

Hur kan paleoekologiska studier hjälpa oss att bättre förstå hur de ekosystem vi anser skyddsvärda har formats och hur de bör vårdas?

Sigrid Selin

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 681
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2024

Hur kan paleoekologiska studier hjälpa oss att bättre förstå hur de ekosystem vi anser skyddsvärda har formats och hur de bör vårdas?

Kandidatarbete
Sigrid Selin

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2024

Innehåll

1	Introduktion	7
2	Bakgrund	7
2.1	Vad är paleoekologi?	7
2.2	Faktorer som har bidragit till att forma dagens ekosystem	8
2.2.1	Klimatförändringar	8
2.2.2	Människans omvandling av landskapet	8
2.2.3	Introduktion av invasiva arter	9
2.3	Skogsbränders påverkan på floran och insektsfaunan i skandinaviska skogar	9
3	Metod	9
4	Resultat	10
4.1	Information om faktorer som har bidragit till att forma dagens ekosystem baserat på paleoekologiska studier	10
4.1.1	Klimatförändringar	10
4.1.2	Människans omvandling av landskapet	10
4.1.3	Introduktion av invasiva arter	11
4.2	Information om skogsbränders påverkan på floran och insektsfaunan i skandinaviska skogar baserat på paleoekologiska studier	12
5	Diskussion	14
5.1	Tillämpning av paleoekologisk information inom bevarandebiologi för att identifiera skyddsvärdiga områden samt skydds- och skötselåtgärder som bör vidtas	14
5.2	Paleoekologiska studiers fördelar jämfört med korttidsstudier	14
5.3	Paleoekologiska studiers bidrag till kunskapen om skogsbränders påverkan på floran och insektsfaunan i skandinaviska skogar, och hur vi utifrån denna kunskap bör utforma skötseln av skyddade skogar	15
6	Slutsatser	16
7	Tack	16
8	Referenser	16

Sammanfattning

SIGRID SELIN

Selin, S., 2024: Hur kan paleoekologiska studier hjälpa oss att bättre förstå hur de ekosystem vi anser skyddsvärda har formats och hur de bör vårdas? *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 681, 20 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Inom paleoekologi studeras fossila ekosystem och hur dessa påverkats av klimat- och habitatförändringar, vilket även kan kopplas till nutida och framtida ekosystemsförändringar. Paleoekologi är en disciplin inom geologi, vilket gör att paleoekologisk kunskap inte alltid utnyttjas till sin fulla potential inom bland annat bevarandebiologi och naturvård. Detta beror främst på en bristande förståelse för paleoekologisk metodik och relevansen av paleoekologiska data. Genom en sammanfattning av 20 källor syftar denna litteraturstudie till att visa hur paleoekologiska studier kan hjälpa oss att förstå vilka områden som bör skyddas och vilka skydds- och skötselåtgärder som bör vidtas, samt paleoekologiska studiers fördelar jämfört med korttidsstudier. Dessutom fördjupar den sig i paleoekologins bidrag till vår förståelse av skogsbränders påverkan på floran och insektsfaunan i skandinaviska skogar.

Resultatet visar på att faktorer såsom klimatförändringar, människans omvandling av landskapet och introduktion av invasiva arter har bidragit till att forma dagens ekosystem, samt hur dessa faktorer kan studeras inom paleoekologi. Slutsatsen som dras är att paleoekologiska studier genom sitt långtidsperspektiv kan vara behjälpliga med att kartlägga artförflyttning och landskapsförändringar både före och efter den tidpunkt då ett landskap började utsättas för storskalig mänsklig påverkan. Dessutom kan studierna identifiera skyddsvärda områden och hur dessa potentiellt kan komma att svara på framtida klimatförändringar, så att passande skötselåtgärder kan sättas i bruk. Slutligen kan paleoekologiska studier användas för att beskriva brandregimer i skandinaviska skogar. Detta kan användas för att anpassa skötselåtgärderna för att återskapa den biodiversitet som fanns innan monokulturer planterades och människan i stor skala började förhindra skogsbränder.

Nyckelord: paleoekologi, ekosystem, bevarandebiologi, miljövård, holocen, eldregimer, Skandinavien, Europa

Handledare: Mats Rundgren

Ämnesinriktning: Paleoekologi

Sigrid Selin, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: sigrid.selin@gmail.com

Abstract

SIGRID SELIN

Selin, S., 2024: How can palaeoecological studies help us better understand how the ecosystems we consider worthy of protection were formed and how they should be cared for? *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 681, 20 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: Palaeoecology is the study of past ecosystems and how the ecosystems were affected by climate and habitat change, which in turn could be connected to present and future ecosystem change. Palaeoecology is a discipline within geology, therefore palaeoecological knowledge is not used to its full potential within studies of conservation biology and nature conservation. This is mainly due to a lack of understanding of palaeoecological methodology and relevance of palaeoecological data. Based on a summary of 20 sources, this literature study aims to demonstrate how palaeoecological studies can help to better understand which areas are in need of protection, and which protective and management measures that should be put in place, along with the advantages of palaeoecological studies compared to short-term studies. Furthermore, it focuses on how paleoecology can be used to expand the knowledge of forest fires in Scandinavia, and how forest fires affect the flora and insect fauna.

The results show that factors such as climate change, human transformation of the landscape, and the introduction of invasive species have contributed to the formation of present ecosystems, as well as how these factors can be studied within palaeoecology. The study concludes that palaeoecology through its long-term perspective can be of service to map the movement of species and change in land use both before and after large-scale human impact. Additionally, palaeoecology can identify areas worthy of protection and how these potentially will respond to future climate change, in order for appropriate management measures to be implemented. Lastly, palaeoecology can be used to describe fire regimes in Scandinavian forests. This knowledge can be used to adjust the management measures to recreate the biodiversity that existed before monocultures became widespread and humans started to prevent forest fires on a large scale.

Keywords: palaeoecology, ecosystems, conservation biology, nature conservation, Holocene, fire regimes, Scandinavia, Europe

Supervisor: Mats Rundgren

Subject: Palaeoecology

Sigrid Selin, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: sigrid.selin@gmail.com

1 Introduktion

Idag pågår det diskussioner kring hur naturen ska bevaras och främjas jämsides med den mänskliga samhällsutvecklingen. Vi kräver både yta och naturresurser för att bibehålla vår livsstil, men detta är påfrestande för naturen. Samtidigt som landskapet används av människan, bland annat genom jordbruk, skogsbruk och utvinning av naturresurser, behöver naturen nyttjas på ett sådant sätt att biodiversiteten bevaras. Enligt Siggery et al. (2023) är biodiversiteten väsentlig för att jorden ska kunna upprätthålla ett stabilt klimat och att människan ska kunna fortsätta använda de tjänster som livskraftiga ekosystem bidrar med.

Sedan förhistorisk tid har biodiversiteten successivt minskat över hela jorden och denna trend bedöms fortsätta i framtiden. Bland annat bidrar klimatförändringar, människans omvandling av landskapet och introduktion av invasiva arter till en förändring av ekosystemen (Bradshaw & Sykes, 2014).

Inom bevarandebiologi studeras faktorer som är viktiga för bevarande av ekosystem och artsammansättningar, bland annat för att förutspå arters framtida responser på klimat- och habitatförändringar. Dock råder en bristande kunskap kring hur paleoekologi kan användas inom bevarandebiologi och naturvård (Bradshaw & Sykes, 2014). Detta beror bland annat på att paleoekologi inte anses kunna bidra med relevant information för nutida bevarandefrågor, vilket bland annat synliggörs i en studie av Siggery et al. (2023). Däremot visar ett flertal studier (ex. Barnosky et al., 2017; Birks, 2012) att paleoekologins långtidsperspektiv ger en inblick i ekosystems naturliga variabilitet, anpassningsförmåga och ekologiska nischer. Paleoekologi kan också appliceras inom ett flertal biom där olika paleoekologiska data kan jämföras för att stärka trovärdigheten hos klimatmodeller (Lindbladh et al., 2013). Den breda tillämpligheten inom ämnet gör att paleoekologi kan kombineras med bevarandebiologi och naturvård för att få en bred förståelse kring ekosystemen. Bland annat kan paleoekologi användas för att rekonstruera brandregimer i terrestra miljöer (Bradshaw & Sykes, 2014).

1.1 Syfte och frågeställningar

Denna litteraturstudie syftar till att sammanfatta paleoekologiska studiers användbarhet inom bevarandebiologi och naturvård, med ett fokus på Europa. Förutom att den tar upp hur sådana studier generellt kan bidra till att identifiera skyddsvärda områden och ekosystem, hur de kan motivera varför dessa bör skyddas och hur de kan hjälpa till att avgöra hur man bör gå till väga för att upprätthålla dem, fördjupar den sig i hur vi genom paleoekologi kan förstå skogsbränders påverkan på skandinaviska skogar. Detta är högst aktuellt idag för att förstå vilka åtgärder som bör vidtas för att bevara jordens biodiversitet.

Litteraturstudien har följande frågeställningar:

- Hur kan paleoekologiska studier användas inom bevarandebiologi för att identifiera vilka områden som bör skyddas och vilka skydds- och skötselåtgärder som bör vidtas?
- Vad har paleoekologiska studier för fördelar jämfört med korttidsstudier?

- Vilken kunskap ger paleoekologiska studier om skogsbränders påverkan på florans och insektsfaunan i skandinaviska skogar, och hur bör vi utifrån denna kunskap utforma skötseln av våra skyddade skogar?

2 Bakgrund

2.1 Vad är paleoekologi?

Paleoekologi är en disciplin inom geologi som studerar fossila ekosystem och hur dessa påverkats av klimat- och habitatförändringar. Denna kunskap kan sedan appliceras på nutida ekosystem för att förutspå framtida ekosystemsförändringar (Birks, 2012). Inom paleoekologi används främst proxy-data för att tolka förhistoriska och historiska ekosystem. Sådana proxy-data kan till exempel baseras på analyser av årsringar i träd, makrofossil, fossila pollen, träkol och isotopsammansättningar, och källmaterialet för dessa analyser kan påträffas i olika avsättningsmiljöer såsom sjöar, floder, mossar och glaciärer (Barnosky et al., 2017).

Eftersom bevarandepotentialen varierar mellan arter sker det en över- och underrepresentation i det fossila arkivet. Bland annat överrepresenteras arter som lever i nära anslutning till deponeringsmiljöer och arter med svårnedbrytbara vävnadsdelar (Barnosky et al., 2017). Dessutom kan vissa källmaterial förflytta sig från sitt ursprungsområde. Exempelvis kan pollen spridas med vind över stora avstånd. Data samlad från en deponeringsmiljö måste därmed kalibreras för att ge en så verklighetstrogen bild av artsammansättningen som möjligt (Lindbladh et al., 2013).

