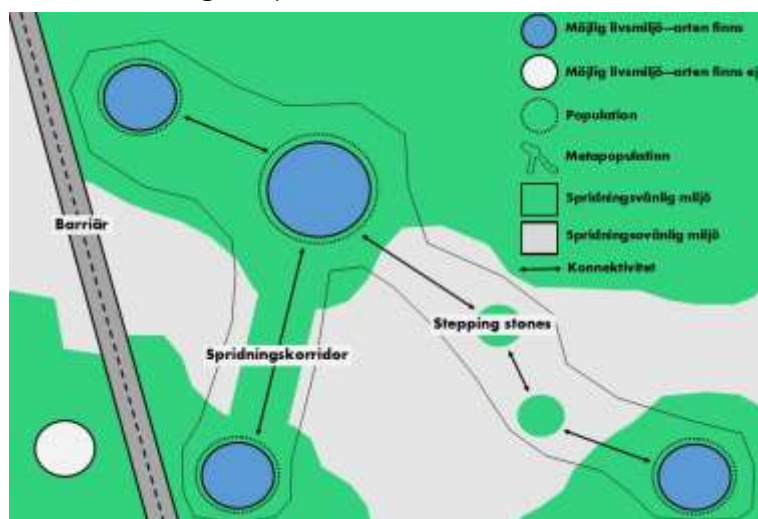
Enligt litteraturen sker störst respons på landskapet och ändringar i landskapet för korta (200–500 meter) och medellånga spridningsavstånd (1–5 kilometer) och generellt inte för större avstånd (10–25 kilometer). De korta avstånden representerar de viktigaste konnektivitetens mönster och de medellånga avstånden är tillräckliga för konnektiviteten mellan viktiga element i den gröna infrastrukturen i en region (Estreguil m.fl. 2016).

I de analyser som behandlas i detta PM har två spridningsavstånd modellerats och dessa olika avstånd speglar arter med olika spridningsförmåga. Ett kort avstånd av 100–250 meter används för arter med en begränsad spridningsförmåga. För dessa arter länkas livsmiljöområden

samman i hemområden som utgör själva nätverket och spridning mellan hemområden sker sällan för dem. Arter med en bättre spridningsförmåga kan använda hemområdena för sina dagliga rörelser men har även lättare att förflytta sig mellan de olika hemområdena. För långavståndsspridning har ett avstånd av 1,5–2 kilometer använts som representerar arter som kan förflytta sig några kilometer i stället för endast några hundra meter. Modellering av längre avstånd skulle resultera i ett mer sammanhängande nätverk. Det är dock viktigt i fragmenterade landskap att ha möjlighet att peka ut svaga samband för mer spridningsbegränsade arter eftersom dessa är, på grund av denna begränsning, mer känsliga för fragmentering av sina miljöer. Även om kunskap om exakta rörelsemönster och spridning hos olika arter saknas idag, är det möjligt att anta att de olika modellerade spridningsavstånden täcker in en stor del av de olika arternas behov.

I starkt fragmenterade landskap med barriärer finns med stor sannolikhet isolerade livsmiljöområden vilka inte ingår i ett livskraftigt ekologiskt nätverk. Om livsmiljöers kvalitet försämras och avståndet ökar mellan populationer, ökar risken att arterna får ett mer begränsat genetiskt utbyte över tid och att arter dör ut. Barriärer i landskapet är element som hindrar en arts spridning. Exempel på typiska barriärer i urbana landskap är högt trafikerade vägar och tät bebyggelse. En studie i Sollentuna visar att artsammansättningen av gaddsteklar skiljde sig signifikant på båda sidor om E4:an medan vegetationen inte skiljde sig. Detta tolkas som att E4:an hade en barriäreffekt på gaddsteklarna. Effekten var större för de små arterna som är sämre flygare än de stora arterna (Andersson m.fl. 2017).

Figur 3 visar en schematisk bild av ett landskap som består av spridningsvänliga och spridningsovänliga miljöer, barriärer och livsmiljöer. Spridning till livsmiljöer inom spridningsovänliga miljöer är möjligt när det finns spridningskorridorer, ett stråk av spridningsvänlig miljö, eller 'stepping stones' (klivstenar) i landskapet. Stepping stones är mindre områden av spridningsvänlig miljö som underlättar spridning genom att fungera som öar i mer ovänliga miljöer.



Figur 3. Ett ekologiskt samband med livsmiljöer, spridningsmöjligheter och barriär.

Nätverksanalyser i GIS

Ekologiska samband med livsmiljöområden och spridningsmöjligheter för en fokusart går att få fram med hjälp av GIS analyser, som även kallas för nätverksanalyser. I GIS väljer man lämpliga livsmiljöområden och skapar en spridningsprofil som speglar spridningen genom landskapet. Olika verktyg i GIS programmet skapar sedan spridningslänkar och spridningsvänliga områden.

Resultatet av nätverksanalyserna blir en karta med vars hjälp det är möjligt att förutsäga var i landskapet viktiga områden finns inom den analyserade naturtypen.

För att analysera ekologiska samband i GIS behöver man ha tillgång till livsmiljöområden eller hemområden, spridningsprofil och maximalt spridningsavstånd för aktuell fokusart.

Livsmiljöområden

Urval av livsmiljöområden kan göras på olika sätt. En biotopkarta kan användas för att välja ut lämpliga biotoper. Med hjälp av andra GIS-skikt kan även underlagsdata bearbetas för att få fram ytterligare egenskaper hos vegetationen, till exempel glesa skogar. Också kan man peka ut områden med höga naturvärden i olika nationella inventeringar som ängs- och betesinventeringen, inventering av nyckelbiotoper och lokala inventeringar. Urval av dessa områden kan också användas som indata för livsmiljöområden.

Spridningsprofil

Analys av konnektivitet inom ekologiska samband utgår från antagandet att arter förflyttar sig den minst kostnadskrävande vägen. Arter som är knutna till öppna marker rör sig till exempel lättare över gräsmarker än genom tät skog. Flygande insekter har visat sig flyga på låg höjd, till exempel marknära eller i trädkronor, och antas därför också att ha preferenser för vissa biotop typer. Detta medför att till exempel byggnader, särskilt mer slutna bebyggelse, kan ha en barriäreffekt även på flygande arter (Mörtberg m.fl. 2007).

En spridningsprofil upprättas som rankar ett områdes biotop typer utifrån hur lätt eller svårt det är för fokusarten att sprida sig. Varje biotop tilldelas ett så kallat friktionstal (kallas även för kostnadsvärde), där talet 1 betyder att en biotop är lätt för fokusarten att sprida sig igenom (låg energikostnad) och ett högt friktionstal betyder att en biotop är svår att sprida sig igenom. Tilldelning av dessa friktionstal baseras på expertkunskap och forskningsreferenser om fokusartens ekologi. I ett GIS program omklassas därefter biotopkartan enligt spridningsprofilen och detta resulterar i ett friktionsraster (figur 4).

Friktionsrastret används sedan i GIS-analyser för att räkna ut spridningslänkar och spridningsvänliga områden.



Figur 4. Till vänster: friktionsraster för alvarmark. Ljusa områden är spridningsvänliga habitat och har ett lågt friktionstal (t ex alvarmarken i den sydöstra delen av bilden), mörkare områden är spridningsvänliga habitat med högre friktionstal (t ex skog i grått och byggnader i svart). Till höger: ortofoto över samma område.

Verktyg för att skapa spridningslänkar och spridningshabitat

Verktyget 'Cost Connectivity' i ArcGIS Pro (version 2.6.2., ESRI 2020) skapar bästa tänkbara spridningslänkar från ett visst livsmiljöområde till ett annat livsmiljöområde som är möjligt att

länka till inom det maximala avståndet som är bestämt för det specifika nätverket. Länkarna letar sig fram i landskapet längs den spridningsväg som antas vara den minst kostnadskrävande vägen. Avstånden i analysen där friktionsraster används benämns kostnadsviktade avstånd.

Verktøget 'Cost Distance' är ett annat verktyg i ArcGIS Pro som använder sig av ett friktionsraster. Genom detta verktyg får man fram spridningsvänliga habitat omkring hela livsmiljöområdet. Detta område kan ses som en buffertzona med möjliga stödhabitat, som till exempel övriga öppna marker med vegetation som stödhabitat för alvarmarker. Där dessa områden omkring de olika livsmiljöerna möts är spridningen möjlig från den ena livsmiljön till den andra. Eftersom man vill att spridningsvänliga habitat möts vid maximala spridningsavståndet (till exempel 1 kilometer) används halva maximala spridningsavståndet vid denna analys (500 meter + 500 meter = 1 kilometer).

Där det spridningsvänliga habitatet är mycket lämpligt, sprider sig fokusarten inte bara där länken är utträdad men även i det omkringliggande spridningsvänliga habitatet. Spridningsvänliga habitat omkring länkarna kan benämnas spridningskorridorer. När länken är omgiven av mer ogästvänlig miljö, till exempel tät bebyggelse, är det troligt att spridningen sker utefter själva länken.

I ett nätverk av områden har vissa områden mer betydelse för nätverket än andra. Programmet Conefor (version 2.6; Saura S., & Torné J. 2012) kan användas för att beräkna konnektivitetsmått. En kombination av två konnektivitetsmått, 'Betweenness Centrality' (*BC*) och 'Integral Index of Connectivity' (*IIC*), används för att analysera konnektivitet i habitatnätverksanalyser. Genom att kombinera *BC* och *IIC* till måttet *BCIIC* skapas en generaliserad och förbättrad version av 'Betweenness Centrality' som är mer ekologiskt relevant. Områden med ett högre värde av *BCIIC* är viktigare i nätverkets konnektivitet än områden med ett lägre värde. Generellt är områden med ett mer centralt läge i ett nätverk viktigare än områden i nätverkets ytterkanter eftersom ett centralt beläget område i högre grad bidrar till att länka samman områden (det ligger mellan, "between", områden). Konnektivitetsmålet beräknades i denna analys inte för hela landskapet men för varje komponent. En komponent är ett enskilt nätverk i det ekologiska sambandet som består av flera områden som är sammankopplade med spridningslänkar. I enklaste fall består en komponent av endast ett isolerat område. Mellan de olika komponenterna finns inga spridningsmöjligheter.

Analysresultat

Analysresultatet, kartorna med det ekologiska sambandet, är inte samma sak som faktiska förekomster av studerad art. Kartan är ett prediktionsverktyg som visar landskapet utifrån fokusartens ekologiska krav. Bedömningar som baseras på spridningsanalysen måste alltid göras genom att studera livsmiljöområdena, länkarna, biotopkartan, ortofoto och eventuellt fältdata. När utredningen rör exempelvis en detaljplan bör en aktuell fältinventering göras där fokusarten eftersöks i fält. Habitatnätverket är ett hjälpmedel för att exempelvis prioritera områden vid exploateringsbeslut och för lokalisering av förstärkningsåtgärder (Mörtberg m.fl. 2007).

Analysen är begränsad till analysområdet vilket medför att analysresultatet också är begränsat till detta område. Det är viktigt att ta hänsyn till denna begränsning när man bedömer samband i kanten av analysområdet. Ett områdes betydelse i nätverket kan öka eller minska när analysen utförs på ett större analysområde. Exempelvis kan områden i kanten av det befintliga analysområdet i verkligheten ha konnektivitet med områden utanför analysområdet och därmed ha en större betydelse för konnektiviteten i ett bredare landskapsperspektiv än vad resultatet visar. Ytterligare utredningar av landskapet utanför analysområdet kan behövas.

