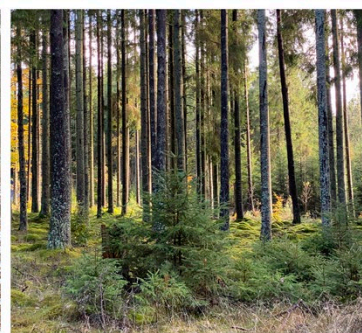


Naturvärdeskarta Skog: En sannolikhetsmodell för naturvärden på skogsmark

Bengt Gunnar Jonsson, Per Angelstam,
Jakub Bubnicki, Grzegorz Mikusiński,
Johan Svensson, Malin Undin

RAPPORT 7136 | APRIL 2024



Naturvärdeskarta Skog: En sannolikhetsmodell för naturvärden på skogsmark

av Bengt Gunnar Jonsson, Mittuniversitetet, SLU
Per Angelstam, Inland Norway University, Rijksuniversiteit Groningen, SLU
Jakub Bubnicki, Polish Academy of Science
Grzegorz Mikusiński, SLU
Johan Svensson, SLU
Malin Undin, Mittuniversitetet

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/publikationer

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7136-3

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2024

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2024

Omslagsfoto: Per Angelstam

Vänstra kolumnen: Pärlälven urskogsreservat, Jokkmokk, Norrbottens län (index 94), Kulla, Ingarö, Stockholms län (index 68), Surö bokskog, Sjötorp, Västra Götalands län (index 91)

Högra kolumnen: Statsås, Vilhelmina, Västerbottens län (index 8), Korskrogen, Ljusdal, Gävleborgs län (index 17), Björnstorp, Lönsboda, Skåne län (index 28)



Förord

Här presenteras resultaten från kunskapsöverföringsprojektet Naturvärdeskarta Skog: En sannolikhetsmodell för naturvärden på skogsmark, som genomförts som påbyggnad till ett projekt inom forskningsområdet Indikatorer för biologisk mångfald på landskapsnivå.

Med detta påbyggnadsprojekt ville Naturvårdsverket stödja tillämpning och kommunikation av de verktyg som tagits fram i det avslutade projektet ”Bättre sent än aldrig: indikatorer för skogslandskapets gröna infrastruktur”. Syftet var att överföra kunskap från forskarna till länsstyrelser, Naturvårdsverket och andra intressenter.

Projektet pågick under ett år och har finansierats med medel från Naturvårdsverkets Miljöforskningsanslag.

Rapporten har skrivits av Bengt Gunnar Jonsson, Mittuniversitetet & SLU, Per Angelstam, Inland Norway University, Rijksuniversiteit Groningen & SLU, Jakub Bubnicki, Polish Academy of Science, Grzegorz Mikusiński, SLU, Johan Svensson, SLU och Malin Undin, Mittuniversitetet. Rapporten har granskats för praktisk relevans av handläggare på Naturvårdsverket.

Författarna svarar för rapportens innehåll.

Naturvårdsverket Mars 2024

Marie Uhrwing
Avdelningschef Hållbarhetsavdelningen

Innehåll

| | |
|---|----|
| Förord | 3 |
| Naturvärdeskarta Skog – Sammanfattning | 5 |
| Inledning | 6 |
| Behov av underlag för grön infrastruktur | 6 |
| Vad är Naturvärdeskarta skog? | 6 |
| Användare och intressenter | 7 |
| Beskrivning av modelleringen | 8 |
| Avgränsning av vilken skog som ingår i NVK Skog | 8 |
| Träningsdata | 9 |
| Datakällor för förklarande variabler | 11 |
| Modellering | 14 |
| Skattningar | 14 |
| Noggrannhet och validering | 20 |
| Intern validering | 20 |
| Jämförelse av NVK Skog med skogliga data | 21 |
| Riksskogstaxeringens data | 21 |
| Sveaskogs beståndsregister | 21 |
| Jämförelse med skyddad skog i Sverige | 24 |
| Jämförelse med karterade kontinuitetsskogar | 25 |
| Jämförelse mellan de regionala modellerna | 25 |
| Kvalitativ extern validering | 26 |
| Möjligheter och begränsningar | 27 |
| Användningsområden | 27 |
| Analyser av representativa skogstyper som gröna infrastrukturer | 27 |
| Grön infrastrukturplanering över länsgränserna | 27 |
| Underlag för fältinventeringar | 28 |
| Underlag för naturrestaurering | 28 |
| Områden lämpade för alternativa skogsbruksformer | 28 |
| Kvalitetssäkring av frivilliga avsättningar | 28 |
| Kontroll inför/av avverkningsanmälningar | 29 |
| Områden mer lämpade för skogsbruk | 29 |
| Planering och analys av forskningsstudier | 29 |
| Begränsningar | 30 |
| Förhoppningar | 31 |
| Tack | 32 |
| Referenser | 33 |
| Bilaga: Användarinformation – NVK Skog | 35 |
| Inledning | 35 |
| Produktbeskrivning | 35 |
| Kvalitativ bedömning av noggrannhet | 36 |
| Kompletterande geografiska underlag | 36 |
| Referenser | 37 |

Naturvärdeskarta Skog – Sammanfattning

- ...är den första rumsligt heltäckande skattningen av den relativa sannolikheten för skog med höga naturvärden i Sverige.
- ... täcker både produktiv och annan skog med den rumsliga upplösningen 100 × 100 m (1 ha).
- ...är modellerad utgående från kända värdekärnor av skog och ett stort antal fritt tillgängliga geografiska variabler på olika skalor.
- ...är validerad med oberoende data som beskriver höga till låga nivåer av skogliga naturvärden.
- ...har genomgått en omfattande vetenskaplig granskning.
- ...är kvalitetssäkrad genom dialog med ett stort antal avnämare.
- ...bidrar med ett rikstäckande underlag för rumslig planering av skogliga naturvårdsåtgärder som områdesskydd och naturrestaurering.
- ...ger underlag för arbete med grön infrastruktur och landskapsplanering generellt, inom såväl som över administrativa gränser, samt för större, sammanhängande skogsinnehav.
- ...ger information om sannolikheter för skog med höga naturvärden i områden där andra underlag om höga naturvärden saknas.
- ...identifierar skog och skogsområden med låga sannolikheter för höga naturvärden, och där skogsbruk sannolikt kan bedrivas utan större konflikter med befintliga naturvärden.
- ...ska ses som ett underlag som kan kompletteras med andra relevanta geografiska och historiska data.
- ...bör valideras med fältinventeringar innan beslut tas om olika förvaltnings- och skötselåtgärder.
- ...baseras på en modellering av naturvärden som avser situationen för avverkningar till och med 2018, och bör kompletteras med information om senare avverkningar.
- ...publik modell som kan kompletteras med nya och bättre indata för uppdaterade sannolikhetsskattningar.
- ...finns fritt tillgängligt på Svensk Nationell Datatjänst (<https://doi.org/10.5878/wa6j-4b84>).

Inledning

Syftet med den Naturvärdeskarta Skog (NVK Skog) som vi tagit fram med ekonomiskt stöd av Naturvårdsverket är att bidra med landstäckande skattningar av sannolikheten för förekomst av skog med höga naturvärden. Givet att miljömålet Levande Skogar inte uppfyllts (Skogsstyrelsen 2022) är kunskaper som stärker arbetet med skydd, skötsel och naturrestaurering av stor betydelse. Fältinventeringar i kombination med biofysiska och socio-ekonomiska geografiska data är nödvändiga för arbetet med att nå de skogspolitiska miljömålen om att stärka den gröna infrastrukturen i det svenska skogslandskapet

Behov av underlag för grön infrastruktur

Efter snart 200 år av ett skogsbruk med inriktning på industriråvaror är det svenska skogslandskapets fragmenterat, och som följd med brist på skog med höga naturvärden i stora delar av landet – utom i de fjällnära skogarna (Svensson m.fl. 2021). Enskilda bestånd med höga naturvärden finns kvar nedanför det fjällnära området, men förekommer mer eller mindre isolerat som fläckar i ett landskap dominerat av intensivt brukad skog. Stora och sammanlänkande naturskogsområden saknas i ett skogslandskap som huvudsakligen präglas av likåldriga bestånd och med en tydlig brist på blandskog, äldre och olikåldriga skogar, skiktade skogar, glesa skogar och lövskog (Mikusinski m.fl. 2021). Viktiga attribut som död ved, skadade träd och hålträd finns i för liten mängd. Andelen representativa och funktionella skogshabitat som är skyddade är för låg (Angelstam m.fl. 2020). Hur fortsatt skydd och restaurering av skog med höga naturvärden ska utformas, och hur en framtida markanvändning ska planeras, är avgörande utmaningar men där viktig kunskap saknas. För att nå målet om fungerade grön infrastruktur krävs förståelse och kunskap om både strukturell och funktionell konnektivitet av representativa skogstyper på landskapsnivå (Jonsson m.fl. 2019). Arbetet med områdesskydd kräver heltäckande och objektiva data över skog med höga naturvärden. För effektiv restaurering med goda resultat behövs kunskap om var aktiva åtgärder gör mest nytta. Samtidigt behöver skogsbruk och annan markanvändning större kunskap om var det finns skog och skogslandskap där naturvärden sannolikt är låga; där skogsbruk fortsatt kan bedrivas och annan markanvändning kan fortgå, och/eller aktiv restaurering av naturvärden kan planeras. Med detta kan NVK Skog bidra med objektiv information till olika intressenter och, förhoppningsvis, minska konflikter. Det är dessa kunskapsluckor NVK Skog hoppas minska genom att en heltäckande beskrivning av sannolikheten för förekomst av skogliga värdekärnor i svensk skog.

Vad är Naturvärdeskarta skog?

NVK Skog har tagits fram genom så kallad maskininlärning (Artificiell Intelligens) som en del av ett forskningsprojekt finansierat av Naturvårdsverket. Den har granskats vetenskapligt och publicerats i en välrenommerad vetenskaplig tidskrift (Bubnicki m.fl. 2024). Därmed är den skogliga naturvärdeskartan också publikt tillgänglig och fri att användas för alla intressenter.

NVK Skog bygger på en modellering av ett stort antal biofysiska och socio-ekonomiska variabler, inklusive förekomsten av kända värdekärnor i skog, och tillhandahåller en heltäckande skattning av den relativa sannolikheten att enskilda hektarsytor (100 × 100 m), dominerade av skog (≥50 %), utgör skoglig värdekärna. Med värdekärna avses skog med kända naturvärden enligt Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen (2017). Sannolikhetskartningen är kontinuerlig från 100 % till 0 % (1 till 0). NVK Skog kan därmed ses som ett första steg för att identifiera områden som är i behov av områdesskydd, skötsel, och restaurering samt för utökad hänsyn vid skogsbruksåtgärder. NVK Skog är primärt ett geografiskt planeringsunderlag och inte en beskrivning av absoluta naturvärden i enskilda skogsbestånd.

Användare och intressenter

Det finns många intressenter som har behov av heltäckande underlag för landskapsplanering. Dessa utgörs av myndigheter med ansvar för nationell strategisk planering (Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen) och ansvariga för regional prioritering av landskapsinsatser (Länsstyrelserna, Skogsstyrelsen) i samverkan med markägare av olika slag, markägarorganisationer och skogliga planerare. Den är användbar för ideella organisationer och enskilda medborgare som vill bidra med engagemang, och till uppbyggnad av kunskap (genom s.k. Citizen Science). Den utgör också ett underlag för skogsbolag och intresserade privata markägare för prioritering och identifiering av områden lämpliga för frivilliga avsättningar, och där andra skogsskötselsystem än trakthyggesbruk (till exempel kontinuitetsskogsbruk eller mångbruk) är att föredra, eller där trakthyggesbruk fortsatt eller tills vidare kan bedrivas. I kombination med nationella marktäckedata, kartläggningen av potentiella kontinuitetsskogar i norra Sverige, och länens värdetrakter kan NVK Skog bidra med ett systematiskt och objektiva underlag för lokal och regional landskapsplanering av skogslandskap.

Vi ser en ökad medvetenhet om skogens mångbruk, nya värdekedjor och affärsmodeller. Det finns en växande marknad för kol- och biodiversitetskrediter med aktörer som agerar förmedlare mellan markägare och intresserade investerare (Iwarsson Wide 2022). I den mån de avtal som upprättas också inkluderar landskapsaspekter kan NVK Skog vara ett verktyg. Kartan är också värdefull för kommunal översiktsplanering, som till exempel att identifiera område av värde för naturturism, rekreation och friluftsliv, samt attraktivt boende.

