Ekologiska analyser av skogar och våtmarker i Norrbottens län

Nya metoder för täthetsanalyser och ekologisk konnektivitet

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Länsstyrelsen
Norrbotten

Titel:	Ekologiska analyser av skogar och våtmarker i Norrbottens län. Nya metoder för tät-hetsanalyser och ekologisk konnektivitet i stor skala
Författare:	Tina Nilsson, Länsstyrelsen i Norrbottens län, Oskar Englund, Mittuniversitetet
Utgivningsår:	2024

Förord

Denna rapport är resultatet av ett samarbete mellan Länsstyrelsen i Norrbottens län och Mittuniversitetet. Den är en del av Länsstyrelsen i Norrbottens arbete med Grön infrastruktur. Arbetet har huvudsakligen finansierats via medel som tilldelats Länsstyrelsen i Norrbotten från Naturvårdsverket till insatser för Grön infrastruktur.

Delar av resultaten kan användas som kunskapsunderlag vid exempelvis planering och naturskyddsarbete. Om resultaten följs upp vid ett senare tillfälle kan de även användas till att se hur landskapet förändras över tid som underlag för miljöövervakning av landskapet.

Mittuniversitetet, Oskar Englund, har utfört samtliga analyser som presenteras. Länsstyrelsen i Norrbotten har tillsammans med Mittuniversitetet sammanställt denna rapport.

Innehåll

Förord **3**

Sammanfattning **6**

Varför gör vi analyser? **8**

Var finns det skogar med höga naturvärden? **9**

Vad är höga naturvärden i skog? 9

Underlag för analyserna **10**

Underlag för att avgränsa markslag 10

Analys av tätheter av skogar med höga naturvärden **11**

Underlag för att avgränsa skog med höga naturvärden 11

Test av olika täthetsanalyser 12

Olika sökradier 13

Olika andelar skoglig värdekärna 14

Resultat av täthetsanalysen 15

Brister i analyserna av tätheter av värdekärnor i skog 17

Begränsningar som beror på dataunderlag 17

Fel som beror på brister i metoden 18

Konnektivitetsanalys för skogar med höga naturvärden **20**

Vad är tanken som ligger till grund för analysen? 20

Resistansvärden 21

Gruppen skyddad skog, övriga värdekärnor och k-skogar 22

Gruppen skog på våtmark 22

Gruppen övrig öppen mark 22

Gruppen skog 23

Gruppen åkermark, nyligen avverkad skog samt kraftledningsgator 23

Gruppen exploaterad mark och vatten 23

Gruppen tätorter 23

Fokalpunkter 23

Storleken är viktig 24

Vad visar konnektivitetsanalysen av skog? 24

Brister i konnektivitetsanalysen av skog 25

Konnektivitetsanalys för våtmarker med höga naturvärden 26
Underlag för konnektivitetsanalysen av våtmarker 26
Resistans utifrån markfuktighet 27
Resistansvärden utifrån markslag och markanvändning 28
Gruppen våtmarker med höga naturvärden 29
Gruppen annan naturlig vegetation 29
Gruppen annan skog 29
Gruppen åkermark, nyligen avverkad skog samt kraftledningsgator 29
Gruppen exploaterad mark och vatten 29
Gruppen tätorter 29
Kombinerad resistans 30
Fokalpunkter 30
Vad visar konnektivitetsanalysen av våtmarker? 30
Brister i konnektivitetsanalysen av våtmarker 31

Hur kan analyserna användas? 33
Täthetsanalysen av skog som underlag 33
Konnektivitetsanalyserna av skog och våtmarker som underlag 33
Landskapet förändras snabbt 34

Möjligheter till uppdatering av analyserna 35
Tekniska detaljer och dokumentation 35

Kartskikt som tagits fram 36

Sammanfattning

Länsstyrelsen i Norrbottens län har samarbetat med Mittuniversitetet för att försöka få en tydligare bild av var skogar med höga naturvärden finns kvar i Norrbottens län och hur dessa är sammankopplade, det vill säga hur den ekologiska konnektiviteten ser ut. Vi har även tittat på konnektiviteten mellan våtmarker med höga naturvärden och ingen eller låg påverkan på hydrologin, enligt våtmarksinventeringen (VMI).

Arbetet är en del av Länsstyrelsen i Norrbottens arbete med Grön infrastruktur och ett underlag för framtida arbete med bevarande, restaurering och även uppföljning av förändringar i landskapet.

För att få en tydligare bild av sambanden har vi använt oss av befintligt underlag och befintliga metoder. I arbetet har det ingått en hel del metodutveckling då befintliga metoder inte varit möjliga att använda rakt av.

De metoder som använts är:

1. en täthetsanalys som visar var det finns områden som till stor del utgörs av skogar med höga naturvärden
2. en konnektivitetsanalys som visar vilken väg som det är mest troligt att en fiktiv art som föredrar naturskogar och skyr fysiska ingrepp helst skulle välja för att röra sig genom landskapet.
3. en konnektivitetsanalys som speglar förutsättningarna för en fiktiv art att röra sig mellan våtmarker med höga naturvärden och ingen eller låg påverkan på hydrologin. När den fiktiva arten rör sig söker den liknande livsmiljöer och markfuktighet samt skyr fysisk påverkan.

Resultaten av täthetsanalysen av skog visar att det fortfarande finns kvar tätheter av skogar med kända höga naturvärden längs hela fjällkedjan. De når som närmast kusten vid Granlandets naturreservat i de centrala delarna av länet. Inkluderas kontinuitetsskogar så faller fler tätheter ut. Här finns dock en osäkerhet kring skogarnas naturvärde, eftersom kontinuitetsskogar utanför kända värdekärnor enbart är flygbildstolkade.

Arter som är beroende av skogar med höga naturvärden behöver inte bara tillgång på habitat, alltså en tillräcklig täthet av livsmiljöer. De behöver även förutsättningar att röra sig mellan dessa, en tillräckligt stark konnektivitet, för att överleva på lång sikt. Konnektivitetsanalyserna visar troliga rörelsemönster i landskapet. De visar inte var konnektiviteten är högst i länet utan var konnektiviteten är högst inom det närmaste området.

Konnektivitetsanalysen av skog visar vilken väg som det är mest troligt att en fiktiv art som föredrar naturskogar och skyr fysiska ingrepp helst skulle välja för att förflytta sig genom landskapet. Analysen visar att konnektiviteten är påfallande stark i de fjällnära skogsområdena. Det syns även tydliga stråk genom fjälldalar över hela länet. Man kan dessutom tydligt utröna flertalet

skyddade områden, till exempel Muddus nationalpark och naturreservaten Reivo och Granlandet, samt hur konnektiviteten ser ut inom dessa områden.

Konnektivitetsanalysen av våtmarker speglar förutsättningarna för en fiktiv art att röra sig mellan våtmarker med höga naturvärden och ingen eller låg påverkan på hydrologin. Den fiktiva arten vill förflytta sig till en liknande miljö och väljer väg utifrån hur det ser ut i närområdet. Den begränsas därför av fysiska ingrepp i landskapet. Även här syns vissa tydliga mönster. Stråk av stark konnektivitet följer hydrologiska flöden över länet, i huvudsak i sydostlig riktning. Ett stort område med stark konnektivitet löper från naturreservatet Torneträsk-Soppero fjällurskog hela vägen till Överkalix. Ett annat stort område löper från söder om Torne träsk hela vägen till naturreservatet Granlandet. Ett tredje område utgörs av naturreservatet Pärlälvens fjällurskog och Udtja naturreservat.

När täthets- och konnektivitetsanalyserna kombineras kan vi få en bättre bild av var i landskapet det finns bättre eller sämre förutsättningar för långsiktig funktionalitet. Vi kan få en bild av vilka stråk som kan vara viktiga mellan skogar och våtmarker med kända värden. Samtidigt bör användaren vara medveten om att analyserna har begränsningar som både beror på underlagen och på metoderna.

Täthetsanalysen av skog är så pass tillförlitlig att den går att använda mer brett som planerings- och kunskapsunderlag av myndigheter och andra aktörer under förutsättning att användaren förstår hur analysen är gjord. I konnektivitetsanalyserna finns däremot för stora begränsningar både i dataunderlagen och metoden för att de ska vara användbara som ett tillförlitligt planeringsunderlag. Dessutom finns det i nuläget inga metoder för att på ett tillförlitligt sätt validera analyserna, vilket innebär att vi inte vet till vilken grad resultaten återspeglar den faktiska konnektiviteten i länet. Analyserna kan däremot utgöra ett bra underlag för den som är väl insatt i metoden och dess begränsningar.

Analyserna är möjliga att uppdatera med nya eller uppdaterade underlag. Det är även möjligt att justera själva metoderna allt eftersom vi får mer kunskap. Redan nu fungerar förmodligen metoden för konnektivitetsanalyserna bra i mer geografiskt begränsade områden där det finns mer detaljerade kartunderlag.

Kartunderlagen som tagits fram i analyserna har publicerats av Mittuniversitetet via Svensk Nationell Datatjänst.

Varför gör vi analyser?

Länsstyrelsen i Norrbottens län har samarbetat med Mittuniversitetet för att försöka få en tydligare bild av var skogar med höga naturvärden finns kvar i Norrbottens län och hur dessa är sammankopplade, ekologisk konnektivitet. Arbetet har varit fokuserat på skog, men vi har även tittat på konnektiviteten mellan våtmarker i länet.

Frågor vi försökt besvara är:

1. Var finns tätheter av skogar med höga naturvärden i länet?
2. Hur ser förutsättningarna ut för arter att röra sig mellan skogar med höga naturvärden?
3. Hur ser förutsättningarna ut för arter att röra sig mellan våtmarker med höga naturvärden?

Arbetet är en del av Länsstyrelsen i Norrbottens arbete med Grön infrastruktur och ett underlag för framtida arbete med insatser som bevarande och restaurering.

För att få en tydligare bild av sambanden har vi använt oss av befintligt underlag och befintliga metoder. I arbetet har det ingått en hel del metodutveckling då de befintliga metoderna inte varit möjliga att använda rakt av.

De metoder som använts är:

1. en täthetsanalys som visar var det finns områden som till stor del utgörs av skogar med höga naturvärden
2. en konnektivitetsanalys som visar vilken väg som det är mest troligt att en fiktiv art som föredrar naturskogar och skyr fysiska ingrepp helst skulle välja för att röra sig genom landskapet.
3. en konnektivitetsanalys som speglar förutsättningarna för en fiktiv art att röra sig mellan våtmarker med höga naturvärden och ingen eller låg påverkan på hydrologin. När den fiktiva arten rör sig söker den liknande livsmiljöer och markfuktighet samt skyr fysisk påverkan.

Var finns det skogar med höga naturvärden?

I Norrbottens län finns det fortfarande kvar stora sammanhängande områden med skogar med höga naturvärden i det fjällnära området. I dessa skogar har modernt skogsbruk inte bedrivits. Nedanför de fjällnära skogarna finns det bara kvar mindre, mer fragmenterade arealer skog med höga naturvärden. De finns ofta i höjdlägen eller i anslutning till våtmarksområden. Mindre fragment av denna typ av skogar finns även närmare kusten och i skärgården.

För att skogar med höga naturvärden ska bibehålla sina värden på längre sikt måste de finnas kvar tillräckligt stora arealer. Skogarna får heller inte blir för isolerade eller fragmenterade. I den här studien försöker vi identifiera var i länet det ännu finns förutsättningar för att bibehålla ett samband mellan skogar med höga naturvärden.

Vad är höga naturvärden i skog?

Det finns inte någon exakt definition av vad som är höga naturvärden. Det finns inte något heltäckande geografiskt underlag som visar exakt var alla skogar med höga naturvärden finns. Fortfarande hittar vi fler skogar med höga värden. Ofta identifieras först skogarna i flygbilder och därefter besöks de i fält. I den här studien ingår både skogar med höga värden som inventerats i fält och skogar som ännu enbart är flygbildstolkade.