4 Ekologiska samband - alvarmark

Alvarmark är sällsynt i Sverige och hela världen, men är en av de artrikaste naturmiljöerna i Sverige. I Sverige finns alvarmark främst på Öland och Gotland. Kännetecknande för alvar är en kalkberggrund med inget eller med ett tunt jordlager. Naturliga och mänskliga störningar som torka, bränder och bete har förhindrat att konkurrensstarka arter kunnat ta över. Alvarmark består ofta av en mosaik av olika alvartyper, vilket tillsammans med störningarna, ger möjligheten för många olika arter att etablera sig. På alvarmark finns ett stort antal endemiska arter, arter som bara finns på Gotland och/eller Öland (Länsstyrelsen Gotlands län 2018).

17 rödlistade arter knutna till alvarmarker ingår i ett ÅGP, ett åtgärdsprogram, för hotade arter. Dessa arter är fem arter av bin, sex fjärilsarter, fyra arter av skalbaggar och två kärllväxter (Länsstyrelsen Gotlands län 2018).

Fokusart

Som fokusart för öppna alvarmarker valdes insekterna apollofjäril (*Parnassius apollo*, på Gotland den lokala formen *P. a. linnaei*), gulfläckig igelkottsspinnare (*Hyphoraia aulica*) (figur 5) och alvarantennmal (*Nemophora dumerilella*). Samtliga arter är rödlistade.

En art som apollofjäril representerar arter som kan sprida sig några kilometer. Gulfläckig igelkottsspinnare och alvarantennmal representerar arter med begränsade spridningsmöjligheter.

Apollofjäril är Europas största dagfjäril och rödlistad som nära hotad (NT, rödlistan 2020). I Sverige förekommer arten spritt över hela Gotland och på fastlandet fläckvis främst längs ostkusten från norra Småland till Uppland. Apollofjärilen är starkt värmeberoende och livsmiljön för apollofjäril är öppna kalkhaltiga marker som alvarmark. Observationer av apollofjärilar på Gotland har rapporterats mest i områden men en låg träd- och busktäckning (Kindvall & Askling 2019). Värdväxter för larven är kärleksört (*Hylotelephium telephium*) och vit fetknopp (*Sedum album*). Kärleksört växer oftast på berg eller steniga backar och vit fetknopp är kalkgynnad och växer på torra berghällar och sandiga eller grusiga marker. Vuxna fjärilar besöker diverse blommor för födosök. Det är dock viktigt att nektarkällan finns nära värdväxten eftersom honan i första hand letar efter föda och ej efter värdväxten. Arten är starkt lokaltrogen och har en relativt klumpig flykt som gör att den har svårigheter att sprida sig (artfakta.se).

Gulfläckig igelkottsspinnare är en starkt hotad fjäril (EN, rödlistan 2020) som förekommer i Sverige endast lokalt i få små områden på Öland, Gotland och i södra Halland. Fjärilen lever på torra solexponerade och kortbevuxna marker som snabbt värms upp av solen. Larverna lever på olika gräs- och örtarter (artfakta). Fullbildade fjärilar av gulfläckig igelkottsspinnare har en kort livslängd upp till endast några dagar. Arten är inte känd för att migrera och särskilt honan har en begränsad spridningsförmåga. Fjärilens hona håller sig till stor del sittande i vegetationen och på grund av en tung bakkropp är nyligen parade honor inte goda flygare. Äggen blir därför oftast lagda av honan inom begränsade områden (artfakta.se; Länsstyrelsen Gotlands län 2018; Naturvårdsverket 2009).

Larver av alvarantennmal lever också på mattor av vit fetknopp i soliga och torra lägen på alvarmark. I Norden är arten bara känd från Gotland där den har anträffats på ett tiotal lokaler.

Lokalerna ligger dock mer eller mindre isolerade från varandra. Alvarantennmalen är rödlistad som nära hotad (NT, rödlistan 2020) (artfakta.se).



Figur 5. Till vänster: apollofjäril (Källa: Ettore Balocchi via Creative Commons), Till höger: gulfläckig igelkottsspinnare hane (Källa: Vítězslav Maňák via Creative Commons).

Livsmiljö

Som livsmiljöområden valdes all alvarmark från Lokala Marktäckedata (LMD).

Karteringen av alvarmark från LMD, tog främst fram de mer öppna glest bevuxna alvarmarkerna. Vissa alvarmarker med lite tjockare lager av jord, mossor och lavar eller ett tätare träd- och buskskikt kommer inte med i analysen.

De öppna kalkhällarna är en betydelsefull typ av alvarmark, bevuxna i första hand med många lavar och mossor. Alvar som är öppna gräsbevuxna finns också men eftersom denna typ av alvarmark är svårare att skilja åt från andra gräsmarker med fjärranalys används den inte i analysen.

För att skapa hemområdena gjordes en Cost Distanceanalys på ett område om 50 meter omkring livsmiljöområden. Livsmiljöområden som ligger på högst 100 kostnadsviktade meter från varandra grupperas på detta sätt till ett hemområde.

För alla individuella områden har konnektivitetsmättet *BCIIC* beräknats som visar hur viktigt området är i att länka samman det ekologiska sambandet.

Spridning

Spridningsprofil: lägst värde för alvarmark och övrig öppen mark med vegetation, något högre värden för annan öppen mark, strand och buskmark, medelhögt värde för åker, väg och skog och högst värde för exploaterade ytor och byggnader (se bilaga 1).

Fjärilens vingstorlek betraktas som en indikation på spridningsförmåga där större arter antas kunna sprida sig effektivare. När det gäller dagfjärilar har vuxna djur normalt en god flygförmåga och spridningsavståndet kan vara relativt stort, ibland flera kilometer. Spridningsförmågan antas dock även påverkas av artens villighet att lämna livsmiljön och sprida sig över mer olämpliga miljöer. Specialistarter, arter starkt knutna till särskilda miljöer, har i studier visat sig vara mer obenägna att sprida sig och är således mer begränsade än generalistarter. Andra studier har visat att fjärilens rörelser kanaliseras till områden och korridorer med lämpligare livsmiljöer. Dagfjärilar är dock generellt större än andra fjärilsarter samt flyger dagtid och är därmed inte representativa för alla fjärilar (Berglund m.fl. 2018). Väderförhållandena har en stor påverkan på insekternas aktivitet. I en population av mnemosynefjäril (*Parnassius mnemosyne*) i Finland rörde sig fler individer mellan habitatpatcher, och även spridningsavståndet var längre, vid varmare väder och vid mer sol

(Kuussaari m.fl. 2016). Fler faktorer såsom patchstorlek, mängd av resurser och parningsbeteende har visat sig ha påverkan på fjärilens spridning (för lista se Fred & Brommer 2009).

År 2019 gjordes en fångs-återfångststudie på apollofjäril på Gotland. Studieområdet täckte ett 22km² stort område och omfattade hela Hejnum hällar och File hajdar. Totalt märktes 6092 individer varav 20% återfångades. Detta betyder att 1591 förflyttningar kunde analyseras. Hälften av djuren flög mer än 434 meter och medelförflyttningen av dessa individer uppgick till 712 meter. Den individ som förflyttade sig längst hade flugit 6385 meter. De observerade förflyttningarna täckte hela studieområdet. De flesta rörelser sker inom artens habitat men även ett stort utbyte sker mellan skilda habitatfläckar. En intressant observation var att de flesta mer långväga förflyttningar var till och från identifierade hotspots för nektarkällor. På dessa områden fanns inte larvernans värdväxt och därmed inga förutsättningar för fortplantning. Dessa hotspots utgjordes vanligtvis av blomrika vägrenar (Kindvall 2019).

För arter med begränsad spridningsförmåga, som gulfläckig igelkottspinnare, utgör hemområdena artens maximala spridningsavstånd. Arter, som apollofjäril, använder hemområdena för sina dagliga rörelser.

Ett generellt långspridningsavstånd för spridning mellan hemområden har satts på 2 kilometer.

Apollofjäril på Gotland har visat sig kunna flyga över sex kilometer. Dock gäller detta endast en liten andel av alla individer då arten vanligen är en mer lokaltrogen fjäril (Fred & Brommer 2009). Faktorer som påverkar spridning, såsom väderförhållanden och fördelning av patcher och resurser, kan också se olika ut vid olika tidpunkter och på olika rumsliga skalor. Ett långspridningsavstånd på 2 kilometer bedöms vara ett lämpligt avstånd för att visualisera konnektivitet för arter med en spridningsförmåga av några kilometer och konnektivitet mellan viktiga element för grön infrastruktur (Estreguil m.fl. 2016).

Resultat

Habitatnätverket för alvarmarker består av 219 hemområden. Det minsta området är 0,33 ha och det största området är 120 ha stort. Medelvärdet för hemområdena är 6 ha.

Störst andel av större alvarmarker och områden med högre konnektivitetsvärden (dvs de med högst BCIC) ligger öst och nordost om Visby (figur 6).

Alvarmarken består av många mindre och medelstora hemområden. För arter som inte sprider sig långa sträckor betyder detta att alvarmarken är ganska fragmenterad. Små områden är dock också viktiga i spridningen som "stepping stones" mellan större områden. Dessa områden skapar tillsammans ett mer sammanhängande nätverk för de arter som kan sprida sig lite längre sträckor (se området väst om Träkumla).

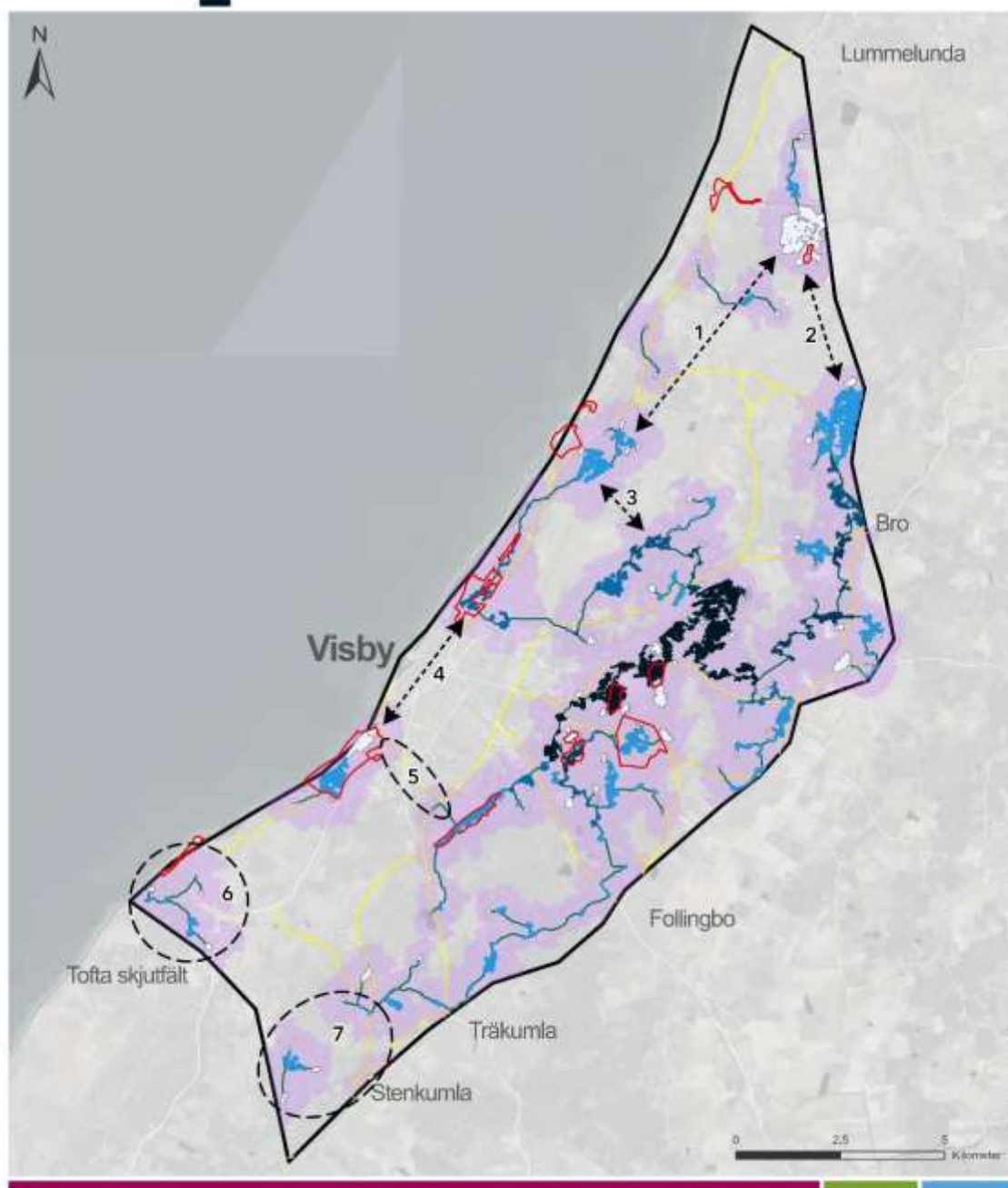
I den norra delen av analysområdet (se svaga samband 1 och 2), strax söder om Visby (svaga samband 4 och 5) och i västra (svaga samband 6) och södra hörnet av analysområdet (svaga samband 7) är det ekologiska sambandet brutet. Här ligger mindre nätverk som är isolerade från andra delar av alvarmarksnätverket.