Utöver tillämpning för landskapsplaneringen utgör också NVK Skog ett underlag för vidare forskning och utveckling. I vilken mån landskapets struktur påverkar förekomsten av arter utgör ett aktivt forskningsfält (se Undin m.fl. 2022). För empiriska studier är sammanställningar av förekomsten av potentiella livsmiljöer på landskapsnivå oftast ett tidskrävande arbete. Här kan NVK Skog fungera som ett kompletterande underlag både för analyser av empiriska data och för design av landskapsekologiska forskningsstudier.

NVK Skog bygger på en öppen modellkonstruktion och är fritt tillgänglig där nya och andra data kan läggas till för förbättrade skattningar. Även i ett internationellt perspektiv tillför NVK Skog ett exempel på möjligheterna att använda stora geografiska datamängder för naturvårdsplanering. Modellen är byggd för skog, men är också ett exempel på ett arbetssätt som kan tillämpas på andra indata, som till exempel värdefulla kulturmiljöer, våtmarker och renbetesmarker, som underlag för landskapsplanering med andra typer av värdefulla miljöer i fokus.

Beskrivning av modelleringen

Modelleringen av potentiella naturvärden i NVK Skog tar sin utgångspunkt i databasen med kända värdekärnor i svensk skogsmark (Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen 2017). Med hjälp av ett stort antal variabler som indikerar skogstillstånd och drivkrafter i flera olika rumsliga skalor, gör modelleringen en skattning av den relativa sannolikheten för att enskilda en hektar stora ytor ska utgöras av skog som motsvarar den klassning som gjorts för kända värdekärnor. Kvaliteten i informationen om befintliga värdekärnor är avgörande för modellens skattningar, och om nya och bättre underlag tas fram kan modelleringen uppdateras och förbättras.

NVK Skog har tagits fram för de 4 regioner i Sverige som används i officiell statistik om skyddad natur (SCB 2023), men med fjällnära regionen fördelad på nord- respektive sydboreal region (Figur 1). Uppdelning i delregioner motiveras av att olika faktorer påverkar sannolikheten för förekomst av värdekärna i olika delar av landet. De regionala delmodellerna har även stämts av mot en motsvarande modell för hela Sverige för att säkerställa att skattningarna är robusta för hela landet (Bubnicki m.fl. 2024).

Avgränsning av vilken skog som ingår i NVK Skog

I modelleringen ingår alla hektarsytor som utgörs av minst 50 % skogsmark enligt den definition som använts i det nationella marktäckedata (NMD). Detta innebär att ytor i små och isolerade skogsbestånd eller med långsmala former (till exempel vissa strandskogar), inte fullt ut ingår i modelleringen. Baserat på NMD ingår i modelleringen all skog som uppfyller FAO:s skogsdefinition; ett trädskikt som är >5 m högt och med krontäckningen på >10 %. Definitionen innebär därmed att ytor som ingår i klassen ”temporärt ej skog” i NMD till och med 2018 inte modellerats. Dessa två begränsningar resulterar i att NVK Skog omfattar närmare 22 miljoner hektar skogsmark, motsvarande cirka 78 % av all svensk produktiv och annan skogsmark. Resterande 22 % har inte modellerats och utgörs av temporärt ej skog samt hektarsytor med mindre än 50 % skog. Notera dock att ”temporärt ej skog” inte utgörs av värdekärna då de huvudsakligen är skog som har avverkats i närtid.

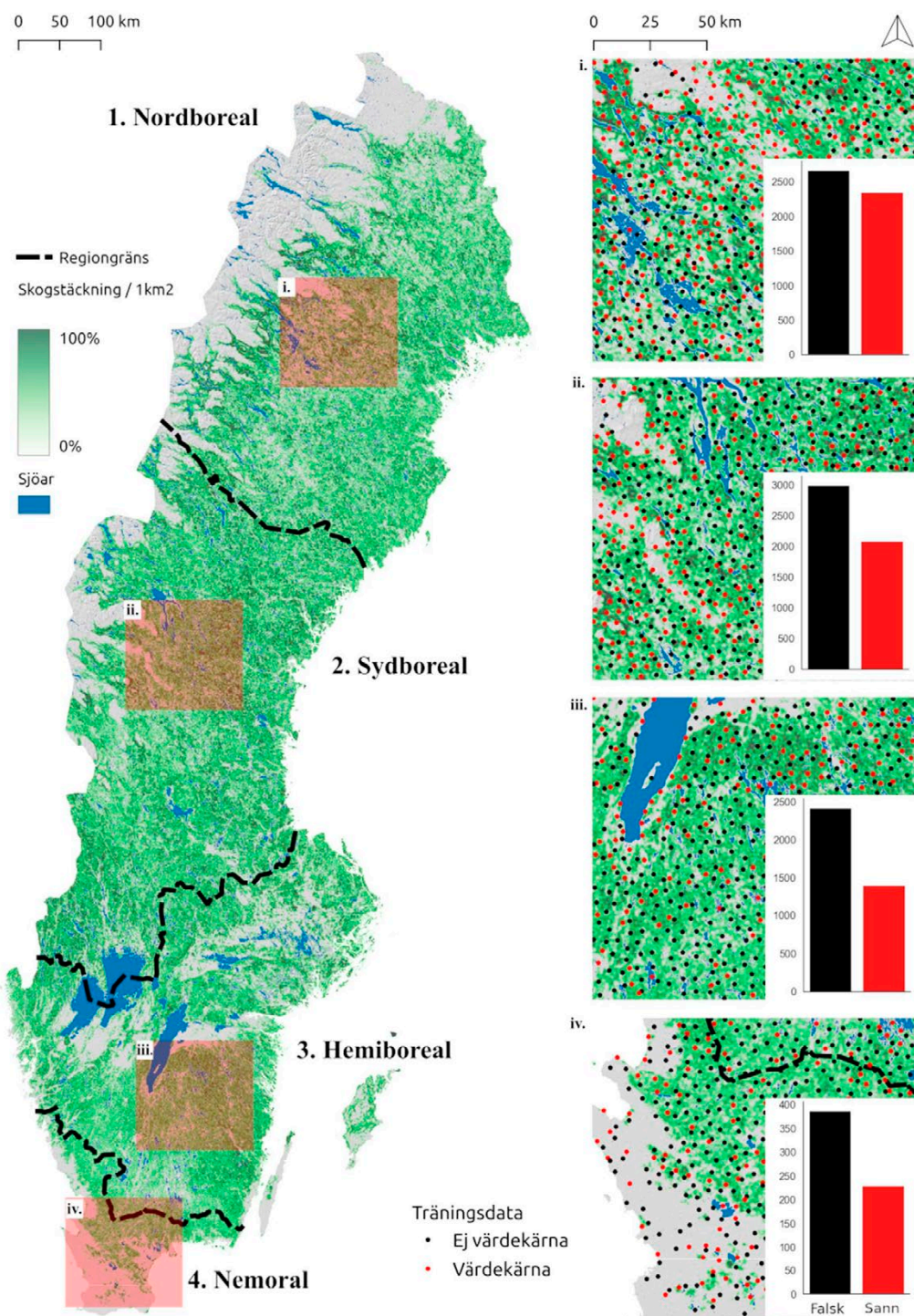
Träningsdata

Modellen har tränats mot de områden som finns identifierade i den nationella databasen för värdekärnor i svensk skogsmark och som utgör resultatet av flera årtiondens samlade inventeringsarbete. Databasen är sammanställd av Naturvårdsverket, och i denna ingår skyddade områden, frivilligt avsatta skogar och skogar klassade som värdekärnor utan formellt skydd. Generellt så har värdekärnorna klassats som värdefulla baserat på områdets struktur, historik, fysiska miljö och av vilka arter som finns där. Databasen är tillgänglig på https://ext-geodatakatalog-forv.lansstyrelsen.se/PlaneringsKatalogen/GetMetaDataById?id=0216344e-a0a0-4252-974a-e08b30c46f17_C (nedladdad 28/4, 2022). Denna databas tillhandhåller data fram till 2016 men uppdaterades under 2019 och 2020 med nya områden främst från fjällnära skogar. Den uppdaterade databasen var inte publikt tillgänglig vid modelleringstillfället men gjordes tillgängligt för projektet via Naturvårdsverket.

För att träna en modell behövs även skogsområden som inte utgörs av värdekärnor. Någon sådan sammanställning för Sverige finns inte. Detta innebär att träningsdata saknar bekräftade förekomster av skog som inte kan klassas som värdekärna. I stället antogs att slumpmässiga hektarsytor i skogsmark utanför kända värdekärnor med stor sannolikhet inte är värdekärna. Antagandet är rimligt, men som ett resultat av detta utgör skattningarna, statistiskt sett, en *relativ sannolikhet* att en 1 ha stor yta ska vara värdekärna, och inte en absolut sannolikhet.

Vid urvalet av värdekärnor i träningsdata har vi endast använt områden som innehåller minst 10 hektar sammanhängande värdekärna. På så sätt minskar vi osäkerheten i skattningarna då små värdekärnor inte nödvändigtvis helt sammanfaller med hela hektarsrutor. Vidare, för att minimera rumslig samvariation har endast värdekärnor som ligger minst 5 km från varandra använts i modelleringen. För att lokalisera områden utanför värdekärnor uteslöts en 1 km bred buffert kring varje värdekärna och på samma sätt som för värdekärnorna inkluderas endast områden av sammanhängande skog >10 hektar och som ligger minst 5 km från varandra.

Med dessa kriterier som utgångspunkt slumpades sedan värdekärnor och områden utanför kända värdekärnor ut. Totalt i träningsdata ingår 6 073 hektarsytor definierade som värdekärnor och 8 467 utanför värdekärnor och med en jämn fördelning över det svenska skogslandskapet (Figur 1).



Figur 1. Modelleringen av den relativa sannolikheten för värdekärna har genomförts för 4 delregioner som motsvarar de regioner som används i Sveriges officiella statistik om skyddad natur (SCB 2023), men med fjällnära regionen fördelad på nord- respektive sydboreal region. Delfiguerna visar exempel på hur analyserade kända värdekärnor (röda) och områden utanför kända värdekärnor (svarta) fördelar sig i landskapet (träningsdata). Antalet och fördelningen mellan de två kategorierna i respektive delregion visas i stapeldiagrammen.

Datakällor för förklarande variabler

Alla rumsliga variabler som har använts för att skatta den relativa sannolikheten för värdekärna har hämtats från öppet tillgängliga datakällor och har laddats ner under april 2022. En sammanställning av de enskilda biofysiska och socio-ekonomiska variabler som använts ges i Tabell 1.

- Den viktigaste källan för ett stort antal rumsliga variabler har varit Nationellt marktäckedata (NMD), karterade 2018 och med en upplösning på 10 × 10 m. Upplösningen skalades upp till hektarsnivå genom att andelen eller medelvärdet för enskilda variabler i de 10 × 10 m stora ytorna har använts som variabel för hela hektarsytan. Variablerna i NMD ingår alltså i sin ursprungliga skala i modellen, även om de slutliga sannolikheterna presenteras på hektarsskala. NMD finns tillgänglig på <https://www.naturvardsverket.se/verktyg-och-tjanster/kartor-och-karttjanster/nationella-marktackedata/ladda-ner-nationella-marktackedata/>
- Den digitala terrängmodellen (DEM) har hämtats från Lantmäteriet och finns tillgänglig på <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/vara-produkter/produktlista/markhojdmodell-nedladdning-grid-50/>
- Data på förändring i skog (Global Forest Change, GFC) beskriver när skog har avverkats på olika sätt (eller försvunnit genom naturliga störningar) samt när ny skog på ett tidigare avskogat område nått 5 m höjd och 10 % krontäckning. Dessa data har sammanställts av Global Land Analysis and Discovery, Department of Geographical Sciences, University of Maryland och finns tillgängligt på <https://glad.earthengine.app>
- Nattljus (LIGHT) är en indirekt variabel visar områden som är upplysta nattetid. Den finns som en harmoniserad global nattljusdatabas som täcker perioden 1992–2018 och är tillgänglig på <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9828827.v2>
- Befolkningstätheten i Sverige (POP) tillhandhålls av Statistiska Centralbyrån och finns tillgänglig på <https://www.scb.se/vara-tjanster/oppna-data/oppna-geodata/statistik-pa-rutor/>

Med hjälp av dessa datakällor identifierades 128 enskilda rumsliga variabler som potentiellt kan ge en signal om var i landskapet skogliga värdekärnor finns. Förutom variabler som beskriver den enskilda hektarsyta så har också variabler tagits fram som beskriver det omgivande landskapet i olika rumsliga skalor (multiskala), 0,3; 0,5; 1,1; 5,1 och 10,1 km, runt varje hektarsyta. Detta innebär att det i modellen ingår variabler för olika stora landskap för alla hektarsytor. Detta medför att modellen tar hänsyn till tillstånd i det omgivande landskapet, och därmed bidrar till modellens förmåga att skatta sannolikheten för förekomst av värdekärna.