Paleoekologi kan bland annat nyttjas för att rekonstruera trädammansättning, identifiera tidigare skogsbränder samt bestämma åldern och storleken på träd. Kunskapen brister dock beträffande kortvariga händelser såsom stormar, där proxy-data är svårtolkad (Lindbladh et al., 2013). Inom den akvatiska miljön är paleoekologi användbar som en indikator för exempelvis salthalt och variationer i pH-värde. Detta görs främst genom studier av diatoméer som har en generell riklig förekomst och hög bevarandepotential i sjösediment (Birks, 2012).

Följande begrepp är viktiga att känna till för att nyttja paleoekologisk kunskap inom bevarandebiologi: ekologisk referenspunkt, ekologisk motståndsförmåga, ekologisk tröghet och ekologiskt tröskelvärde (Floyd & Willis, 2008).

En ekologisk referenspunkt hänvisar till det "naturliga" stadiet i ett ekosystem, som till en viss grad tar hänsyn till naturlig variabilitet. Referenspunkten placeras ofta före storskalig mänsklig miljö- och habitatförändring (Willis & Birks, 2006). Ekologisk motståndsförmåga är ett ekosystems förmåga att motstå eller absorbera drastiska förändringar när det påverkas av yttre händelser, exempelvis översvämningar, men samtidigt behålla sin populationsdynamik. Ekologisk tröghet innebär att ett ekosystem har en långsam respons när det utsätts för påverkan, såsom en klimatförändring eller det lokala utdöendet av en viss art. Trögheten kan variera mellan arter och beror bland annat på artens livslängd (Floyd & Willis, 2008). Ett ekologiskt tröskelvärde är en vändpunkt där ekosystemet inte längre kan anpassa sig till små förändringar

eller fenomen utan att genomgå en storskalig förändring (Birks, 2012). Dessa ekologiska egenskaper är av relevans inom bevarandebiologi då de sätter gränserna för naturvårdspolicys och brukande av naturresurser (Floyd & Willis, 2008).

2.2 Faktorer som har bidragit till att forma dagens ekosystem

2.2.1 Klimatförändringar

Den nuvarande geologiska perioden kallas kvartär och har varat ca 2,6 miljoner år. Kvartär har karaktäriserats av kallare istider och varmare mellanistider. Enligt Bradshaw och Sykes (2014) fungerade Milanković-cykler som en drivande kraft för klimatförändringarna under kvartärtidens istidscykler. Milanković-cykler är långsamma, återkommande variationer i solinstrålning på grund av variationer i jordens rörelse och bana runt solen. Författarna skriver att ett flertal proxy-data har korrelerats med varandra för att bevisa att Milanković-cykler påverkar klimatet. Exempel på proxy-data som använts är stalagmiter, metan från iskärnor och marina borrhärdar där syreisotopssammansättningen har analyserats. I post-industriell tid har antropogena miljöförändringar haft en större påverkan än Milanković-cykler (Bradshaw & Sykes, 2014).

Under kvartärtidens istider har det funnits biologiska refugier som så kallade *rear-edge* populationer bebor. *Rear-edge* populationer är de som stannar kvar i ursprungshabitatet, medan *leading-edge* populationer migrerar. Refugierna har agerat som en tillflyktsort för arter under istiderna och mer kortvariga klimathändelser. Exempel på europeiska istidsrefugier är bergskedjorna på Iberiska halvön, på Balkanhalvön och i Italien, dit både flora och fauna tagit sin tillflykt (Willis & Birks, 2006).

Den nuvarande mellanistiden kallas holocen och började ca 11 700 kal. BP (kalenderår före nutid, där nutid är definierat som 1950 e.Kr.). Holocen kan delas in i tidig-, mellan- och sen-holocen, där tidig-holocen varade 11 700–8200 kal. BP, mellan-holocen varade 8200–4200 kal. BP och sen-holocen började 4200 kal. BP och varar än idag (Walker et al., 2012). Under tidig- och mellan-holocen tid påverkades klimatet främst av naturliga faktorer (Hannon et al., 2018), såsom förändringar i atmosfärens koldioxidhalt och förändringar i solinstrålning (Bradshaw & Sykes, 2014). Under sen-holocen började människan ha en större påverkan på klimatet, speciellt efter den industriella revolutionen (Hannon et al., 2018).

Det finns ett antal återkopplingsmekanismer som genom samverkan bidrar till att påverka klimatet, vilket i sin tur leder till ekosystemsförändringar (NASA, 2024). En återkopplingsmekanism är en sekundär process som påverkas av en primär process och antingen förstärker eller hämmar den primära processen. Om återkopplingen förstärker den initiala processen är den positiv, och om den hämmar den initiala processen är den negativ. Exempel på en positiv återkopplingsmekanism är bildning av vattenånga, alltså moln. När det sker en uppvärmning av klimatet ökar även avdunstningen, vilket leder till molnbildning. Då vattenånga är en växthusgas bidrar den till ytterligare uppvärmning av klimatet och därmed ännu mer avdunstning

(NASA, 2024).

Det finns också kortvariga klimatrelaterade händelser som påverkar ekosystemen (Nel et al., 2014). Exempel på kortvariga händelser är stormar, skogsbränder och översvämningar. Beroende på omfattningen av sådana händelser kan ekosystem antingen återhämta sig eller kollapsa. Dessutom kan lokala ekosystem påverka varandra och orsaka förändringar på en större skala. Exempelvis skyddar både strandvallar och korallrev från kusterosion och översvämningar. Utifrån de förutsättningarna som strandvallar och korallrev skapar kan ekosystem utvecklas som är anpassade efter ett specifikt mikroklimat.

2.2.2 Människans omvandling av landskapet

Idag används mer än hälften av den isfria landmassan på jorden för mänsklig verksamhet, exempelvis urbana områden, åkermark och industriområden (Barnosky et al., 2017). Antropogena miljöpåverkningar bidrar bland annat till försurning av regnvatten, spridning av sjukdomar (Birks, 2012) och en minskande biodiversitet (Barnosky et al., 2017). Mänsklig aktivitet har en betydande roll för ekosystem. Det skiljs på nya och historiska ekosystem, där nya ekosystem innefattar åkermark, betesmark och skogsplantager, medan historiska ekosystem har bibehållit minst 70% av de habitat som de innehade för 500 år sedan. Det finns även en tredje klassificering, vildmark, med nästintill ingen bebyggelse och med minst 90% av sitt ursprungliga habitat bevarat. Dock återfinns vildmark endast i en begränsad utsträckning idag.

Det paleoekologiska arkivet sträcker sig tillbaka före storskalig mänsklig omvandling av landskapet. Människans landskapspåverkan blev tydlig runt 4200–2500 kal. BP, exempelvis genom förändrade brandregimer och skogsavverkning. Denna småskaliga påverkan hjälpte till att öppna upp täta skogar och skapa ett mosaiklandskap, som i sin tur gynnade biodiversiteten (Hannon et al., 2018). Under sen-holocen, speciellt de senaste 150 åren (Birks, 2012), har dock en mer storskalig förändring och homogenisering av landskapet lett till en drastiskt minskande biodiversitet (Hannon et al., 2018).

Birks (2012) lyfter fram att de sker en naturlig variation i alla ekosystem, men att frågan kring mänsklig påverkan främst rör magnitud och frekvens av ekosystemsförändringarna. Drastiska handlingar innefattar bland annat förflyttning av arter (Willis & Birks, 2006) och plantering av skogar, vilket påverkar artsammansättningen (Barnosky et al., 2017).

Många av dagens artsammansättningar i Europa har funnits sedan 1500–1000 kal. BP till följd av mänsklig aktivitet, speciellt boskapsskötsel (Birks, 2012). Då väldigt få områden i Europa kan klassas som "naturliga" finns det mål att endast bevara *status quo* i nuvarande naturområden, istället för att identifiera en ekologisk referenspunkt innan mänsklig påverkan. Dessa landskap som påverkats av människan i historisk tid kallas kulturlandskap och karaktäriseras bland annat av betning, småskaliga skogsbränder och trädröjning. De arter som lever i kulturlandskap idag har format ett ekosystem beroende av mänsklig aktivitet; om kulturlandskap ersätts med exempelvis monokulturer riskerar därmed artdiversiteten att minska (Floyd & Willis, 2008).

Sedan människor började förändra landskapet har de bedrivit selektiva aktiviteter. Exempel på detta är att avverka skog av en viss trädart för byggnationer eller att odla på mark med en viss jordart (Lindblad et al., 2008). Även om det finns lika mycket vegetation inom ett område idag som för tusen år sedan kan vegetationstypen ha förändrats, där exempelvis ett mosaikmönster av miljöer bytts ut mot mer homogen skog och åkermark (Birks, 2012).

2.2.3 Introduktion av invasiva arter

Invasiva arter definieras som arter som introducerats till ett geografiskt område av människan, antingen medvetet eller omedvetet, och som skadar det ekosystem de introducerats till (Floyd & Willis, 2008). Introduktion av invasiva arter kan leda till ekosystemkollaps eller utrotning av inhemska arter. Beroende på hur den invasiva arten etablerar sig kan inhemska arter konkurreras ut. Exempelvis planterades *Ammophila arenaria* (sandrör) längs Nya Zeelands kuster för att motverka sanderosion, men idag konkurrerar den ut endemiska arter (Bradshaw & Sykes, 2014).

Bradshaw & Sykes (2014) lyfter fram en snarlik definition av invasiva arter, där de lägger större fokus på att en invasiv art är en främmande art som inte "neutraliserats" än i det ekosystem som den introducerats till. De skriver även att bevarandebiologer tenderar att betrakta alla introducerade arter som negativa för ekosystemet.

I modern tid används bland annat DNA-undersökningar för att identifiera invasiva arter (Floyd & Willis, 2008). Problematiken som uppstår är att den taxonomiska upplösningen kan variera mycket beroende på artens bevarandepotential. Exempelvis underrepresenteras insektspollinerande arter och däggdjur. Paleoeologer kan istället försöka bedöma effekter av invasiva arter på ekosystem genom att beräkna den lokala biodiversiteten och artrikedomen. När en invasiv art introduceras till ett ekosystem sprider den sig och tar över en viss ekologisk nisch, vilket gör att artrikedomen minskar.