Ekologiskt samband för alvarmarker



TECKENFÖRKLARING:

- | | | |
|-----------------|---|--|
| Analysområde | Hemområden | Spridning (max 1km kostnadsviktade avstånd) |
| Naturreservat | BCIIC | Spridningslänk (max 2km kostnadsviktade avstånd) |
| Natura2000 | Mörkare områden är viktigare i nätverket. | Svaga spridningssamband |
| Artrik vägmiljö | | |



Figur 6. Ekologiska sambandet för alvarmark.

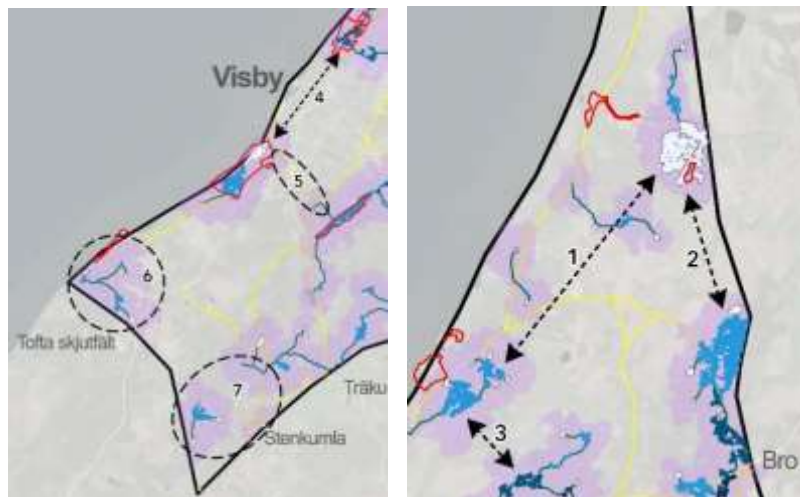
Åtgärder

Lägre eller inget betetryck gör att många alvarmarker förbuskas. Efter många år av igenväxning kan alvarmark till och med övergå till andra naturtyper såsom hållmarkstallskog. Bete på viktiga alvarmarker är en naturlig metod för att hålla dessa marker öppna och artrika. I områden där alvarmarken redan är förbuskad kan alvarmark återskapas genom röjning av buskar och sly eller bränning.

Artrika vägkanter är vägkanter som redan idag har bättre förutsättningar för spridning av alvarmarkens insekter. Det är Trafikverket som förvaltar och ansvarar för dessa artrika miljöer. Underhållet av anläggningen anpassas för att bibehålla och gynna den biologiska mångfalden. Riktade åtgärder och skötsel som slätter utförs (Trafikverket 2020). Befintliga artrika vägkanter ligger redan på många ställen mellan de olika alvarmarksområdena och kan ses som lämpliga områden i landskapet för förstärkning av alvarsambandet.

I den norra delen av analysområdet ligger flera hemområden isolerade från varandra. Avståndet mellan vissa områden är ganska långt och det omgivande landskapet består i stora delar av åkermark eller tätare skogar. Här krävs troligen större arbete med att ta fram fler hemområden och spridningsmöjligheter om man vill förbättra det ekologiska sambandet, exempelvis vid de svaga spridningssambanden 1, 2 och 3 (figur 6 & 7).

I den södra delen av analysområdet är det ekologiska sambandet svagt på grund av åkermarker. Artrika vägkanter finns i den södra delen av analysområdet delvis på strategiska ställen och kan användas för att förstärka det ekologiska sambandet vid de svaga spridningssambanden 5, 6 och 7. Spridning kan styrkas genom att förstärka själva vägkanterna och genom att skapa fler alvarmarksområden längs dessa vägkanter förkortas spridningsavståndet för arter med en sämre spridningsförmåga och höjs andelen alvarmark (figur 6 & 7).



Figur 7. Till vänster: söder om Visby är sambandet svagt på grund av åkermarken. Artrika vägkanter (gula linjer) ligger delvis på strategiska ställen för att länka ihop de olika alvarmarksområdena. Till höger: i den norra delen av analysområdet ligger flera hemområden isolerade från varandra.

5 Ekologiska samband - gräsmark

Ängs- och betesmarker är naturliga gräsmarker och är Sveriges artrikaste marker. Dessa marker är viktiga för hundratals växter, svampar, insekter och andra djur. Ängs- och betesmarker har betats eller slagits under flera hundra år vilket har hållit markerna öppna och skötsel är viktigt för att bevara den biologiska mångfalden (Jordbruksverket 2020). Naturbetesmarker har även höga kulturhistoriska värden och är del av ett jordbrukslandskap som skapats under flera tusen år. Kultiverade betesmarker är betesmarker som utsatts för produktionshöjande åtgärder som gödsling, kalkning, dikning eller insådd. Till följd av detta är kärlväxtfloran betydligt artfattigare än på naturbetesmarker. Trots en lägre biodiversitet kan kulturbetesmarker ha en roll i ökning av konnektivitet mellan naturbetesmarker (Lindborg m.fl. 2006).

Fokusart

Lämpliga fokusarter för gräsmarker är pollinatörer. Pollinatörer är viktiga för pollinering av både vilda och kultiverade växter. Vildbin, blomflugor och fjärilar är de viktigaste pollinatörerna i Sverige. Större dagfjärilar, vildbin och blomflugor representerar arter som kan sprida sig några kilometer i landskapet. Fjärilar som bastardsvärmare är mer lokaltrogna och representerar korta spridningsavstånd mellan livsmiljöer.

I Sverige finns cirka 299 vildbiarter som har många olika livsstilar och krav på sina livsmiljöer. En tredjedel av vildbiarterna var rödlistade år 2015. Bin har till exempel bon i marken eller i död ved och samlar pollen som föda till sina larver. För bin är därför ett variationsrikt landskap viktigt (Borgström m.fl. 2018).

Blomflugorna är i Sverige också del av de mer viktiga pollinatörerna men mer knutna till skogslandskapet och våtmarker. Även fjärilar bidrar till pollinering, även om inte lika effektivt som bin. Fjärilar lägger sina ägg på en värdväxt där larverna kan äta direkt av växten. I mer variationsrika gräsmarker finns ett större utbud av värdväxter. En del fjärilar är specialister och använder bara en eller ett fåtal arter som värdväxt (Borgström m.fl. 2018).

En variationsrik gräsmark kan således ge föda och resurser till fler olika arter av insekter. Detta bidrar till en funktionell mångfald, där olika arter tillsammans uppfyller olika behov av pollinering (Borgström m.fl. 2018).

Bastardsvärmare är ett släkte av fjärilar som förekommer i artrika miljöer. Bastardsvärmare är en så kallad 'signalart' och förekomst av många bastardsvärmare på samma plats signalerar troligen ett område med högt naturvärde och hög artrikedom (Natusidan 2020). Eftersom fjärilar reagerar snabbt på förändring är de goda miljöindikatorer (Borgström m.fl. 2018). På Gotland förekommer sexfläckig bastardsvärmare (*Zygaena filipendulae*), bredbrämrad bastardsvärmare (*Zygaena lonicerae*) och ängsmetallvinge (*Adscita statures*). Samtliga arter är rödlistade som nära hotade (NT, rödlistan 2020).

Sexfläckig bastardsvärmare (figur 8) finns på öppna blomrika ängs- och hagmarker, i vägrenar och i skogskanter. Arten är stationär och förflyttningar över 100m är ovanliga. Mycket varma dagar kan den sexfläckiga bastardsvärmaren förflytta sig längre sträckor. Den gynnas särskilt när lämpliga gräsmarker undantas från skötsel som slåtter och bete, under flera vegetationsperioder. Arten kräver att värdväxten, käringtand (*Lotus corniculatus*), förekommer rikligt på flera närliggande lokaler (artfakta.se).

Bredbrämrad bastardsvärmare förekommer också på blomrika ängsmarker och även på öppnare blomrika buskmarker. Trots att fjärilen kan flyga relativt långa sträckor är den normalt starkt lokaltrogen och påträffas endast sällan utanför sitt egentliga habitat. Larverna lever på klövrar som rödklöver (*Trifolium pratense*) men också vialarter och käringtand (artfakta.se).

Ängsmetallvinge påträffas på öppna blomrika gräsmarker och har minskat kraftigt och försvunnit från många lokaler på grund av intensifierat jordbruk och bete, upphörande av slåtter på många ängsmarker, intensivare jordbruk och gödslande av ängsmarker. Arten gynnas av slåtter och lågintensivt bete och förekommer normalt inte i intensivt betade hagar. Ängsmetallvinge flyger tämligen långsamt och svirrande, endast en halv till en meter över marken, och sätter sig ofta i vegetationen. Värdiväxten för larverna av båda underarter är arter av Rumex-arter (artfakta.se).



Figur 8. Sexfläckig bastardsvärmare (Källa: Pete via Creative Commons).

Livsmiljö

Som livsmiljö och födosökmiljö för pollinatörer har gräsmarker med högre värden för biologisk mångfald valts. Gräsmarksområden kommer från TUVAs ängs- och betesmarkinventering (Markslag = 'Äng' eller 'Bete'), Länsstyrelsens inventering av ängs- och hagmarker på Gotland, gräsmarker från flygbildstolkning av Natura2000-naturtyper, urval av biotoptyperna 'fuktig ängsmark', 'betad skog', 'hagmark', 'löväng' och 'lövängrest med hamlade träd' från Skogsstyrelsens nyckelbiotoper och områden med naturvärden och gräsmarker avgränsade i Calluna AB:s inventering i Visborg 2012.

Vissa av de utvalda områdena kan innehålla mycket skogs- eller buskmark, till exempel när det gäller områden med skogsbete eller när områden har växt igen efter de har inventerats. För att utesluta områden som inte längre är öppen mark har, för att skapa livsmiljöområden, endast tagits med de marker som dessutom är klassade som öppen mark i LMD.

Alvarmark från Callunas och GIB:s inventering kommer därmed inte heller med eftersom en separat analys endast gjordes på alvarmark. Det kan dock finnas en viss överlappning mellan gräsmarker och alvarmarker eftersom avgränsningen av alvarmark är svår att göra skarp, särskilt mot andra gräsmarker.