Tabell 1. Sammanställning av de rumsliga förklarande variabler som använts i modelleringen. Se ovan för förklaring av datakällor.

| Beskrivning | Variabel* | Enhet | Datakälla | Variabeltyp | Upplösning | 1 ha funktion | Multiskala | Multiskalafunktion |
|--|-----------|---------------------|-----------|---|------------|---------------|------------|--------------------|
| Höjd över havet | DEM | m | DEM | landskap | 50 m | medelvärde | ja | medelvärde |
| Lutning | SLOPE | grader | DEM | landskap | 50 m | medelvärde | ja | medelvärde |
| Lutning | SLOPEv | grader ² | DEM | landskap | 50 m | varians | nej | -- |
| % avskogad (2000–2020) och återbeskogad (2000–2012) | HANSEN | % | GFC | landskap, socio-ekonomisk skogsstruktur | 30 m | andel | ja | medelvärde |
| Nattljusintensitet via ett kalibrerat digitalt värde | LIGHTS | -- | LIGHT | socio-ekonomi | 1 km | -- | ja | medelvärde |
| Latitud | LAT | grader | -- | klimat, socio-ekonomi | -- | -- | nej | -- |
| Longitud | LON | grader | -- | klimat, socio-ekonomi | -- | -- | nej | -- |
| % jordbruksmark | AGRI | % | NMD | landskap, socio-ekonomi | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| % lövskog | BROADLEAF | % | NMD | landskap, skogsstruktur | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| Avstånd till närmaste bebyggd mark | BUILDd | m | NMD | socio-ekonomi | 10 m | medelvärde | nej | -- |
| % temporärt ej-skog (avverkad eller ungskog) | FOPEN | % | NMD | landskap, socio-ekonomi | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| % skogsmark | FOREST | % | NMD | landskap | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| % ej skogsmark | OPENNat | % | NMD | landskap | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| % våtmark | OPENWet | % | NMD | landskap | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| % vägar | ROADS | % | NMD | landskap, socio-ekonomi | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| Avstånd till närmaste väg | ROADSd | m | NMD | socio-ekonomi | 10 m | medelvärde | nej | -- |
| Skogstypsdiversitet | SHAFOR | -- | NMD | landskap | 10 m | Shannon-index | ja | Shannon-index |
| Diversitet av naturtyper förutom byggdmark och vägar | SHANAT | -- | NMD | landskap | 10 m | Shannon-index | ja | Shannon-index |
| % sötvatten | WATER | % | NMD | landskap | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| Avstånd till närmaste sötvatten | WATERd | m | NMD | landskap | 10 m | medelvärde | nej | -- |

| Beskrivning | Variabel* | Enhet | Datakälla | Variabeltyp | Upplösning | 1 ha funktion | Multiskala | Multiskalafunktion |
|---|-------------|----------------|-------------|-------------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| % täckning buskar och träd <5 m | UNDERSTORY | % | NMD | skogsstruktur | 10 m | medelvärde | nej | -- |
| % täckning buskar och träd <5 m | UNDERSTORYv | -- | NMD | skogsstruktur | 10 m | varians | nej | -- |
| % av skog utan träd >5 m, luckor | GAPS | % | NMD – LIDAR | skogsstruktur | 10 m | medelvärde | nej | -- |
| % av skog utan träd >5 m, luckor | GAPsv | -- | NMD – LIDAR | skogsstruktur | 10 m | varians | nej | -- |
| % av skog utan träd >5 m, luckor | GAPsvtmr | -- | NMD – LIDAR | skogsstruktur | 10 m | varians/medelvärde | nej | -- |
| Beståndshöjd >5 m | HEIGHT | m | NMD – LIDAR | skogsstruktur | 10 m | medelvärde | ja | medelvärde |
| Regionalt korrigerad beståndshöjd >5 m | HEIGHTc | -- | NMD – LIDAR | skogsstruktur | 10 m | medelvärde | ja | medelvärde |
| Beståndshöjd >5 m | HEIGHTv | m ² | NMD – LIDAR | skogsstruktur | 10 m | varians | nej | -- |
| % impedimentskog | PROD | % | NMD – PROD | landskap, socio-ekonomi | 10 m | andel | ja | medelvärde |
| Befolkningstäthet | POP | antal | POP | socio-ekonomi | 1 km | -- | ja | summa |
| Avstånd till bosättning med mer än 500 innevånare | POPd | m | POP | socio-ekonomi | 1 km | -- | nej | -- |

* Variabelnamn som använts i Figur 2 och i Bubnicki m.fl. 2024. Notera att multiskalavariablernas anges med tillägg "003, 005, 011, 051 och 101" i Figur 2.

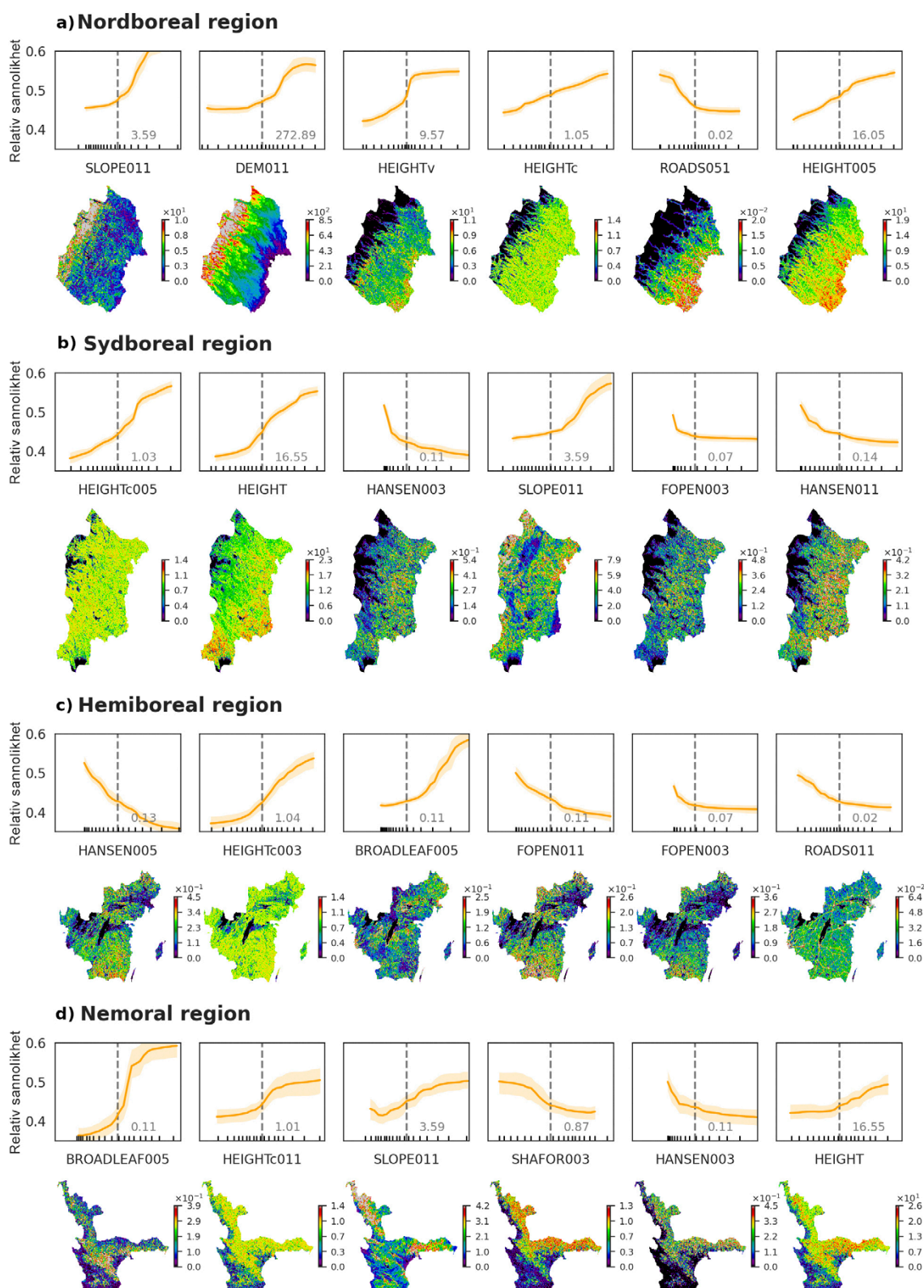
Styrkan i den modell vi utvecklat är beroende av noggrannheten i ingående förklarande variabler. Bland de ingående variablerna är NMD (många variabler) och GFC de enskilt viktigaste datakällorna. För NMD har noggrannheten för en del variabler analyserats (Nilsson m.fl. 2020) och visar på regionala skillnader, speciellt vad avser olika skogstyper. GFC har kritiserats för att överskatta förändringen i skogstäck (Palahí m.fl. 2021) och för att den inte stämmer överens med riksskogstaxeringens skattningar av slutavverkad skog (Breidenbach m.fl. 2022). En viktig förklaring är att dessa metoder (GFC och riksskogstaxering) inte har samma syfte och mäter på olika sätt (se Angelstam & Manton 2021). På det sätt som dessa datakällor använts i modelleringen utgör dock eventuella avvikelser ett mindre problem då enskilda variabler endast bidrar med mindre andel av den förklarande förmågan i modellen. Den variation och osäkerhet som eventuellt uppstår baserat på variation i datakällornas noggrannhet fångas av den statistiska validering som gjorts av modellen (se ”intern validering” nedan).

Modellering

Modelleringen bygger på maskininlärningsmetoden ”Random Forest Classifier” (Cutler m.fl. 2007). Denna metod skapar ett stort antal beslutsträd (hierarkier) som inkluderar olika delmängder av data, som sedan kombineras för att erhålla hög förklarande förmåga samtidigt som överanpassning (”over-fitting”) av modellen kontrolleras. Metoden innebär också att det ursprungliga antalet variabler (128) reduceras så att endast de variabler som bidrar signifikant till resultatet bibehålls. Metoden har flera fördelar. Framför allt kan den hantera komplexa samband mellan de ingående variablerna och är känd för att skapa robusta skattningar även med data som inte är normalfördelade. För tekniska detaljer hänvisas till Bubnicki m.fl., 2024.

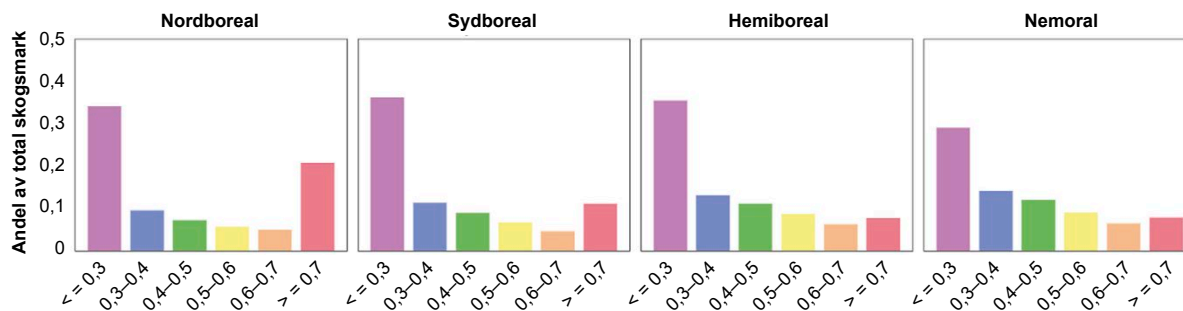
Skattningar

Antalet variabler med signifikant förklaringsgrad i de slutgiltiga delmodellerna för respektive region varierade mellan 48 och 53. Relationen mellan sannolikheten för värdekärna och de ingående variablerna framstår också som övervägande logiska (se Figur 2) – det vill säga att de speglar förväntade relationer mellan variabeln och förekomst av värdekärna, även om de inte ska tolkas som direkta orsakssamband. Genomgående utgör variabler som beskriver landskapet omkring den givna hektarsytan de viktigaste variablerna. Trädhöjdsvariabler (HEIGHT, HEIGHTv och HEIGHTc) var dock viktiga variabler inom hektarsytan. Det är värt att notera att även om olika variabler ingick i modellerna för de olika delregionerna, så finns stort överlapp mellan de variabler som hade stor förklarande förmåga (Figur 3). Till skillnad från nord- och sydboreal region ingår dock mängden av lövskog inom 500 meter (BROADLEAF005) som en viktig variabel i hemiboreal och nemoral region. Modelleringen innebär att även redan kända värdekärnor som ingår i indata får en oberoende skattning av sannolikheten för att vara värdekärna, dvs bedöms på samma sätt som all övrig skogsmark.