Ett begrepp som är viktigt i diskussionen kring invasiva arter är så kallade arkeofyter (Willis & Birks, 2006). En arkeofyt är en art som är kulturspridd och som introducerats till ett område före modern tid. Exakt vid vilken tidpunkt som en art anses vara en arkeofyt varierar mellan områden, men i Sverige är arkeofyter arter som introducerats någon gång före den industriella revolutionen. Till skillnad från invasiva arter tar arkeofyter inte över ekosystem de introduceras till, utan inlemmar sig i ekosystemen.

2.3 Skogsbränders påverkan på floran och insektsfaunan i skandinaviska skogar

Skogsbränders frekvens och omfattning i Skandinavien har idag uppmärksammats tack vare varma och torra somrar både år 2014 och 2018 som ledde till ökad brandaktivitet (Molinari et al., 2020). Årligen brinner runt 0,004% av skogen i Sverige, men historiskt sett har denna siffra varierat beroende på bland annat naturliga brandförutsättningar och mänsklig påverkan. Det krävs tre komponenter för en eld att starta: tillgång till syre, bränsle och värmeenergi, varav de två

sistnämnda är av störst vikt när det gäller skogsbränder i modern tid.

Ett centralt begrepp gällande skogsbränder är en skogs så kallade brandregim, vilket syftar på bränders frekvens, intensitet och utbredning i ett område under en viss tid (Ohlson et al., 2011). Faktorer som påverkar brandregimer är klimatet, mänsklig aktivitet och tillgång till bränsle, alltså hur mycket och vilken typ av vegetation som finns att tillgå. Till exempel är sommarens längd och temperaturmaximum av vikt för brandregimen då bränder har en högre sannolikhet att bryta ut under torra och regnfria förhållanden (Molinari et al., 2020). Brandregimer varierar både mellan olika biom och inom samma typ av biom, beroende på lokala förutsättningar (Ohlson et al., 2011). Bland annat ökar risken för skogsbränder om det finns stor tillgång till undervegetation och torrt, dött material (Olsson & Lemdahl, 2009).

Under tidig-holocen tid orsakades skogsbränder främst av blixtnedslag. I östra Skandinavien har människan påverkat brandregimen genom småskaliga bränder sedan ca 4000–2000 kal. BP (Hannon et al., 2020) och de senaste 200 åren har människan aktivt förhindrat bränder i en sådan utsträckning att ekosystemen påverkats. Främst drabbas arter som gynnas av småskaliga, lågintensiva bränder (Olsson & Lemdahl, 2009).

I Sverige har pyrofila (brandgynnande) skalbaggar och saproxyla (vedlevande) skalbaggar använts som indikatorer på brandförekomst (Olsson & Lemdahl, 2009). Pyrofila skalbaggar, såsom *Agonum bogemanni* och *Ptilinus fuscus*, lever oftast i brända skogar och är beroende av en viss brandfrekvens i sina lokala habitat. De kan lokalisera bränder och bosätter sig bland annat under barken på eldskadade träd eller i stockar. Saproxyla skalbaggar gynnas också av småskaliga bränder då de bosätter sig i döda träd, fast träden måste inte ha dött till följd av en skogsbrand. Däremot kan förekomsten av saproxyla skalbaggar korreleras med förekomsten av träkolsrester för att härleda källmaterialet till en skogsbrand (Olsson & Lemdahl, 2009).

Träkolsrester delas ofta in i mikroskopiska och makroskopiska fraktioner. Makroskopiska träkolsrester transporteras inte långt från källområdet på grund av sin större tyngd och kan användas för att tolka brandregimen lokalt. Mikroskopiska träkolsrester förekommer oftare i källmaterial och representerar brandregimen på en regional skala då partiklarna är så pass lätta att de kan transporteras med vinden. Om träkolsmaterialet är större än 1 mm i diametern finns det ibland möjlighet att artbestämma det (Olsson et al., 2010).

3 Metod

För att genomföra litteraturstudien söktes relevanta artiklar, hemsidor och böcker upp. Främst mottogs källorna från handledaren Mats Rundgren, som bidrog med paleoekologiska artiklar från de senaste decennierna. Dessutom användes Web of Science för ytterligare källor, där engelska nyckelord såsom "palaeoecology", "conservation biology" och "ecosystem" gav resultat. För fördjupade kunskaper inom brandregimer i skandinaviska skogar användes nyckelord såsom "fire regime", "Scandinavia" och "Fennoscandia". Nationalencyklopedin var behjälplig

för att förstå fackspecifika termer. Boken *Ecosystem Dynamics: From the past to the future* (Bradshaw, R. H. W. & Sykes, M. T., 2014) bidrog med majoriteten av figurerna och gav en helhetsbild av studieämnet.

4 Resultat

4.1 Information om faktorer som har bidragit till att forma dagens ekosystem baserat på paleoekologiska studier

4.1.1 Klimatförändringar

Genom paleoekologiska studier, bland annat pollenanalys, har klimatet och utbredningen för olika trädarter under holocen rekonstruerats (Bradshaw & Sykes, 2014). Som Figur 1 visar har det i Skandinavien skett en minskning av blandskog och blandad boreal skog sedan 5000 kal. BP, vilket förmodligen beror på att *Picea abies* (gran) spred sig sent till Skandinavien från öst och bildade gran-dominerad boreal skog som konkurrerade ut andra träd. Innan 5000 kal. BP och grannens invandring anses migrationen och utbredningen av trädarter bland annat ha orsakats av de regionala förutsättningarna, såsom jordsammansättningen. Björse & Bradshaw (1997) skriver att förflyttningen av trädartsgränser i tidig- och mellan-holocen är kopplad till sommarvärme och långa växtsäsonger. Detta kan exempelvis ses i deras jämförelse av utbredningen av fossila och nutida *Corylus avellana* (hassel). Hannon et al. (2018) använder också *Corylus* som en indikator på klimatförhållanden och mänsklig påverkan. De skriver att *Corylus* minskade i förekomst i sydvästra Sverige ca 4000 kal. BP. Den ändrade vegetationen kopplas till förändrade klimatförhållanden, med ett fuktigare och instabilare kustklimat än i tidig-holocen. Författarna kopplar även detta till ökning i sjö- och grundvattennivåer i Sverige.

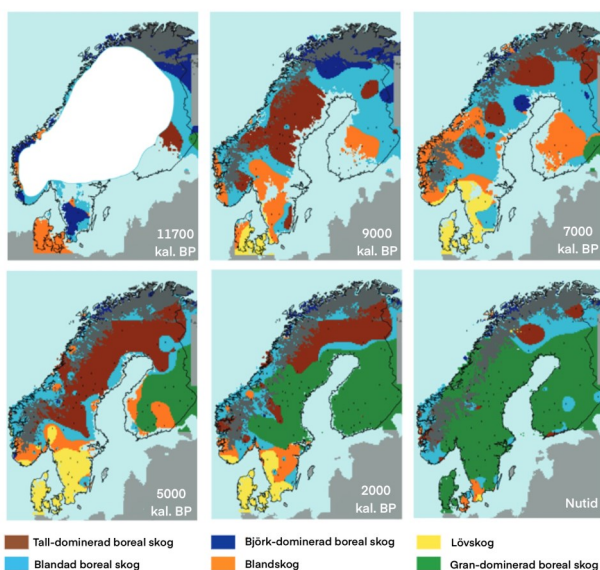


Fig. 1. Förändring av skogstyper i Skandinavien från 11 700 kal. BP till nutid. Figuren är redigerad från Bradshaw & Sykes (2014).

Björse & Bradshaw (1997) förklarar att trädsmammansättningen i Skandinavien under de senaste 2000 åren BP har genomgått en stor förändring, där artdiversiteten generellt minskat. De förklarar att *Picea* spridit sig från norr och *Fagus* (bok) från söder, både av naturliga och antropogena orsaker, och konkurrerat ut andra trädarter. Några anledningar till migrationen är klimatförändringar, naturliga migrationsprocesser och ett förändrat mönster i störningar, främst mänskligt startade bränder och betningsintensitet. Hannon et al. (2018) nämner att klimatet blev allt kallare och blötare ca 2500 kal. BP, vilket sammanfaller någorlunda med observationerna gjorda av Björse & Bradshaw (1997).

Noggrannheten för rekonstruktion av fossila ekosystem har blivit bättre under 2000-talet i och med att forskningen har ökat inom ämnet (Bradshaw & Sykes, 2014). Under 1900-talet lades större fokus på individuella arter i äldre ekosystem, där fossilen artbestämdes och studerades som en komponent i ekosystemet. I nutid har det skett ett fokusskifte, där paleoekologer identifierar biologiska nischer i ett ekosystem, oberoende av specifika arter (Barnosky et al., 2017).

Floyd & Willis (2008) skriver att ekologisk tröghet, eller långsam respons, kan orsaka en feltolkning av proxy-data. Exempelvis reagerar inte alla växtarter omedelbart på förändrade klimatförhållanden. Om klimatet blir torrare kan det ske en fördröjning i florans respons tills dess att yt- och grundvattenreservoarer inte längre kan upprätthålla deras vattenbehov.

Barnosky et al. (2017) skriver att klimatet genomgått olika stadier under holocen, men att de största klimatförändringarna skett i sen-holocen. Författarna förklarar att den uppvärmning som skedde under övergången mellan den senaste istiden och den nuvarande mellanistiden gick långsammare än den uppvärmning som sker idag på grund av mänsklig påverkan. Detta kan bland annat ses genom studier av artsammansättningen i ett område. När klimatet förändras behöver arterna migrera till ett område med likartade klimatförhållanden. Dock visar paleoekologiska studier att nutida klimatförändringar sker för snabbt för vissa arter att migrera och om de inte kan anpassa sig till de nya miljöförutsättningarna riskerar de att dö ut.

4.1.2 Människans omvandling av landskapet

När ett landskap genomgår en människoinitierad förändring är det oftast en rad olika typer av mänsklig aktivitet som samspelar med varandra (Birks, 2012). Exempelvis kan surt regn orsakat av mänskliga utsläpp, boskapsdjur som betar i ett område och sjukdomar som sprids tack vare förflyttning av arter tillsammans orsaka en ekosystemsförändring. Detta kan studeras med hjälp av paleoekologi genom att jämföra proxy-data från olika avsättningsmiljöer, exempelvis sjösediment och torvavlagringar. Birks (2012) skriver också att små lokaler från ett stort område kan användas för att rekonstruera tidigare landskap, bland annat genom att interpolera data mellan punkterna och att välja lokaler med en så jämn geografisk utspridning som möjligt. Det behövs därmed inte data från varje punkt i ett område för att skapa en övergripande modell.