På grund av LMD:s (Lokala Marktäckedata) höga upplösning (1m) har även öppen mark inom skogar karterats. För att undvika att för många små osammanhängande luckor i skogar följer med vidare i analysen har områden mindre än 0.1 ha tagits bort.

Vissa värdefulla gräsmarker i form av exempelvis tätortsnära fält, ledningsgator, golfbanor och industriområden kommer inte med i urvalet och presenteras inte i resultatet.

För att skapa hemområdena gjordes en Cost Distanceanalys på ett område om 50 meter omkring livsmiljöområden. Livsmiljöområden som ligger på högst 100 kostnadsviktade meter från varandra grupperas på detta sätt till ett hemområde.

För alla individuella områden har konnektivitetsmättet *BCIIC* beräknats som visar hur viktigt området är i att länka samman det ekologiska sambandet.

Spridning

Spridningsprofil: lägst värde för alvarmark och övrig öppen mark med vegetation, något högre värden för annan öppen mark, strand och buskmark, medelvärde för åker, väg och skog och högst värde för exploaterade ytor och byggnader (se bilaga 1).

Artrika vägmiljöer är goda spridningsmiljöer och underlättar vildbins rörelser (Linkowski m.fl. 2004). Utpökade artrika vägkanter (Trafikverket) har därför fått lägst värde i friktionsrastret. På Gotland förekommer främst unika ogräsvägkanter och alvarvägkanter. Ogräsväggkant innehåller åkerogräs som har försvunnit i samband med jordbrukets intensifiering. Många kärlväxtarter finns nu endast kvar på Öland och Gotland och eftersom de är mycket blomrika är de viktiga för insekter (Vägverket 1999). Artrika vägkanter är inte lämpliga som livsmiljöer eftersom smala miljöer medför större kanteffekter än bredare områden.

Kunskap om spridning av vildbin är bristfällig, särskilt när det gäller solitära bin. Kapaciteten för spridning är i allmänhet god men detaljer, t ex avstånd, är i stort sett okända. Avstånd av flygsträckor vid normalt födosöksbeteende finns från olika studier där de flesta arter har ett maximalt flygavstånd om några hundra meter. Tre studier visade maximala avstånd mellan 1000 och 1750 meter (Linkowski m.fl. 2004). Adulta blomflugor har mycket god flygkapacitet (Borgström m.fl. 2018).

För arter med begränsad spridningsförmåga, som bastardsvärmare, utgör hemområdena också artens maximala spridningsavstånd. Vildbin och fjärilar använder hemområdena för sina dagliga rörelser. Ett generellt långspridningsavstånd för spridning mellan hemområden har satts på 2 kilometer. Enligt litteraturen kan en del fjärilar och bin ha en spridningsförmåga av några kilometer och även blomflugor antas ha en mycket god flygkapacitet. Ett långspridningsavstånd på 2 kilometer bedöms vara ett lämpligt avstånd för att visualisera konnektivitet för arter med en spridningsförmåga av några kilometer och konnektivitet mellan viktiga element för grön infrastruktur (Estreguil m.fl. 2016).

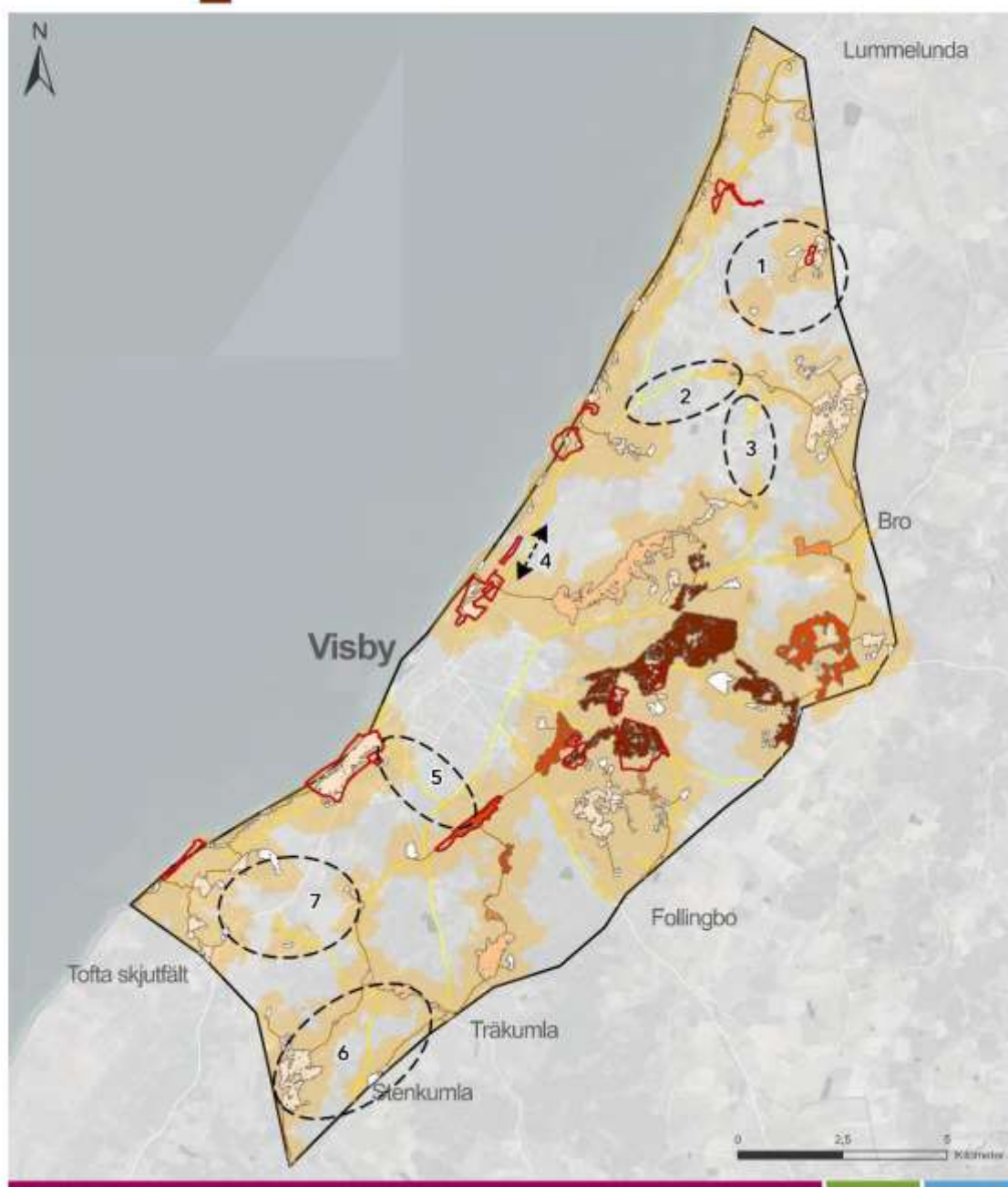
Resultat

Ekologiskt samband för gräsmarker



TECKENFÖRKLARING:

- | | | |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Analysområde Naturreservat Natura2000 Artrik vägmiljö | <p>Hemområden</p> <ul style="list-style-type: none"> BCIIIC Mörkare områden är viktigare i nätverket. | <ul style="list-style-type: none"> Spridning (max 1km kostnadsviktade avstånd) Spridningslänk (max 2km kostnadsviktade avstånd) Svaga spridningssamband med åtgärds möjligheter |
|--|--|--|



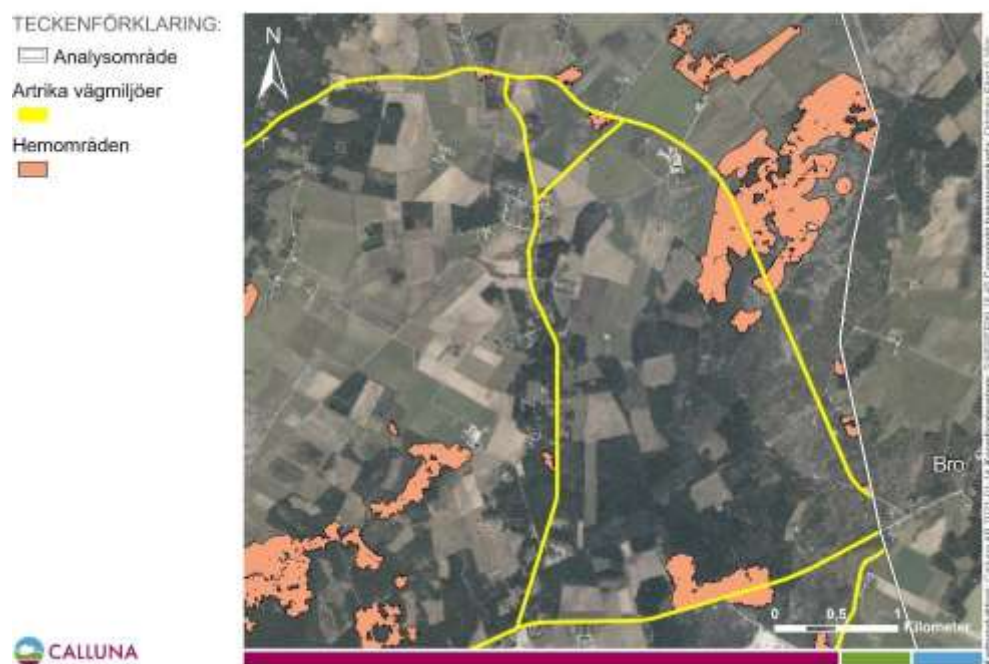
Figur 9. Ekologiska samband gräsmarker.

Habitatnätverket för gräsmarker består av 59 hemområden. Det minsta området är 0,49 ha och det största området är 293 ha stort. Medelvärde för hemområdena är 11 ha.

I dagsläget är det ekologiska sambandet för gräsmark starkt i stora delar av analysområdet (figur 9). Större hemområden och hemområden med högre konnektivitetvärden (dvs de med högst BCIIIC) ligger centralt inom analysområdet, nordost om Visby. Nätverket består även av många små områden av betydelse som erbjuder spridningsmöjligheter genom stora delar av nätverket. Två mindre områden sydväst om Bro har högre värde för konnektivitet, trots att de är små, eftersom de ligger mer centralt i nätverket än områden i kanten av nätverket (som inte har värde för just konnektivitet mellan andra hemområden). Små områden kan dock lätt försvinna vilket skulle medföra en kvalitetsförsämring av nätverket.

De svaga spridningssambanden i figur 8 visar några områden där spridningsmöjligheter mellan hemområden saknas (som svaga spridningssamband 2, 3, 4, 5 och 7). Hemområden i svaga samband markerade med 1 ligger isolerade från den andra delen i nätverket inom analysområdet. Vid de andra svaga spridningssambanden, 2 t o m 6, ligger artrika vägkanter på strategiska platser som ger möjligheter för ökad framtida spridning.

Befintliga artrika vägkanter är viktiga för att underlätta spridning, till exempel nordväst om Bro i den norra delen av analysområdet. Här ligger mindre hemområden i ett skogsområde och något längre norrut finns några mindre hemområden belägna mellan jordbruksmark (figur 10).



Figur 10. Artrika vägkanter (gult) ger möjlighet för spridning i skogsområden (sydost) och mellan jordbruksmark (norr).

Åtgärder

Andel gräsmarker med förutsättning för höga naturvärden kan ökas genom skötsel och åtgärder som bete och slåtter. Ängs- och betesmarkerna behöver slås eller betas av kor, hästar eller får för att förhindra igenväxning, något som även kan kompletteras med röjning av sly.