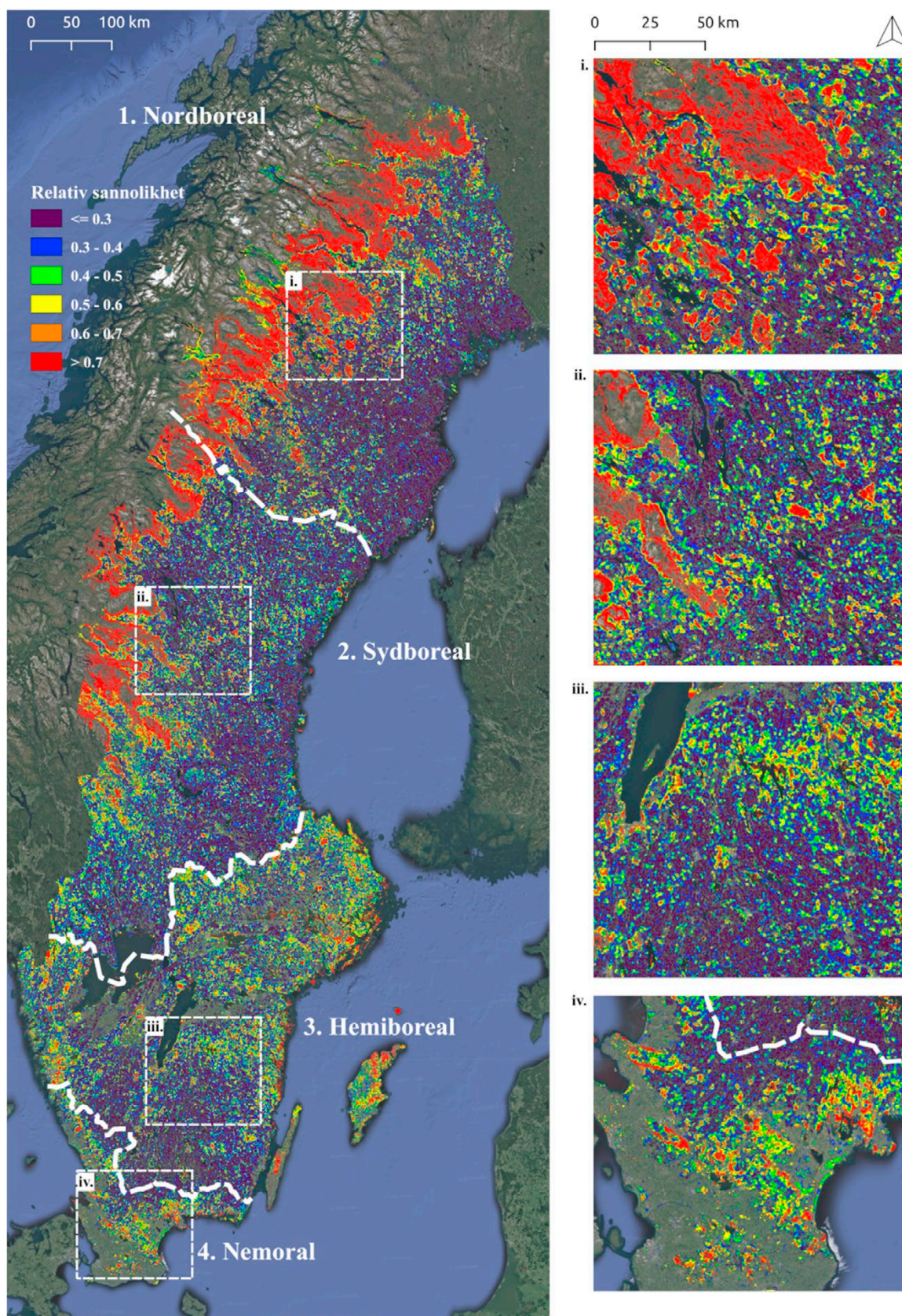
Figur 2. De sex viktigaste variablerna med högst förklaringsgrad i modellerna för de fyra olika delregionerna. Dessa presenteras med deras relativa individuella bidrag till sannolikhetsmodellen. Den lodräta linjen och siffran anger medelvärdet för respektive variabel. Variabelnamn med siffror anger den landskapsskala som variabeln representerar – exempelvis "SLOPE011" representerar medellutningen inom 1,1 km från hektarsytan. Färgskalan i kartorna anger gradienten i de olika variablerna. Övriga variabelers bidrag redovisas i Bubnicki m. fl. (2024).

Fördelningen av den relativa sannolikheten för värdekärna skiljer sig mellan de olika delregionerna där andelen skog med hög sannolikhet ($>0,7$) minskar i en gradient från norr till söder (Figur 3). För alla delregioner dominerar skog med låga sannolikheter ($<0,3$). För nord- och sydboreal region är det högre förekomst av både höga och låga sannolikheter, medan fördelningen för hemiboreal och nemoral region är mer jämnt fördelad men med en dominans av låga sannolikheter.



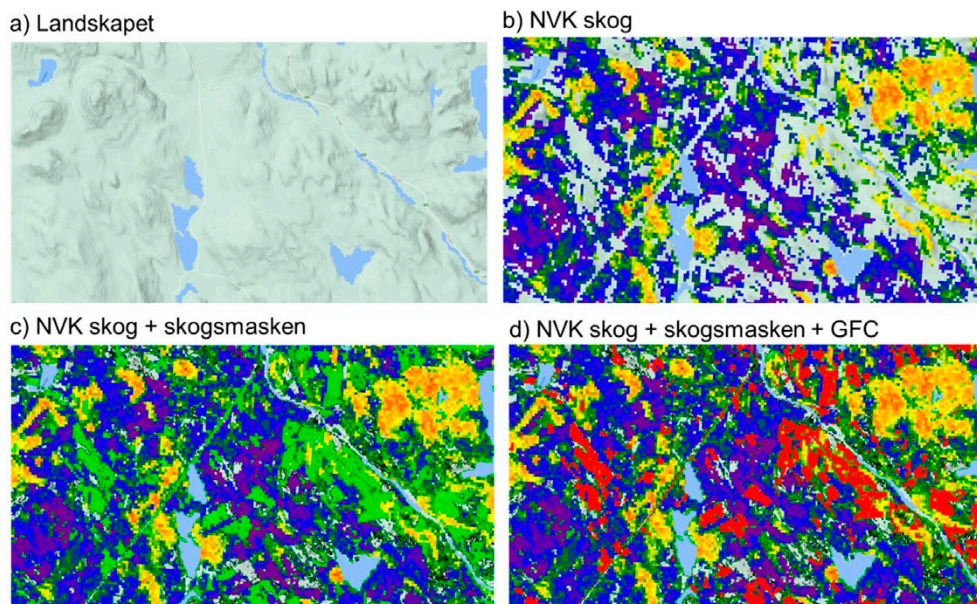
Figur 3. Fördelning av relativ sannolikhet för förekomst av värdekärna för de fyra delregionerna.

NVK Skog (Figur 4) finns tillgänglig som en interaktiv websida (<https://bubnicki.users.earthengine.app/view/swedentest>) där den relativa sannolikheten för värdekärna, skogsmark och GFC utgör olika lager och där satellitbild eller terrängkarta kan användas som bakgrund. NVK Skog presenteras i två olika färgskalor, förutom den som visas i Figur 4 också i en färgskala (VIRIDS) som till exempel lämpar sig bättre för personer med nedsatt färgseende. En GIS-fil (GeoTIFF) för nedladdning och egna GIS-analyser finns tillgänglig på Svensk Nationell Datatjänst (<https://doi.org/10.5878/wa6j-4b84>) men kan även beställas från författarna till denna rapport.



Figur 4. Översiktskarta av modellens relativa sannolikheter för förekomst av värdekärna på 1-hektarsnivå för skogsmark.

För att illustrera den interaktiva websidan visas i Figur 5 ett landskap i Västerbotten där de olika kartskikten lagts in. Som några exempel på skogar med olika relativ sannolikhet för värdekärna i olika delar av Sverige så visas i Figur 6 ett antal foton på skog.



Figur 5. Exempellandskap i Västerbotten med Tjäderbergets mångfaldspark (SCA) och naturreservat i övre högra hörnet av kartorna. I karta a) visas topografi och vatten, i b) visas den relativa sannolikheten för värdekärna (färgkoder som i Figur 4). I karta c) visas skogsmark i ljusgrönt och i karta d) har avverkad skog och uppväxande ungskog enligt GFC lagts till. Figuren visar några av de kartskikt som finns tillgängliga på <https://bubnicki.users.earthengine.app/view/swedentest>

Norrland

Granskog, Pärälven, sannolikhet = 0.94



Contortaplantering, Vilhelmina, sannolikhet = 0.08



Mellersta Sverige

Tallskog, Ingarö, sannolikhet = 0.86



Tallskog, Ljusdal, sannolikhet = 0.17

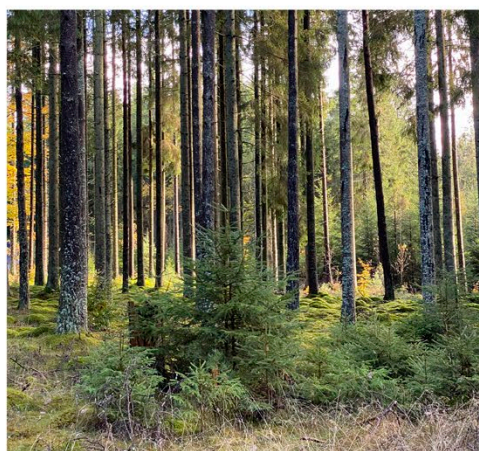


Södra Sverige

Ädellövskog, Surö, sannolikhet = 0.91



Barrblandskog, Lönsboda, sannolikhet = 0.20

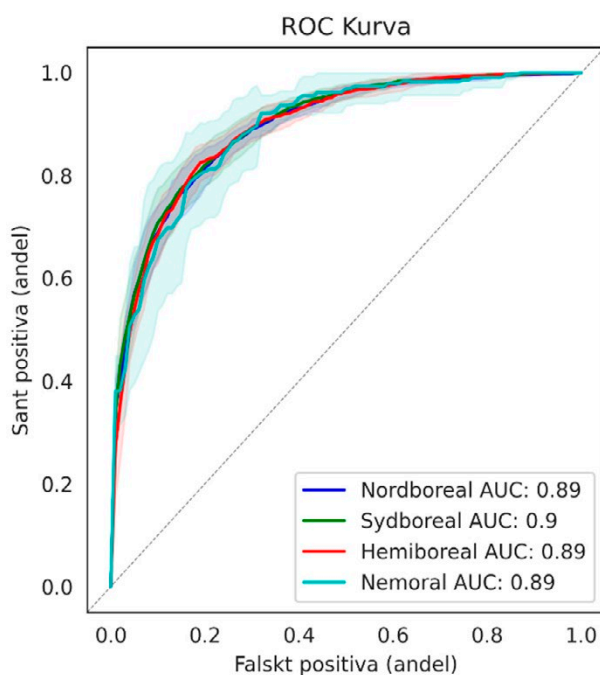


Figur 6. Exempel på skogar med olika relativ sannolikhet att utgöra värdekärna för olika skogstyper och delar av Sverige. Foton: Per Angelstam

Noggrannhet och validering

Intern validering

Modellens statistiska styrka utvärderades genom så kallad korsvalidering. Korsvalidering utgör en standardmetod för att värdera trovärdigheten i modeller som försöker förutsäga ett tillstånd baserat på ett träningsdata. Hela analysområdet (Sverige) delades in 20 × 20 km stora rutor för 10 oberoende modeller, där 90 % av rutorna användes för att skapa modellen som sedan utvärderades på de 10 % av rutorna som inte ingick i de oberoende modelleringarna. Genom att upprepa detta 10 gånger erhålls både ett medelvärde och spridning som uttrycker hur väl modellerna beskriver den relativa sannolikheten för värdekärna. Resultatet från denna validering användes sedan för att skapa en så kallade ROC-kurva (Fawcett 2006). ROC kurvan visar om den skattade sannolikheten av kända värdekärnor är högre än för ytor som inte är kända värdekärnor. Analysen visar att modellen har en stark statistisk trovärdighet då AUC-värden (arean under kurvan) genomgående ligger på 0.89 och 0.90 för alla delregioner (Figur 7).