Enligt Floyd & Willis (2008) har det införts flera åtgärder i Europa för att bevara och restaurera naturområden som påverkats av mänsklig aktivitet. Detta

kan se olika ut beroende på hur ekosystemen har påverkats. Många av dagens ekosystem kan vara en produkt av kulturlandskap och det krävs därmed att människan fortsätter att påverka naturen för att bevara ekosystemen. Författarna betonar att människan är en del av naturen, inte skild från den, och att det kan vara fruktlöst att försöka återskapa ”det vilda” i ett område då många ekosystem vant sig vid någon grad av mänskligt inflytande. Det är även naturligt att ekosystem anpassar sig efter förändrade klimat- och habitatförhållanden. Därmed kan en ekosystemsförändring vara kopplad till naturlig variation och inte mänsklig aktivitet (Floyd & Willis, 2008).

Barnosky et al. (2017) skriver att olika ekosystem påverkas olika mycket av mänsklig aktivitet och att ekosystem bidrar med många tjänster som gynnar människan. Exempelvis är regnskog viktig för upptagning och lagring av koldioxid och för att tillhandahålla naturresurser såsom timmer och föda. Därmed är det särskilt viktigt att bevara den rådande biodiversiteten i regnskogar för att inte rubba dessa ekosystemstjänster. Markanvändningen i ett område kan även kopplas till ekonomi (Birks, 2012). När ett land växer ekonomiskt förbrukar det fler naturresurser och tar upp mer plats för mänsklig aktivitet. Dessutom är mindre habitat mer känsliga för störningar (Lindbladh et al., 2013). I och med detta behövs en ekologisk referenspunkt och ett minimum för habitatutbredning upprätthållas för att bevara biodiversiteten. Inom lagstiftning om naturskydd är också begrepp såsom ”naturlig” och ”människoskapad” av relevans för att uppfylla vissa bevarandekriterier (Floyd & Willis, 2008).

Figur 2 tydliggör hur markanvändningen förändrats under de senaste 1000 åren i Malmöhus län. Den visar på en storskalig landskapsförändring orsakad av människan, såsom en ökning av åker och bebyggelse från 1800-talet och framåt. I figuren finns en markering för år 1850 e.Kr. då den tidpunkten i flera källor (Floyd & Willis, 2008; Birks, 2012) används som en ekologisk referenspunkt. Bland annat använder Danmark år 1850

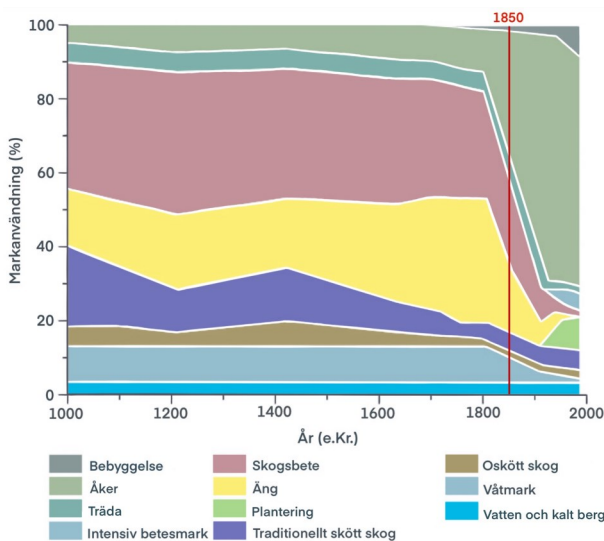


Fig. 2. Förändring i markanvändning i Malmöhus län (ca 5000 km²) mellan år 1000 och 1850 e.Kr. År 1850 e.Kr. markerar en ekologisk referenspunkt före storskalig mänsklig påverkan (Floyd & Willis, 2008; Birks, 2012). Figuren är redigerad från Bradshaw & Sykes (2014).

e.Kr. som en referenspunkt då människor inte anses ha påverkat naturen i så stor utsträckning förrän efter den industriella revolutionen (Floyd & Willis, 2008). Dock visar paleoekologiska studier av diatoméer i höglänta akvatiska miljöer (sjöar) att de har påverkats av försurning och övergödning även i förindustriell tid. Enligt Birks (2012) använder även European Union Water Framework Directive 1850 f.Kr. som referenspunkt.

En ekologisk referenspunkt kan vara svår att upprätthålla i områden såsom Europa, där de omfattande landskapsförändringarna sträcker sig långt tillbaka i tiden (Floyd & Willis, 2008). I Nordamerika sätts ofta referenspunkten vid föreuropeiska förhållanden. Dock sammanfaller denna tid med Lilla istiden (1300–1850 e.Kr.) och anses inte av vissa paleoekologer som en referenspunkt som speglar 1900-talets klimatförhållanden. Det är därmed föreslaget att flytta referenspunkten till Medeltida värmeperioden (900–1250 e.Kr.).

I Sverige och stora delar av Europa har trädsmansättningen genomgått en stor förändring i senholocen tid (Björse & Bradshaw, 1997). *Betula*-släktet (björk) har succesivt ökat på grund av skogsavverkning och övergivna odlingar, som gynnat dess snabba förflyttning och etablering (Lindbladh et al., 2008). Antalet träd har minskat då de antingen huggits ner för att ge plats åt boskapsdjur eller att ungräden blivit föda till boskapsdjuren (Björse & Bradshaw, 1997). Avverkning av *Quercus robur* (ek) för virke har ökat antalet *Fagus sylvatica* (Lindbladh et al., 2008). De senaste 200 åren har dessutom monokulturer av arterna *P. abies*, *F. sylvatica* (Björse & Bradshaw, 1997) och *Pinus sylvestris* (tall) planterats i stor utsträckning (Hannon et al., 2018).

4.1.3 Introduktion av invasiva arter

Enligt Willis & Birks (2006) har paleoekologiska studier använts för att förutsäga vilka ekosystemsförändringar som kan komma att ske när nya arter introduceras. Arter har olika stor benägenhet att ta sig till nya områden, beroende på spridningsväg (vind, vatten, djur etc.) och levnadssätt. Då människan är den största orsaken till invasion av exotiska arter brukar en ekologisk referenspunkt för ekosystem sättas innan mänsklig påverkan. Författarna lyfter dock fram att det råder oklarhet kring när människans påverkan blev av en sådan omfattning att arterna anses invasiva. Exempelvis introducerades ett stort antal växtarter till Storbritannien för mellan 4000 och 500 år sedan, och det är förslaget att dessa arter ska klassas som arkeofyter (Willis & Birks, 2006).

Willis & Birks (2006) skriver att klassificering av invasiva arter kan anses subjektivt då gränsen mellan inhemska och exotiska inte är globalt överenskommen. Arter som kategoriserats som invasiva får en lägre bevarandestatus, även om de kan vara utrotningshotade. I Europa kan en art anses inhemska om den introducerades före den neolitiska perioden (4000 f.Kr.), då människan började bedriva jordbruk (Bradshaw & Sykes, 2014).

Bradshaw & Sykes (2014) ger exempel på introducerade invasiva arter med varierande resultat. Bland annat har pollenförekomsten av trädarten *Acer pseudoplatanus* (tysklönn) i nordvästra Europa tolkats som att artens spridning påskyndats av människan. Dock påvisas det att *A. pseudoplatanus* kunde ha

migrerat utan mänsklig inblandning om den givits chansen, exempelvis genom vindtransport och förflyttning av fröer i björmpåls. Det är därmed inte självklart att *A. pseudoplatanus* är invasiv. Dessutom skriver Bradshaw & Sykes (2014) att även om *A. pseudoplatanus* anses invasiv är den idag värd åt en utrotningshotad fjärilsart, *Nothocasis sertata*.

Ett annat exempel givet av Bradshaw & Sykes (2014) är *Rhododendron ponticum*, en ljungväxtart som återintroducerades till brittiska öarna i modern tid. *R. ponticum* växte naturligt på de brittiska öarna under den senaste mellanistiden, men utrotades lokalt under den senaste istiden. Idag anses den invasiv och motarbetas aktivt (Bradshaw & Sykes, 2014).

Då introduktion av invasiva arter kan leda till ekosystemskollaps och utrotning av inhemska arter, är det viktigt att studera vilka arter som är invasiva så att de aktivt kan motarbetas (Floyd & Willis, 2008). Figur 3 visar de olika stegen som leder fram till spridningen av invasiva arter och hur dessa kan kopplas till klimatförändringar. Genom paleoekologiska studier kan invandring av arter kartläggas för att se både när de invandrade och hur de påverkar ekosystemet (Willis & Birks, 2006). Vissa ekosystem, exempelvis på isolerade öar, är mer känsliga för invasion och bör därmed skyddas så tidigt som möjligt. Från det att en art introducerats till ett område till dess att den invasiva arten tar över ekosystemet finns det ofta en tidslucka då den invasiva arten endast sprider sig i begränsad utsträckning. Sedan sätter den igång triggingsmekanismer som får ekosystemet att kollapsa. Då denna tidslucka kan variera i längd är det därmed viktigt att så snabbt som möjligt identifiera den invasiva arten och bekämpa den innan triggingsmekanismerna sätts igång. Birks (2012) varnar dock för att en feltolkning av ekosystem tillsammans med bevarandebiologiska åtgärder kan leda till att arter som felklassificerats som invasiva utrotas.

Genom paleoekologi kan även ekosystems naturliga variation studeras (Willis & Birks, 2006). Under kvartärtiden har det exempelvis varit vanligt att arter dör ut lokalt under istiderna och sedan återinvandrar under mellanistiderna. Dessutom finns det småskaliga ekosystem vars optimala levnadsmiljö inte finns längre, men ekosystemet kommer fortsätta att existera tills det att en triggingsmekanism får det att kollapsa. Detta är också en naturlig variation och introduktion av invasiva arter kan därmed ibland ses som en naturlig triggingsmekanism (Willis & Birks, 2006).