Gamla träd belägna på eller bredvid ängar utgör boplatser för vildbin samt förstärker kvaliteten på gräsmarkerna ska sparas (Linkowski m.fl. 2004).

Bevarandet av befintliga artrika vägkanter och skapande av nya vägkanter förstärker spridningsförmågan, särskilt i områden med skog och jordbruksmark. Detta gäller även kraftledningsgator som kan vara bra spridningsmiljöer genom skogsområden för arter knutna till öppna marker.

Söder om Visby ligger en artrik väggkant som har potential att länka ihop två större hemområden (figur 9 och 11). Avståndet mellan dessa hemområden är i dagsläget sannolikt för långt för att länka samman områdena. De öppna markerna i det glesa bostadsområdet norr om vägen kan med fördel skötas med slåtter för att skapa artrika gräsmarker för en mer spridningsvänlig miljö så att avståndet mellan hemområdena minskar.



Figur 11. Ett exempel på en artrik väggkant som har potential att länka ihop två större hemområden söder om Visby.

6 Ekologiska samband - ädellöv

Ädellövträd är viktiga för biologisk mångfald eftersom de kan bli riktigt gamla och särskilt äldre ädellövträd hyser en artrik flora och fauna (Nilsson 2007). Trädarterna som är ädellöv är alm, ask, bok, avenbok, ek, fågelbär, lind och lönn. Alm och ask är karaktärsträd på Gotland (LifeElmias 2018). Gotlands almpopulation är även unik i ett europeiskt perspektiv eftersom den är den största almpopulationen idag som är relativt oangripen av almsjuka (Stenlind 2020). Eken har flest rödlistade arter knutna till sig och totalt cirka 1500 arter av insekter, vedsvampar och lavar (Nilsson 2007). Ädellövträd som lind och ask är relativt artfattiga jämfört med eken, men har många specialiserade arter knutna till sig (Jonsell m.fl. 1997). Almen har till exempel på flera platser på Gotland en för Sverige exceptionellt tät förekomst av rödlistade arter, främst lavar (LifeElmias 2018).

Naturvärden knutna till ädellöv är beroende av att träden står solexponerade för att skapa ett bättre mikroklimat (Nilsson 2007). 90% av ekens skalbaggsarter gynnas av solexponering (Mörtberg et al. 2007). Viktiga strukturer som grov bark med sprickor, döda grenar, håligheter och mulm uppträder generellt när trädet är cirka 150 år. Variation i dessa små mikrohabiter bidrar till livsmiljöer för många olika och ibland specialiserade insekter. Grova hålträd är även viktiga för andra organismer till exempel fladdermöss och hålhäckande fåglar som skogsduva (*Columba oenas*) (Nilsson 2007).

Olika insekter föredrar olika stadier i ett trädets nedbrytningsprocess och från det att ett träd börjar dö tills det förmultnat byter vedlevande insekter av varandra (Jonsell m.fl. 1997). Insekter knutna till ett visst successionsstadium är således beroende av ett tidsbegränsat substrat. För att

kunna överleva när ett träd inte längre är lämpligt för arten måste insektspopulationen kompensera med kolonisering genom spridning till och etablering på platser med nya lämpliga träd (Berglund m.fl. 2018). Det är därför viktigt att insekter över tid har tillgång till träd av olika ålder. Samtidigt har en stor del av de vedlevande insekterna en mycket begränsad spridningsförmåga vilket är anledningen till att lämpliga träd behöver stå tillräckligt nära varandra i beståndet (Mörtberg et al 2007).

Fokusart

Fokusart för det ekologiska sambandet för ädellöv är vedlevande insekter knutna till ädellövträd. Många rödlistade arter i skog är direkt knutna till träd (Länsstyrelsen Gotlands län 2018). De flesta vedlevande insekter är skalbaggar, men det finns även en del tvåvingar och steklar knutna till ved.

Ädelguldbagge (*Gnorimus nobilis*) (figur 12) är nära hotad (NT, rödlistan 2020).

Larvutvecklingen sker i svart mulm i håligheter i stammar och grövre grenar av levande lövträd, i Sverige troligen framförallt i ek, men även i andra trädslag som bok, sälg och lind.

Ädelguldbagge föredrar solexponerade träd.

Askpraktbagge (*Agrilus convexicollis*) är rödlistad som sårbar (VU, rödlistan 2020). Fynd finns rapporterade från Östra Småland, Öland och Gotland. Larvutvecklingen sker under barken på solexponerade, nyligen döda grenar. I Sverige påträffas arten främst på ask, men möjligen även på liguster och syren.



Figur 12. Ädelguldbagge (Källa: Stanislav Snäll via Creative Commons).

Livsmiljö

Lokala marktäckedata (LMD) är en högupplöst kartering, 1 meter, som även inkluderar enskilda träd. Vid analysen av underlagsdata visade det sig från LMD att ädellövträd och mindre ädellövskogar förekommer spritt i stora delar av analysområdet. Detta är positivt för spridning mellan ädellövträd och spridning inom maximalt 250 kostnadsviktade metrar är möjlig i stora delar av analysområdet ('övriga ädellöv' i figur 12). 250 meter är ett avstånd som representerar spridning för mer spridningsbegränsade arter (för mer information se nästa avsnitt om spridning). I områden med tätare skogar och större arealer jordbruksmark saknas tillräckligt med ädellöv för bra spridning inom 250 meter.

För att utpeka mer specifika områden med ädellöv i landskapet har en täthetsanalys utförts. I denna analys summeras andelen ädellöv inom en radie av 250 meter. Områden med en täthet av ädellöv över 5% och maximalt 24% (maxvärde i analysområdet) har pekats ut som hemområden. Dessa områden representerar 20% av den tätaste procenten av ädellöv (Länsstyrelsen Gotlands län 2018). Spridningen av insekterna mellan träd sker lättare inom

dessa områden eftersom fler träd står närmare varandra. I områden med ett större antal träd är även kontinuiteten för insekternas livsform mer garanterad för insekternas behov om trädens olika successionsstadier tillgodoses. Flera studier har visat ett samband mellan förekomst av arter och mängden lämpliga träd inom en viss radie (Berglund m.fl. 2018).

För alla individuella områden har konnektivitetsmättet *BCIIC* beräknats som visar hur viktigt området är i att länka samman det ekologiska sambandet.

Spridning

Spridningsprofil för ädellöv: lägst värde för ädellöv och triviallöf, något högre värde för barrträd, buskmark och öppna marker med vegetation, medelvärde för åker, vatten, vägar (mer trafikerade vägar uppnådde något högre värde än övriga vägar), öppen mark utan vegetation, strand samt högst värde för exploaterade ytor och byggnader (se bilaga 1).

Insekter visar en stor variation i spridningsmekanismer. Majoriteten av skogslevande skalbaggar lever i träd eller ved och spridningsförmågan hänger generellt samman med förutsägbarheten hos deras livsmiljöer (Berglund m.fl. 2018).

Arter beroende av kortlivade och oförutsägbara miljöer, som brandanpassade arter och arter som utnyttjar vedsvampars fruktkroppar, har en god spridningsförmåga. Dessa arter kan sprida sig effektivt över relativt stora avstånd för att kolonisera nya lämpliga livsmiljöer när de befintliga miljöerna försvinner. En del skogslevande skalbaggar har visat kunna förflytta sig flera kilometer per år (Berglund m.fl. 2018; Johansson 2014).

Arter knutna till mer stabila och långlivade miljöer, som gamla ihåliga ädellövsträd, förväntas däremot ha en mer begränsad spridningsförmåga. Läderbaggen (*Osmoderma eremita*) är ett exempel på en hålträdslevande skalbagge som är förhållandevis väl studerat. Studier med radiosändare på halssköldar har visat att läderbagge är obenägen att lämna trädet och arten kan fortleva i ett och samma träd i många decennier (Ranius 2001). Maximala spridningsavståndet för läderbagge är 200m. Längre avstånd kan vara möjliga men sannolikt sällan. Artens förekomst påverkas därför mest av spridning mellan värdräd inom bestånd, som kan betraktas som en metapopulation. Mellan bestånd är spridning begränsad eller sker inte alls (Berglund m.fl. 2018).

För arter med en begränsad spridningsförmåga är hemområdena deras maximala spridningsavstånd. Ett generellt långspridningsavstånd för spridning mellan hemområden har satts på 2 kilometer. Enligt litteraturen och expertbedömningar kan en del skalbaggar knutna till ved sprida sig några kilometer till några mil (Johansson 2014). Då några kilometer är tillräckligt för konnektivitet mellan viktiga element för grön infrastruktur (Estreguil m.fl. 2016) har även här ett långspridningsavstånd på 2 kilometer bedömts vara ett lämpligt långspridningsavstånd för ädellövsambandet.

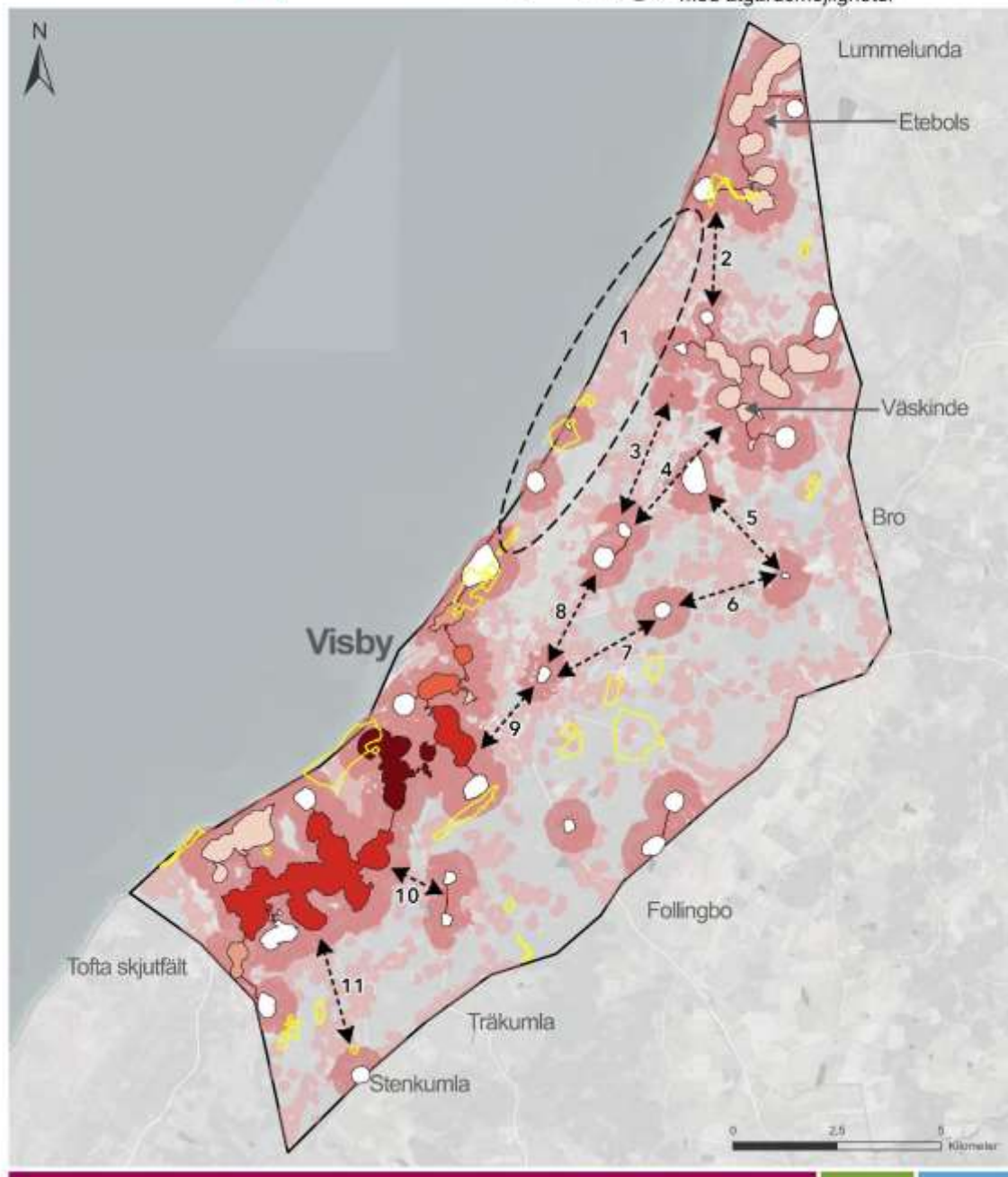
Resultat

Ekologiskt samband för ädellöv



TECKENFÖRKLARING:

- | | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> □ Analysområde □ Naturreservat □ Natura2000 □ Biotopskyddsområde | <p>Hemområden</p> <p>BCIIC</p> <ul style="list-style-type: none"> □ □ Mörkare områden är viktigare i nätverket. □ □ | <ul style="list-style-type: none"> ■ Spridning (max 1km kostnadsviktade avstånd) — Spridningslänk (max 2km kostnadsviktade avstånd) ○ Övrig ädellöv (max 250m kostnadsviktade avstånd) ⬄ Svaga spridningssamband med åtgärds­möjligheter |
|---|--|--|



Figur 13. Ekologiska samband ädellöv.