Figur 7. Den statistiska styrkan av modellen för de fyra delregionerna utvärderad genom korsvalidering. Linjerna i diagrammet anger medelvärdet från 10 separata analyser och de skuggade fälten utgörs av ± 1 standardavvikelse. Den streckade diagonala linjen representerar förväntade värden för en helt slumpvis skattning av värdekärna eller inte värdekärna. AUC-värden (area under kurvan) på över 0.8 anses representera modeller med hög statistisk säkerhet.

Jämförelse av NVK Skog med skogliga data

För att säkerställa att modellens skattningar av den relativa sannolikheten av värdekärna också speglar skogar med höga naturvärden i verkligheten, genomfördes valideringar mot oberoende skogliga data. För detta ändamål har två oberoende datakällor använts. Dels från Riksskogstaxeringens provytor (13 775 enskilda provytor), dels från Sveaskogs beståndsregister (57 548 enskilda bestånd). Det bör noteras att Sveaskogs bestånd genomgående är större än 1 hektar medan Riksskogstaxeringens provytor är 10 m i radie (314 m²). Dessa data är alltså på olika skalor vilket påverkar hur väl modellens skattningar, i skalan 1 ha, överensstämmer med dessa, och bidrar till variationen mellan skattningarna och de ingående naturvärdesklasserna.

Modellens skattningar av sannolikhet för värdekärna har slutligen satts i relation till både formellt skyddad skog och frivilliga avsättningar (data från Naturvårdsverket och Riksskogstaxeringen via SLU Artdatabanken).

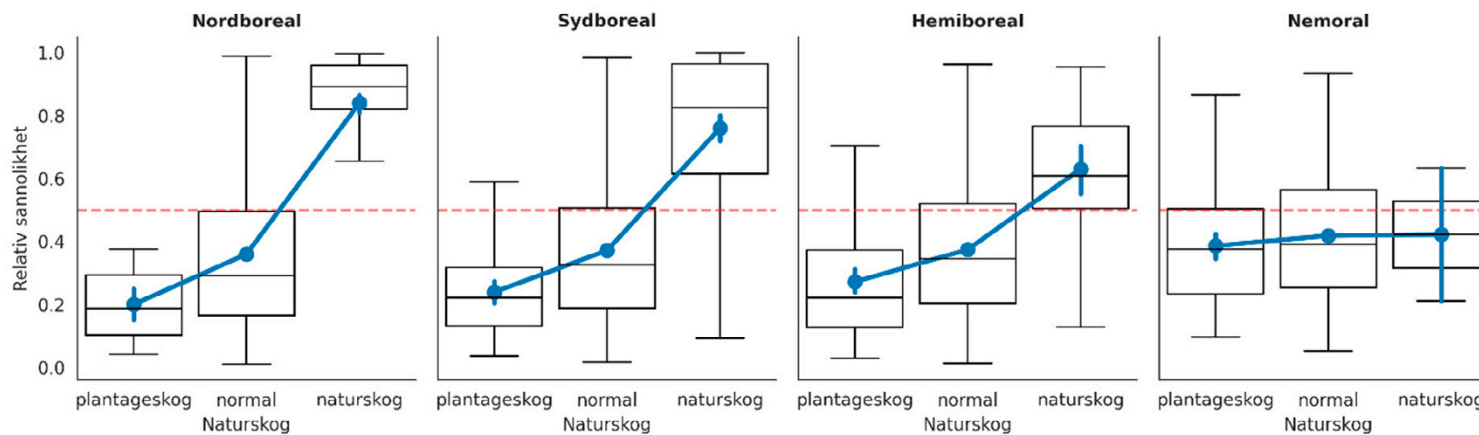
Riksskogstaxeringens data

Från Riksskogstaxeringen jämfördes skattningen av den relativa sannolikheten för värdekärna dels med en variabel som beskriver skogen som ”plantageskog”, normal produktionsskog eller skog med naturskogskaraktär, dels med en variabel som beskriver om provytan har ett naturvärde som motsvarande det som krävs för att den ska klassas som ett Natura 2000-habitat. Valideringen visar att den relativa sannolikheten beräknad av modellen är avsevärt högre för provytor som klassats som naturskog och Natura 2000-habitat (Figur 8).

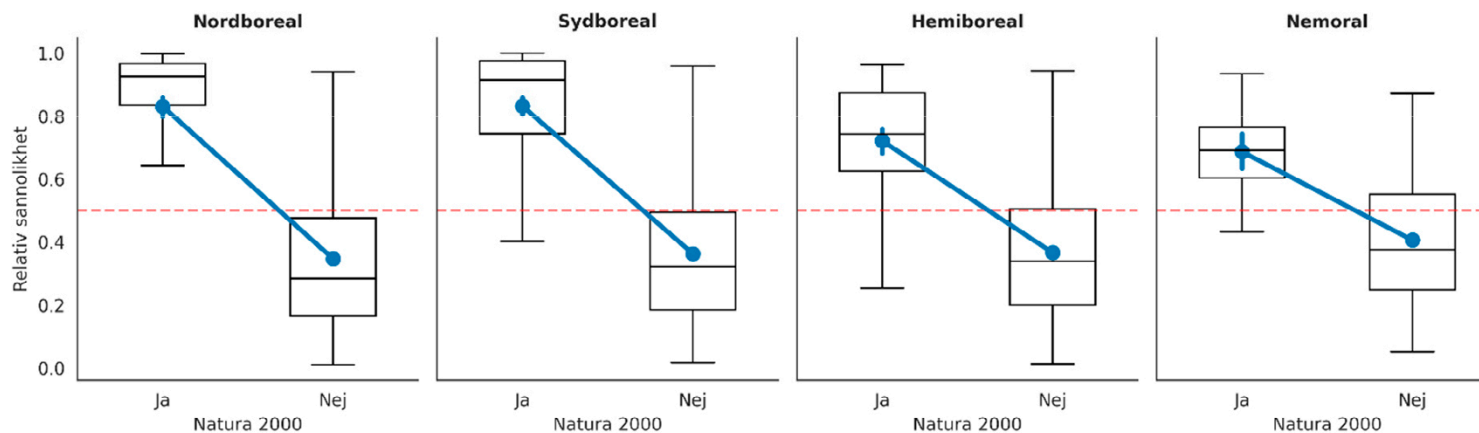
Sveaskogs beståndsregister

Från Sveaskogs beståndsregister hämtades två variabler som speglar naturvärde på beståndsnivå. Den första variabeln är den målklassning som bolaget gjort, där klasserna NO (naturvård orörd) och NS (naturvård skötsel) utgörs av bestånd där naturvårdsmål står i fokus. Målklassen NO-NS är en målklassning där Sveaskog inte har tagit ställning till om naturvårdande skötsel ska ingå eller inte. Målklasserna PF (produktion med förstärkt naturvårdshänsyn) och PG (produktion med generell naturvårdshänsyn) är bestånd där befintliga naturvärden bedömts vara lägre, och där produktionsmål är i fokus. Den andra variabeln är en klassning som identifierar skogar med hög grad av naturlighet. För bägge variablerna ger modellen en klart högre relativ sannolikhet för värdekärna i de bestånd som har naturvårdsmål och som klassats som bestånd med hög naturlighet (Figur 9).

a) Validering provytanivå - Naturlighet

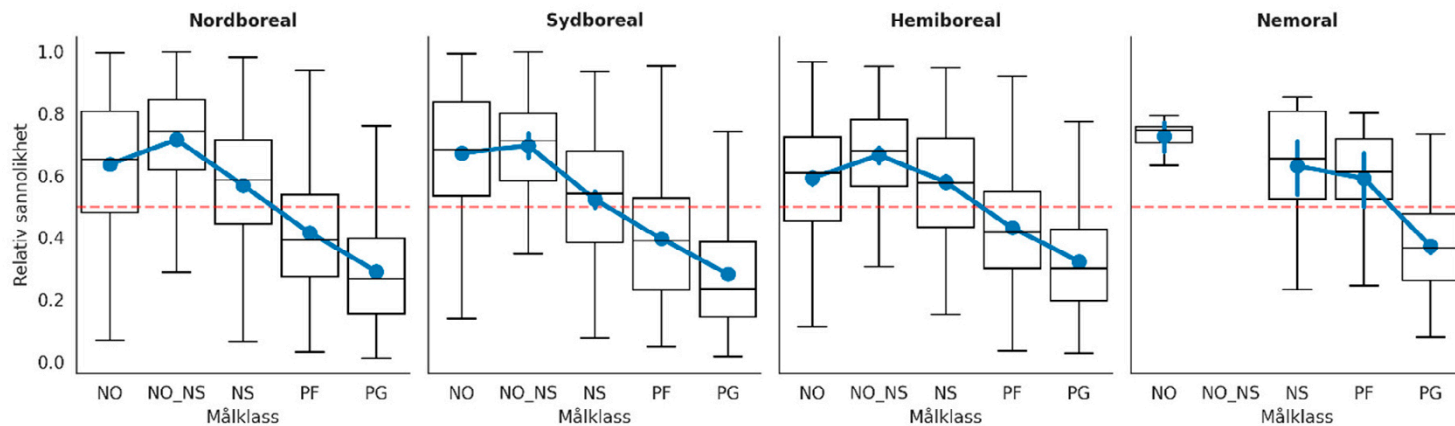


b) Validering provytanivå - Natura 2000 habitat

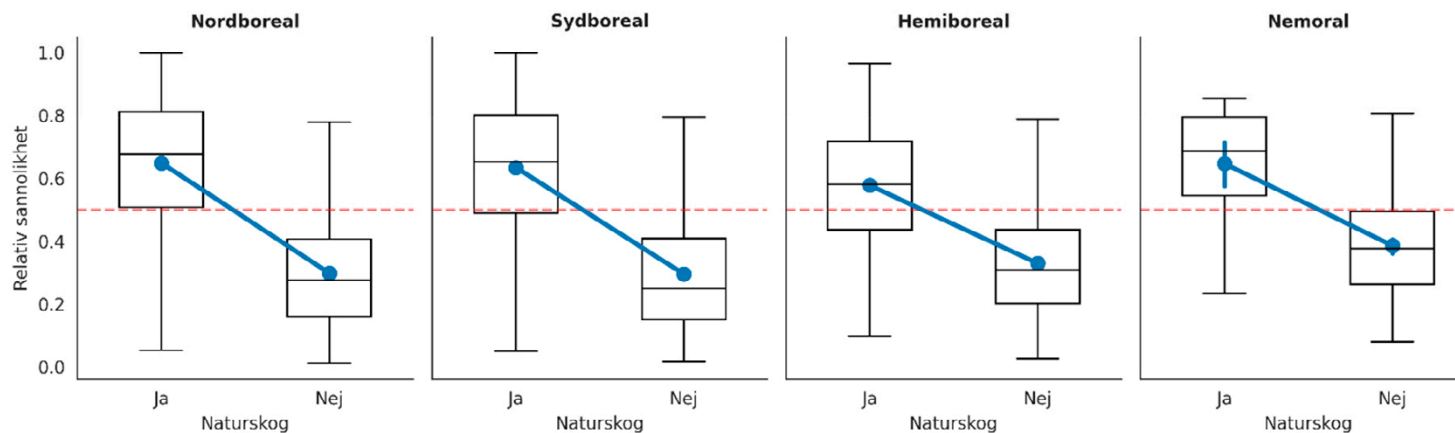


Figur 8. Boxplottar som visar relationen mellan modellens beräknade relativa sannolikhet för värdekärna och Riksskogstaxeringens klassning av naturvärden (naturskog och Natura 2000-habitat) som median med kvartiler och max-min värden. I blått anges medelvärden och konfidensintervall (95 %). Den röda horisontella linjen anger en relativ sannolikhet på 0.5.

a) Validering beståndsnivå - Skogliga målklasser



b) Validering beståndsnivå - Naturskog



Figur 9. Boxplottar som visar relationen mellan modellens beräknade relativa sannolikhet för värdekärna och Sveaskogs klassning av naturvärden (målklass respektive naturskog) som median med kvartiler och max-min värden. I blått anges medelvärden och konfidensintervall (95 %). Den röda horisontella linjen anger en relativ sannolikhet på 0,5.