4.2 Information om skogsbränders påverkan på floran och insektsfaunan i skandinaviska skogar baserat på paleoekologiska studier

Brandregimer i Skandinavien har genomgått flera förändringar, bland annat beroende på klimatet och markanvändningen (Olsson et al., 2010). Under tidig-holocen var tillgången till bränsle god på grund av att klimatet var varmt, vilket gynnar tillväxten. I södra Sverige och Norge har även låga sjönivåer under denna tid kopplats till ett torrare klimat. Kombinationen av ett varmt och torrt klimat med stor bränsletillgång gav upphov till fler bränder. Under både tidig- och mellan-holocen startade bränder främst på grund av naturliga orsaker. Mellan 4000–2000 kal. BP blev klimatet blötare och kallare, vilket minskade brandfrekvensen. I sen-holocen tid har skogsbränder främst varit anlagda av människor och antalet skogsbränder har drastiskt minskat de senaste 200 åren (Olsson et al., 2010).

Enligt Ohlson et al. (2011) påverkar regionala klimatskillnader brandregimen. Utmed Skandinavien kuster, i den så kallade suboceaniska kustregionen, visar en brist på träkol i det paleoekologiska arkivet från 4000 kal. BP till idag att det inte har förekommit

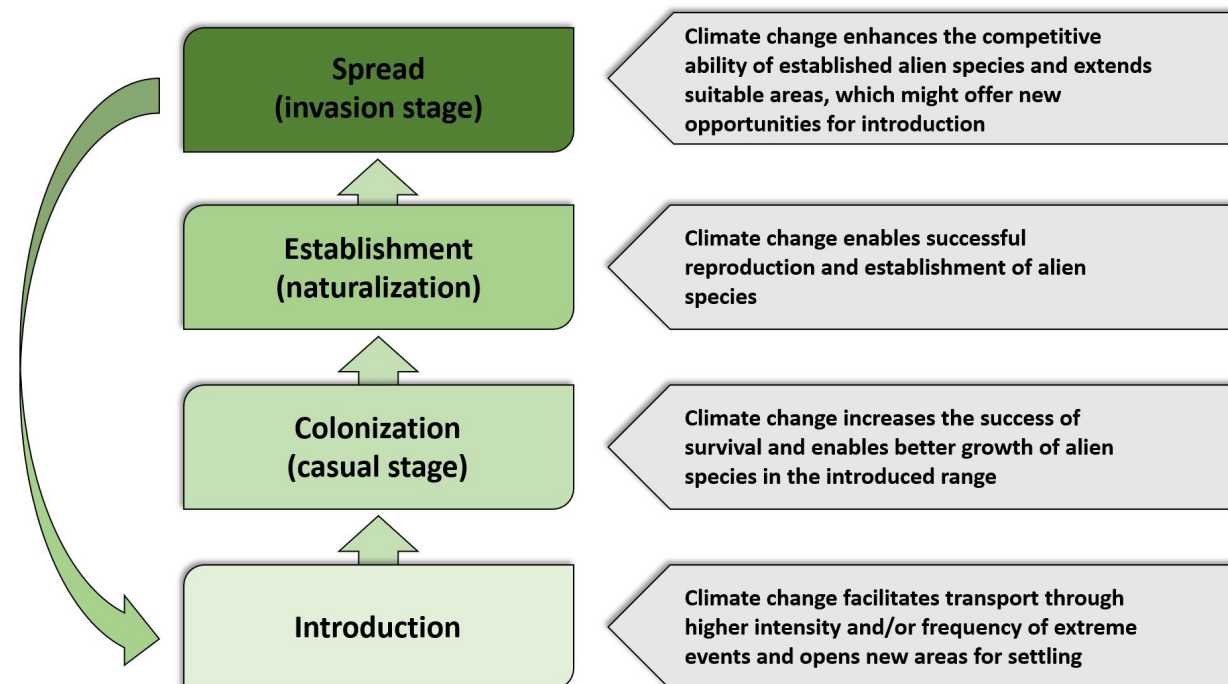


Fig. 3. Klimatförändringars påverkan på de olika stegen som leder fram till spridning av invasiva arter. Figuren är redigerad från Walther et al (2009).

Tabell 1. Klassificering av eldkänslighet hos 15 vanliga träd/buskar i skandinaviska skogar. Hämtad från Molinari et al. (2020).

Klassificering av eldkänslighet	Eldintoleranta träd/buskar (FI)	Eldbenägna träd/buskar (FP)	Eldtoleranta träd/buskar (FT)
Kriterier	Inte anpassad för låg- till medelintensiva bränder. Minskar i biomassa eller dör ut lokalt efter en brand.	Anpassad för/gynnas av låg- till medelintensiva bränder.	Motståndskraftig mot låg- till medelintensiva bränder p.g.a. en specifik funktionell egenskap eller snabb återhämtning efter en brand.
Taxa	<i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Ulmus</i> sp.	<i>Betula</i> , Ericaceae (främst <i>Calluna</i>), <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Populus tremula</i>	<i>Alnus</i> sp., <i>Carpinus betulus</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Quercus</i> sp., <i>Salix</i> sp.

lika många bränder längs kusten som det gör inåt landet, detta är på grund av bland annat mildare somrar och ett fuktigare klimat. Dock förklarar författarna att brandregimen varierar lokalt och är utöver närheten till kusten beroende av bränsletillgång och altitud.

Willis & Birks (2006) förklarar att paleoekologi är viktigt för att få en uppfattning om brandregimer under hundratals till tusentals år. Författarna förklarar att ett kort tidsperspektiv för brandfrekvensen, exempelvis omfattande några decennier, kan vara missvisande då nutida brandregimer påverkas av mänskligt handlande. För att få en helhetsbild av ett områdes brandregim behövs en längre tidsskala. Dock tillkommer problem med att datera bränder långt tillbaka i tiden (Lindblad et al., 2013). Upplösningen blir sämre ju längre tillbaka vi undersöker, och exempelvis brända träd bevaras inte längre än 500 år. Det kan även bli svårt att skilja träkolsrester från olika bränder. Om träkolsresterna i en lagerföljd ligger nära varandra riskerar flera individuella bränder att tolkas som en och samma brand. Slutligen bevaras även mindre mängd material från lågintensitetsbränder och dessa riskerar därmed att underrepresenteras.

I Skandinavien finns både pyrofila skalbaggar och saproxyla skalbaggar som antingen är beroende av eller gynnas av småskaliga bränder (Willis & Birks, 2006). Det är viktigt att betona att dessa skalbaggar endast kräver småskaliga bränder för att gynnas, och inte att ett helt skogsområde brinner ner. I södra Sverige har pyrofila skalbaggar funnits i minst 3000 år (Lindblad et al., 2013). Insekterna har hittats tillsammans med mikroträkolsrester, vilket visar på att skogsbränder är relevanta för deras överlevnad. Pyrofila skalbaggar och saproxyla skalbaggar gynnas båda av ett mosaiklandskap, där regelbundna småskaliga bränder hjälper till att öppna den täta skogen och bilda mikrohabitat som skalbaggar trivs i (Willis & Birks, 2006). Nuförtiden är dock vissa arter av pyrofila skalbaggar och saproxyla skalbaggar utrotningshotade i Skandinavien på grund av att deras habitat krympt. Insektsdiversiteten bland saproxyla skalbaggar var som störst under mellan-holocen, då träd såsom *Q. robur*, *C. avellana*, *Tilia cordata* (lind) och *Ulmus*-släktet (alm) var vanligare i södra Skandinavien

(Hannon et al., 2018). Dessa trädsorter tillför en bred substratdiversitet som gynnar insektslivet.

Molinari et al. (2020) skriver att de 15 vanligaste träden och buskarna i Skandinavien kan delas in i tre kategorier utifrån hur väl anpassade de är till skogsbränder: eldintoleranta (FI, *fire-intolerant*), eldbenägna (FP, *fire-prone*) och eldtoleranta (FT, *fire-tolerant*) (Tabell 1). Exempel på egenskaper som bedöms för klassificeringen är hur lätt arten antänder och hur väl arten återhämtar sig efter en brand. När det sker en förändring i eldregimen för detta också med sig en förändring i floran (Molinari et al., 2020). När floran förändras så återkopplas detta till brandregimen. Det är därmed svårt att bedöma om det är den rådande brandregimen eller växtsammansättningen som orsakar bränder.

Under holocen var träd och buskar klassade som FP och FT vanligare under perioder med en högre brandfrekvens (Molinari et al., 2020). Tvärt emot gynnas FI av en lägre brandfrekvens då dessa taxa inte är lika anpassade till bränder. Arter som exempelvis har tjockare bark och ett djupare rotsystem har en högre chans att överleva en skogsbrand. Dessutom etablerar sig arter olika snabbt i ett nyligen bränt område, samt arter såsom *Populus tremula* (asp) kan få nya skott från brända trärester.

I postindustriell tid har det planterats mycket granskog i Skandinavien (Floyd & Willis, 2008). Brandregimen hos granskog skiljer sig från den hos blandbarrskog då granskog inte brinner lika ofta. Att brandregimen är av låg frekvens beror bland annat på att granskog kännetecknas av kallare och blötare förhållanden än annan typ av skog (Ohlson et al., 2011). På grund av granskogens täta grenverk är det också mycket mörkare på marken under sommaren, vilket reducerar risken för brand. Dock, som visat av Tabell 1, är gran inte anpassad till bränder, så om en granskog väl antänder riskerar branden att bli både stor och intensiv (Olsson et al., 2010). Ohlson et al. (2011) studerade hur invasion av *P. abies* kan kopplas till brandregimer i europeiska boreala skogar. De kom fram till att antalet träkolsrester minskade på de flesta lokalerna i samband med invandring av *P. abies*, vilket visar att *P. abies* reducerar risken för brand.

5 Diskussion

5.1 Tillämpning av paleoekologisk information inom bevarandebiologi för att identifiera skyddsvärda områden samt skydds- och skötselåtgärder som bör vidtas

Som beskrivits i bakgrunden och resultatet har klimatförändringar, mänsklig aktivitet och introduktion av invasiva arter bidragit till att forma dagens ekosystem. Med hjälp av paleoekologisk metodik kan dessa tre faktorer studeras och informationen kan appliceras inom bevarandebiologi och naturvård. Paleoekologi är av relevans för att ge ytterligare underlag om vilka områden som är av skyddsvärde och vilka skydds- och skötselåtgärder som bör vidtas.

Hannon et al. (2018) skriver att människan i modern tid har större påverkan på ekosystemen än naturliga klimatförändringar. Dock finns det fortfarande klimatrelaterade mekanismer som är bortom människans kontroll, såsom Milanković-cykler (Bradshaw & Sykes 2014). Dessutom är jordens klimatsystem komplicerat med många återkopplingsmekanismer som även involverar ekosystemen (NASA, 2024). Dessa mekanismer är relevanta inom bevarandebiologi då de bland annat påverkar nederbörden och temperaturen i ett område, vilket i sin tur har en inverkan på ekosystemen. Genom paleoekologiska studier kan kort- och långtidsmekanismer kartläggas för att både identifiera hur tidigare ekosystem svarade på återkopplingsmekanismer och se hur nutida ekosystem kan komma att svara på förändringar.