I skogar med höga naturvärden som är inventerade i fält i är värdena dokumenterade och objekten har en bra avgränsning. Naturvärdet i dessa skogar ser olika ut beroende på vilken typ av skog det handlar om. Olika typer av skogar har olika livsmiljöer och därmed olika arter. Det alla skogar med höga naturvärden har gemensamt är en lång skoglig kontinuitet och därmed liten eller ingen påverkan av skogsbruk. Detta indikeras av de arter och strukturer som finns i skogen. Det som främst påverkat dessa skogar är naturliga störningar som brand eller stormfällningar. Skogarna kan vara sparsamt påverkade av äldre skogsbruk, men aldrig avverkade med moderna metoder.

Potentiella kontinuitetsskogar går att identifiera med hjälp av flygbilder från 1960-talet och framåt. Om skogar som inte bar spår av avverkning på 60-talet inte avverkats under senare tid, så är det troligt att de aldrig kalavverkats. I Norrbottens län verkar flygbildskarteringar av kontinuitetsskogar fungera bra jämfört med i övriga delar av landet. Det beror på att de flesta av våra skogar, speciellt inåt landet, växer jämförelsevis sakta. Avverkningar syns därför länge i flygbilderna. Därmed finns det förutsättningar för att skogarna kan ha låg påverkan av skogsbruk och höga naturvärden, men om de verkligen har det vet vi först om vi inventerar dem i fält. Kontinuitetsskogar i kustlandet och älvdalarna är troligen påverkade av skogsbruk i högre utsträckning än skogar längre västerut.

Underlag för analyserna

I analyserna använde vi kartunderlag som visar markslag, markanvändning, markfuktighet och naturvärden. Samtliga data som vi har använt i analyserna har projektionen SWEREF 99 TM.

Underlag för att avgränsa markslag

För att identifiera olika markslag användes Nationella marktäckedata (NMD) från 2018.[1] NMD består av en baskartering där markslagen delats in i olika klasser. Karteringen är i rasterformat med 10 meters upplösning och med en minsta karteringsenhet ned till 0,01 hektar. Skiktet från NMD:s baskartering har använts i analyserna.

Huvudklasserna i NMD är:

- Skog, klass 111–128
- Våtmark, klass 2
- Åkermark, klass 3
- Övrig öppen mark, klass 41–42
- Exploaterad mark, klass 51–53
- Vatten, klass 61–62

Markfuktighetsindex från NMD nyttjades som underlag för markfuktighet i konnektivitetsanalysen för våtmarker.

Vissa av klasserna, främst skog, har underklasser. En av underklasserna till skog är ”temporärt ej skog”, klass 118 och 128. Dessa klasser visar skog som nyligen har avverkats. Stora områden har dock avverkats sedan NMD producerades 2019. Vi identifierade därför all skog som har avverkats från det att NMD producerades till och med 2023-10-02 utifrån data från Skogsstyrelsen. Med hjälp av detta underlag skapades en ny markklass för nya avverkningar, som kallades klass 130.

Under arbetets gång noterades att en påtaglig del av marken under kraftledningar klassificeras som ”övrig öppen mark” eller någon form av skogsmark. Detta orsakade oönskade effekter i konnektivitetsanalyserna. Kraftledningsgator föll i flera fall ut som ekologiska korridorer, vilket vid en kvalitativ bedömning ansågs vara orimligt. Därför identifierade vi all mark inom 50 meter på var sida från en stamledning, 25 meter från en regionledning och 5 meter från en fördelningsledning och klassificerade det som “kraftledningsgata”, klass 54.[2]

[1] Nationella marktäckedata 2018 basskikt. Naturvårdsverket 2023

[2] Baserat på data från Lantmäteriet: Topografi 50 (ledningar). Kan ersättas med Topografi 10 (ledningar) vid uppdatering av analysen.

Analys av tätheter av skogar med höga naturvärden

För att hitta tätheter av värdekärnor av skog i landskapet gjorde vi täthetsanalyser utifrån befintliga underlag om skogar med kända naturvärden och potentiellt värdefulla skogar.

För att få fram ett totalskikt för all skogsmark som kunde användas i analyserna valdes alla klasser i NMD som motsvarar skogsmark ut, alla klasser över 110. I NMD utgörs skogsmark av all mark med en krontäckning över 10 procent och en trädhöjd överstigande 5 meter, eller mark som kan nå dessa värden. Därmed inkluderas även fjällbjörkskog och ungskogar.

Underlag för att avgränsa skog med höga naturvärden

För att identifiera skog med höga naturvärden, som fortsättningsvis kallas enbart värdekärnor, har vi använt följande underlag:

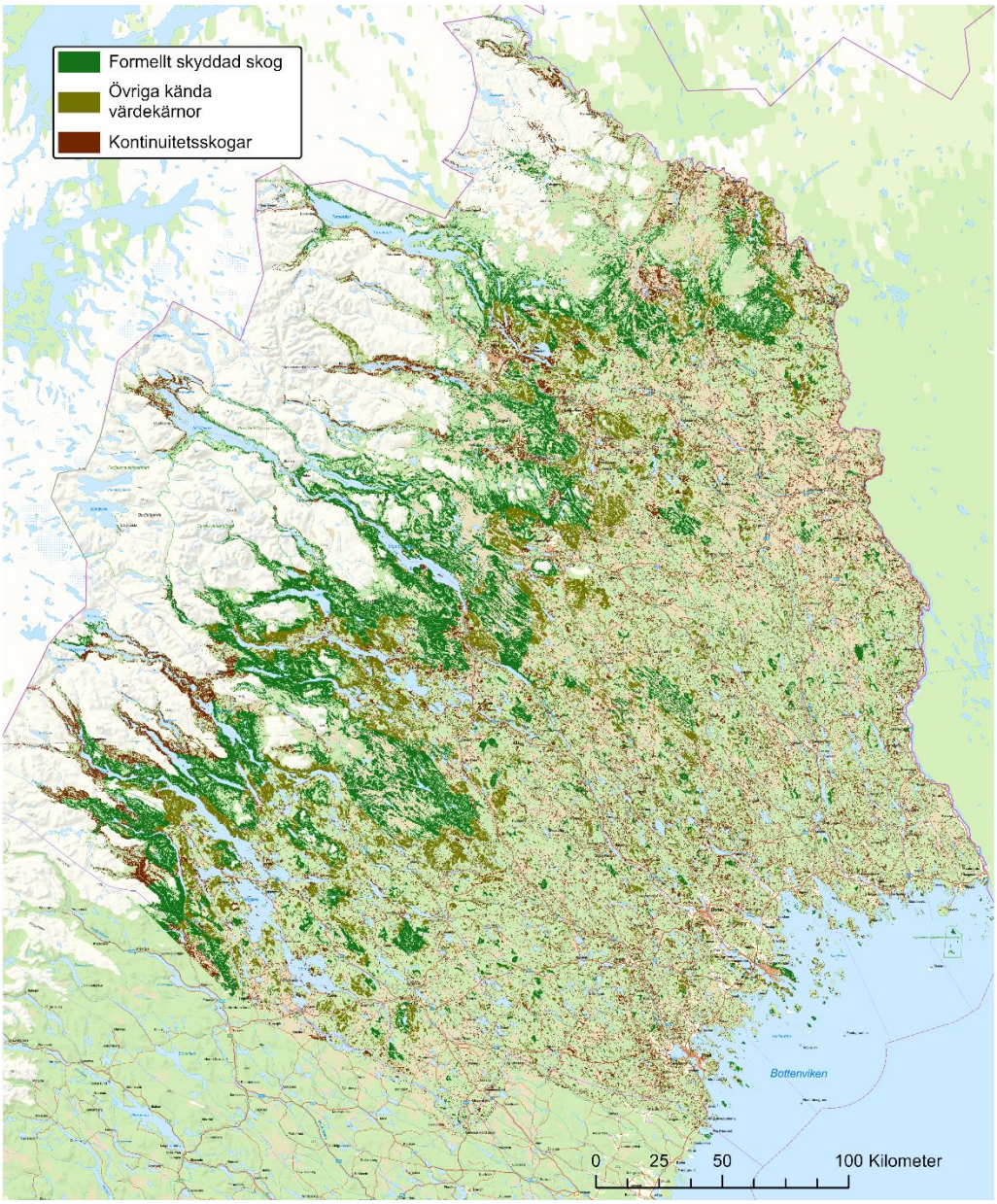
1. Formellt skyddad skog: Omfattar nationalparker, naturreservat, Natura 2000-områden (fågel- samt art- och habitatdirektivet), biotopskyddsområden och områden med naturvårdsavtal.
2. Övriga kända värdekärnor: Omfattar Länsstyrelsens kända värdekärnor från 2023 i kombination med nyckelbiotoper från Skogsstyrelsen och storskogsbruket från 2023.
3. Sannolik och potentiell kontinuitetsskog (k-skogsskiktet): Omfattar det kontinuitetsskogsskikt som Metria tagit fram för Norrbottens län år 2022, vilket inkluderar skogar som inte har några tecken på avverkning i flygfotografier från 1960-talet och heller inte senare fram till idag.[3] Analysen görs både med och utan dessa.

Underlagen finns redovisade i figur 1.

Från dessa tre underlag har all mark som inte definieras som skog och som är påverkad av avverkningar under senare tid exkluderats. Detta omfattar mark som ej är skogsmark enligt NMD, skogsmark som temporärt ej är skogsklädd enligt NMD, nyligen avverkad skog enligt data från Skogsstyrelsen fram till 2023-10-02 samt kraftledningsgator enligt tidigare beskrivning.

I analyserna har de tre ovan nämnda datakällorna inkluderats, men vi har även testat att exkludera k-skogsskiktet för att se skillnaden i utfallet. K-skogarna är generellt ett något osäkrare underlag då det enbart bygger på flygbildstolkning. Det finns även vissa fel i k-skogsskiktet, framför allt i anslutning till den fjällnära gränsen.

[3] PM (naturvardsverket.se)



Figur 1. Bilden visar de underlag som använts i analyserna för att avgränsa skog med höga naturvärden. Underlaget inkluderar formellt skyddad skog, övriga kända skogliga värdekärnor och kontinuitetsskogar enligt Metria. Avverkade ytor till och med år 2023 har exkluderats från underlagen.

Test av olika täthetsanalyser

Vi började med att undersöka hur tätheten av värdekärnor ser ut i landskapet i sin helhet. Då beräknades hur stor areal skogliga värdekärnor som finns inom en viss radie från varje enskild 10 meters pixel i hela Norrbotten, det vill säga inom sökfönstret. Sedan jämförs arealen värdekärnor inom sökfönstret med den totala markarealen för att få fram andelen värdekärnor i procent. Därefter identifierades sammanhängande områden av pixlar som har en hög andel värdekärnor i sitt närområde.

Nackdelen med denna metod är att den inte kan identifiera tätheter i mosaiklandskap där det finns många mindre värdekärnor. Även om all skog i ett skogs- och våtmarkslandskap utgörs av värdekärnor kan tätheten bli låg eftersom värdekärnorna utgör en liten del av den totala arealen i sökfönstret.

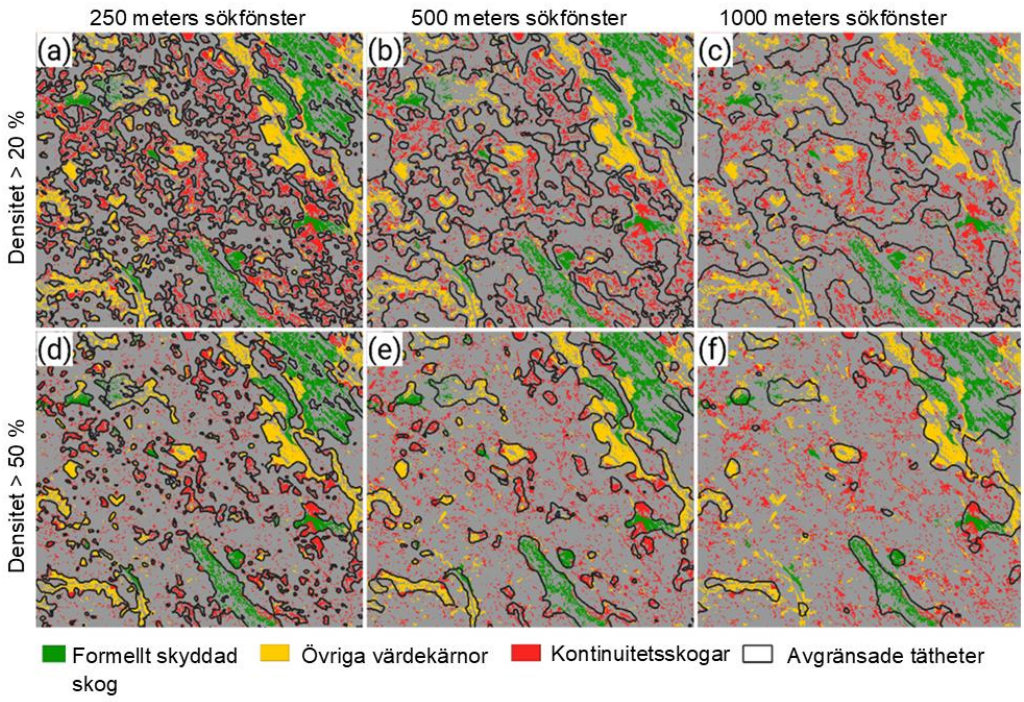
För att få en tydligare bild av hur tätheten av skogliga värdekärnor ser ut även i uppsplittrade skogsmarker gjorde vi i stället en analys som visar hur tätheten av skogliga värdekärnor ser ut i förhållande till den totala arealen skogsmark. Där jämfördes med andra ord arealen värdekärnor inom en viss radie från varje 10 meter pixel i Norrbotten med den totala skogsmarksarealen inom samma radie, i stället för den totala arealen mark som i analysen ovan. Det är denna analys vi valt att använda.

I analysen testades olika storlek på sökfönster och olika gränsvärden för täthet, alltså olika procent värdekärnor av total skogsmark, för att avgränsa sammanhängande områden. När dessa områden generades exkluderades mark som i NMD är klassificerad som hav, åkermark och exploaterad mark. Vägar och vattendrag inkluderades dock då det annars hade skapat många avbrott i de sammanhängande områdena. Analysen är gjord både med och utan kontinuitsskogar för jämförelse.

Olika sökradier

Vi genomförde analyser med sökfönster på 250, 500 och 1000 meter (figur 2). En mindre sökradie ger en betydligt högre precision. Nackdelen är att sammanhängande områden med hög täthet av skogliga värdekärnor blir väldigt många och små.

Fördelen med en större sökradie är att mindre områden klumpas ihop till större områden. Sådana områden inkluderar dock i många fall relativt stora områden som inte utgörs av värdekärnor. Ett för stort sökfönster medför dessutom att irreguljärt formade områden och smala stråk med skogliga värdekärnor, som är vanligt förkommande i exempelvis myrmosaiker, inte identifieras. I vissa fall leder stora sökradier till att områden som ligger mellan värdekärnor blir identifierade som tätheter. Vid en tillräckligt liten sökradie elimineras sådana effekter. Utifrån en kvalitativ analys av resultaten har vi valt att använda 250 meters sökradie.



Figur 2. Bilderna visar hur resultaten i täthetsanalysen påverkas av storleken på sökfönstret och gränsvärdet, det vill säga andel värdekärnor i relation till areal skogsmark i sökfönstret. Den variant som vi valt att använda är 250 meters sökfönster och 20 procents densitet, bild a.

Olika andelar skoglig värdekärna

När vi identifierar sammanhängande områden selekterar vi pixlar vars andel värdekärnor i förhållande till areal skogsmark, inom en radie på 250 meter överstiger ett visst gränsvärde. Vi har undersökt ett antal olika gränsvärden men tittat närmare på 20 respektive 50 procent.

Ett högre gränsvärde, 50 procent, innebär att vi identifierar områden med en relativt hög andel skogliga värdekärnor, vilket är önskvärt. Detta ger dessutom en god precision för avgränsning av homogena områden med värdekärnor. Nackdelen är att mindre områden med värdekärnor inte kan identifieras. Framför allt gäller detta små uppsplittrade värdekärnor eller smala stråk av värdekärnor.

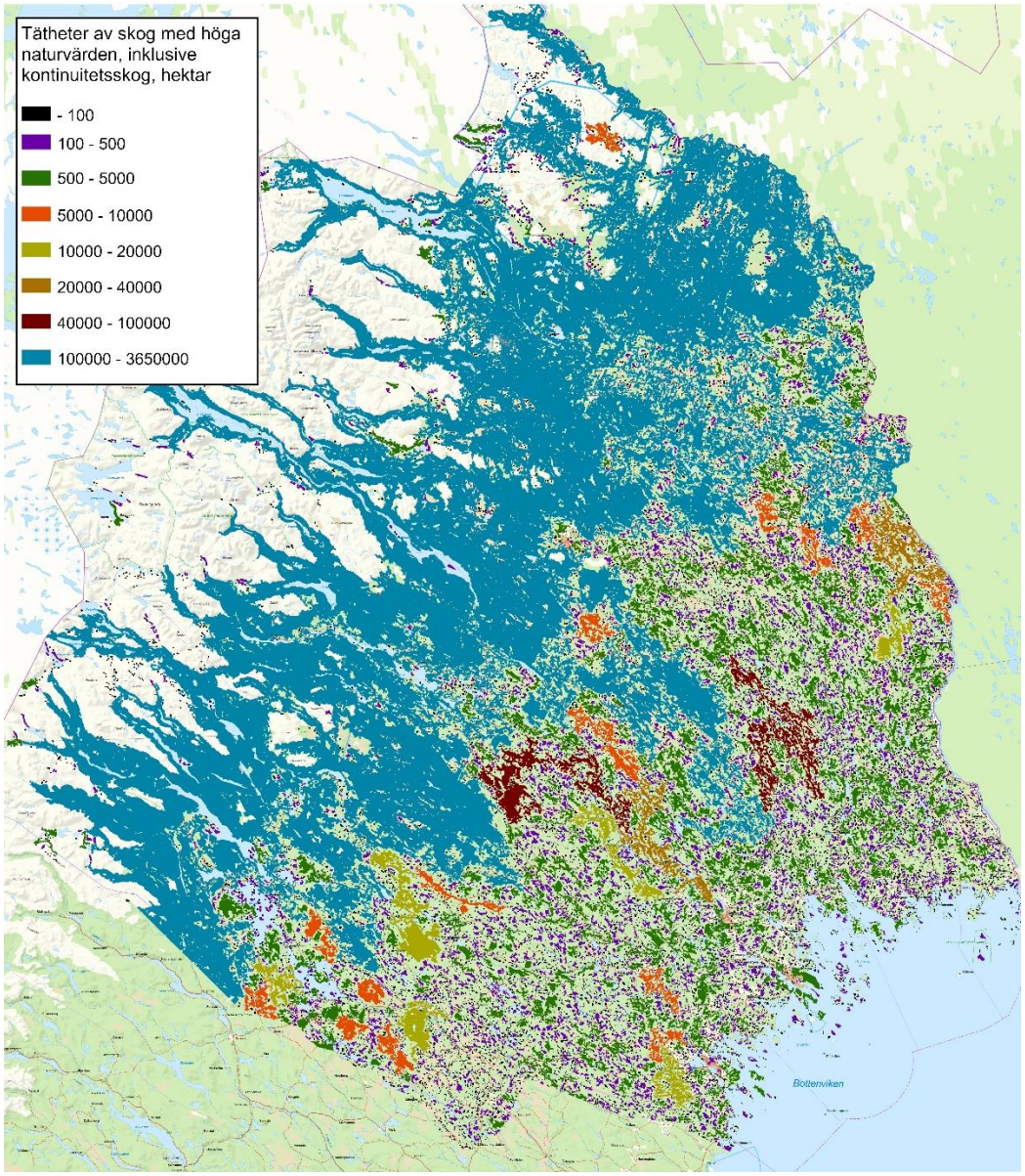
Ett lägre gränsvärde, 20 procent, medför att områden med en lägre andel skogliga värdekärnor identifieras. Då kommer alltså mer mark som inte utgörs av värdekärnor med i analysen. Fördelen är att mindre, irreguljärt formade eller heterogena områden med värdekärnor identifieras i en betydligt större utsträckning.

En kvalitativ utvärdering resulterade i att gränsvärdet sattes till 20 procent. Samma gränsvärde har dessutom använts tidigare i naturvårdssammanhang.

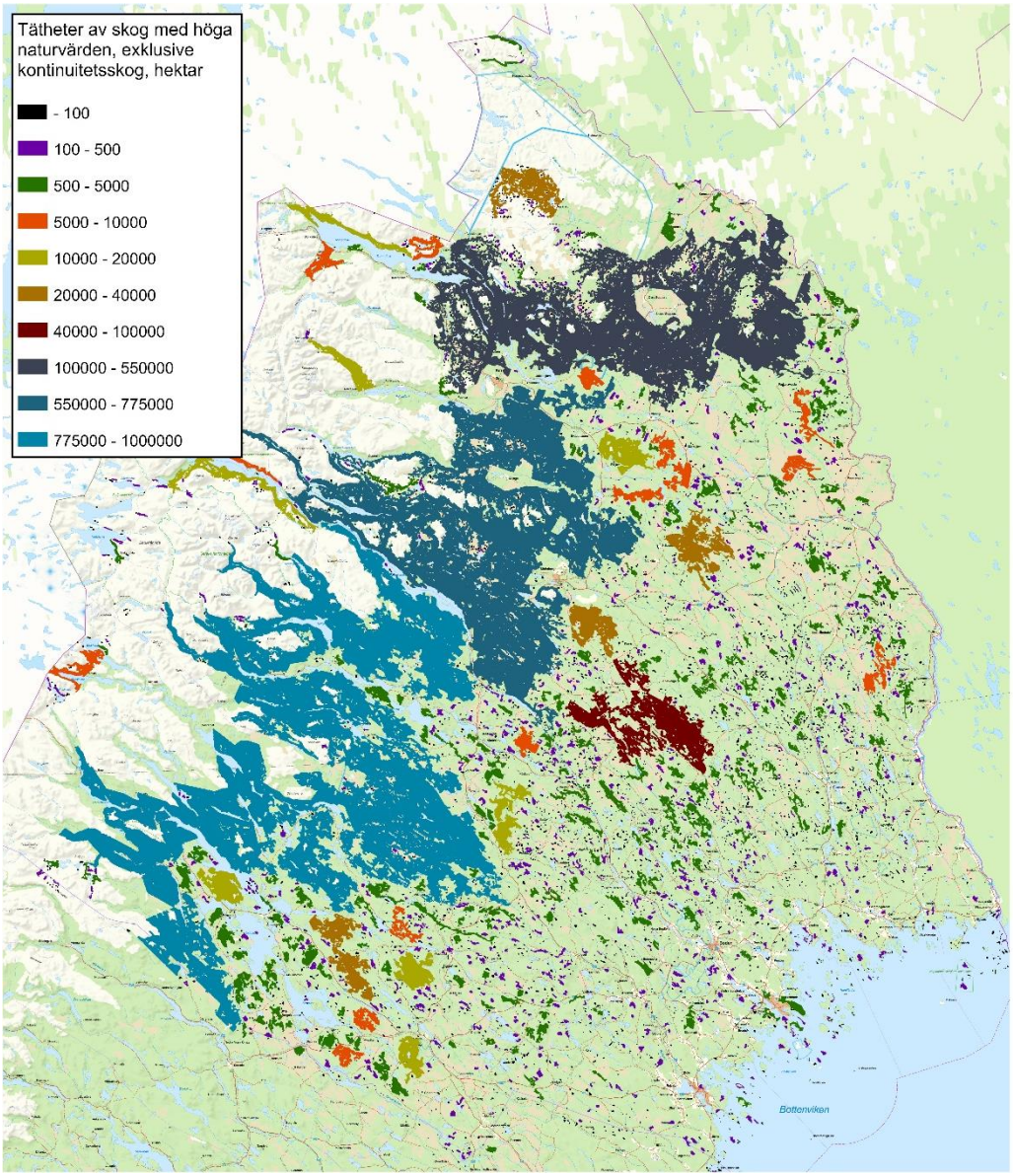
Resultat av täthetsanalysen

I täthetsanalyserna har vi utgått från sökradien 250 meter och att tätheten av värdekärnor ska vara minst 20 procent.

I de skikt som blir resultatet (Figur 3 och 4) kan vi se hur tätheterna hänger ihop. För varje sammanhängande yta beräknades arealen. Därefter har vi grupperat dem efter storlek för att se var det finns sammanhängande ytor i olika storleksklasser.



Figur 3. Områden där andelen skog med höga naturvärden inom 250 meter från varje pixel överstiger 20 procent. Kontinuitetsskog är inkluderad i analysen.



Figur 4. Områden där andelen skog med höga naturvärden inom 250 meter från varje pixel överstiger 20 procent. De blå nyanserna visar tre tätheter över 100 000 hektar. Kontinuitetsskog är exkluderad från analysen.

Resultaten visar att det finns en väldigt stor sammanhängande yta med hög täthet som omfattar hela fjällområdet och även området från Muddus ned mot Niemisel i Råne älvdal, om kontinuitetsskogar inkluderas (Figur 3). Utan kontinuitetsskogar så delas fjällskogarna upp i tre ytor och de sammanhängande ytornas areal krymper (Figur 4).

Därutöver finns det några få större sammanhängande ytor, men de flesta ytor som faller ut är relativt små, framför allt när kontinuitetsskogar inkluderas eftersom dessa är relativt utspridda och fragmenterade.

Brister i analyserna av tätheter av värdekärnor i skog

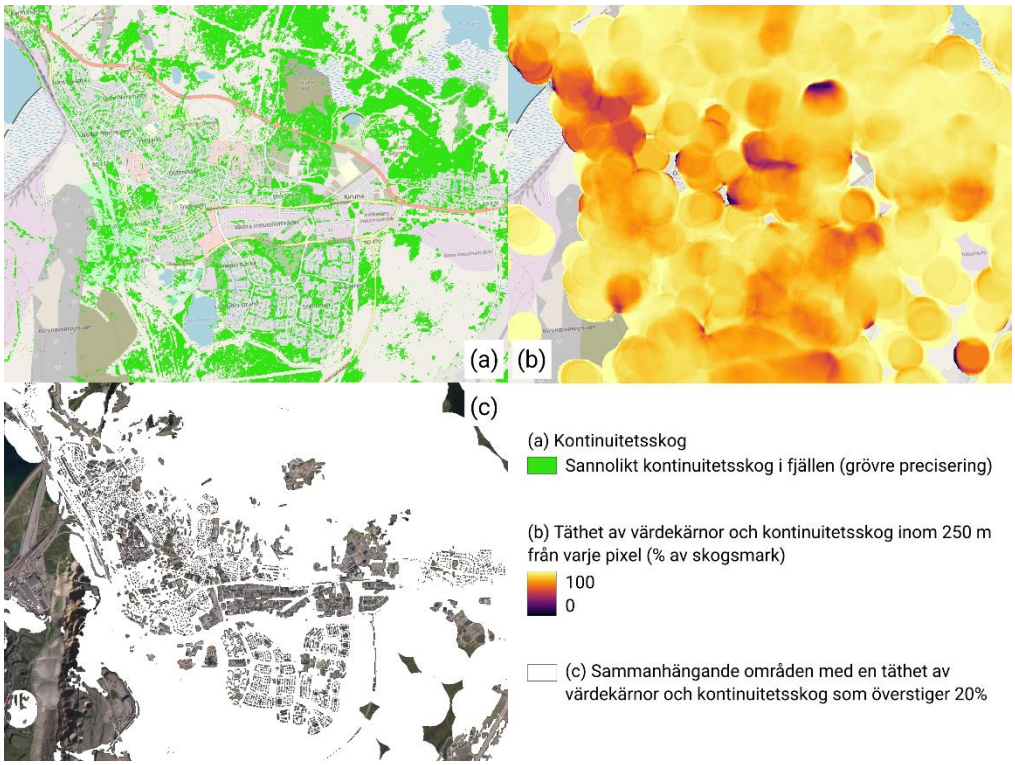
I analyserna finns det brister som dels beror på brister i underlagen, dels brister i metoden. Även om analyserna bygger på bästa tillgängliga dataunderlag så är det viktigt att komma ihåg att vi ännu inte har kännedom om alla skogar med höga naturvärden och kunskapen om dem varierar.

Skogslandskapet förändras hela tiden. Vissa skogar som ingår i denna analys är redan avverkade och ytterligare kommer att avverkas. Det är därför viktigt att komma ihåg att detta är en ögonblicksbild av hur det såg ut i oktober 2023.

Begränsningar som beror på dataunderlag

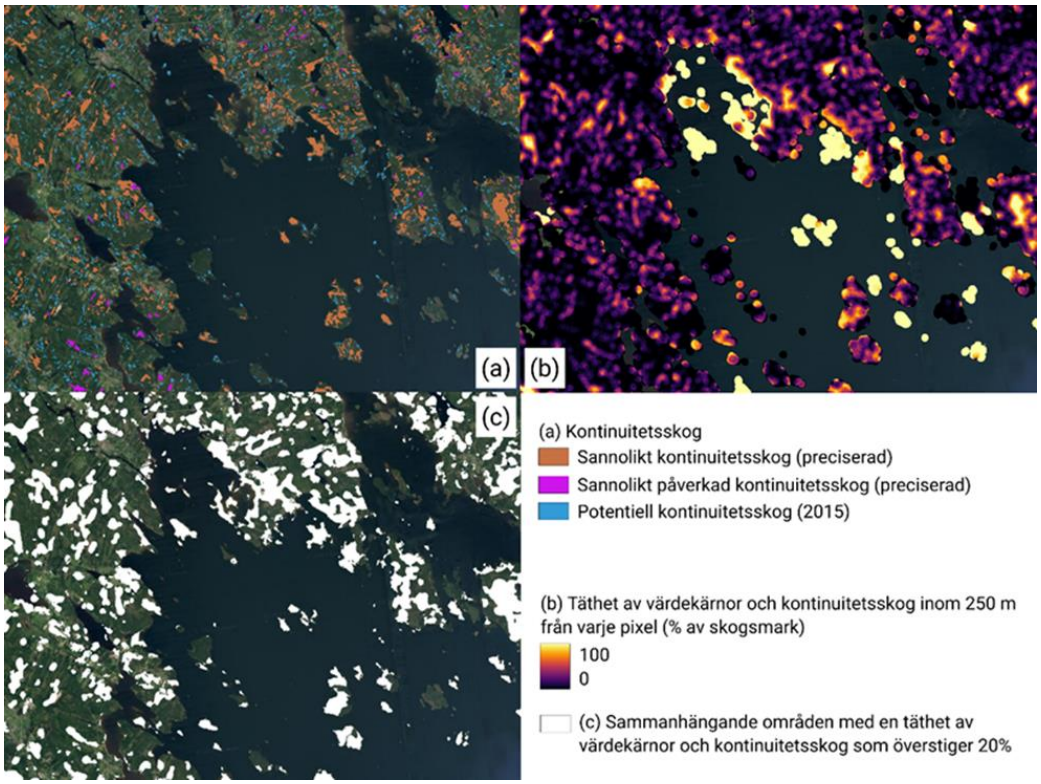
Där kontinuitetsskogarna är inkluderade i täthetsanalysen är det viktigt att komma ihåg att dessa skogar inte är verifierade genom fältinventeringar, om de inte ligger inom skyddade områden. Kontinuitetsskogarna som identifierats via flygbilder har okänd kvalitet. De kan vara påverkade av tidigare avverkningar.

I analyserna ser det ut som det finns stora tätheter av skogliga värdekärnor vid centrala Kiruna och i några av orterna kring Kiruna (figur 5). Här är det en brist i kontinuitetsskogsskiktet som slår igenom. Ovanför den fjällnära gränsen är kontinuitetsskogarna inte granskade manuellt utan där gjordes en automatiserad klassning av skogarna. Här skulle skog i tätorterna kunna plockats bort från kartskiktet.



Figur 5. Kiruna med omgivningar: (a) Sannolik kontinuitetsskog, (b) täthet av värdekärnor och kontinuitetsskog inom 250 meter från varje pixel (procent av skogsmark), samt (c) sammanhängande områden med en täthet av värdekärnor och kontinuitetsskog som överstiger 20 procent inom 250 meter från varje pixel.

På öarna i Rånefjärden ser det ut som att det finns stora tätheter av skogliga värdekärnor (figur 6). Rånefjärden är ett område som är Natura 2000-område. Skogen i alla formellt skyddade områden förutsätts vara värdekärnor. Detta stämmer inte i Rånefjärden som är inte utpekad för de skogliga värdena. På några av öarna finns det skogar med höga värden, men i analyserna ser det ut som att alla skogar i Rånefjärden är värdekärnor, vilket alltså inte stämmer.

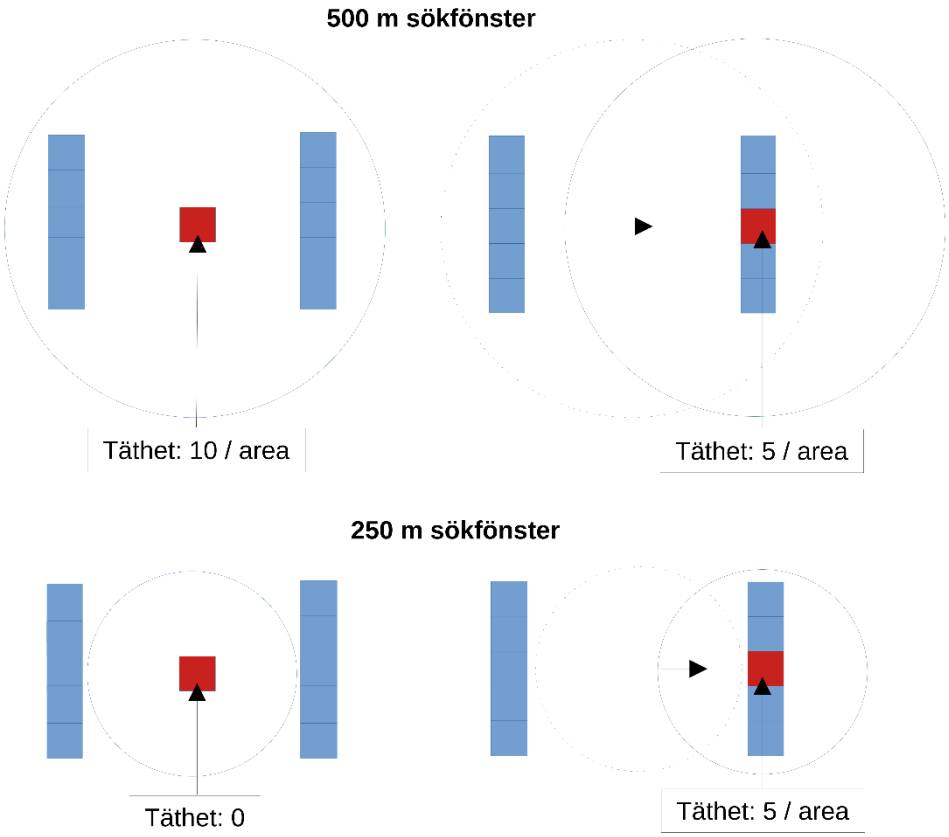


Figur 6. Rånefjärden: (a) Sannolik kontinuitetsskog, (b) täthet av värdekärnor och kontinuitetsskog inom 250 meter från varje pixel (procent av skogsmark), samt (c) sammanhängande områden med en täthet av värdekärnor och kontinuitetsskog som överstiger 20 procent inom 250 meter från varje pixel.

Fel som beror på brister i metoden

Som tidigare beskrivits så kan analysen i vissa fall identifiera höga tätheter av skogliga värdekärnor där det inte finns några värdekärnor. Felet blir större ju större sökradie som används. Detta fel inträffar då det finns fler pixlar med värdekärnor i ytterkanten av sökradien än vad det finns i mitten av sökradien, se figur 7. Tätheten, andelen värdekärnor, kan då bli som störst mitt emellan värdekärnor. Detta är anledningen till att vi har valt att använda mindre sökradier.

Detta fenomen ställer till det även när andelen skogliga värdekärnor i förhållande till arealen skogsmark i sökradien analyseras. Då kan den största tätheten av värdekärnor i sökradien hamna helt fel, till exempel i vatten. Detta är anledningen till att vi uteslutit vissa markslag när vi analyserat tätheten av värdekärnor i förhållande till arealen skogsmark.



Figur 7. Den övre raden visar hur tätheten beräknas med ett sökfönster på 500 meter och den undre raden visar beräkningen för 250 meter. Pixeln som tätheten beräknas för ligger i mitten av cirklarna. Blåa pixlar indikerar värdekärnor. Till vänster beräknas tätheten för en pixel som ligger mitt emellan två avlånga värdekärnor. Till höger så har sökfönstret flyttat sig så att tätheten beräknas för en pixel som ingår i en värdekärna. Med ett sökfönster på 500 meter blir tätheten för pixeln som ligger mitt emellan värdekärnorna högre än för pixeln som ingår i en värdekärna. Med ett sökfönster på 250 meter undviks detta.

Konnektivitetsanalys för skogar med höga naturvärden

Arter som är beroende av områden med skogliga naturvärden behöver inte bara tillräckligt höga tätheter av livsmiljöer, utan även förutsättningar för att kunna röra sig mellan dem. Det får alltså inte vara för glest mellan livsmiljöer och de får inte vara för isolerade. För att undersöka detta genomfördes en konnektivitetsanalys.

I den här analysen tittar vi på den strukturella konnektiviteten. Konnektivitet är ett generellt mått på i vilken utsträckning som ett landskap ger olika arter möjlighet att sprida eller förflytta sig mellan olika platser med lämpliga livsmiljöer. Strukturell konnektivitet beskriver fysiska relationer mellan livsmiljöer, som avstånd och/eller potentiella spridningsvägar. Hänsyn tas till landskapets fysiska struktur i stället för artspecifika spridningssätt.

Vad är tanken som ligger till grund för analysen?

Konnektivitetsanalysen utgår från elkretsteori. I analysen utgör alla ytor i landskapet, det vill säga alla 10 meters pixlar, motstånd i en elektrisk krets. Storleken på motståndet, eller resistansen, beror på hur lik pixeln är de livsmiljöer mellan vilka konnektiviteten ska simuleras.

Strömkällor, fokalpunkter, placeras ut i kretsen. När fokalpunkterna aktiveras så utvecklas en ström över kretsen. Strömstyrkan för varje fokalpunkt beror på resistansen i pixeln, där en värdekärna sänder ut den starkaste strömmen och exploaterad mark sänder ut den svagaste.

Strömstyrkan indikerar pixelns bidrag till konnektiviteten i landskapet. Strömmen hittar vägarna med minst motstånd mellan fokalpunkterna, på samma sätt som många djur- och växtarter förflyttar sig genom att välja vägar som liknar de omgivningarna de befinner sig i.

Tanken är att strömmen ska efterlikna hur de arter som finns i skogslandskapet skulle kunna röra sig. Alla arter har givetvis inte samma rörelsemönster, så strömmens rörelse får ses som en generell bild av konnektiviteten som framför allt är relevant för arter som väljer vägar som liknar de omgivningarna de befinner sig i. En stark ström indikerar de viktigaste stråken för möjlighet till förflyttning för skogslevande arter. Där strömmen är svagare kan det finnas möjlighet för mindre krävande arter att förflytta sig mellan värdekärnorna, medan de mest krävande arterna i teorin bara kan röra sig mellan värdekärnorna där strömmen är som starkast.

Den dominerande modellen för denna typ av analyser heter “Circuitscape”. Vi har använt en variant av Circuitscape som heter "Omniscape”. Med Omniscape behöver man inte specificera var fokalpunkterna ska vara placerade i landskapet. Detta är fördelaktigt om man försöker skapa en generell bild av

konnektiviteten, där det inte finns specifika habitat att utgå ifrån. I stället anger man storleken på ett sökfönster, inom vilket fokalpunkter placeras ut med jämna mellanrum. I simuleringen sätts strömkällan i mitten av sökfönstret till jord. Övriga strömkällor aktiveras och strömmen söker sig mot mitten av fönstret. Den resulterande strömmen för alla pixlar i fönstret beräknas. Därefter flyttar sig fönstret så att nästa strömkälla hamnar i mitten av fönstret och samma sak upprepas tills dess att sökfönstret har rört sig över hela Norrbotten. Avslutningsvis så kombineras alla delresultat till en enhetlig karta.

Resistansvärden

Resistansvärdet för varje 10 meters pixel beräknas utifrån pixelns markklassificering, förekomst av värdekärnor samt densiteten av värdekärnor inom en radie på 250 meter (tabell 1). Värdet baseras på hur lik pixeln är de ytor som konnektiviteten ska simuleras mellan.

Resistensvärdena är i huvudsak manuellt satta. Det viktiga i denna typ av analys är de relativa värdena, inte de absoluta. Det spelar med andra ord ingen roll om värdekärnor ges 1 eller 10 i resistansvärde. Det viktiga är att förhållandet mellan värdena för olika markgrupper är rimliga. Det är dessutom viktigt att det är tillräckligt stora skillnader mellan pixlar av olika karaktär. Resistansvärdena bygger på resonemang kopplat till vad vi vet om hur arter rör sig i landskapet utifrån de underlag som finns samt erfarenheter från tidigare vetenskapliga studier.

Pixlarna delades in i de markgrupper som beskrivs i Tabell 1.

Tabell 1. Resistansvärden för olika markgrupper i konnektivitetsanalysen för skog.

Grupp	Källa	Resistensvärde
Skyddad skog, övriga värdekärnor och k-skogar	• Skyddade områden • Skogsstyrelsens och skogsbolagens nyckelbiotoper • Metrias kontinuitetsskogsskikt	1–11
Skog på våtmark	NMD, skog på våtmark	15
Övrig öppen mark (öppen våtmark, kalfjäll, stränder med mera)	NMD, öppen våtmark och övrig öppen mark	20
Skog (exklusive skog på våtmark, värdekärnor och k-skogar)	NMD, skog utanför våtmark	50
Åkermark, nyligen avverkad skog samt kraftledningsgator	• NMD, åkermark samt temporärt ej skog • Skogsstyrelsen, skiktet faktiskt avverkat • Lantmäteriet, Topografi50 (ledningar)	150

Vatten och exploaterad mark (vägar, bebyggelse med mera)	NMD, vatten och hav samt exploaterad mark	300
Tätorter	SCB, tätortsskikt, år 2020.	Extra resistanstillägg på 100

Gruppen skyddad skog, övriga värdekärnor och k-skogar

Värdekärnor är antingen skyddade områden eller skogar med höga värden som inventerats av länsstyrelsen, Skogsstyrelsen eller skogsbolag. K-skogar är flygbildstolkade områden där inga spår av avverkningarna syns i flygbilder från 1960-talet eller senare.

Gruppen får minst resistens av alla grupper. Här varierar resistensvärdet mellan 1–11. Värdet beror på hur stor del av marken inom en radie på 250 meter som utgörs av värdekärnor. Ju högre täthet av värdekärna i förhållande till arealen skog inom sökradien desto lägre resistens får pixeln. 100 procent ger värdet 1, 0 procent ger värdet 11.

Gruppen skog på våtmark

Skog på våtmark är trädklädda områden på våtmark med en total krontäckning på över 10 procent och en trädhöjd på över fem meter, eller trädklädda områden som kan nå dessa värden.[4]

Skogar på våtmark är vanligtvis inte brukade och har ofta höga biologiska värden. Många av dessa är små och finns därför inte med varken som värdekärnor eller k-skogar. Gruppen får ett lågt resistensvärde på 15.

Gruppen övrig öppen mark

Gruppen övrig mark består av i Norrbotten främst av öppna våtmarker, stränder, kalfjäll, berg och substratmarker. Även vägrenar och gräsmattor inkluderas i denna grupp.

Övergången mellan skog och våtmark är diffus och landskapet består ofta av en mosaik av våtmarker och skogar. Våtmarkerna är en del av skogslandskapet och många skogsarter rör sig mellan eller finns i de båda naturtyperna. Detsamma gäller de stränder som finns längs vattendragen i skogslandskapet.

Kalfjäll finns det en hel del av i Norrbottens län, men skogen utgörs där oftast av fjällbjörk. Även övergången mellan fjällbjörkskog och kalfjäll är gradvis. De båda naturtyperna har ett samband då många av fjällbjörkskogens arter rör sig mellan dem.

Gruppen övrig mark består av marker med huvudsakligen naturlig vegetation och får därför ett lågt resistensvärde på 20.

[4] Nationella marktäckedata 2018 basskikt. Naturvårdsverket 2023.

Gruppen skog

Gruppen skog exkluderar de tidigare markgrupperna och består därför huvudsakligen av brukad skogsmark med en trädhöjd över fem meter och en krontäckning över 10 procent.

All skog i denna grupp har fått samma resistensvärde, vilket givetvis kan ifrågasättas. Vissa av skogarna är hårdare brukade än andra. Markberedda, planterade skogar har givetvis en helt annan förutsättning att hysa naturvärden jämfört med en äldre naturligt föryngrad skog. Tyvärr finns inga heltäckande geografiska underlag att utgå ifrån för att göra uppdelningen mer finfördelad. Gruppen får därför i sin helhet ett något högre resistensvärde på 50.

Gruppen åkermark, nyligen avverkad skog samt kraftledningsgator

Åkermark är jordbruksmark som används för odling. Nyligen avverkad skog är öppna och igenväxande hyggen med träd under fem meter. Även stormfällningar, brandfält och igenväxande övrig mark kan ingå, då de inte går att särskilja. I denna grupp återfinns också kraftledningsgator.

Denna grupp utgörs framför allt av marker där den mänskliga påverkan är uppenbar och har skett i närtid. Marken är oftast bearbetad av maskiner och förutsättningarna för den biologiska mångfald som är knuten till skogslandskapet är lägre än i områden med uppvuxen skog eller naturlig vegetation. Gruppen har därför fått ett relativt högt resistensvärde på 150.

Gruppen exploaterad mark och vatten

Exploaterad mark är artificiella och vegetationsfria ytor som i hög grad är hårdgjorda. I gruppen ingår även vatten är sjöar, vattendrag och hav där skogslevande arter inte förekommer.

Gruppen exploaterad mark och vatten har fått det högsta resistensvärdet, 300. Här kan inte skogslevande arter vare sig överleva eller röra sig, åtminstone inte över några längre sträckor.

Gruppen tätorter

Tätorter avser koncentrerad bebyggelse med minst 200 invånare. Inom tätorter ges en extra resistens på 100 för samtliga markgrupper.

Tätorter finns inte avgränsade i NMD. Därför hämtades detta skikt från Statistiska centralbyrån (SCB).

Fokalpunkter

I analysen placeras så kallade fokalpunkter, strömkällor, automatiskt ut på var sjuttonde pixel inom ett sökfönster med en radie på 5000 meter. Sökfönstrets storlek anger inom vilken radie från varje pixel som den fiktiva arten förflyttar sig mellan fokalpunkterna i varje delanalys. Då sökfönstret flyttar sig gradvis över landskapet och de olika delanalyserna överlappar varandra, finns det inga begränsningar i hur långt den fiktiva arten kan röra sig.

Storleken på sökfönstret bestämdes efter att flera olika storlekar testats. Sökfönstrets storlek har en liten påverkan på resultaten men en stor påverkan

på den beräkningskraft som krävs. Alltför små sökfönster kan resultera i att det blir för få fokalpunkter, vilket dock kan påverkas genom att placera ut fokalpunkterna tätare. Stora sökfönster kräver mycket arbetsminne och en lång simuleringstid. En radie på 5000 meter resulterade i kortast simuleringstid med bibehållen kvalitet på resultaten.

Fokalpunkterna får bara hamna i pixlar med ett resistansvärde som inte överstiger 20. Därmed utesluts exempelvis vatten, åkermark och skog som inte är värdekärnor eller kontinuitetsskog (se Tabell 1). Antalet fokalpunkter beror alltså på resistansvärdena inom sökfönstret. Strömstyrkan i varje fokalpunkt beror på resistansvärdet, där en pixel med lågt resistansvärde sänder ut en stark ström och en pixel med högt resistansvärde sänder ut en svag ström.

Storleken är viktig

Det är inte bara resistensvärde i sig utan även storleken på de områden som har hög resistens som avgör hur svåra de är att passera för strömmen. Ett stort område med ett högt resistensvärde, som en stad eller ett hav, blir omöjliga hinder att passera. Mindre områden med hög resistans, som en bäck, en gård med ett hus eller en väg, kan däremot strömmen ta sig förbi.

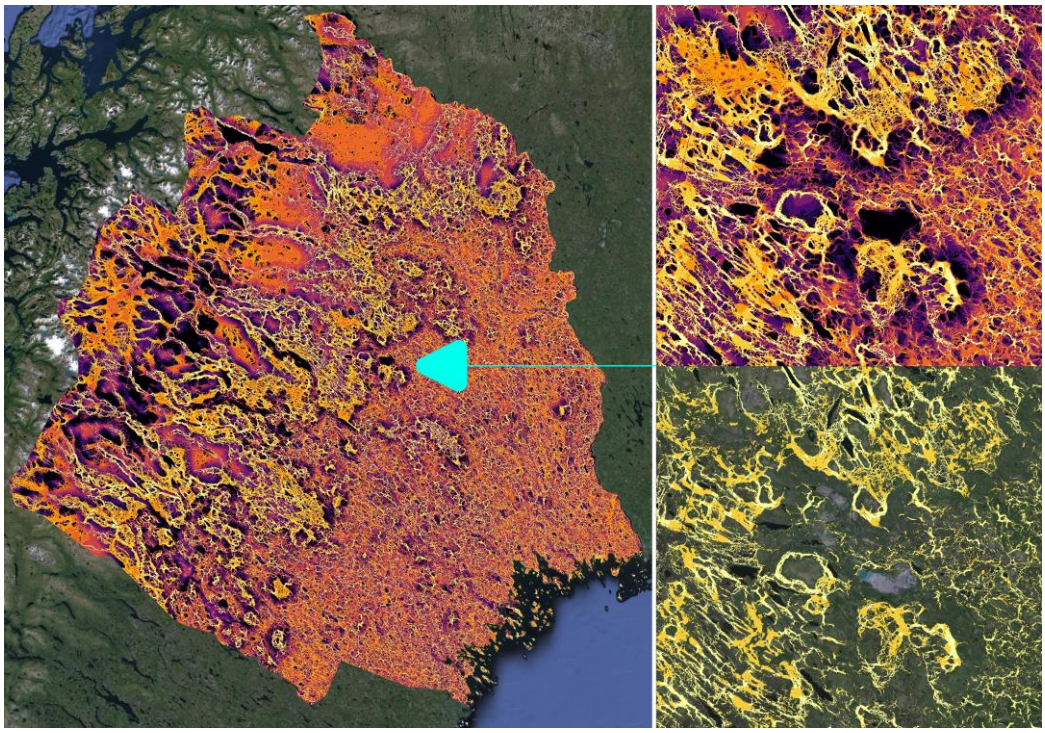
Vad visar konnektivitetsanalysen av skog?

Konnektivitetsanalysen (figur 8) visar var det finns viktiga stråk mellan tätheterna utifrån täthetsanalysen inklusive kontinuitetsskogar (figur 6). Den visar vilken väg som det är mest troligt att en fiktiv art som skyr fysiska ingrepp i landskapet skulle välja för att förflytta sig.

Analysen visar inte var konnektiviteten är högst i länet utan var konnektiviteten är högst inom det närmaste området. Hur stort detta område är går inte att säga eftersom de delanalyser där konnektivitetsvärdena beräknas överlappar varandra. Det högsta konnektivitetsvärdet i en del av länet motsvarar därför inte nödvändigtvis det högsta konnektivitetsvärdet i en annan del av länet.

Där det är en hög påverkan i landskapet kan även påverkade områden få en relativt hög konnektivitet om de är den enda vägen som finns att välja. I analysen slår detta fenomen igenom exempelvis på kalfjäll som på vissa ställen har orealistiskt hög konnektivitet. På samma sätt kan skogsområden med en jämförelsevis låg påverkan få en lägre konnektivitet om omgivningarna utgörs av skog med ännu lägre resistens, alltså ännu högre naturvärde. Därför blir konnektiviteten orealistiskt låg i de närmsta omgivningarna till större skogliga värdekärnor.

Resultaten visar vissa geografiska mönster på länsnivå. Till exempel är konnektiviteten påfallande stark i de fjällnära skogsområdena och man ser tydliga ekologiska korridorer genom fjälldalar över hela länet. Man kan dessutom tydligt utröna flertalet skyddade områden, till exempel Muddus nationalpark och naturreservaten Reivo och Granlandet, samt hur konnektiviteten ser ut inom dessa områden.



Figur 8. Strukturell konnektivitet mellan skog med höga naturvärden i Norrbottens län. Bilderna till höger visar området kring Gällivare. Ju ljusare färg, desto starkare konnektivitet. Den nedre bilden till höger visar enbart de två högsta konnektivitetsklasserna,

Brister i konnektivitetsanalysen av skog

- Analysen är inte representativ för hur alla arter rör sig i landskapet. Vissa arter rör sig knappt alls, andra rör sig över stora områden. Det analysen visar är hur en fiktiv art som föredrar skogliga värdekärnor och är känslig för fysisk påverkan skulle röra sig i landskapet om den valde den bästa vägen, det vill säga den väg som har minst påverkan enligt tillgängliga underlag. Att en skogsart skulle välja att röra sig exempelvis över en myr hellre än ungskog, vilket analysen antar, är bara troligt för ett fåtal arter.
- I analysen ser det ut som att konnektiviteten är väldigt låg i närmsta omgivningen till skogliga värdekärnor, vilket förmodligen inte är fallet. Konnektiviteten blir även orealistiskt hög i områden där de finns få passager att välja i ett område med låg konnektivitet, exempelvis i ett stråk med fjällbjörkskog på ett kalfjäll. Detta beror på att den fiktiva arten i modellen alltid förutsätts välja den bästa vägen.
- I analysen har bästa tillgängliga kartunderlag vad gäller markanvändning och naturvärden nyttjats. Det finns fortfarande stora kunskapsluckor vad gäller naturvärden i skogslandskapet. Underlaget om exploatering och markanvändning är dessutom bristfälligt. Exempelvis är inte vindkraftparker med i analysen. Dessutom saknar vi ännu mycket kunskap om hur olika typer av exploateringar påverkar konnektiviteten i landskapet.

Konnektivitetsanalys för våtmarker med höga naturvärden

Utöver analyserna för skog gjordes en konnektivitetsanalys för våtmarker med ingen eller låg hydrologisk påverkan och höga naturvärden. Analysen är ett försök att visa var i landskapet det finns viktiga livsmiljöer för de arter som finns i våtmarker och hur en art skulle kunna röra sig mellan dessa livsmiljöer. Här tas hänsyn både till markfuktighet, markslag och markanvändning. Resistansvärdet för varje 10 meters pixel beräknades utifrån en kombination av:

- markfuktighet jämfört med markfuktighet i våtmarker med höga naturvärden
- likhet med de våtmarker som konnektiviteten ska simuleras mellan utifrån markslag och markanvändning.

Analysen genomfördes på ett liknande sätt som för skog, baserat på simuleringar med Omniscape.

Underlag för konnektivitetsanalysen av våtmarker

I konnektivitetsanalysen av våtmarker har vi använt objekt i klasserna mycket höga naturvärden, höga naturvärden samt även vissa naturvärden med ingen eller låg hydrologisk påverkan enligt länsstyrelsens våtmarksinventering (VMI). Inom dessa områden identifierade vi all mark som är klassificerad som våtmark enligt NMD. Som underlag för våtmarkernas markfuktighet användes markfuktighetsindex från NMD.

Då både VMI och markfuktighetsindex saknades för ett flertal områden i fjällen behövde underlaget kompletteras innan vi kunde använda den för en länsövergripande analys.

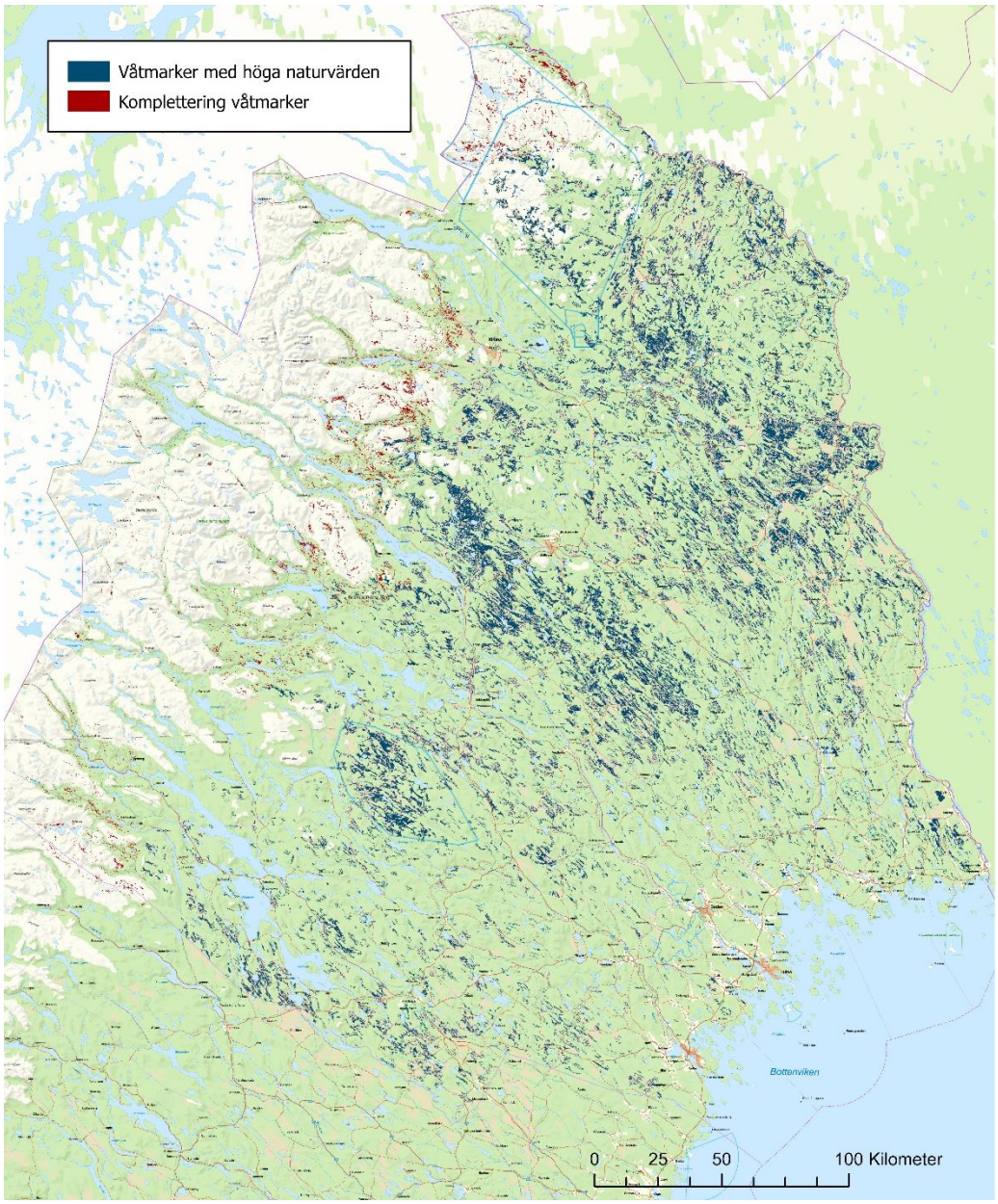
I de fjällområden som inte omfattades av VMI inkluderades samtliga våtmarker större än en hektar enligt NMD i analysen. Markfuktighetsindex kompletterades genom att vi skapade polygoner över områden där markfuktighetsdata saknades i fjällen. Det genomsnittliga markfuktighetsvärdet för varje markklass inom 10 kilometer från varje polygon identifierades. Sedan tilldelades alla pixlar inom polygonen ett markfuktighetsvärde beroende på dess markklass samt det genomsnittliga markfuktighetsvärdet för markklassen inom 10 kilometers radie runt om den aktuella polygonen. Pixlar som utgörs av vatten sattes till det maximala markfuktighetsvärdet.

Därefter identifierade vi all mark som är klassificerad som våtmark enligt NMD inom alla områden i länsstyrelsens våtmarksinventering (VMI) i klasserna mycket höga naturvärden, höga naturvärden samt även vissa naturvärden med ingen eller låg hydrologisk påverkan. Inom dessa våtmarker identifierades medelvärde samt standardavvikelse för markfuktigheten. Standardavvikelsen är

ett mått på den genomsnittliga avvikelsen från medelvärdet. Ju större standardavvikelsen är, desto större är spridningen bland värdena.

Resistans utifrån markfuktighet

Vi räknade ut hur markfuktighetsvärdet i alla pixlar i Norrbottens län skiljer sig från medelvärdet på markfuktigheten i alla de utvalda våtmarkerna (figur 9). Om markfuktighetsvärdet för en pixel är inom en standardavvikelse från medelvärdet för dessa våtmarker tilldelas den noll i resistans. Varje enhet över eller under en standardavvikelse genererar en ohm i resistans.



Figur 9. Våtmarker som ingår i analysen, det vill säga våtmarker med höga naturvärden och ingen eller låg hydrologisk påverkan enligt VMI kompletterad med våtmarker i fjällen som valts ut med hjälp av Nationella marktäckedata (NMD).

Resistansvärden utifrån markslag och markanvändning

Resistansen i varje pixel är dessutom beroende av egenskaper vad gäller markslag och markanvändning. Denna resistans definierades på samma sätt som för skog, genom att identifiera olika markgrupper (Tabell 2).

Tabell 2. Resistansvärden för olika markgrupper i konnektivitetsanalysen för våtmarker.

Grupp	Källa	Resistensvärde
Våtmarker med höga naturvärden	Urval från VMI, klasserna • mycket höga naturvärden • höga naturvärden • vissa naturvärden, förutsatt att våtmarken har ingen eller låg hydrologisk påverkan. Enbart mark klassificerad som våtmark enligt NMD inkluderades. Samtliga våtmarker större än 1 hektar i de fjällområden som inte omfattades av VMI inkluderades.	1
Annan naturlig vegetation	• Våtmarker enligt NMD, exklusive våtmarker med höga naturvärden • Övrig öppen mark med vegetation enligt NMD • Skyddad skog, kända värdekärnor och k-skogar (Metria).	10
Annan skog	Skogsmark enligt NMD, exklusive värdekärnor, k-skogar och nyligen avverkad mark enligt SKS.	50
Åkermark, nyligen avverkad skog samt kraftledningsgator	• NMD, åkermark samt temporärt ej skog • Skogsstyrelsen, skiktet faktiskt avverkat • Lantmäteriet, Topografi50 (ledningar)	150
Vatten och exploaterad mark (vägar, bebyggelse, med mera)	NMD, vatten och hav samt exploaterad mark	300
Tätorter	SCB, tätortsskikt år 2020.	Resistanstillägg motsvarande 25% av den maximala kombinerade resistansen

Gruppen våtmarker med höga naturvärden

Gruppen utgörs av våtmarker som är klassificerade som våtmark enligt NMD inom de områden i länsstyrelsens våtmarksinventering (VMI) som finns i klasserna mycket höga naturvärden, höga naturvärden samt även vissa naturvärden med ingen eller låg hydrologisk påverkan.

Då VMI inte täckte länets fjällområden antogs samtliga våtmarker större än 1 ha i dessa områden utgöra våtmarker med höga naturvärden.

Denna grupp har getts resistansvärdet 1.

Gruppen annan naturlig vegetation

I denna grupp finns:

- våtmarker, exklusive våtmarker med höga naturvärden
- övrig öppen mark med vegetation enligt NMD
- skyddad skog, övriga skogliga värdekärnor och k-skogar.

Denna grupp har getts resistansvärdet 10.

Gruppen annan skog

Gruppen utgörs av skogsmark, exklusive värdekärnor, k-skogar och nyligen avverkad mark. Denna grupp har getts resistansvärdet 50.

Gruppen åkermark, nyligen avverkad skog samt kraftledningsgator

I denna grupp ingår:

- åkermark, jordbruksmark som används för odling
- nyligen avverkad skog, öppna och igenväxande hyggen med träd under fem meter
- stormfällningar, brandfält och igenväxande övrig mark
- kraftledningsgator.

Denna grupp har getts resistansvärdet 150.

Gruppen exploaterad mark och vatten

I gruppen ingår:

- exploaterad mark, artificiella och vegetationsfria ytor som i hög grad är hårdgjorda
- sjöar, vattendrag och hav.

Denna grupp har getts resistansvärdet 300.

Gruppen tätorter

Tätorter avser koncentrerad bebyggelse med minst 200 invånare. Områden som av SCB klassificeras som tätorter gavs ett extra resistanstillägg motsvarande 25% av den maximala kombinerade resistansen, enligt nedan.

Kombinerad resistans

Resistansen från markfuktighet och varje pixels resistens utifrån de beskrivna markgrupperna kombinerades sedan till ett gemensamt värde. Detta gör att olika markslag med samma resistans utifrån markfuktigheten kan få olika resistens i analysen.

Det resistansvärde som fås från varje pixels markgrupp räknades om så att det maximalt kan utgöra 50 procent av resistansen från markfuktighet. Detta gjordes då vi bedömde att det är rimligt att markfuktigheten ska utgöra huvuddelen av det kombinerade resistansvärdet.

Därefter identifierades det maximala kombinerade resistansvärdet och en extra resistans motsvarande 25% av detta värde adderades till resistansvärdena för alla pixlar inom tätorter. Resistansvärdena i tätorter tilläts dock inte överstiga det maximala kombinerade resistansvärdet. Avslutningsvis sattes all exploaterad mark samt hav till det maximala kombinerade resistansvärdet.

Fokalpunkter

Vid analysen placerades fokalpunkter ut automatiskt på var tredje pixel inom ett sökfönster på 5000 meter. Skillnaden i denna analys jämfört med analysen för skog är att det inte finns någon övre gräns för resistansvärdet för fokalpunkterna. Alla pixlar accepteras som fokalpunkter. Att vi valt att göra så beror på att det finns stora områden som enbart har pixlar med relativt höga resistansvärden, vilket skulle innebära för få fokalpunkter om vi hade en övre gräns för resistensvärdet.

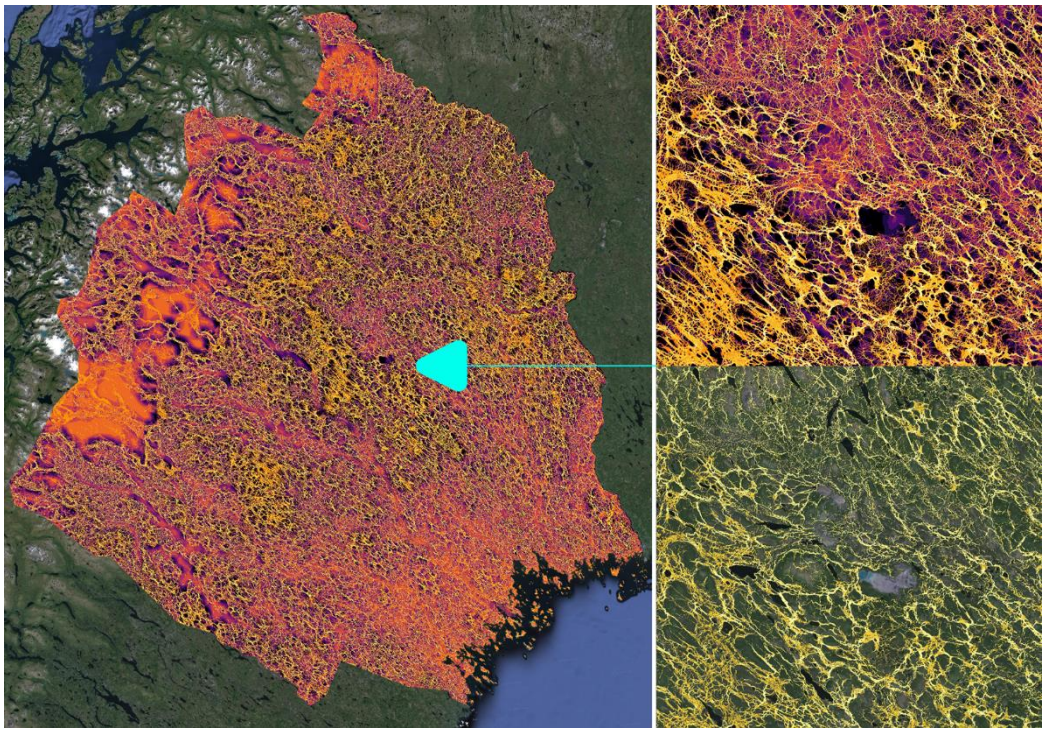
Strömstyrkan i varje fokalpunkt beror som tidigare på resistansvärdet. En pixel med lågt resistansvärde sänder ut en stark ström och en pixel med högt resistansvärde sänder ut en svag ström.

Vad visar konnektivitetsanalysen av våtmarker?

Konnektivitetsanalysen för våtmarkerna bygger på ett antagande om att arter i våtmarker är beroende av en markfuktighet som liknar den som finns i en opåverkad våtmark. Arterna förutsätts även begränsas av fysisk påverkan.

Likt skogsanalysen så visar inte konnektivitetsanalysen för våtmarker var konnektiviteten är högst i länet utan var konnektiviteten är högst inom ett mer begränsat område. Konnektiviteten blir generellt sett svagare i ett sökfönster som saknar våtmarker med höga naturvärden. Resultaten speglar förutsättningarna för en fiktiv art att röra sig mellan våtmarker som har höga naturvärden och ingen eller låg påverkan på hydrologin. Den fiktiva arten behöver liknande markfuktighet och begränsas av fysiska ingrepp i landskapet.

Resultaten visar vissa tydliga mönster (Figur 10). Stråk av stark konnektivitet följer hydrologiska flöden över länet, i huvudsak i sydostlig riktning. Ett stort område med stark konnektivitet löper från naturreservatet Torneträsk-Soppero fjällurskog hela vägen till Överkalix. Ett annat stort område löper från söder om Torne träsk hela vägen till naturreservatet Granlandet. Ett tredje område utgörs av naturreservatet Pärlälvens fjällurskog och Udtja naturreservat.



Figur 10. Strukturell konnektivitet mellan våtmarker med höga naturvärden i Norrbottens län. Bilderna till höger visar området kring Gällivare. Ju ljusare färg, desto starkare konnektivitet. Den nedre bilden till höger visar de stråk som har starkast konnektivitet.

Brister i konnektivitetsanalysen av våtmarker

- Förändringar i hydrologin påverkar våtmarkers naturvärden. Dikningar, vägar, grävningar och exploateringar påverkar hydrologin. De underlag om markanvändning och exploatering som finns tillgängliga täcker inte in alla typer av fysisk påverkan. Exempelvis saknas ett tillförlitligt kartskikt som visar diken. Detta gör att analysen blir missvisande.
- I analysen blir konnektiviteten ibland orealistiskt hög i områden med hög fysisk påverkan. Detta beror på att vi saknar ett kartskikt för diken som går att använda för analyser. Diken och dikade våtmarker med en markfuktighet som liknar den markfuktighet som finns i våtmarker med höga naturvärden får därför hög konnektivitet om det är den bästa vägen som finns att välja.
- Våtmarksinventeringen i Norrbottens län utfördes 1995 till 2004. Underlaget från VMI kan därför vara delvis inaktuellt. Nya ingrepp i form av exempelvis vägar, avverkningar, kraftledningar och vindkraftparker kan ha påverkat våtmarker som tidigare haft höga naturvärden. I Norrbottens län omfattade VMI inte fjällens våtmarker och inte heller våtmarker mindre än 50 hektar. Detta sammantaget gör att underlaget är bristfälligt.
- I det fjällnära området, som VMI inte omfattade, har underlaget till analysen kompletterats med hjälp av våtmarker från NMD. Det förutsätts i analysen att våtmarker i fjällområdet har låg mänsklig påverkan och höga naturvärden. Detta stämmer inte alltid, vilket ger en osäkerhet i analysen.
- En stor brist i de befintliga underlagen är avsaknaden av markfuktighetsvärden för vissa områden i fjällen. Den komplettering av markfuktighetsindex för fjällen som vi gjort för att kunna utföra analysen har

påtagliga brister. Även markfuktighetsindexet från NMD har brister, men förhållandet mellan värden i olika pixlar anses vara tillförlitliga och det är förhållandena mellan värdena som är av betydelse i den analys som presenteras här.

Hur kan analyserna användas?

Tanken med analyserna var att ta fram ett underlag som kan ge en större förståelse för vilka delar av landskapet som är viktiga för den långsiktiga funktionaliteten i skog och våtmarker i Norrbottens län.

De analyser vi presenterar här bygger på den kunskap och de underlag som finns idag. Vi vet att det finns för stora kunskapsluckor för att vi ska kunna göra säkra analyser av tätheter och konnektivitet. Hur bra analyserna är vet vi i först om resultaten verifieras genom ytterligare studier, vilket i sin tur kräver ytterligare kunskap. Resultatet av analyserna får därför inte tolkas som några sanningar utan snarare ett försök att ge en tydligare bild av funktionaliteten i landskapet.

Täthetsanalysen av skog som underlag

Täthetsanalysen av skog kan fungera som underlag vid både planering av naturvårdsarbete och planering av andra verksamheter under förutsättning att användaren sätter sig in i hur analysen är gjord.

Täthetsanalysen av skog bygger på den kunskap vi nu har om naturvärden i skogen. När resultaten av analysen används är det viktigt att komma ihåg att kontinuitetsskogarna inte är inventerade i fält utan enbart flygbildstolkade och att alla skogar med höga värden ännu inte är kända. Tätheten av skogliga värdekärnor i förhållande till arealen skog kan fungera som grund till exempelvis avgränsning av värdetrakter eller områden lämpliga för naturvårdsåtgärder, men måste då kombineras med andra kunskapsunderlag.

Konnektivitetsanalyserna av skog och våtmarker som underlag

I konnektivitetsanalyserna av både skog och våtmarker finns än så länge för stora begränsningar både i underlagen och i metoden för att de ska vara användbara som planeringsunderlag av myndigheter och andra aktörer. För den som har god kännedom de landskap som studeras både vad gäller naturvärden och påverkan är konnektivitetsanalyserna däremot ett användbart underlag. Det är dessutom viktigt med god kännedom om de brister som finns i metoden.

Konnektivitetsanalysen av skog visar hur en fiktiv art som föredrar skogar med höga naturvärden skulle röra sig i det omkringliggande landskapet. Analysen visar alltså inte var de högsta naturvärdena i skogslandskapet finns, utan sannolika rörelsemönster. Det är viktigt att detta inte misstolkas av användaren.

Analysen ger en bild av var i landskapet det finns stråk som kan vara av högt värde för den långsiktiga funktionaliteten i landskapet. Mer i detalj kan analysen visa vilka områden som har högre och lägre konnektivitet och var det kan vara viktigt att bibehålla eller stärka konnektiviteten. Konnektivitet är en förutsättning för att bibehålla höga naturvärden på landskapsnivå över tid.

Konnektivitetsanalysen av våtmarker visar förutsättningarna för en fiktiv art som lever i våtmarker att röra sig i det omkringliggande landskapet. Arten behöver liknande markfuktighet och skyr mänsklig påverkan. Även här måste användaren vara medveten om att analysen beskriver ett troligt rörelsemönster, inte de högsta naturvärdena.

Denna analys ger en bild av var i landskapet det finns viktiga livsmiljöer för de arter som finns i våtmarker och hur en art skulle kunna röra sig mellan dessa. Den visar var konnektiviteten är högre och lägre samt var konnektiviteten bör bibehållas eller stärkas. Analysen kan användas som ett komplement till en hydrologisk analys som visar vattnets rörelser och flöden.

Landskapet förändras snabbt

Landskapet förändras kontinuerligt. Skogsavverkningar, industrietableringar, vindkraftparker och nya vägar och annan exploatering ändrar förutsättningarna för den biologiska mångfalden. De tätheter av skogliga värden och konnektivitetsanalyser som redovisas i denna rapport blir därför snabbt inaktuella. Analyserna i denna rapport tar inte hänsyn till alla typer av exploateringar. Exempelvis omfattas inte vindkraftparker då de idag inte redovisas i Nationella marktäckedata som är det indata som vi främst använt som underlag.

Oavsett användningsområde måste underlagen kompletteras med aktuella data vad gäller exempelvis nya exploateringar, avverkningar samt värden i skog och våtmarker.

Möjligheter till uppdatering av analyserna

Täthets- och konnektivitetsanalyserna är relativt enkla att göra om, med nya eller uppdaterade underlag. Men, analyserna kräver en hel del kunskap och även tillräcklig datorkapacitet.

Samtliga beskrivna analyser har gjorts med hjälp av så kallade scripts[5] som gör det möjligt att automatisera beräkningar. Alternativet är att göra alla beräkningssteg manuellt, vilket är tidskrävande och medför en risk för misstag i något beräkningssteg. Totalt har åtta olika scripts utvecklats.

Simuleringarna av konnektivitet har gjorts på noder med extra stor minneskapacitet på superdatorn Kebnekaise. Tidsåtgången för en länsövergripande konnektivitetsanalys är sex till sju dygn. Konnektivitetsanalyserna förbereds med hjälp av ett grafiskt användargränssnitt, där man kan välja vilket område som ska studeras, storleken på en eventuell buffertzon kring studieområdet, namn på filerna som skapas och egna resistansvärden för de olika markklasserna. Detta gör att man inte behöver vara programmerare eller GIS-expert för att köra analyserna. Analyserna kan uppdateras antingen genom användning av nya och uppdaterade data eller genom att förändra metoden. I det första fallet finns det dokumentation på hur man ska gå till väga för varje enskilt script. I det andra fallet måste datorkoden ändras.

Eftersom både kartunderlag och påverkan i landskapet förändras så är det viktigt att utgå från aktuella data om analyserna ska användas som underlag.

Tekniska detaljer och dokumentation

För att köra scripten krävs att man har en dator med GRASS GIS och Python installerat. Båda dessa är fria programvaror med öppen källkod. För en uppdatering av analyserna krävs grundläggande kunskaper om GRASS GIS. För att ändra i metoden krävs det djupare kunskaper i GRASS GIS samt grundläggande kunskaper i Pythonprogrammering.

För konnektivitetsanalyserna krävs även att Omniscape är installerat på datorn. Större analyser måste köras på en superdator med hög minneskapacitet.

Samtliga scripts med instruktioner för hur analyserna kan uppdateras finns att hämta på https://github.com/oskeng/connectivity_NB.

[5] Ett script är ett datorprogram som kör andra datorprogram. De script som vi har utvecklat är skrivna i programspråket Python och används för att göra beräkningar i programmet GRASS GIS, vilket är ett alternativ till ArcGIS eller QGIS.

Kartskikt som tagits fram

Tabell 3. Beskrivning av de kartsskikt som tagits fram under arbetet med täthets- och konnektivitetsanalyserna i Norrbotten län. Kartunderlagen som tagits fram i analyserna har publicerats av Mittuniversitetet via Svensk Nationell Datatjänst (https://snd.se/sv) med följande namn:

- Värdetrakter för boreal skog i Norrbottens län baserat på täthetsanalys av skogliga värdekärnor
- Ekologisk konnektivitet för skogar i Norrbottens län
- Ekologisk konnektivitet för våtmarker i Norrbottens län

Namn	**Typ**	**Beskrivning**	**Enhet**
Underlag täthets- och konnektivitetsanalys, NMD 2018 kompletterad 2023.tif	Geotiff (10 m)	NMD uppdaterad med avverkningar till och med 2023-10-13 samt med kraftledningsgator.	Markklassificering enligt NMD med följande tillägg: Kraftledningsgator, pixelvärde 54 Nya avverkningar, pixelvärde 130
Underlag täthets- och konnektivitetsanalys, skog 2023.tif	Geotiff (10 m)	Formellt skyddad skog. Omfattar nationalparker, naturreservat, Natura 2000-områden, biotopskyddsområden och områden med naturvårdsavtal (2023). Övriga kända värdekärnor: Länsstyrelsens kända värdekärnor från 2023 i kombination med aktuella nyckelbiotoper från Skogsstyrelsen och storskogsbruket. Kontinuitetsskogar: Sannolik och potentiell kontinuitetsskog enligt Metrias kontinuitetsskogsskikt för Norrbottens län år 2022.	Klassificering: Skyddad skog, pixelvärde 1 Övriga kända värdekärnor, pixelvärde 2 Kontinuitetsskogar, pixelvärde 3

Underlag konnektivitetsanalys, våtmarker 2023.tif	Geotiff (10 m)	Våtmarker i klasserna mycket höga naturvärden, höga naturvärden och vissa naturvärden med ingen eller låg hydrologisk påverkan enligt länsstyrelsens våtmarksinventering (VMI) som samtidigt är klassificerade som våtmark enligt NMD (2018). Då fjällen inte ingick i VMI har skiktet kompletterats med ett urval av våtmarker i fjällen.	
Täthetsanalys, skyddad skog, värdekärnor och kontinuitetsskog 2023.shp	Shapefil	Sammanhängande områden med en täthet av skog med höga naturvärden som överstiger 20 procent. Avser förhållanden 2023. Med täthet avses arealen skyddad skog, värdekärnor och k-skog dividerat med arealen total skogsmark inom 250 meter från varje pixel.	Attributdata: ID-nummer och areal
Täthetsanalys, skyddad skog och värdekärnor 2023.shp	Shapefil	Sammanhängande områden med en täthet av skog med höga naturvärden som överstiger 20 procent. Avser förhållanden 2023. Med täthet avses arealen skyddad skog samt värdekärnor dividerat med arealen total skogsmark inom 250 meter från varje pixel.	Attributdata: ID-nummer och areal
Konnektivitetsanalys skog 2023.tif	Geotiff (10 m)	Konnektivitet mellan skogar med höga naturvärden. Avser förhållanden 2023.	Pixelvärden: 1–10 Högre värden indikerar ett starkare bidrag till konnektiviteten i länet
Konnektivitetsanalys våtmark 2023.tif	Geotiff (10 m)	Konnektivitet mellan våtmarker med höga naturvärden. Avser förhållanden 2023.	Pixelvärden: 1–10 Högre värden indikerar ett starkare bidrag till konnektiviteten i länet

Kontaktuppgifter
Miljöanalysenheten
Länsstyrelsen i Norrbottens län 971 86 Luleå
Telefon: 010-225 50 00
E-post: norrbotten@lansstyrelsen.se

Omslagfoto
Frederic Forsmark, Länsstyrelsen i Norrbottens län

Tillsammans för Norrbottens bästa

lansstyrelsen.se/norrbotten

Länsstyrelsen
Norrbotten