Tabell 2 nedan, baserad på data från Sveaskog, ger en indikation på vilka sannolikhetsvärden för förekomst av värdekärna som olika målsättningsklasser har i olika skogsregioner. För 1 ha stora ytor med målsättningsklassen PG varierar sannolikheten i medeltal mellan 0,28 och 0,37 mellan regioner, och med medelvärdet 0,32. Motsvarande siffror för målsättningsklassen NO varierar mellan 0,59 och 0,73, och med medelvärdet 0,66.

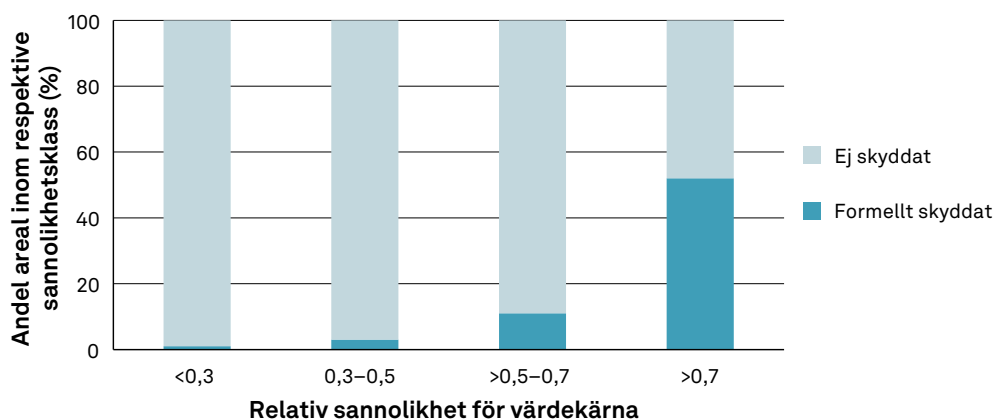
Tabell 2. Medelvärden av sannolikheten för värdekärna för två olika målsättningsklasser (PG – produktion med generell naturvårdshänsyn, och NO – naturvård orörd) på Sveaskogs marker i Sverige enligt Figur 9a.

| Region | PG | NO |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Nordboreal | 0,29 | 0,64 |
| Sydboreal | 0,28 | 0,67 |
| Hemiboreal | 0,32 | 0,59 |
| Nemoral | 0,37 | 0,73 |
| Medelvärde Sverige | 0,32 | 0,66 |

Jämförelse med skyddad skog i Sverige

De genomsnittliga sannolikhetsvärdena för förekomst av skoglig värdekärna i formellt skyddad skog i nationalparker, naturreservat, biotopskyddsområden och naturvårdsavtal i olika skogsregioner varierade mellan 0,49 och 0,75 och med den högsta skattade sannolikheten i fjällskogarna. För frivilligt skyddad skog så varierade de skattade sannolikheterna i olika regioner från 0,36 till 0,68, även här högst för fjällskogarna. Genomgående var den skattade relativa sannolikheten för skoglig värdekärna lägre i skog avsatta på privat mark (0,37) jämfört med skogsbolagens avsättningar (0,45).

Andelen av den modellerade skogsmarkens sannolikhetsvärden som ingår i formellt skyddade skogar domineras kraftigt av områden som i NVK Skog har höga relativa sannolikheter att vara värdekärna. Analysen visar att 52 % av områden med en sannolikhet på >0,7 är skyddade (Figur 10), och att 48 % av dessa i dag finns utanför formellt skyddade områden. Däremot är en mycket liten andel skog med en sannolikhet på <0,3 skyddad.



Figur 10. Andelen av formellt skyddade och oskyddad skog i relation till modellerade sannolikhetsvärden i NVK Skog.

Jämförelserna med Sveaskogs bestånd och skyddad skog (formellt och frivilligt) ger en indikation på hur NVK Skogs skattningar av sannolikhet för värdekärna kan tolkas. Skog med en sannolikhet under 0,3 framstår i huvudsak som skog som inte är formellt skyddad eller inte klassats med naturvårdsmål. Skog med sannolikheter över 0,4 utgör skog som delvis ingår i frivilligt skyddad skog, medan formellt skyddad skog har sannolikheter över 0,5 och framför allt över 0,7. Dessa indikativa värden, som en tänkt tumregel, måste dock anpassas till olika skogstyper, och till lokala förhållanden och prioriteringar

Jämförelse med karterade kontinuitetsskogar

I modelleringen har inte det så kallade K-skogsskiktet (Ahlkrona m.fl. 2017) använts som förklarande variabel då detta endast finns tillgängligt för norra Sverige. Vi har dock jämfört K-skogsskiktet med modellresultaten. Med ett $1 \times 1 \text{ km}^2$ "moving window" jämfördes andelen k-skog med medelvärdet av den skattade sannolikheten för värdekärna i NVK Skog. Korrelationen mellan de olika kartorna var hög ($r = 0,78$), vilket visar att bägge underlagen identifierar områden med potentiellt höga naturvärden på ett liknande sätt.

Vi ser K-skogsskiktet som viktig kompletterande information i norra Sverige. För skog som har klassats som K-skog ger modellen inte alltid höga relativa sannolikheter för att vara värdekärna. Till viss del är detta förväntat då K-skogar inte alltid utgör skog med naturvärden. Låga sannolikheter i NVK Skog för K-skog kan också förklaras med att delmodellernas utfall för norra Sverige påverkas av de höga koncentrationerna av höga naturvärden i de fjällnära skogarna, vilka är väl kända och dokumenterade (Svensson m.fl. 2019). Detta visar betydelsen av att betrakta NVK Skogs skattningar i relation till regionala förhållanden.

Jämförelse mellan de regionala modellerna

Nya data ger upphov till nya insikter. Om man granskar kartan i Figur 4 så sammanfaller gränsen mellan de två mellersta analysregionerna, belägen parallellt med den biologiska norrlandsgränsen, med en tydlig gräns mellan högre sannolikhetsvärden i söder och lägre värden i norr. För att utesluta att detta är en modelleringsartefakt har vi utrett frågan med personer som arbetat med inrättande av skyddade skogar i Dalarnas, Värmlands, Västmanlands och Örebro län under lång tid. Arbetet med att skapa grön infrastruktur genom formellt skydd och frivilliga avsättningar görs länsvis, och fokuserar på de områden som har högst naturvärden. I vart och ett av dessa län finns tydliga gradienter från längre och intensivare skogsbrukshistoria i söder än i norr. Detta gör att sannolikheten för att skogar med högre naturvärde är störst i varje läns mest avlägsna periferi. Kontrasten mellan de två mellersta analysregionerna är alltså ingen artefakt av modellens uppdelning i regioner, utan ett resultat av prioriteringar av reservatsbildning under lång tid i de olika länen. Vår tolkning är också, när vi jämfört med en gemensam modell för hela Sverige, att extremvärden (höga och låga relativa sannolikheter) är jämförbara mellan delmodellerna men att det är större skillnader mellan delmodellerna i de intermediära sannolikhetsklasserna.

Kvalitativ extern validering

Under 2023 genomfördes möten med avnämare (myndigheter, skogsbolag och ideell naturvård) för att få information om hur kvalitén på NVK Skogs skattningar av skog med höga naturvärde uppfattas av personer med lokal och regional expertkunskap. Genomgående ansåg deltagarna att NVK Skog generellt sett identifierar samma eller liknande områden som de själva identifierat som skogar med höga naturvärden. Dock ser man att vissa specifika skogstyper, som glesa tallskogar, kalkbarrskogar, stadsnära skogar, långsträckta områden med stor andel kantzoner, inte fullt ut fångas av NVK Skog. Dessa avvikelser har sannolikt delvis sin grund i underliggande träningsdata (kända värdekärnor) där vissa mer sällsynta skogstyper som beror av markkemi (som kalkbarrskog i Jämtland) eller jordarter (som sandtallskog på Gotland) inte avspeglas.

En speciell problematik verkar finnas kring skog på öar och isolerade skogsfragment. Här går åsikterna något isär bland konsulterade praktiker/expertter. För vissa områden verkar NVK Skog missa höga kända naturvärden (låga sannolikheter) medan i andra fall så ger NVK Skog höga sannolikheter för områden med relativt låga kända naturvärden. Samtidigt verkar NKV Skog i vissa regioner fungera väl både för skog på öar och isolerade skogar på land. Sannolikt påverkas skattningarna för små isolerade skogsbestånd av att det omgivande landskapet för dessa är mer heterogent än i områden med större andel skog vilket leder till större osäkerhet i skattningen av sannolikhet för värdekärna. Här kan eventuellt också uppstå en effekt av att hektarsytor med mindre än 50 % skog inte ingått i modelleringen. Sammantaget illustrerar detta behov att kombinera NVK Skog med andra datakällor som jordart, ståndort, och andra skogliga marktäckedata.

Möjligheter och begränsningar

Förutom att utgöra extern kvalitativ värdering av NVK Skog så var syftet med de möten som genomfördes under 2023 också att identifiera potentiella användningsområden av NVK Skog. I detta avsnitt sammanfattas dessa, men även begränsningar som framkommit.

Användningsområden

Analyser av representativa skogstyper som gröna infrastrukturer

Ett viktigt användningsområde relaterar till länens arbete med att identifiera landskap med goda förutsättningar för en funktionell grön infrastruktur för olika representativa skogstyper. De täthetsanalyser som ligger till grund för identifiering av värdestrakter kan stärkas med hjälp av NVK Skog och leda till både uppdateringar av befintliga värdestrakter och potentiellt till att lokalisera värdefulla områden som idag inte ingår i kända värdestrakter. På så sätt kan prioritering av skog lämplig för framtida områdesskydd identifieras och bidra till att bygga mer funktionella nätverk av skyddad skog.

Kopplat till identifiering av värdestrakter finns också ett behov av att genomföra konnektivitetsanalyser på regional nivå. Ett flertal analysverktyg finns idag tillgängliga, som till exempel habitatmodeller (Angelstam m.fl. 2020). Ett uppenbart användningsområde för NVK Skog är att använda den för att modellera förekomsten av livsmiljöer för enskilda arter. Genom kunskap och antaganden om arealkrav och spridningsförmåga kan olika landskapsutsnitt analysera i förhållande till deras förmåga att upprätthålla livskraftiga populationer. NVK Skog har redan framgångsrikt använts för analys av tretåig hackspett (Orlikowska & Mikusiński 2024) och där resultaten påverkat skogsbruksplanering (Aronsson 2023). Med ökande information om väl valda fokusarters habitatkrav utgör denna typ av analyser potentiellt ett kraftfullt verktyg för att ta fram planeringsunderlag för artbevarande. Andra metoder för konnektivitetsanalyser är nätverksanalyser (Bovin m.fl. 2017) och Circuitscape-analyser (McRae m.fl. 2008, Svensson m.fl. 2020). Dessa verktyg kräver information om både befintliga och potentiella områden med höga naturvärden. Genom att inkludera skogar med olika nivå av sannolikhet för värdekärna kan graden av befintlig konnektivitet skattas och viktiga områden, noder, för regionala funktionella nätverk identifieras.