Dessutom kan paleoekologi används för att se vilka ekosystem som är extra känsliga för en triggningsmekanism, såsom introduktion av invasiva arter (Willis & Birks, 2006). Vissa ekosystem är redan på gränsen till en förändring och väntar bara på en triggningsmekanism. Detta behöver inte ses som negativt då förändring av ekosystem kan ingå i en storskalig naturlig variation, och därmed kan det ibland inte vara "lönt" att skydda ett visst ekosystem som ändå är på väg att förändras (Floyd & Willis, 2008). Naturliga variationer kan vara svåridentifierbara inom bevarandebiologi på grund av det kortvariga tidsperspektivet och ett stort fokus på antropogena påverkansfaktorer, men i kombination med paleoekologi kan man få en övergripande bild av situationen. Dessutom kan ett områdes ekologiska tröskelvärde fastställas för att kartlägga vilka ekosystem som är på gränsen att kollapsa och om åtgärder bör sättas in för att förhindra detta.

Paleoekologi kan även bidra till att identifiera skyddsvärda områden. Bland annat kan paleoekologi användas för att kartlägga refugier dit flora och fauna tar sin tillflykt (Willis & Birks, 2006). Refugier är viktiga för bevarande av *rear-edge* populationer, som är väsentliga för att en art inte ska utrotas under klimatiska händelser. Dessa refugier kan komma att spela en viktig roll för diverse arter när klimatet förändras. Dessutom kan paleoekologi användas för att skydda ekosystem mot invasion av arter. Genom att studera ekosystemsförändringar under en längre tidsskala kan man identifiera vilka ekosystem som är känsliga för invasion och som därmed behöver skyddas. Dessutom

kan potentiella spridningsvägar kartläggas för att se vilka ekosystem som i framtiden ligger i riskzonen för en invasion.

Skötselåtgärder för ett område måste anpassas till vad syftet med åtgärderna är, samt vilken typ av flora och fauna som lever där. Om exempelvis floran förändras måste antingen skötselåtgärderna fortsätta som tidigare eller anpassas efter den nya floran. Figur 1 visar hur utbredningen och spridningen av trädarter i Skandinavien har förändrats under tusentals år. Figuren visar hur *P. abies* har migrerat in och etablerat sig (Björse & Bradshaw, 1997). Som författarna skriver har *P. abies* även planterats av människan i stor utsträckning under de senaste 200 åren. I och med att granskog både migrerade in och planterades förändrades även ekosystemen då olika arter gynnas eller missgynnas av närvaron av *P. abies*.

Enligt författare som Lindblad et al. (2008) och Hannon et al. (2018) har mänsklig aktivitet såsom plantering av monokulturer bidragit till både en minskande biodiversitet och missgynnande av arter som kräver en viss ekologisk nisch för att överleva. Därmed blir det en viktig frågeställning inom bevarandebiologi och naturvård om *status quo* bör upprätthållas eller om skötselåtgärderna bör anpassas för att gynna ekosystem som fanns före introduktionen av exempelvis granskog. Med hjälp av paleoekologiska studier kan vi bestämma hur gamla våra nuvarande ekosystem är och exempelvis jämföra bland annat biodiversiteten då och nu för att utforma anpassade skötselåtgärder. Denna information kan sedan användas för att upprätta policies runt hantering av känsliga ekosystem samt för att återskapa tidigare ekosystem med en högre biodiversitet.

En negativ aspekt gällande paleoekologiska studier är att det sker en över- och underrepresentation i det geologiska arkivet (Barnosky et al., 2017). Som nämnt tidigare kan detta medföra en osäkerhet i rekonstruktion av tidigare ekosystem då alla arter kanske inte är lika väl representerade. I sin tur kan detta leda till en feltolkning av ekosystemets funktioner som påverkar hur vi hanterar nutida frågor inom bevarandebiologi. Även händelser kan underrepresenteras, såsom stormar, vilket kan bidra till en feltolkning av vilka faktorer som påverkar ekosystem (Lindblad et al., 2013). Dock skriver Bradshaw & Sykes (2014) att noggrannheten gällande rekonstruering av ekosystem har ökat under 2000-talet. Detta visar på att ökad paleoekologisk kunskap kan bidra till färre feltolkningar och en tydligare bild av ekosystemfunktioner. Barnosky et al. (2017) skriver också om det fokusskifte som skett inom paleoekologi, där större fokus läggs på att identifiera ekologiska nischer och inte individuella arter. Sådan kunskap kan göra det lättare att förstå sig på ekosystem i sin helhet, vilket är användbart för att snabbt identifiera vilka funktioner i ekosystem som är känsliga för störningar och att implementera nya policies för att skydda de känsliga funktionerna.

5.2 Paleoekologiska studiers fördelar jämfört med korttidsstudier

Som studien av Siggery et al. (2023) förklarar brister det i kunskap bland naturvårdare i Storbritannien om hur paleoekologi är relevant för nutida ekosystemsfrågor. Då paleoekologi främst fokuserar på studier av

dåtida ekosystemförhållanden finns det en osäkerhet gällande ämnets relevans för naturvård idag. Dock framlyfter författarna att det långtidsperspektiv som paleoekologi bidrar med kan hjälpa oss att bättre förstå de ekosystemsförändringar som sker idag och som kan komma att ske i framtiden.

En viktig aspekt som paleoekologi belyser är hur tidigare ekosystem svarat på miljöförändringar. Som nämnts tidigare skriver Floyd och Willis (2008) att ekologisk tröghet spelar en viktig roll för miljöförändringar. Eftersom många ekosystem inte svarar momentant på klimatförändringar kan det ske ekosystemsförändringar idag som relaterar till förändringar som skedde för hundratals år sedan. På samma sätt kan nutidens klimatförändringar trigga igång en ekosystemsförändring i framtiden. Därmed är det viktigt att blicka tillbaka och ta lärdom av tidigare ekosystem- och klimatförhållanden för att så snabbt som möjligt identifiera skyddsvärda områden som kan komma att skadas av nutida miljöförändringar. Dessutom kan ekologisk motståndsförmåga i ett område kartläggas för att förutspå hur ekosystemet kan komma att svara på händelser. De ekosystemen med en låg motståndsförmåga bör skyddas extra eftersom de är mer känsliga för händelser, medan de med en hög motståndsförmåga inte behöver prioriteras lika högt i denna aspekt.

En annan viktig fråga är att skilja på kulturlandskap och ekosystem som inte, eller bara i begränsad omfattning, har påverkats av mänsklig aktivitet, till exempel vildmark (Floyd & Willis, 2008). Då kulturlandskap och vildmark är i behov av olika skötselåtgärder är det viktigt att kartlägga deras utbredning. Många terrestra områden, speciellt i Europa, har påverkats av mänsklig aktivitet i flera tusen år och ekosystemen har därmed anpassat sig efter människan. Dessutom gynnades biodiversiteten av mosaiklandskapen som fanns för hundratals till tusentals år sedan, innan monokulturer blev vanligare (Hannon et al., 2018). Därmed är det kulturlandskapen som fanns före den industriella revolutionen som vi bör återskapa och bevara. För att kunna identifiera vilka områden som är i behov av småskalig mänsklig påverkan för att bevara sin biodiversitet måste vi därmed blicka längre tillbaka i tiden än några decennier.

Figur 2 lyfter fram hur flera källor (Floyd & Willis, 2008; Birks, 2012) skriver om hur år 1850 e.Kr. används som en ekologisk referenspunkt i Europa. Dock visar figuren hur man genom paleoekologiska studier kan se att landskapet påverkades av mänsklig aktivitet även före 1850 e.Kr. Denna information är av relevans inom bevarandebiologi och naturvård då en ekologisk referenspunkt är menad att fungera som en ”nollpunkt” för ekosystem, alltså innan ekosystemen storskaligt påverkades av människan. Paleoekologi kan i denna aspekt användas för att med ett längre tidsperspektiv identifiera en mer relevant referenspunkt. Dessutom nämner Floyd & Willis (2008) att en ekologisk referenspunkt i Nordamerika ofta placeras under Lilla istiden, en period som inte är representativ för 1900-talet klimatförhållanden. Här kan även paleoekologiska studier av klimatförändringar under holocen vara behjälplig till att hitta en referenspunkt som är relevant för just ett visst områdes förhållanden och syfte med skyddsåtgärderna.

Som nämnts innan kan paleoekologi även vara

behjälpligt för att identifiera invasiva arter. Som Birks (2012) förklarar är det inte alltid självklart om en art är invasiv i ett område eller inte, och om en art klassificeras inkorrekt kan det drabba den väldigt hårt. Som visat av Figur 3 finns det olika stadier som en art genomgår när den introduceras till ett nytt område; dessa kopplas även i figuren till klimatförändringar, vilket är högaktuellt idag. Genom att titta längre tillbaka i det paleoekologiska arkivet kan vi med en högre säkerhet kartlägga introduktionen av arter och bland annat skilja på invasiva arter och arkeofyter (Willis & Birks, 2006). Dessutom kan åtgärder för att skydda ett naturområde bättre anpassas efter de specifika artinteraktionerna just i det området. Exempelvis kan *A. pseudoplatanus* klassas som invasiv i Nordeuropa, men då *A. pseudoplatanus* är hem åt en utrotningshotad fjärilsart måste skötselåtgärderna anpassas utefter detta (Bradshaw & Sykes 2014).

Även om paleoekologiska studier visar på många fördelar med ett långtidsperspektiv, är det viktigt att poängtera att tidsupplösningen och osäkerheten gällande data kan bli sämre ju längre tillbaka vi tittar (Lindbladh et al., 2013). Dessutom måste data från olika källor korreleras med varandra för att bilda en sammanhängande tidslinje (Brawshaw & Sykes, 2014). Olika källmaterial har också olika bevarandepotential (Olsson & Lemdahl, 2009) och därmed kan vi inom paleoekologi inte upprätthålla en lång tidslinje som innehåller all väsentlig information om ekosystem. Dock kan paleoekologi fortfarande bidra med viktiga pusselbitar för att vi bättre ska förstå oss på ekosystemsvariationer. Dessutom kan kunskap inom paleoekologi kombineras med andra ämnen, såsom bevarandebiologi och naturvård, för att skapa en helhetsbild som hjälper till att svara på relevanta frågeställningar.