Habitatnätverket för ädellöv består av 59 hemområden. Det minsta området är 0,07 ha och innehåller enstaka träd. Det största området är 641 ha stort. Medelvärdet för hemområdena är 31 ha.

Större hemområden, områden med hög täthet av ädellöv, är mest koncentrerade till söder om Visby. Här ligger även de områden med högre konnektivitetvärden (dvs de med högst BCIIC). Två mindre nätverk är belägna i den norra delen av analysområdet, ett mindre nätverk omkring Väskinde och ett mellan Etebols och Kambs (figur 13).

Svaga spridningssamband finns framförallt från ädellövsområden omkring Visby och norrut (svaga spridningssamband 1 t o m 9, figur 12). Här finns dock en del ädellöv ('övrig ädellöv' i kartan) som ligger utanför de utpekade hemområden som gör att det finns förutsättningar att förbättra sambanden mellan hemområdena.

Några andra mindre och isolerade hemområden ligger i skogsområdena i den sydöstra delen av analysområdet och i området sydost om Visby. Skogsområdena består mest av barrskog. Vid svaga spridningssamband 10 och 11 finns förutsättningar att stärka konnektiviteten till hemområdena i väst där redan ädellöv finns.

Ädellöv inom analysområdet finns mest i form av alléer och trädtrader mellan jordbruksmark, i brynmiljöer, som mindre skogsområden och i trädgårdar och parker (figur 14).



Figur 14. Ädellöv (gult) i det sydvästra hörnet av inventeringsområdet. Hemområdena visas i blått i bakgrunden.

Åtgärder

Generellt gäller för ädellöv att trädet och arter knutna till det gynnas av att det står fristående och solbelyst. Med hjälp av gallring kan man röja framförallt uppväxande träd belägna några meter utanför ädellövträdets krona. Frihuggning minskar konkurrens från övrig växtlighet och kan förlänga ädellövträdens livslängd och bidra till stora och gamla träd.

Blommande buskar som slån, nypon och hagtorn kan med fördel lämnas i brynmiljöer. De håller till viss del tillbaka framväxt av sly (slyuppslag) och är viktiga födosökmiljöer för vissa arter av de fullbildade insekterna knutna till ädellöv.

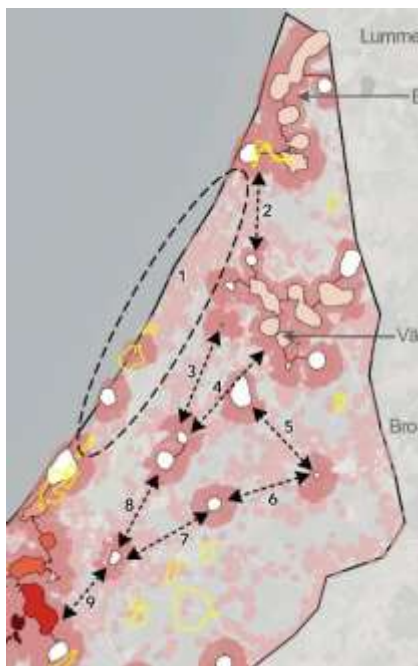
Alléer består ofta av ädellövträd och är viktiga naturliga spridningsvägar i öppna landskap för arter knutna till trädmiljöer (Berglund m.fl. 2018). Grova ädellövträd i öppna miljöer kan också gynna arter som skogsduva som häckar i grova ihåliga ekar i anslutning till deras födosöksområden på jordbruksmark (artfakta.se).

Ädellövmiljöer kan stärkas genom utplacering av faunadepåer eller uppsättning av mulmholkar. En faunadepå innehåller nedtagna träd och höjer andelen död ved i området. Det är en fördel om depåerna utgörs av grövre stammar och har viss grad av solexponering. Tillgång till blomrika miljöer bör vägas in vid utplacering av faunadepåer. Mulmholkar bidrar med boplatser för hålllevande småkryp där hålträd saknas och placeras med fördel i utkanten av bestånd av ädellöv.

Eftersom ädellövträd redan finns spritt i stora delar av analysområdet, ger detta bra förutsättningar för förstärkning av ädellövssambandet. Sambandet kan förstärkas genom att höja/bevara andelen ädellövträd i brynmiljöerna, i befintliga alléer eller genom att skapa nya alléer.

Ett viktigt stråk för förstärkningsåtgärder för det ekologiska sambandet för ädellöv finns längs kusten från Visby i riktning mot den norra delen av analysområdet (figur 15). Ett annat viktigt område finns öster om föregående stråk centralt i analysområdet, där flera ädellövsområden ligger isolerade från varandra. Dessa områden har potential att sammankoppla de större ädellövsområdena söder om Visby med de två något större områdena i den norra delen av analysområdet.

Det är viktigt att en kontinuitet i åldersfördelning mellan träd finns inom varje bestånd. Detta gör möjligt att yngre träd kan ersätta äldre träd som själva går in i nästa utvecklingsstadium. Eftersom det kan finnas en stor individuell variation mellan ädellövträd är det viktigt att så stor del som möjligt av sammanhängande bestånd av ädellövträd bevaras för att öka utbudet av olika livsmiljöer för olika arter knutna till ädellöv (Mörtberg et al. 2007).



Figur 15. Utsnitt från kartan i figur 12. De viktigaste områdena för förstärkning av ädellövsambandet (streckade pilar och cirkel).

7 Ekologiska samband - barrskog

Naturvärden i barrskog är kopplade till förekomst av gamla träd och död ved. Skog kan vara påverkad av människans bruk sedan lång tid tillbaka. Störningar, som till exempel brand, påverkar trädens åldersfördelning så att åldersfördelningen inte motsvarar den i naturliga bestånd och gör även att tillgången på död ved begränsas.

Gotländska barrskogar är variabla och artrika med vissa ovanliga skogstyper som kalkbarrskog. Gotländska skogar är unika på grund av berggrunden och klimatet och även människan har påverkat miljön genom plockhuggning och hållande av betesdjur. Jämfört med andra delar av Sverige finns en hög andel gammal skog kvar på Gotland. Även förhållandevis stora skogsarealer finns där kontinuiteten av träd är obruten (Länsstyrelsen Gotlands län 2018).

Äldre betespräglad skog är luckig och olikåldrig skog med lång kontinuitet. Bete gör att marken generellt blir ört- och svamprik. Den största delen av Sveriges skogsbetesarealer finns på Gotland, men utbredningen av dessa miljöer har minskat mycket de senaste hundra åren. Barklevande insekter gynnas av det luckiga trädskiktet som ökar solinstrålningen (Länsstyrelsen Gotlands län 2018).

På Gotland dominerar tall (Lindroos 2001). Tall är ett barrträd som gynnas av öppna och ljusa växtplatser. Bevarandevärden knutna till tallekosystemet skapas i hög grad av solexponering som ger varma mikroklimat. Solbelysta trädstammar är nödvändiga för larvutvecklingen bland många insekter som är knutna till gammal tall.

Åtgärdsprogrammen (ÅGP) för barrskog är mest inriktade på olika skalbaggar, en marksvamp och en fjäril (Länsstyrelsen Gotlands län 2018).

Fokusart

Som fokusart för barrskog valdes vedlevande insekter som är knutna till solexponerad barrved, mest tallved. Många rödlistade arter i skog är direkt knutna till träd (Länsstyrelsen Gotlands län 2018) och tall är dominerande av barrträden i analysområdet (Lindroos 2001).

Reliktbockens (*Nothorhina muricata*, NT) (figur 16) larver utvecklar sig i den tjocka skorpbarken på gamla, levande solexponerade tallar. Larvutvecklingen kan fortgå i samma tall under ett decennium eller mer.

När det gäller åttafläckig praktbagge (*Buprestis octoguttata*, NT) sker larvutvecklingen i döda rötter och i stamdelar i levande träd på hållmarker och sandiga marker.

Larver av smedbock (*Ergates faber*, NT) (figur 16) har sin utveckling i gammal, solexponerad tallved. Arten är utbredd på Gotland, och inga sentida fynd har gjorts i resten av landet.

För hårig blombock (*Etorofus pubescens*, NT) sker larvutvecklingen i grövre död solexponerad tallved, såväl i liggande som stående träd. Arten är främst knuten till varma barrträdslokaler i regioner med ett sommartorr klimat, främst i gles tallskog på hållmarker och sandiga marker. Arten har troligen en ganska bra flygförmåga.

För gulfläckig praktbagge (*Buprestis novemmaculata*, VU) (figur 16) sker larvutvecklingen i död solexponerad tallved. Arten föredrar tydligt liggande tallvirke, men har även påträffats på klen stående ved. Den visar en stark attraktion till bränd skog och bränd ved. Vid varm väderlek är arten mycket flygg och den har sannolikt en god spridningsförmåga.



Figur 16. Till vänster: reliktbock (källa: Caspar S via Creative Commons). Mitten: smedbock (källa: Stanislav Snäll via Creative Commons). Till höger: gulfläckig praktbagge (Siga via Creative Commons).

Livsmiljö

Som livsmiljö för insekter knutna till solexponerade tallar har barrskog med högre värden för biologisk mångfald valts. Urval har gjorts från nationella underlagsdata som barrskogsområden från flygbildstolkning av Natura 2000-naturtyper, urval av barrskog inom Skogsstyrelsens nyckelbiotoper, områden med naturvärden och naturvårdsavtal och barrskogsområden avgränsade i Calluna AB:s inventering i Visborg 2012.

Utanför ovannämnda områden förekommer ytterligare barrskog inom analysområdet. Eftersom solbelysta träd är betydelsefulla för många av barrträdens naturvärden, har glesa barrskogsområden valts ut med hjälp av ett GIS-skikt över skogens täthet (Naturvårdsverket, 2018). Naturvärden är också knutna till äldre träd. Från ett GIS-skikt över skogens ålder har därför gjorts ett urval av skog över 120 år (SLU Skogskarta, tidigare kNN-Sverige). Barrskog från LMD som ligger inom dessa glesa och gamla skogar har sedan valts ut.

Eftersom urvalet resulterade i många mindre områden med barrträd har en täthetsanalys utförts inom en radie av 250 meter. 250 meter är ett avstånd som representerar spridning för mer spridningsbegränsade arter (för mer information se nästa avsnitt om spridning). Ytor har valts ut där tätheten har legat mellan 20% och 40% (maxvärde i analysområdet) vilket representerar den 20% tätaste procenten (Länsstyrelsen Gotlands län, 2018). Spridningen av insekterna mellan träd sker lättare inom dessa områden eftersom fler träd står närmare varandra. I områden med ett större antal träd är även kontinuiteten för insekternas livsform mer garanterad för insekternas behov om trädens olika successionsstadier tillgodoses. Flera studier har visat ett samband mellan förekomst av arter och mängden lämpliga träd inom en viss radie (Berglund m.fl. 2018).

Områdena från täthetsanalysen har lagts ihop med områdena från de nationella underlagsdata och inventeringen för att skapa hemområden för barrskog med högre naturvärden. I analysen antas att det inom åtminstone en del av de identifierade områdena finns gamla tallar, nydöda tallar och övrig död ved.

För alla individuella områden har konnektivitetsmättet *BCIIC* beräknats som visar hur viktigt området är i att länka samman det ekologiska sambandet.

Spridning

Spridningsprofil: lägst värde för barrskog, något högre värde för triviallövskog, ädellöv och buskmark, medelvärde för öppen mark med vegetation, strand, våtmark, alvarmark, högre värde för åker, vatten, vägar (mer trafikerade vägar fick något högre värde än övriga vägar), öppen mark utan vegetation, högst värde för exploaterade ytor och byggnader (se bilaga 1).

Studier har visat att skalbaggsarter i vissa barrskogsmiljöer är spridningsbegränsade. Förekomst av vissa arter, som större barkplattbagge (*Pytho kolwensis*), är också beroende av att lämpligt substrat har varit tillgängligt under lång tid. Berglund m.fl. konkluderar att det kan vara rimligt att utgå från spridning i några hundra meter och sannolikt högst någon kilometer som typiska spridningsavstånd för spridningsbegränsade arter i barrskogsmiljöer (Berglund m.fl. 2018). För dessa arter är hemområdena deras maximala spridningsavstånd.

Enligt andra studier och expertbedömningar (se avsnitt om spridning för ädellöv) kan även en del skalbaggar knutna till ved sprida sig några kilometer till några mil (Johansson 2014). Respons på landskapet sker dock allmänt inte på större avstånd än över en mil (Estreguil m.fl. 2016). Ett generellt långspridningsavstånd för spridning mellan hemområden har därför satts på 1,5 kilometer.

Resultat

Habitatnätverket för barrskog består av 157 hemområden. Det minsta området är 0,04 ha och innehåller enstaka träd. Det största området är 156 ha stort. Medelvärdet för hemområdena är 8,5 ha.

Barrskogens ekologiska nätverk är starkast öster om Visby, från detta område till sydöst om Visby och till södra hörnet av analysområdet (figur 17). Hemområden med högre konnektivitetsvärden (dvs med högst BCIC) ligger framförallt öster om Visby.

Svagare samband mellan barrskogsområden finns framförallt i områden med större arealer jordbruksmark i det sydvästra hörnet av analysområdet (svaga spridningssambandet 7, figur 17) och norr om väg 147 där hemområdena är del av mindre nätverk men är isolerade från den största delen av hela nätverket söder om väg 147 (svaga spridningssambanden 1, 2, 3, 4 och 5, figur 17).

Ekologiskt samband för barrskog

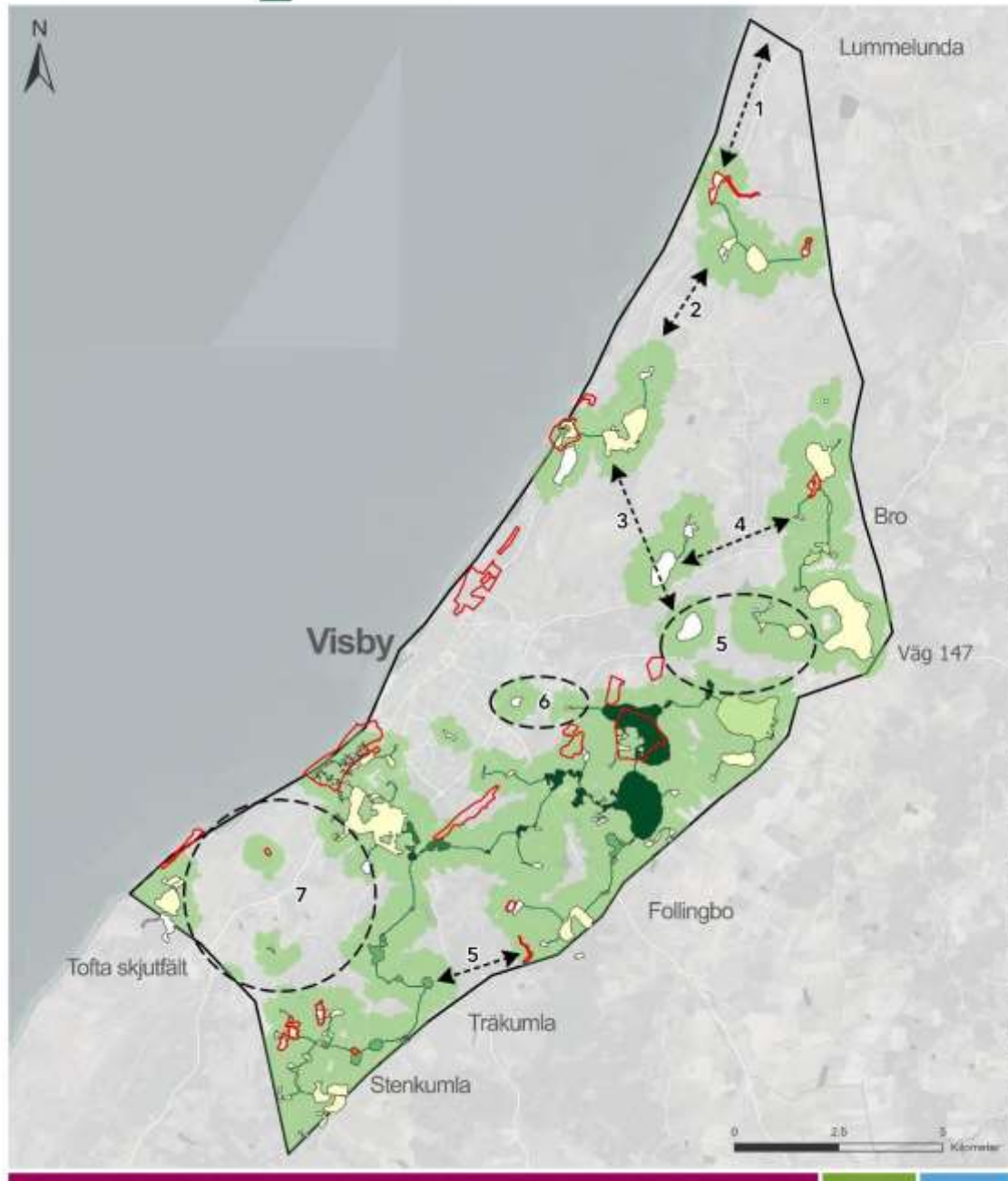


TECKENFÖRKLARING:

- Analysområde
- Naturreservat
- Natura2000
- Biotopskyddsområde

- Hemområden**
BCIIC
- - Mörkare områden är viktigare i nätverket.
 -
 -
 -

- Spridning (max 750m kostnadsviktade avstånd)
- Spridningslänk (max 1,5km kostnadsviktade avstånd)
- Svaga spridningssamband med åtgärds möjligheter



Figur 17. Ekologiskt samband för barrskog.

Åtgärder

Analysen har fokuserat på solbelysta tallar och för dessa träd är det viktigt att hålla tallskogsmiljöerna öppna och ljusa. Plockhuggning och bete i skogen är metoder för att behålla luckiga skogar. I naturskogsartade, igenväxta bestånd måste man dock först bestämma om naturvärdena knutna till beskuggning ska prioriteras för bevarande eller om tidigare mer ljusöppna miljöer ska återskapas. I vissa fall kan gran huggas ut ur slutna skogar och bestånden skötas så att gamla tallar kommer i solbelysta lägen. Äldre gran kan dock hysa värdefulla kryptogamer och gamla solitära granar eller gamla granar i bestånd bör därför värnas samt möjligheten ges till en del efterträdare, dvs yngre gran, att få bli gamla (Skogssällskapet 2018).

Av de rödlistade skogslevande arterna är drygt en fjärdedel marklevande och även kärlväxter och marksvampar gynnas av skogsbete. Marksvampar har höga krav på att marken ska ha rätt förutsättningar. En del marksvampar är till exempel beroende av de jordblottor som uppstår vid tramp från betesdjur i skogarna. En stor grupp rödlistade marksvampar är dock också beroende av en obruten kontinuitet av träd eller substrat eftersom dessa svampar är mykorrhizabildande med levande trädrötter. Marksvampar är även en viktig grupp att ta hänsyn till i kalkbarrskogar (Artdatabanken 2015; Länsstyrelsen Gotlands län 2018)

Hyggen med kvarlämnad tall med skärmställningar kan utvecklas till en lämplig livsmiljö för insekter knutna till tall. Att skapa habitat genom att utgå från hygge med frötallar är en möjlig åtgärd för att gynna arter beroende av tallved som ligger soligt. Även i öppna marker och på bebyggda marker kan med fördel solitära tallar bevaras för att öka spridningsmöjligheter genom dessa mer ögästvänliga miljöer för insekter knutna till barr.

Död ved är viktigt för många arter och olika arter nyttjar olika typer av död ved. Död ved kan finnas i form av döda grenar i ett levande träd, eller i form av döda stående eller liggande träd. Om död ved ligger i ett solbelyst läge eller i ett fuktigare och skuggigare läge och om den är nydöd eller mer nedbruten avgör vilka arter som kan nyttja veden (Länsstyrelsen Gotlands län 2018). Tillgång till en variation av olika typer av död ved skapar således en variation av livsmiljöer för olika arter. Om träd tas ner bör avverkade stammar placeras på lämpliga platser inne i bestånd, till exempel på en hållmark, eller i brynen om det passar. Prioritera att spara grova träd och spara alltid hålträd, eftersom de är viktiga för hålhäckande fåglar. Död stående ved är viktig för insekter knutna till nyligen död ved och kan skapas genom ringbarkning (Pettersson 2013). Kådrök ved skapas genom katning där man tar bort en del av barken (forkning.se 2020).

Gynna även yngre tallar, så kallade efterträdare, och ge dem plats där det är möjligt.

Eftersom stora delar av analysområdet består av barrskog finns goda spridningsmöjligheter omkring utpekade hemområden (figur 16). Svaga spridningssamband som ritats in i figur 16 ligger i delar av landskapet där det finns barrskog. Dessa barrskogar kommer inte med i analysen som skog med högre naturvärden i dagsläget men ger förutsättningar för att förstärka spridningssambandet eller utöka andelen livsmiljöer genom ovannämnda åtgärder.

8 Referenser

- Andersson, P., Koffman, A., Sjödin, N.E. & Johansson, V. (2017). *Roads may act as barriers to flying insects: species composition of bees and wasps differ on two sites of a large highway*. *Nature Conservation* 18:47-59.
- Artdatabanken (2015). *Tillstånd och trender för arter och deras livsmiljöer – rödlistade arter i Sverige 2015*. Uppsala: Artdatabanken SLU.
- Artfakta (SLU). *Alvarantennmal*. [online] Tillgänglig: <<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/nemophora-dumerilella-213900>> [2020-10-29]
- Artfakta (SLU). *Apollofjäril*. [online] Tillgänglig: <<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/parnassius-apollo-101509>> [2020-10-29]
- Artfakta (SLU). *Bredbrämad bastardsvärmare*. [online] Tillgänglig: <<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/zygaena-lonicerae-102018>> [2020-10-29]
- Artfakta (SLU). *Gulfläckig igelkottsspinnare*. [online] Tillgänglig: <<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/hyphoraia-aulica-101120>> [2020-10-29]
- Artfakta (SLU). *Sexfläckig bastardsvärmare*. [online] Tillgänglig: <<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/zygaena-filipendulae-201164>> [2020-10-29]
- Artfakta (SLU). *Skogduva*. [online] Tillgänglig: <<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/columba-oenas-100038>> [2020-10-29]
- Artfakta (SLU). *Ängsmetalvinge*. [online] Tillgänglig: <<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/adscita-statices-102366>> [2020-10-29]
- Berglund, H., Sundberg, S. & Eide, W. (2018). *Arters spridning i en grön infrastruktur – kunskapsöversikt och vägledning för analys*. ArtDatabanken Rapporterar 19. ArtDatabanken SLU, Uppsala. Borgström, P., Ahrné, K. & Johansson, N. (2018). *Pollinatörer och pollinering i Sverige – värden, förutsättningar och påverkansfaktorer*. Naturvårdsverket, rapport 6841.
- Estreguil, C., Caudullo, G., Rega, C., Paracchini, M-L. (2016). *Enhancing Connectivity, Improving Green Infrastructure*. Technical Report European Union, EUR 28142 EN; doi:10.2788/170924.
- Forskning.se. (2020). *Så kan lågproduktiva skogar gynna hotade arter*. [online] Tillgänglig: <<https://www.forskning.se/2020/02/03/sa-kan-lagproduktiva-skogar-gynna-hotade-arter/>> [2021-01-11]
- Fred, M. & Brommer, J.E. (2009). *Resources influence dispersal and population structure in an endangered butterfly*. *Insect conservation and diversity* 2:176-182. doi: 10.1111/j.1752-4598.2009.00059.x
- Hanski, I. (2004). *A practical model of metapopulation dynamics*. *Journal of Animal Ecology*, 63(1), 151-162.
- Hanski, I. & Gilpin, M.E. (1997). *Metapopulation biology. Ecology, genetics and evolution*. Academic Press, San Diego.
- Heller, N. E. & Zavaleta, E. S. (2009). *Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations*. *Biological conservation*, 142(1), 14-32.

- Johansson, S.A. (2014). *Gotlands gammalskogar ur ett landskapsperspektiv - utbredning bevarande och konnektivitet*. Examensarbete, Institutionen för biologisk grundutbildning. Visby: Uppsala Universitet. <https://oatd.org/oatd/record?record=oai%5C%3ADiVA.org%5C%3Auu-233420>
- Jonsell, M., Weslien, J. & Ehnström, B. (1997). *Rödlistade vedinsekter – var finns de?* Fakta Skog Nr 15, SLU.
- Jordbruksverket (2020). *Ängs- och betesmarker*. [online] Tillgänglig: <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/biologisk-mangfald/angs--och-betesmarker> [2020-10-29]
- Kindvall, O. (2019). *Resultat från fjärilsstudier vid Slite 2019*. Calluna AB.
- Kindvall, O. & Askling, J. (2019). *Artskyddsutredning för svartfläckig blåvinge och apollofjäril vid File hajdar*. Calluna AB.
- Kuussaari, M., Rytteri, S., Heikkinen, R. K., Heliölä, J., von Bagh, P. (2016). *Weather explains high annual variation in butterfly dispersal*. Proc. R. Soc. B 283:20160413. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0413>
- LifeElmias (2018). *Hur går det för almarna på Gotland?* [online] Tillgänglig: <https://www.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=25583b40972a426597e9e754c384ca4b> [2021-01-11]
- Lindborg, R. m.fl. (2006). *Naturbetesmarker i landskapsperspektiv – en analys av kvaliteter och värden på landskapsnivå*. CBM:s skriftserie 12. Centrum för Biologisk Mångfald, Uppsala.
- Lindroos, O. (2001). *Underlag för skogligt länsprogram Gotland. De gotländska skogarnas historik, nuläge och framtid*. SLU, examensarbete. Arbetsrapport 83.
- Linkowski, W. & Lennartsson, T. (2005). *Fragmentering och biologisk mångfald – en kunskapssammanställning*. Jordbruksverket, rapport 2005:9.
- Linkowski, W., Petterson, M.W., Cederberg, B. & Nilsson, L.A. (2004). *Nyskapande av livsmiljöer och aktiv spridning av vildbin*. Svenska vildbin projektet vid ArtDatabanken, SLU & Avdelningen för växtbiologi, Uppsala Universitet.
- Länsstyrelsen Gotlands län. (2018). *Underlag till handlingsplan för grön infrastruktur i Gotlands län, Del C*. Länsstyrelsen i Gotlands län, 2018:19.
- Länsstyrelsen Gotlands län. *Alvarmark*. [online] Tillgänglig: <https://www.lansstyrelsen.se/gotland/djur/hotade-arter/hotade-djur-och-vaxter/alvarmark.html#0> [2020-10-29]
- Mörtberg, U., Zetterberg, A. & Gontier, M. (2007). *Landskapsekologisk analys i Stockholms stad: Habitatnätverk för eklevande arter och barrskogsarter*. Miljöförvaltningen, Stockholms Stad.
- Natursidan. *Lär känna bastardsvärmarna – symboler för artrika miljöer*. [online] Tillgänglig: <https://www.natursidan.se/nyheter/lar-kanna-bastardsvarmarna-symboler-for-artrika-miljoer/> [2020-10-29]
- Naturvårdsverket (2009). *Åtgärdsprogram för gulfläckig igelkottsspinnare 2010–2014*. Naturvårdsverket, rapport 6325.
- Nilsson, M. (2007). *Stockholms unika ekmiljöer. Förekomst, bevarande och utveckling*. Ekologigruppen AB.
- Pettersson, R. B. (2013). *Åtgärdsprogram för skalbaggar på nyligen död tall, 2014–2018*.

- Naturvårdsverket, rapport 6599.
- Saura, S. & Pascual-Hortal, L. (2007). *Conefor Sensinode 2.2 User's Manual*. University of Lleida.
- Skogssällskapet. (2018). *Forskarna varnar: Det är allt för lätt att ta till granen*. [online]. Tillgänglig: <<https://www.skogssallskapet.se/kunskapsbank/artiklar/2018-05-30-forskarna-varnar-det-ar-allt-for-latt-att-ta-till-granen.html>> [2021-01-11]
- Stenlind, J. (2020). *Almpopulationens framtid på Gotland*. Länsstyrelsen i Gotlands län, rapport 2020:14.
- Trafikverket. *Artrika vägkanter*. [online] Tillgänglig: <<https://www.trafikverket.se/nara-dig/Vasterbotten/natur-och-kultur/artrika-vagkanter/>> [2020-12-17]
- Vägverket (1999). *Väggkantsfloran*. Vägverket, 1999:40
- Wikars, L.-O. (1997). *Effects of forest fire and the ecology of fire-adapted insects*. Acta Univ. Ups. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 272. 35pp. Uppsala. ISBN 91-554-3954-3.
- Wilcove, D. S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A., & Losos, E. (1998). *Quantifying threats to imperiled species in the United States*. *Bioscience*, 48(8), 607-615.
- Zetterberg, A. (2011). *Connecting the dots: Network analysis, landscape ecology, and practical application*. Doctoral thesis, Royal Institute of Technology (KTH).

Bilaga 1 – Friktionsraster

Friktionsraster alvarmark

Indata	Klass	Friktionstal
LMD	1 Alvarmark; 42 Övrig öppen mark, med vegetation	1
	2 Öppen våtmark; 4 Buskar; 41 Övrig öppen mark, utan vegetation; 43 Strand; 118 Temporärt ej skog	2
	3 Åkermark; 53 Exploaterad mark, vägar; 61 Sjö/vattendrag	5
	111 Tallskog; 112 Granskog; 113 Barrblandskog; 114 Lövblandad barrskog; 115 Triviallövskog; 116 Ädellövskog; 117 Triviallövskog med ädellövinslag	9
	52 Exploaterad mark, ej byggnader/vägar	15
	51 Exploaterad mark, byggnader	100

Trafikverket	Vanlig väg (mer trafikerade än övriga vägar i LMD)	9
---------------------	--	---

Friktionsraster gräsmark

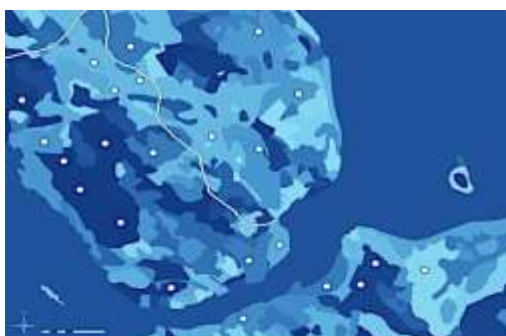
Indata	Klass	Friktionstal
LMD	1 Alvarmark; 42 Övrig öppen mark, med vegetation	1
	2 Öppen våtmark; 4 Buskar; 41 Övrig öppen mark, utan vegetation; 43 Strand; 118 Temporärt ej skog	2
	3 Åkermark; 53 Exploaterad mark, vägar; 61 Sjö/vattendrag	5
	111 Tallskog; 112 Granskog; 113 Barrblandskog; 114 Lövblandad barrskog; 115 Triviallövskog; 116 Ädellövskog; 117 Triviallövskog med ädellövinslag	9
	52 Exploaterad mark, ej byggnader/vägar	15
	51 Exploaterad mark, byggnader	100
Trafikverket	Vanlig väg (mer trafikerade än övriga vägar i LMD)	9
	Artrika vägkanter	1

Friktionsraster ädellöv

Indata	Klass	Friktionstal
LMD	115 Triviallövskog; 116 Ädellövskog; 117 Triviallövskog med ädellövinslag	1
	1 Alvarmark; 2 Öppen våtmark; 4 Buskar; 42 Övrig öppen mark, med vegetation; 111 Tallskog; 112 Granskog; 113 Barrblandskog; 114 Lövblandad barrskog; 118 Temporärt ej skog	2
	3 Åkermark; 41 Övrig öppen mark, utan vegetation; 43 Strand; 53 Exploaterad mark, vägar; 61 Sjö/vattendrag	5
	52 Exploaterad mark, ej byggnader/vägar	15
	51 Exploaterad mark, byggnader	100
Trafikverket	Vanlig väg (mer trafikerade än övriga vägar i LMD)	9

Friktionsraster barrskog

Indata	Klass	Friktionstal
LMD	111 Tallskog; 112 Granskog; 113 Barrblandskog; 114 Lövblandad barrskog	1
	4 Buskar; 115 Triviallövsog; 116 Ädellövsog; 117 Triviallövsog med ädellövinslag; 118 Temporärt ej skog	2
	1 Alvarmark; 2 Öppen våtmark; 42 Övrig öppen mark, med vegetation; 43 Strand	3
	3 Åkermark; 41 Övrig öppen mark, utan vegetation; 53 Exploaterad mark, vägar	5
	61 Sjö/vattendrag	10
	52 Exploaterad mark, ej byggnader/vägar	15
	51 Exploaterad mark, byggnader	100
Trafikverket	Vanlig väg (mer trafikerade än övriga vägar i LMD)	9



Hemsida: www.calluna.se • E-post: info@calluna.se • Telefon växel: 013-12 25 75

Huvudkontor: Calluna AB, Linköpings slott, 582 28 Linköping