Grön infrastrukturplanering över länsgränserna

Baserat på de exempel vi fått från representanter från flera Länsstyrelser så är överensstämmelse mellan modellen och identifierade värdestrakter god. På samma sätt som för skyddade områden så är sannolikhetsvärdena högre inom länens

värdeetrakter än utanför. Länens arbete med grön infrastruktur har dock oftast skett inom respektive län och utifrån de data och metoder samt de resurser som funnits tillgängliga. NVK Skog bidrar däremot med underlag som utgår ifrån nationella, heltäckande data, objektivt och systematiskt analyserade. Detta innebär att modellen inte analyserar länsspecifika teman, men bidrar med ett underlag som ger gemensamma planeringsförutsättningar för ett länsövergripande arbete för bevarande av skog med höga naturvärden. NVK Skog kan därför användas för att kalibrera länens värdeetrakter och planer.

Underlag för fältinventeringar

Naturvårdsinsatser kräver god kännedom om verkliga naturvärden och dessa kan i praktiken bara säkerställas genom inventeringar. Inventeringar är dock resurskrävande och för planering av dessa krävs någon form av underlag. Här kan NVK Skog bidra med en första screening av områden som har hög sannolikhet för att utgöra värdekärna och därmed stödja prioritering av fältinventeringar. Omvänt är inte inventeringar i områden med låga sannolikheter för värdekärna lika motiverade.

Underlag för naturrestaurering

Restaurering är i dagsläget en växande fråga genom EU:s planerade restaureringslagsstiftning och de globala målen som satts inom konventionen för biologisk mångfald. Detta innebär höjda ambitioner att stärka både biologisk mångfald och ekosystemens resiliens genom restaurering. Det är dock avgörande att rätt åtgärder utförs på rätt plats i landskapet. Här kan NVK Skog bidra genom att skog med intermediär till hög sannolikhet för befintliga naturvärden har identifierats och därmed kan deras bidrag till konnektivitet till skog med kända naturvärden analyseras. Sådana skogar kan ses som potentiella ”konnektivitetsskogar” och utgöra en utgångspunkt för restaurering. Som ett exempel har konnektivitetsskogar analyserats i Vindelälvens avrinningsområde och med fokus på möjligheten att stärka funktionella nätverk för olika skogstyper (Wang 2023).

Områden lämpade för alternativa skogsbruksformer

På samma sätt som för restaurering finns idag ett ökande intresse för alternativa skogsbruksformer utöver trakthyggesbruk. Även om dessa primärt har produktionsmål i fokus eller med fokus på produktion som en del i ett mångbruksfokus, så kan de bidra till en bättre status för olika aspekter av biologisk mångfald på landskapsnivå (Angelstam m.fl. 2022). Här utgör rumslig planering en del i att optimera nyttan av hyggesfritt skogsbruk, kontinuitetsskogsbruk och naturnära skogsbruk (EC 2023, Skogsstyrelsen 2023) och där NVK Skog bidrar med viktig information om det omgivande skogslandskapet.

Kvalitetssäkring av frivilliga avsättningar

Inom skogsbruket pågår fortlöpande ett arbete med att kvalitetssäkra frivilliga avsättningar. Som ett viktigt led för att uppfylla certifieringskraven ingår att skydda de områden som har höga naturvärden inom ramen för det arealkrav som satts. Här kan NVK Skog bidra med information om områden som idag inte är fullt kända och som genom fältinventering kan visa sig ha högre värden än de områden som i dagsläget har avsatts.

Kontroll inför/av avverkningsanmälningar

Skogar med höga befintliga naturvärden ska, enligt lag och baserat på åtaganden inom skogscertifieringen, inte avverkas. Skogsstyrelsen har som ansvarig myndighet en skyldighet i samband med avverkningsanmälningar att tillse att avverkning inte sker i skogar med höga naturvärden. Myndighetens resurser är dock begränsade och här kan NVK Skog ge information om vilka områden som behöver granskas närmare. Samtidigt har delar av den ideella naturvärden använt avverkningsanmälningar som ett verktyg för att på ideell basis bidra till att hindra avverkningar av värdefulla områden. Även för dessa utgör NVK Skog ett potentiellt verktyg.

När en avverkning planeras ligger det ett ansvar enligt miljöbalken hos den enskilda markägaren att ha kännedom om befintliga naturvärden. Samtidigt så sker en stor del av avverkningarna på initiativ av virkesköpare och som förväntas agera under de riktlinjer som finns inom certifieringen. För bägge dessa aktörer kan NVK Skog bidra med en signal om att en planerad avverkningstrakt kan ha höga naturvärden, och därmed begränsa risken för att i processen hamna i en situation där en avverkningsanmälan avslås.

Områden mer lämpade för skogsbruk

Även om huvudsyftet med NVK Skog är att identifiera områden med potentiellt höga naturvärden så kan NVK Skog också ses som ett underlag för att identifiera områden som är mer lämpade för skogsbruk, där till exempel naturvärdena är begränsade och förutsättningar för restaurering är små. En stor andel av det svenska skogslandskapet har en historia av långt och intensivt brukande – en form av brukande som även framöver kommer att vara viktigt för skogsnäringen. I NVK Skog identifieras också områden som har låg sannolikhet att utgöra värdekärna och som inte finns geografisk inom områden med hög täthet av värdekärnor. Här utgör ett fortsatt brukande sannolikt ett mindre problem för bevarandet av befintliga naturvärden. Samtidigt bör även skog med jämförelsevis låga sannolikhetsvärden beaktas i intensivt brukade skogslandskap då de lokalt kan vara värdefulla för skydd, restaurering eller aktuella för alternativa skogsbruksmetoder. Man bör dock notera att även skogar med låga sannolikheter för värdekärna kan ha andra värden som bör beaktas. Till exempel tätortsnära skogar viktiga för rekreation och andra sociala värden utöver artbevarande.

Planering och analys av forskningsstudier

Den landskapsekologiska forskningen är omfattande och med ett stort fokus på att analysera landskapets betydelse för bevarande av biologisk mångfald. För dessa studier finns ett stort behov av landskapstäckande information. Här kan NVK Skog både bidra i samband med design och planering av studier samt användas för som en variabel vid analys av erhållna empiriska data. Av stor vikt är här att landskapet kan ses i olika rumsliga skalor vilket har betydelse då olika arter sannolikt reagerar på fragmentering i relation till deras spridningsförmåga.

Begränsningar

NVK Skog ger inte en skattning naturvärden i sig utan är en modell som beskriver den relativa sannolikheten att ett skogsområde skulle ha klassats som värdekärna i samband med fältinventering. Det är också viktigt att notera att ett givet sannolikhetsvärde i en region inte direkt bör jämföras med samma värde i en annan region då de fyra delmodellerna är oberoende av varandra. Dock bekräftar den globala modellen för hela landet att det i huvudsak är samma variabler som bidrar till sannolikhet för värdekärna. De ingående variablerna i modellerna har förklarande förmåga men ska självfallet inte tolkas som direkta orsakssamband utan speglar mönster som sammanfaller med förekomst av värdekärna.

NVK Skog har tagits fram som en generell modell för alla typer av skog och inte byggts för specifika skogstyper. Det innebär att den skattade sannolikheten för värdekärna kan skilja mellan olika skogstyper oberoende av faktiska naturvärden. För praktisk användning av NVK Skog bör därför olika skogstyper studeras och analyseras separat och här utgör NMD och andra rumsliga data (träslag, ståndort, m.m.), och för norra Sverige K-skogsskiktet, relevanta kompletterande underlag.

Man bör notera i samband med rumsliga analyser att de arealer som ingår i ”temporärt ej skog” i NMD, och vilka saknar skattade sannolikheter i NVK Skog, inte utgörs av värdekärna. Om kvantitativa analyser görs, bör dessa områden betraktas som att de i praktiken har en skattad sannolikhet av noll och inte som arealer där data saknas. Detta illustreras av det exempellandskap i Västerbotten som presenteras i Figur 5.

Modelleringen bygger på skog som identifierats som skoglig värdekärna (träningsdata) och vissa mer ovanliga skogstyper är sannolikt underrepresenterade i träningsdata. För dessa är statistiskt starka skattningar av sannolikheten för värdekärna svåra att erhålla. De diskussioner som genomförts med ett stort antal avnämare pekar till exempel på att glesa skogar, skogar med speciella markförhållanden (sandtallskog, kalkbarrskog), tätortsnära skogar och smala långsträckta skogsområden och små öar inte fullt ut fångas av modelleringen.

Målet med modelleringen har främst varit att identifiera större områden med koncentrationer av hektarsytor med hög sannolikhet att vara värdekärna. Det är rimligt att anta att NVK Skog fångar områden på mer än 10 hektar med stor precision, men att NVK Skog ska användas med viss försiktighet på mindre skala. Samtidigt ska inte enstaka hektarsytor med hög sannolikhet automatiskt förbises då de mycket väl kan ha höga eller jämförelsevis höga naturvärden.

Modelleringen bygger på de rumsliga data som fanns tillgängligt vid modelleringstillfället, baserat på värdkärnor kända 2016 (med vissa tillägg), och med geografiska data som var relevanta för svensk skog under perioden 2018–2020. Det innebär att förändringar som skett efter dessa år inte ingår i modelleringen. Detta har sannolikt liten betydelse för de skattningar som erhållits men ett antal områden med höga sannolikheter för att vara värdekärna har troligen avverkats efter 2018. Detta innebär att NVK Skog måste kompletteras med information om avverkningar under senare år. Modelleringens konstruktion är dock sådan att den kan relativt enkelt uppdateras om nya relevanta geografiska data blir tillgängligt (prediktiva variabler) och om ny kunskap om befintliga skogar med höga naturvärden tillkommer (träningsdata). Modellen, som verktyg, kan också tillämpas för enskilda län och lokalt med särskilda data som är specifikt intressanta och heltäckande för det utvalda området.

Förhoppningar

Under projekttiden när vi arbetat fram NVK Skog har vi haft med oss Sten Selanders citat nedan som en reflektion kring det svenska skogslandskapet:

”Någonstans bör dock framtidens svenskar kunna få en bild av Forntidssverige, det vill främst säga den forna svenska skogen. Inte minst av det skälet måste vi bevara alla rester av urskog och något så när ursprunglig naturskog som inte ligger för långt bort från väg och bygd. De är inte bara kuriositeter; de är svensk historia” (Selander 1957: 261)

Nu snart 70 år senare är Selanders anmodan än mer aktuell. Vi hoppas att vi med NVK Skog har gett ett bidrag till bevarandet av Sveriges kvarvarande naturskogar och att den kommer att användas av alla de som på ett eller annat sätt också kan bidra till arbetet med att uppnå fastställda nationella och internationella miljömål. Vi hoppas också att den bidrar till att balansera miljöaspekter och ett fortsatt aktivt skogsbruk. NVK Skog är en modell och som kanske inte träffar helt rätt överallt, men är den första heltäckande modellen för skog med höga naturvärden, och ett nytt geografiskt verktyg som ger bättre underlag och bättre förutsättningar för landskapsplanering och operativa beslut.

Tack

Denna rapport utgör resultatet av det kommunikationsprojekt som Naturvårdsverket finansierat efter att forskningsprojektet ”Bättre sent än aldrig” slutfördes 2022 (Jonsson m.fl. 2022). Vi vill tacka handläggare och följare på Naturvårdsverket för deras stora engagemang, intresse och bidrag till detta arbete. Vi riktar också ett stort tack till alla de från andra myndigheter, skogsbolag och den ideella naturvården som under 2023 har bidragit med värdefulla synpunkter på NVK Skog. Med era kritiska och konstruktiva kommentarer har NVK Skog kvalitetssäkrats och kan tillgängliggöras på ett sätt som underlättar dess användbarhet.

Referenser

- Ahlkrona E., Giljam, C., Wennberg, S. 2017. Kartering av kontinuitetsskog i boreal region. Metria AB på uppdrag av Naturvårdsverket, Stockholm, Sweden.
- Angelstam, P., Manton, M. 2021. Effects of forestry intensification and conservation on green infrastructures: A spatio-temporal evaluation in Sweden. *Land* 10:531.
- Angelstam, P., Manton, M., Green, M., Jonsson, B.G., Mikusiński, G., Svensson, J., Sabatini, F. M. 2020. Sweden does not meet agreed national and international forest biodiversity targets: a call for adaptive landscape planning. *Landscape and Urban Planning* 202: 103838.
- Angelstam, P., Asplund, B., Bastian, O., (...), Öster L. 2022. Tradition as asset or burden for transitions from forests as cropping systems to multifunctional forest landscapes: Sweden as a case study. *Forest Ecology and Management*, 505: 119895.
- Aronsson, N. 2023. Modell för hackspett räddar skog. *Vår Fågelvärld* 1:2023, 46–50.
- Bovin, M., Näsström, R., Ahlkrona, E., Wennberg, S., Naumov, V. 2017. Landskapsanalys av skogliga värdekärnor i boreonemoral och nemoral region. Metria AB på uppdrag av Naturvårdsverket.
- Breidenbach, J., Ellison, D., Petersson, H., Korhonen, K.T., Henttonen, H.M., Wallerman, J., Fridman, J., Gobakken, T., Astrup, R., Næsset, E. 2022. Harvested area did not increase abruptly—how advancements in satellite-based mapping led to erroneous conclusions. *Annals of Forest Science* 79: 2.
- Bubnicki, J.W., Angelstam, P., Mikusiński, G. Svensson, J. & Jonsson, B.G. 2024. The conservation value of forests can be predicted at the scale of 1 hectare. *Communications Earth & Environment*, 5: 196.
- Cutler, D.R., Edwards Jr, T.C., Beard, K.H., Cutler, A., Hess, K.T., Gibson, J., Lawler, J.J. 2007. Random Forests for Classification in Ecology. *Ecology* 88, 2783–2792.
- EC, 2023. Guidelines on Closer-to-Nature Forest Management. Commission staff working document. SWD (2023) 284 final. Brussels.
- Fawcett, T. An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters* 27: 861–874.
- Iwarsson Wide, M. 2022. Nya värdekedjor från skogen. Klimatkompensation och ekologisk kompensation. Skogforsk, Arbetsrapport 1113-2022
- Jonsson, B.G, Angelstam, P., Bubnicki, J., Mikusiński, G., Svensson, J. 2022. Bättre sent än aldrig – indikatorer för skogslandskapets gröna infrastruktur. Naturvårdsverket, Rapport 7083.
- Jonsson, B.G, Svensson, J., Mikusiński, G., Manton, M., Angelstam, P. 2019. European Union's last intact forest landscape is at a value chain crossroad between multiple use and intensified wood production. *Forests*, 10:564
- McRae, B.H., Dickson, B.G., Keitt, T.H., Shah, V.B. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology* 89:2712–2724.

- Mikusiński, G., Orlikowska, E.H., Bubnicki, J., Jonsson, B.G., Svensson, J. 2021. Strengthening the network of high conservation value forests in boreal landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8: 595730.
- Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen, 2017. Skogliga värdekärnor i Sverige – sammanfattande beskrivning av dataurval och nuläge 2015–2016 Bilaga 2a till Naturvårdsverkets och Skogsstyrelsens redovisning av regeringsuppdrag om Värdefulla skogar 2017-01-30.
- Nilsson, M., Ahlkrona, E., Jönsson, C., Allard, A. 2020. Regionala jämförelser mellan Nationella Marktäckedata och fältdata från Riksskogstaxeringen och NILS. SLU, Umeå och Metria, Stockholm.
- Orlikowska, E., Mikusiński, G. 2024. Habitatmodellering av tretåig hackspett i Sverige – teknisk rapport. https://www.researchgate.net/publication/377760677_Habitatmodellering_av_tretaig_hackspett_i_Sverige_-_teknisk_rapport
- Palahí, M., Valbuena, R., Senf, C. (...) Nabuurs, G.-J. 2021. Concerns about reported harvests in European forests. *Nature* 592: 7859.
- SCB, 2023. Skyddad natur 2022-12-31 MI 41 2022A01-
- Selander, S. 1957. Det levande landskapet i Sverige. Bokskogen, Göteborg, nytryckning 1987.
- Skogsstyrelsen, 2022. Levande skogar. Fördjupad utvärdering 2023. Skogsstyrelsen Rapport 2022/12.
- Skogsstyrelsen 2023. Förutsättningar för hyggesfritt skogsbruk och definition av naturnära skogsbruk i Sverige. Rapport 2023/16.
- Svensson, J., Bubnicki, J.W., Jonsson, B.G., Andersson, J., Mikusiński, G. 2020. Conservation significance of intact forest landscapes in the Scandinavian Mountains Green Belt. *Landscape Ecology* 35: 2113–2131.
- Svensson, J., Angelstam, P., Mikusiński, G., Bubnicki, J.W., Jonsson, B.G. 2021. Det fjällnära skogslandskapets stora och många värden. I: H. Tunón, K. Sandell (red). *Biologisk mångfald, naturnyttor, ekosystemtjänster. Svenska perspektiv på livsviktiga framtidsfrågor. CBMs skriftserie 121. SLU Centrum för Biologisk Mångfald, Uppsala & Naturvårdsverket, Stockholm.*
- Svensson, J., Bubnicki, J.W., Angelstam, P., Mikusiński, G., Jonsson, B.G. 2022. Spared, shared and lost – Routes for maintaining the Scandinavian Mountain foothill intact forest landscape. *Regional Environmental Change*. 22:31.
- Svensson, J., Mikusiński, G., Jonsson, B.G. 2019. Det boreala skogslandskapets gröna infrastruktur. Naturvårdsverket rapport 6910.
- Undin, M., Atrena, A., Carlsson, F., Edman, M., Jonsson, B.G., Sandström, J. 2022. To what extent does surrounding landscape fragmentation explain stand level occurrence of conservation relevant species in boreal and hemi-boreal forest? – a systematic review protocol. *Environmental Evidence*, 11: 32.
- Wang, X. 2023. Identification of restoration hotspots in landscape-scale green infrastructure planning based on model-predicted connectivity forest. Master-upsats, Lunds Universitet.

Bilaga: Användarinformation – NVK Skog

Inledning

Naturvärdeskarta Skog (NVK Skog) är en rumsligt heltäckande modellering av den relativa sannolikheten för förekomst av värdekärna i svensk skog. Syftet är att tillhandahålla ett underlag för planering av naturvård på landskapsnivå. Modelleringen har utförts under 2021–2023 som en del av ett projekt finansierat av Naturvårdsverket (se Jonsson m fl. 2022).

NVK Skog består av en tematisk klass baserat på en modellering av fyra delregioner i Sverige; Nordboreal-, Sydboreal-, Hemiboreal- och Nemoral region. Den tillhandahålls med 100 × 100 meters upplösning, d.v.s. med en karteringsenhet på 1 hektar.

Produktbeskrivning

NVK Skog beskrivs mer ingående i rapporten Jonsson m.fl. 2024 där denna användarinformation ingår som bilaga.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Geografiskt referenssystem | Sweref 99 TM |
| Dataformat | GeoTiff (tif) |
| Legender | Den relativa sannolikheten anges som en kontinuerlig variabel med värden från 0 till 100. |
| Aktualitet | Träningsdata för modellering utgörs av Naturvårdsverkets databas för skogliga värdekärnor fram till 2016 kompletterat med fältinventeringar som gjordes 2019 och 2020. Förklarande variabler har laddats ner från öppna datakällor under april 2022, (se tabell 1 med tillhörande text i Jonsson m.fl. 2024) men ska tolkas som gällande till 2020. |
| Geometrisk noggrannhet | På skalan 1 hektar och omfattar all skogsmark där den enskilda hektarsytan omfattar minst 50 % skog enligt FAO:s definition av skogsmark (trädhöjd >5 m och krontäckning >10 %). |
| Skattningarnas noggrannhet | Den skattade relativa sannolikheten för värdekärna har bedömts med hjälp av korsvalidering och där noggrannheten är mycket hög och varierar mellan 0,89–0,90 (ROC baserad AUC) för respektive delregion. Se Jonsson m.fl. (2024) för beskrivning av valideringen. |
| Tillgänglighet | NVK Skog finns tillgänglig på Svensk Nationell Datatjänst (SND) (https://doi.org/10.5878/wa6j-4b84). |

Kvalitativ bedömning av noggrannhet

NVK Skog är modellerad för all skogsmark och baseras inte på enskilda skogstyper. Någon fullständig utvärdering av hur kvalitén varierar mellan skogstyper har inte varit möjlig att göra, men baserat på dialog med experter och modellen uppbyggnad noterar vi följande riktlinjer

- NVK Skog uttrycker den relativa sannolikheten för höga naturvärden per hektaryta.
- För de dominerande skogstyperna och för större sammanhängande områden (>10 hektar) är NVK Skog tillförlitlig. För mindre och isolerade områden bör NVK Skog användas med viss försiktighet. NKV skogs huvudsakliga användningsområde är att identifiera större sammanhängande områden på lokal och regional landskapsnivå.
- Skog på speciella ståndorter där naturvärden är kopplade till markförhållanden (bördighet, jordart, grundvattennivå) snarare än befintlig skogsstruktur skattas inte specifikt av NVK Skog. Detta inkluderar exempelvis landhöjningsskogar, sandtallskogar och kalkbarrskogar.
- Även för lågvuxna glesa skogar på lågproduktiv mark har skattningarna sannolikt lägre noggrannhet.
- I kraftigt fragmenterade skogar och med stor andel kantområden, fångas inte effekten av det omgivande landskapet på samma sätt som för mer sammanhängande skog. Sådana är till exempel långsträckta smala skogsområden längs vattendrag, skog på öar, små skogar i jordbrukslandskap och stadsnära skogar. Dessa förhållanden påverkar precisionen i skattningarna.

Kompletterande geografiska underlag

För praktisk användning kan NVK Skog med fördel kompletteras med annan geografisk information.

- Nationellt marktäckedata (NMD) innehåller information förekomst av olika skogstyper (7 klasser och uppdelat på fastmark och våtmark) vilket möjliggör kompletterande analyser. Det bör noteras att NMD-klassen temporärt ej skog inte ingår i modelleringen eftersom den relativa sannolikheten för värdekärna bör betraktas som obefintlig.
- Då NMD beskriver temporärt ej skog (inklusive hyggen) till och med 2018 bör senare års avverkningar beaktas. Information om dessa kan hämtas från Skogsstyrelsen.
- För norra Sverige utgör informationen om förekomst av kontinuitetsskogar (Ahlkrona m.fl. 2017) ett viktigt komplement och med specifik betydelse för områden nedom den fjällnära skogsgränsen.

Utöver dessa underlag finns flera andra som kan ge kompletterande information. Detta inkluderar bland annat historiska kartunderlag, markkemi, jordarts- och berggrundskarтерingar, förekomster av hotade och rödlistade arter.

Referenser

Ahlkrona E., Giljam, C., Wennberg, S. 2017. Kartering av kontinuitetsskog i boreal region. Metria AB på uppdrag av Naturvårdsverket, Stockholm, Sweden.

Jonsson, B.G., Angelstam, P., Bubnicki, J.W., Mikusiński, G., Svensson, J. 2022. Bättre sent än aldrig – indikatorer för skogslandskapets gröna infrastruktur. Naturvårdsverket, rapport 7063.

Jonsson, B.G., Angelstam, P., Bubnicki, J.W., Mikusiński, G., Svensson, J., Undin, M. 2024. Naturvärdeskarta Skog: En sannolikhetsmodell för naturvärden på skogsmark. Naturvårdsverket, rapport 7136.

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Naturvärdeskarta Skog: En sannolikhetsmodell för naturvärden på skogsmark

För att planera naturvård i skogen måste vi ha kunskap om skogen. Stora och sammanlänkande naturskogsområden saknas i ett skogslandskap som huvudsakligen präglas av likåldriga bestånd. Därför behöver vi kunna identifiera isolerade fragment av kvarvarande skog med höga naturvärden.

Rapporten beskriver en modellering, NVK Skog, av den relativa sannolikheten för förekomst av värdekärnor i det svenska skogslandskapet. Modelleringen baseras på kända värdekärnor och använder 125 oberoende variabler från öppet tillgängliga geografiska datakällor och skattar sannolikheten för enskilda hektarsytor på 22 miljoner hektar skog.

NVK Skog bidrar med fördjupad förståelse av det svenska skogslandskapet och tillsammans med andra geografiska underlag underlättar naturvårdsplanering på landskapsnivå. Syftet är att bidra med landstäckande skattningar av sannolikheten för förekomst av skog med höga naturvärden.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag som finansierar forskning till stöd för Naturvårdsverkets och Havs- och vattenmyndighetens kunskapsbehov.