5.3 Paleoekologiska studiers bidrag till kunskapen om skogsbränders påverkan på floran och insektsfaunan i skandinaviska skogar, och hur vi utifrån denna kunskap bör utforma skötseln av skyddade skogar

Som nämnts av Willis & Birks (2006) kan vi genom paleoekologi få en bild av brandregimen i Skandinavien över hundratals till tusentals år. En positiv aspekt med en lång tidskala är att vi kan förstå brandregimen bortom mänsklig aktivitet. Detta kan vara viktigt både för att förstå hur människor påverkat brandregimen, men också för att identifiera en referenspunkt som speglar den naturliga brandfrekvensen. Dessutom kan brandregimen i ett område kopplas till klimatvariationer (Ohlson et al., 2011). Som författarna skriver finns det stora lokala och regionala variationer i brandregimen, men även övergripande klimatmönster såsom närheten till kusten och altitud kan påverka. Olsson et al. (2010) skriver att en god bränsletillgång och torrt klimat ger en ökad brandfrekvens. Därmed bör vi se en ökad brandfrekvens idag i de områden som utsätts för torka på grund av klimatförändringarna. Dock är mänsklig aktivitet och klimatet sammankopplade, och som nämnts av författarna har vi människor en större påverkan på brandregimen idag än klimatet.

Eftersom människor under de senaste 200 åren

aktivt förhindrat skogsbränder i Skandinavien (Olsson & Lemdahl, 2009) har detta både bidragit till spridningen av eldintoleranta arter och att det finns mycket bränsle att tillgå (Molinari et al., 2020). Ett exempel är granskog, som planterats i stor utsträckning av människor de senaste århundradena (Ohlson et al., 2011). Eftersom granskog naturligt är fuktig och inte särskilt genomsläpplig för solljus, antänder den inte lika lätt som exempelvis lövskog. Däremot finns det en risk med att plantera en homogen granskog, nämligen att om klimatet blir varmare och torrare kan granskog riskera att antända mycket lättare. Eftersom *P. abies* klassas som eldintolerant (Molinari et al., 2020) är arten inte anpassad till bränder och agerar istället tillsammans med undervegetationen som bränsle för en brand som riskerar att bli väldigt omfattande.

Hannon et al. (2018) skriver att insektsdiversiteten var som störst under mellan-holocen, då mosaiklandskap bestående av olika vegetationstyper bidrog till en stor substratdiversitet. Det har även nämnts av Willis & Birks (2006) att pyrofila skalbaggar och saproxyla skalbaggar gynnas av lågintensitetsbränder som öppnar upp landskapet. Dock är lågintensitetsbränder svårare att identifiera med paleoekologiska undersökningar då inte lika mycket källmaterial bevaras (Lindbladh et al., 2013). Detta kan göra det svårt att bedöma vilka brandrelaterade skötselåtgärder som bör appliceras i ett område då brandregimen för lågintensitetsbränder är svårare att tolka. Dock, som Hannon et al. (2018) nämnt, är insektsdiversiteten kopplad till florans diversitet. Därmed, om syftet med skötselåtgärderna är att öka insektsdiversiteten, kan en lösning vara att plantera fler trädarter såsom *Q. robur*, *C. avellana* och *T. cordata*, alltså trädarter som var vanligare under mellan-holocen.

De tre ovannämnda trädarternas eldkänslighet kategoriserar olika enligt Molinari et al. (2020), där *Q. robur* och *C. avellana* kategoriseras som eldtoleranta, medan *T. cordata* kategoriseras som eldintolerant. Detta kan visa på att biodiversiteten gynnas av en blandning av arter med olika eldkänslighet då arter som lätt antänder kan bidra med träkolsrester som jorden och insekterna utnyttjar, medan arter som inte antänder lika lätt kan hjälpa till att begränsa bränder så att de inte sprider sig utom kontroll. I och med detta kan skötselåtgärder för skogsområden i Skandinavien både innefatta att öppna upp landskapet med hjälp av småskaliga bränder och att plantera diverse trädarter som gynnar biodiversiteten.

6 Slutsatser

Sammanfattningsvis kan paleoekologiska studier både bidra inom bevarandebiologi och naturvård till att identifiera skyddsvärda områden och att motivera passande skyddsåtgärder. Dessutom kan paleoekologiska studier användas för att kartlägga brandhistoriken i skandinaviska skogar och hur olika brandregimer påverkar florans och insektsfaunan. Detta innefattar bland annat att identifiera arter som gynnas eller missgynnas av bränder och hur deras artutbredning påverkar biodiversiteten. Denna kunskap kan sedan tillämpas inom bevarandebiologi och naturvård för att skapa skötselåtgärder som är anpassade till en viss brandregim.

Genom paleoekologins långa tidsperspektiv kan vi bilda oss en uppfattning om faktorer som påverkar

ekosystemen, vilket bland annat innefattar introduktion av invasiva arter, mänsklig påverkan och klimatförändringar. Paleoekologiska studier kan även vara behjälpliga med att identifiera en passande ekologisk referenspunkt, samt att kartlägga ekologisk motståndsförmåga, ekologisk tröghet och ekologiskt tröskelvärde. Därtill kan studierna undersöka landskapsanvändningen och artsammansättningen i ett område under en längre tidsskala för att anpassa skötselåtgärderna utefter detta. Slutligen bör paleoekologins användbarhet för att besvara relevanta frågeställningar uppmärksammas mer för att paleoekologiska studier så effektivt som möjligt ska kunna tillämpas inom bevarandebiologi och naturvård.

7 Tack

Jag vill tacka min handledare Mats Rundgren för hans fullkomliga engagemang och bistånd med kunskap för att sätta in mig i ämnet, samt hans positiva attityd som skapat en trevlig arbetsmiljö.

8 Referenser

- Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Gonzalez, P., Head, J., Polly, P. D., Lawing, A. M., Eronen, J. T., Ackerly, D. D., Alex, K., Biber, E., Blois, J., Brashares, J., Ceballos, G., Davis, E., Dietl, G. P., Dirzo, R., Doremus, H., Fortelius, M., Greene, H. W., . . . Zhang, Z. B. (2017). Merging paleobiology with conservation biology to guide the future of terrestrial ecosystems. *Science*, 355(6325), Artikel eaah4787. <https://doi.org/10.1126/science.aah4787>
- Birks, H. J. B. (2012). Ecological palaeoecology and conservation biology: controversies, challenges, and compromises. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 8(4), 292–304. <https://doi.org/10.1080/21513732.2012.701667>
- Birks, K. J. W. a. H. J. B. (2006). What Is Natural? The Need for a Long-Term Perspective in Biodiversity Conservation. *Science*, 314(5803). <https://doi.org/10.1126/science.1122667>
- Björse, G., & Bradshaw, R. (1998). 2000 years of forest dynamics in southern Sweden: suggestions for forest management. *Forest Ecology and Management*, 104(1–3), 15–26. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(97\)00162-x](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(97)00162-x)
- Floyd, C.A. & Willis, K.J. (2008). Emerging issues in biodiversity & conservation management: The need for a palaeoecological perspective. *Quaternary Science Reviews*, 27 (17-18), 1723–1732. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.006>
- Hannon, G. E., Halsall, K., Molinari, C., Boyle, J., & Bradshaw, R. H. W. (2018). The reconstruction of past forest dynamics over the last 13,500 years in SW Sweden. *Holocene*, 28(11), 1791–1800. <https://doi.org/10.1177/0959683618788669>

- Hannon, G. E., Halsall, K., Molinari, C., Stoll, E., Liley, D., & Bradshaw, R. H. W. (2021). Vegetation dynamics and Fire History in Färnebofjärden National Park, Central Sweden. *Holocene*, 31(1), 28–37. <https://doi.org/10.1177/0959683620961513>
- Lindbladh, M., Fraver, S., Edvardsson, J., & Felton, A. (2013). Past forest composition, structures and processes - How paleoecology can contribute to forest conservation. *Biological Conservation*, 168, 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.09.021>
- Lindbladh, M., Niklasson, M., Karlsson, M., Björkman, L., & Churski, M. (2008). Close anthropogenic control of *Fagus sylvatica* establishment and expansion in a Swedish protected landscape -: implications for forest history and conservation. *Journal of Biogeography*, 35(4), 682–697. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01813.x>
- Molinari, C., Carcaillet, C., Bradshaw, R. H. W., Hannon, G. E., & Lehsten, V. (2020). Fire-vegetation interactions during the last 11,000 years in boreal and cold temperate forests of Fennoscandia. *Quaternary Science Reviews*, 241, Artikel 106408. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106408>
- NASA (2024, 30 januari). *The Study of Earth as an Integrated System*. Hämtad den 1 maj 2024 från https://climate.nasa.gov/nasa_science/science/
- Nel, J. L., Le Maitre, D. C., Nel, D. C., Reyers, B., Archibald, S., van Wilgen, B. W., Forsyth, G. G., Theron, A. K., O'Farrell, P. J., Kahinda, J. M. M., Engelbrecht, F. A., Kapangaziwiri, E., van Niekerk, L., & Barwell, L. (2014). Natural Hazards in a Changing World: A Case for Ecosystem-Based Management. *Plos One*, 9(5), Article e95942. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095942>
- Ohlson, M., Brown, K. J., Birks, H. J. B., Grytnes, J. A., Hörnberg, G., Niklasson, M., Seppä, H., & Bradshaw, R. H. W. (2011). Invasion of Norway spruce diversifies the fire regime in boreal European forests. *Journal of Ecology*, 99(2), 395–403. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01780.x>
- Olsson, F., Gaillard, M. J., Lemdahl, G., Greisman, A., Lanos, P., Marguerie, D., Marcoux, N., Skoglund, P., & Wäglind, J. (2010). A continuous record of fire covering the last 10,500 calendar years from southern Sweden - The role of climate and human activities. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 291(1–2), 128–141. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.07.013>
- Olsson, F. & Lemdahl, G. (2009). A continuous Holocene beetle record from the site Stavsåkra, southern Sweden: implications for the last 10 600 years of forest and land use history. *Journal of Quaternary Science*, 24(6), 612–626. <https://doi.org/10.1002/jqs.1242>
- Richard H. W. Bradshaw, M. T. Sykes (2014). *Ecosystem Dynamics: From the Past to the Future* (Vol. 1). Wiley & Sons, Ltd.
- Siggery, B., Bennion, H., Morse, S., Murphy, R., & Waite, M. (2023). Practitioner perspectives on the application of palaeoecology in nature conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, Artikel 1304510. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1304510>
- Walker, M. J. C., Gibbard, P. L., Berkelhammer, M., Björck, S., Cwynar, L. C., Fisher, D. A., Long, A. J., Lowe, J. J., Newnham, R. M., Rasmussen, S. O., & Weiss, H. (2013, 01–07 juli). Formal Subdivision of the Holocene Series/ Epoch. *Springer Geology* [Strati 2013]. 1st International Congress on Stratigraphy (STRATI), Lisbon, Portugal.
- Walther, G. R., Roques, A., Hulme, P. E., Sykes, M. T., Pysek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta-Dukát, Z., Bugmann, H., Czúcz, B., Dauber, J., Hickler, T., Jarosík, V., Kenis, M., Klotz, S., Minchin, D., Moora, M., Nentwig, W., . . . Settele, J. (2009). Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(12), 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.008>
- Willis, C. A. F. a. K. J. (2008). Emerging issues in biodiversity & conservation management: The need for a palaeoecological perspective. *Quaternary Science Reviews*, 27(17–18), 1723–1732. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.006>

**Tidigare skrifter i serien
”Examensarbeten i Geologi vid Lunds
universitet”:**

625. Sartell, Anna, 2021: The igneous complex of Ekmanfjorden, Svalbard: an integrated field, petrological and geochemical study. (45 hp)
626. Juliusson, Oscar, 2021: Implications of ice-bedrock dynamics at Ullstorp, Scania, southern Sweden. (45 hp)
627. Eng, Simon, 2021: Rödslam i svenska kraftdammar - Problematik och potentiella lösningar. (15 hp)
628. Kervall, Hanna, 2021: Feasibility of Enhanced Geothermal Systems in the Precambrian crystalline basement in SW Scania, Sweden. (45 hp)
629. Smith, Thomas, 2022: Assessing the relationship between hypoxia and life on Earth, and implications for the search for habitable exoplanets. (45 hp)
630. Neumann, Daniel, 2022: En mosasaurie (Reptilia, Mosasauridae) av paleocensk ålder? (15 hp)
631. Svensson, David, 2022: Geofysisk och geologisk tolkning av kritskollors utbredning i Ystadsområdet. (15 hp)
632. Allison, Edward, 2022: Avsättning av Black Carbon i sediment från Odensjön, södra Sverige. (15 hp)
633. Jirdén, Elin, 2022: OSL dating of the Mesolithic site Nilsvikdalen 7, Bjorøy, Norway. (45 hp)
634. Wong, Danny, 2022: GIS-analys av effekten vid stormflod/havsnivåhöjning, Morupstrakten, Halland. (15 hp)
635. Lycke, Björn, 2022: Mikroplast i vattenavsatta sediment. (15 hp)
636. Schönherr, Lara, 2022: Grön fältspat i Varbergskomplexet. (15 hp)
637. Funck, Pontus, 2022: Granens ankomst och etablering i Skandinavien under post-glacial tid. (15 hp)
638. Brotzen, Olga M., 2022: Geologiska besöksmål och geoparker som plattform för popularisering av geovetenskap. (15 hp)
639. Lodi, Giulia, 2022: A study of carbon, nitrogen, and biogenic silica concentrations in *Cyperus papyrus*, the sedge dominating the permanent swamp of the Okavango Delta, Botswana, Africa. (45 hp)
640. Nilsson, Sebastian, 2022: PFAS- En sammanfattning av ny forskning, med ett fokus på föroreningskällor, provtagning, analysmetoder och saneringsmetoder. (15 hp)
641. Jägfeldt, Hans, 2022: Molnens påverkan på jordens strålningsbalans och klimatsystem. (15 hp)
642. Sundberg, Melissa, 2022: Paleontologiska egenskaper och syreisotopsutveckling i borrhärnan Limhamn-2018: Kopplingar till klimatförändringar under yngre krita. (15 hp)
643. Bjeremo, Tim, 2022: A re-investigation of hummocky moraine formed from ice sheet decay using geomorphological and sedimentological evidence in the Vomb area, southern Sweden. (45 hp)
644. Halvarsson, Ellinor, 2022: Structural investigation of ductile deformations across the Frontal Wedge south of Lake Vättern, southern Sweden. (45 hp)
645. Brakebusch, Linus, 2022: Record of the end-Triassic mass extinction in shallow marine carbonates: the Lorüns section (Austria). (45 hp)
646. Wahlquist, Per, 2023: Stratigraphy and palaeoenvironment of the early Jurassic volcanoclastic strata at Djupadalsmölle, central Skåne, Sweden. (45 hp)
647. Gebremedhin, G. Gebreselassie, 2023: UPb geochronology of brittle deformation using LA-ICP-MS imaging on calcite veins. (45 hp)
648. Mroczek, Robert, 2023: Petrography of impactites from the Dellen impact structure, Sweden. (45 hp)
649. Gunnarsson, Niklas, 2023: Upper Ordovician stratigraphy of the Stora Sutarve core (Gotland, Sweden) and an assessment of the Hirnantian Isotope Carbon Excursion (HICE) in high-resolution. (45 hp)
650. Cordes, Beatrix, 2023: Vilken ny kunskap ger aDNA-analyser om vegetationsutvecklingen i Nordeuropa under och efter Weichsel-istiden? (15 hp)
651. Bonnevier Wallstedt, Ida, 2023: Palaeocolour, skin anatomy and taphonomy of a soft-tissue ichthyosaur (Reptilia, Ichthyopterygia) from the Toarcian (Lower Jurassic) of Luxembourg. (45 hp)
652. Kryffin, Isidora, 2023: Exceptionally preserved fish eyes from the Eocene Fur Formation of Denmark – implications for palaeobiology, palaeoecology and taphonomy. (45 hp)
653. Andersson, Jacob, 2023: Nedslagskratrars inverkan på Mars yt-datering. En undersökning av Mars främsta ytdateringsmetod ”Crater Counting”. (15 hp)
654. Sundberg, Melissa, 2023: A study in ink – the morphology, taphonomy and phylogeny of squid-like cephalopods from the Jurassic Posidonia Shale of Germany and the first record of a loligosepiid gill. (45 hp)
655. Häggblom, Joanna, 2023: En patologisk sjöilja från silur på Gotland, Sverige. (15 hp)

656. Bergström, Tim, 2023: Hur gammal är jordens inre kärna? (15 hp)
657. Bollmark, Viveka, 2023: Ca isotope, oceanic anoxic events and the calcareous nannoplankton. (15 hp)
658. Madsen, Ariella, 2023: Polycykliska aromatiska kolväten i Hanöbuktens kustnära sediment - En sedimentologisk undersökning av vikar i närhet av pappersbruk. (15 hp)
659. Wangritthikraikul, Kannika, 2023: Holocene Environmental History of Warming Land, Northern Greenland: a study based on lake sediments. (45 hp)
660. Kurop, Anna, 2023: Reconstruction of the glacier dynamics and Holocene chronology of retreat of Helagsglaciären in Central Sweden. (45 hp)
661. Frisendahl, Kajsa, 2023: Holocene environmental history of Washington Land, NW Greenland: a study based on lake sediments. (45 hp)
662. Ryan, Cathal, 2023: Luminescence dating of the late Quaternary loess-palaeosol sequence at Velika Vrbica, Serbia. (45 hp)
663. Lindow, Wilma, 2023: U-Pb datering av zirkon i metasediment tillhörande Stora Le-Marstrand, SV Sverige. (15 hp)
664. Bengtsson, Kaisa, 2023: Geologisk karaktärisering av den kambriska Faluddensandstenen i Östersjön och dess lämplighet för koldioxidlagring. (15 hp)
665. Granbom, Johanna, 2023: Insights into simple crater formation: The Hummeln impact structure (Småland, Sweden). (45 hp)
666. Jonsson, Axel, 2023: Datering av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, genom paleomagnetiska analysmetoder. (15 hp)
667. Muller, Elsa, 2023: Response of foraminifera *Ammonia confertitesta* (T6) to ocean acidification, warming, and Deoxygenation An experimental approach. (45 hp)
668. Struzynska, Patrycja, 2023: Petrography, geochemistry, and origin of deep magmatic cumulates in the Canary Islands – the xenolith record. (45 hp)
669. Krätzer, Tobias, 2023: Artificiella tor-skrev i Hanöbukten: Förstudie. (15 hp)
670. Khorshidian, Farid, 2023: 3D modelling and resistivity measurements for hydrogeological assessments in the northern part of Vombsänkan. (45 hp)
671. Sundberg, Oskar, 2023: Methodology for Stored Heat “Heat In Place” (HIP) assessment of geothermal aquifers – Exemplified by a study of the Arnager Greensand in SW Scania. (45 hp)
672. Haraldsson, Emil, 2023: Kan akademien hjälpa industrin utveckla mer robusta grundvattenmodeller? En studie av moderna Svenska industriframtagna grundvattenmodeller. (15 hp)
673. Barabas, Ricky, 2024: Kan chockmetamorfos i okonventionella mineral hjälpa till att identifiera nedslagskratrar? (15 hp)
674. Nilsson, Sebastian, 2024: The glacio-tectonic evolution of Ven, Sweden: insights from a comprehensive structural, sedimentological, and geomorphological analysis. (45 hp)
675. Brotzen, Olga M., 2024: A new Lagerstätte-like fossil assemblage from the early Silurian of Mösseberg, Sweden. (45 hp)
676. Eng, Simon, 2024: Precursors to the South Atlantic Anomaly - Magnetic field variations in Lake Eilandvlei, South Africa. (45 hp)
677. Husén, Simon, 2024: Structural Geological Model of the Kaunisvaara Mining District, Norrbotten, Sweden. (45 hp)
678. Hjalmarsson, Tilda, 2024: Det underkambriska problematiska fossilet *Spatangopsis* - Vad är dess verkliga affinitet? (15 hp)
679. Kuberna, Marcos, 2024: En litteraturstudie om klorparaffiner i grundvattnet och dess implikationer på hälsa och miljö. (15 hp)
680. Persson, Viktor, 2024: Litteraturstudie: HIMU ursprung och framtid. (15 hp)
681. Selin, Sigrid, 2024: Hur kan paleoekologiska studier hjälpa oss att bättre förstå hur de ekosystem vi anser skyddsvärda har formats och hur de bör vårdas? (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund