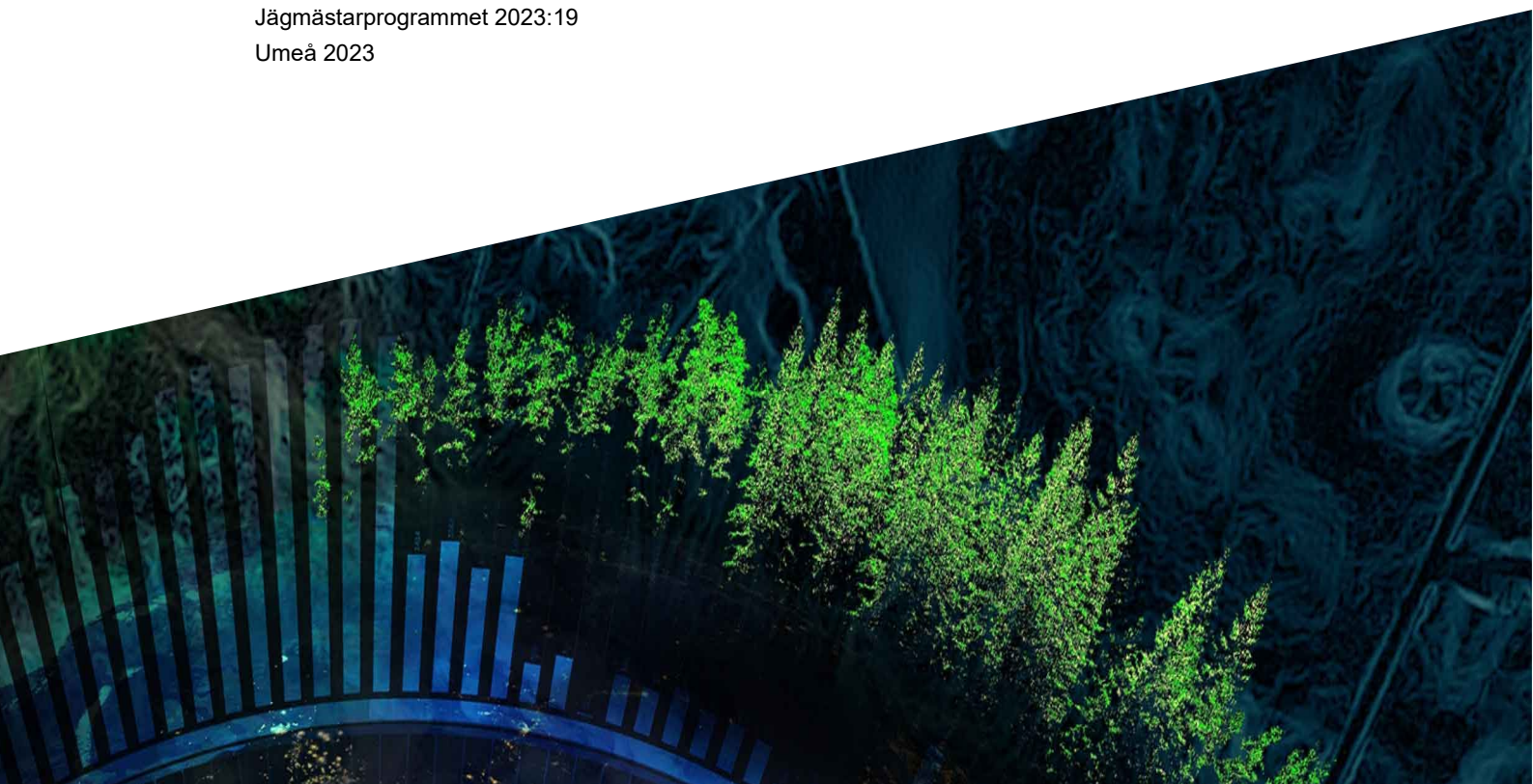




Boreal och subalpin skog med höga naturvärden i Sverige

Maria Forsberg

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för vilt, fisk och miljö
Jägmästarprogrammet 2023:19
Umeå 2023



Boreal och subalpin skog med höga naturvärden i Sverige.

Boreal and Subalpine Forest with High Conservation Values in Sweden

Maria Forsberg

Handledare: Johan Svensson, SLU, Vilt, fisk och miljö
Bitr. handledare: Åsa Granberg, Länsstyrelsen Västerbotten
Bitr. handledare: Ewa Orlikowska, KAU, Miljö- och livsvetenskaper
Bitr. handledare: Navinder Singh, SLU, Vilt, fisk och miljö
Examinator: Therese Löfroth, SLU, Vilt, fisk och miljö

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: Masternivå, A2E
Kurstitel: Masterarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0969
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Vilt, fisk och miljö
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2023
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Delnummer i serien: 2023:19

Nyckelord: Sannolik och potentiell kontinuitetsskog, KubAI, biologisk mångfald, QGIS, höga naturvärden, landskapsplanering, grön infrastruktur

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för vilt, fisk och miljö

Sammanfattning

Fragmentering är en av de största anledningarna till den minskande biologiska mångfalden. Till största del är det markförändringar som avverkningar och omvandling från skogslandskap till odlingslandskap som bidragit till dessa fragmenterade landskap. Utöver avverkningar och omvandlingar från skogslandskap till odlingslandskap så har bebyggelse och tätare nätverk av transportleder i kombination med ett ökat trafikflöde även det lett till en ökad fragmentering. Välfungerande nätverk av naturliga livsmiljöer är en förutsättning för människor, djur och växters välbefinnande och överlevnad. Grön infrastruktur (GI) är ett relativt nytt begrepp för dessa nätverk som har sin grund i konventionen om biologisk mångfald, CBD, och är en del i EU:s biodiversitetsstrategi.

För en förbättrad grön infrastruktur krävs planering på landskapsnivå. Länsstyrelserna har tillsammans med Skogsstyrelsen, kommuner och andra skogliga aktörer tagit fram regionala handlingsplaner för arbetet med landskapsplanering och grön infrastruktur. Länsstyrelserna ansvarar för genomförandet av handlingsplanerna och tillsammans med de andra skogliga aktörerna arbetar de utifrån ett landskapsperspektiv. För att underlätta, förbättra och effektivisera planeringsarbetet med grön infrastruktur krävs mer kunskap om var i landskapet skog med höga naturvärden finns. I denna studie analyseras utfallet i en nyligen publicerad modell baserad på artificiell intelligens, som visar relativ sannolikhet för förekomst av skog med höga naturvärden, i förhållande till Metrias kartering av sannolik och potentiell kontinuitetsskog, pCF.

Genom olika analyser av utfallen, som areal och andel överlappande areal, syftade studien till att bidra med kunskap om grön infrastruktur för bevarandet av biologisk mångfald och ekosystemtjänster i boreala och subalpina skogsekosystem. Analyserna genomfördes som spatialsanalyser i QGIS över ett område som innefattade Norrbotten, Västerbotten, Jämtland och Västernorrlands län. Resultatet av analyserna visade att utfallet stämde förhållandevis väl överens med pCF. Det visade också att KubAI-modellen i jämförelse med pCF, har en fördel i och med att den visar relativ sannolikhet för förekomst av skog med höga naturvärden med hjälp av kontinuerliga sannolikhetsvärden, vilket gör att den kan peka ut områden med störst behov av restaurering eller områdesskydd.

Nyckelord: Sannolik och potentiell kontinuitetsskog, KubAI, biologisk mångfald, QGIS, höga naturvärden, landskapsplanering, grön infrastruktur

Abstract

Fragmentation is one of the biggest reasons for the biodiversity loss. Mostly, it is land changes, such as clear cuttings and conversion of forest landscapes to cultivated landscapes, that have contributed to these fragmented landscapes. In addition to clear cuttings and conversion of forest landscapes to cultivated landscapes, buildings and denser transportation networks in combination with an increased traffic flow also contribute to increased fragmentation. Well-functioning networks of natural habitats are a prerequisite for the well-being and survival of people, animal, and plants. Green infrastructure (GI) is a relatively new concept for these networks, which has its basis in the Convention on Biological Diversity (CBD) and is part of the EU's biodiversity strategy.

An improved GI requires planning at the landscape level. The County Administrative Boards, together with the Swedish Forest Agency, municipalities, and other forestry stakeholders, have established regional action plans for the work with landscape planning and GI. The County Administrative Boards are responsible for the implementation of the action plans, and together with the other forestry stakeholders, they work from a landscape perspective. To facilitate, improve and make the planning work with GI more efficient, more knowledge about where in the landscape forests with high natural values are found, are required. This study analyzes the outcome of a recently published model based on artificial intelligence, which shows the relative probability of occurrence of forest with high nature values, in relation to Metria's mapping of proxy continuity forest, pCF.

Through various analyzes of the outcomes, such as area and proportion of overlapping area, the study aimed to contribute with knowledge about GI for the conservation of biodiversity and ecosystem services in boreal and subalpine forest ecosystems. The spatial analyzes were carried out in QGIS, over an area that included counties of Norrbotten, Västerbotten, Jämtland and Västernorrland, Sweden. The results of the analyzes showed that the outcome agreed relatively well with pCF. It also showed that the KubAI model compared to pCF, has an advantage indicating relative probability of occurrence of forest with high nature values using continuous probability values. This allows to pinpoint areas in greatest need of restoration or area protection.

Keywords: Proxy continuity forest, KubAI, biodiversity, QGIS, high conservation value forest, landscape planning, green infrastructure

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	11
Inledning	12
1.1 Fragmenteringens följder	12
1.2 Grön infrastruktur och landskapsplanering	13
1.2.1 Behov av planeringsunderlag	14
1.2.2 Höga naturvärden i det svenska landskapet	15
1.3 Syfte och frågeställningar	16
Metod	17
2.1 Studieupplägg	17
2.2 Studieområde	17
2.3 Data och databearbetning	18
2.3.1 Sannolik och potentiell kontinuitetsskog	18
2.3.2 Relativ sannolikhet för skog med höga naturvärden	20
2.3.3 Läns- och kommungränser	20
2.4 GIS-analyser	21
2.4.1 Spatiala analyser	21
Resultat	26
3.1 Översiktlig spatial analys	26
3.1.1 Arealer	26
3.1.2 Överlappande areal	29
3.1.3 Kluster	33
Diskussion	36
4.1 Utvärdering av resultaten	36
4.1.1 Arealer	36
4.1.2 Andel överlappande areal	36
4.1.3 Kluster	38
4.1.4 Huvudresultat	38
4.2 Studiens styrkor och svagheter	40
4.3 Framtida studier	40

Referenser.....	42
Populärvetenskaplig sammanfattning	46
Tack 48	
Bilaga 1.....	49
Bilaga 2.....	54

Tabellförteckning

Tabell 1. Data som använts i analyserna - format, referenssystem, källor, datum då de skapats samt datum då de hämtats.....	21
Tabell 2. Kommuner som ingår i vardera starta, samt typ av strata som kust, inland eller fjäll.....	22
Tabell 3. Värderna som omklassats till klass 0 och 1 för de tre olika KubAI-lagren	23
Tabell 4. Areal i hektar av höga naturvärden i länen vid de olika KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$, $\geq 0,9$ och pCF	26
Tabell 5. Areal i hektar av höga naturvärden i strata vid de olika KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$, $\geq 0,9$ och pCF	26
Tabell 6. Resultat för länen av LecoS funktionen "greatest patch" största kluster för de tre KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$	33
Tabell 7. Resultat för länen av LecoS funktionen "mean patch" medelkluster för de tre KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$	34
Tabell 8. Resultat för strata av LecoS funktionen "greatest patch" största kluster för de tre KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$	34
Tabell 9. Resultat för strata av LecoS funktionen "mean patch" medelkluster för de tre KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$	34

Figurförteckning

Figur 1. Figur 1. Översikt av studieområdet med de fyra länen, som gjorts synliga med länsgränser i svart och namn, och nio strata som gjorts synliga med olika färger inom de olika länen, i kartförklaringen till höger syns vilket strata som har vilken färg.....	18
Figur 2. Andel KubAI $\geq 0,4$, KubAI $\geq 0,7$, KubAI $\geq 0,9$ och pCF av total areal skogsmark för vardera län.	27
Figur 3. Andel KubAI $\geq 0,4$, KubAI $\geq 0,7$, KubAI $\geq 0,9$ och pCF av total areal skogsmark för vardera strata.....	28
Figur 4. Skillnader i hektar mellan de tre KubAI-sannolikheterna ($\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$) och pCF, för både län och strata.	29
Figur 5. Översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna, från vänster till höger, $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Norrbottens län, inklusive Norra fjäll, Norra inland och Norra kust. De tre olika översikterna går att se var för sig i större upplaga (Bilaga 2).....	29
Figur 6. Översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna, från vänster till höger, $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Västerbottens län, inklusive Mellersta fjäll, Mellersta inland och Mellersta kust. De tre olika översikterna går att se var för sig i större upplaga (Bilaga 2).	30
Figur 7. Översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna, från vänster till höger, $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Västernorrlands län, inklusive Södra inland och Södra kust. De tre olika översikterna går att se var för sig i större upplaga (Bilaga 2).....	30
Figur 8. Översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna, från vänster till höger $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Jämtlands län, inklusive Södra fjäll och Södra inland. De tre olika översikterna går att se var för sig i större upplaga (Bilaga 2).....	30
Figur 9. Andel överlappande areal av KubAI $\geq 0,4$ och pCF för samtliga län (mörkare färger) och strata (ljusare färger).	31

Figur 10. Andel överlappande areal av KubAI $\geq 0,7$ och pCF för samtliga län (mörkare färger) och strata (ljusare färger).	32
Figur 11. Andel överlappande areal av KubAI $\geq 0,9$ och pCF för samtliga län (mörkare färger) och strata (ljusare färger).	33
Figur 12. Från vänster till höger. Endast KubAI i färgerna, röd, gul och grön som indikerar höga naturvärden i fallande skala, samt blå som visar på mycket låg förekomst av höga naturvärden. KubAI tillsammans med Hansen Forest Cover (2000), i en ljus grön färg. KubAI tillsammans med Hansen Forest Cover (2000), Hansen Loss (2020), i en klarröd färg. KubAI, Hansen Forest Cover (2000), Hansen Loss (2020) och Hansen Gain (2020) i en ljus grön färg.	38

Förkortningar

pCF	Sannolik och potentiell kontinuitetsskog (proxy continuity forest)
GIS	Geografiska informationssystem
GI	Grön infrastruktur
AI	Artificiell intelligens

Inledning

1.1 Fragmenteringens följder

Den 15:e november 2022 passerade antalet människor på jorden åtta miljarder (United Nations 2023). En ökad befolkning leder till ett ökat tryck på planeten, mycket på grund av den urbanisering och exploatering som sker, vilka leder till stora förändringar av naturen (Alberti & Marzluff 2004; Asplund & Hauffman 2022). "Anthropocene" är ett för tillfället inofficiellt namn på den tidsålder vi lever i nu, och är tänkt att beskriva en ny tidsepok i vilken vi människor har en utmärkande stor påverkan på jordens ekosystem (Lewis & Maslin 2015; National Geographic 2023). Det är inte helt fastställt när denna tidsepok startade, men somliga forskare menar att den påbörjade kring den industriella revolutionen, i början av 1800-talet, då mänskliga aktiviteter avsevärt började påverka mängden kol och metan i atmosfären (National Geographic 2023).

Fragmentering är en av de största anledningarna till den minskande biologiska mångfalden (Helldin et al. 2010). I en större sammanställning av flera experiment som berörde ämnet fragmentering, visade sig den biologiska mångfalden kunna minska med 13–75% som en följd av fragmentering (Haddad et al. 2015). Med hjälp av satellitbilder har det blivit tydligt hur mänskliga aktiviteter påverkat och förändrat naturen, strukturellt men även rent funktionellt. Det är till större del markförändringar som avverkningar och omvandlingar från mer naturliga skogslandskap till odlingslandskap i form av likåldriga monokulturer för produktion av vedbiomassa, som bidragit till dessa fragmenterade landskap (Haddad et al. 2015). Utöver detta finns även annat som ökar fragmenteringen, som bebyggelse och tätare nätverk av transportleder i kombination med ett ökat trafikflöde (Helldin et al. 2010; Ibisch et al. 2016).

En väntad men oönskad effekt av fragmentering är så kallade utdöendeskulder, att arter till en början överlever förändringar av deras livsmiljö, men att utdöendet blir fördröjt. Ett område som fragmenterats och där en minskning av biologisk mångfald väl påbörjats, kan förväntas ha en fortsatt minskning av biologisk mångfald i 20 år framåt. Det är viktigt att förstå att de beslut vi tar idag kan få konsekvenser långt senare (Haddad et al. 2015). Något som är och alltid har varit en naturlig process är arters uppståndelse och utdöende, men sedan starten av den

tidsepok som somliga forskare valt att kalla anthropocene, verkar utdöendehastigheten öka, vilket skrämmer forskare världen över (Rockström et al. 2013; Cafaro 2015).

På 25 år har världens skogar minskat med drygt 3%, motsvarande en minskning från 4,1 miljarder hektar till 4 miljarder hektar (FAO 2016). Skogar som stått orörda utan större påverkan av mänsklig aktivitet rymmer ofta högre ekologiska och sociala värden än de som brukas hårt. Förlust av den typen av orörda skogar med höga ekologiska och sociala värden leder i sin tur till en minskad biologisk mångfald (Watson et al. 2018).

Watson et. al (2018) poängterar betydelsen av att genom både nationella och internationella miljöstrategier bevara de intakta skogslandskap som finns idag, bland annat genom att se till att avverkningar minskar och att återbeskogning sker, antingen genom plantering eller via naturlig föryngring. Enligt Haddad et. al. (2015) visar resultaten i deras studie att åtgärder för att förbättra konnektiviteten i landskapet, som exempelvis bevarande och restaurering, måste påbörjas omgående. Om det utförs, på rätt sätt och i rättan tid så finns det möjlighet att stoppa den minskande biologiska mångfalden (Haddad et al. 2015).

1.2 Grön infrastruktur och landskapsplanering

Välfungerande nätverk av naturliga livsmiljöer är en förutsättning för människor, djur och växters välbefinnande och överlevnad, ett relativt nytt begrepp för dessa nätverk är grön infrastruktur (GI) (ArtDatabanken 2022; Naturvårdsverket 2023). Begreppet grön infrastruktur har sin grund i konventionen om biologisk mångfald, CBD, och är en del i EU:s biodiversitetsstrategi (Orlikowska 2021; ArtDatabanken 2022; Jonsson et al. 2022). Grön infrastruktur definieras av Naturvårdsverket som ”ekologiskt funktionella nätverk av livsmiljöer och strukturer, naturområden samt anlagda element som utformas, brukas och förvaltas på ett sätt så att biologisk mångfald bevaras, samt att för samhället viktiga ekosystemtjänster främjas i hela landskapet” (Naturvårdsverket 2023).

En förutsättning för att dessa ekologiska system och den biologiska mångfalden ska bevaras och främjas är att planering sker på landskapsnivå, då omfattande forskning visat på att kvalitétéer i enskilda bestånd utan konnektivitet till andra bestånd inte är tillräckligt (Angelstam & Manton 2021; Jonsson et al. 2022).

Samtidigt som vi människor skapar oss en välfungerande infrastruktur med hjälp av motorvägar och liknande transportleder så försämras tyvärr den gröna infrastrukturen på grund av det (Helldin et al. 2010; Ibisch et al. 2016; Angelstam et al. 2021). Både djur och växter har ett stort behov av förflyttning, exempelvis för det genetiska utbytet, utan det blir risken för små och isolerade populationer och i sin tur utdöende populationer stor (Helldin et al. 2010). Att planera för en grön infrastruktur är ett koncept där flera av Aichimålen behandlas, bland annat mål

nummer 7, 11 och 15, som respektive handlar om hållbar förvaltning, avsättning av minst 17% av väl anslutna skyddade områden, samt restaurering av försämrade ekosystem (CBD 2020; Svensson et al. 2020).

1.2.1 Behov av planeringsunderlag

Planering av åtgärder i de svenska skogarna sker vanligtvis på beståndsnivå (Bettinger et al. 2017; Wilhelmsson 2023). För att arbetet med grön infrastruktur ska fungera väl krävs ett samspel mellan flera olika aktörer, som länsstyrelser, markägare, kommuner, företag, myndigheter, organisationer och föreningar (Naturvårdsverket 2023). Samt att alla är engagerade och har en gemensam förståelse för innebörden av grön infrastrukturplanering (Naturvårdsverket 2023). Eftersom äganderätten är stark i Sverige är information och diskussion med samtliga iblandade aktörer viktig för att landskapsplaneringen ska ge ett gott resultat (Helldin et al. 2010).

Regionala handlingsplaner för grön infrastruktur har tagits fram av Länsstyrelserna, och de ska verka för en ökad och mer tillgänglig kunskap kring ekologiska samband i landskapet (Naturvårdsverket 2023). Länsstyrelserna ansvarar för genomförandet av handlingsplanerna, tillsammans med de skogliga aktörerna arbetar de utifrån ett landskapsperspektiv (Skogsstyrelsen 2023). I ett landskap ryms många olika ekosystem, handlingsplanerna skall finnas där för att underlätta samverkan mellan aktörer som verkar inom olika verksamheter, till exempel markägare, de som planerar för utbyggnad av vägnätverk eller de som planerar förändringar av och kring vattendrag (Naturvårdsverket 2023).

Den huvudsakliga tanken med handlingsplanerna och arbetet med grön infrastruktur är att de skall bidra till att nå de svenska miljö- och hållbarhetsmålen, samt de hållbarhetsmål som finns listade i Agenda 2030 (Naturvårdsverket 2023). Tanken är att områden som befinner sig mellan skyddade områden också skall upptäckas och skötas på ett sätt som gör dem till välfungerande livsmiljöer som kan verka som korridorer i vilka växter och djur ges möjlighet att förflytta sig och spridas (Mikusiński et al. 2021; Naturvårdsverket 2023).

För att de aktörer som arbetar med grön infrastruktur och landskapsplanering ska lyckas med sina åtaganden gäller det att de har rätt kunskaper och rätt verktyg, när nya teknologiska verktyg görs tillgängliga är det viktigt att det används på rätt sätt och att de kopplas till nuvarande kunskap om landskapen (Haddad et al. 2015).

Ett av de svenska miljö kvalitetsmålen, ”Levande skogar”, har ännu inte uppnåtts, och under rådande styrning och planering av åtgärder kommer målet inte att uppnås till år 2030 (Karlsson et al. 2022). Karlsson et. al. (2022) pekar ut bristen på viktiga livsmiljöer och fragmenteringen av dessa som ett av största problemen som leder till att målet inte kommer att kunna uppnås. Ett av de åtgärdsförslag som tagits fram för att lösa ovanstående problem är att intensifiera det uppdrag som Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket har gällande utveckling av digitala och

geografiska kunskapsunderlag, som kan visa var i landskapet det finns skog med höga naturvärden (Karlsson et al. 2022). Underlaget ska fylla både myndigheters och markägares behov av stöd vid beslut och planering, det skall kunna användas för att peka ut områden i landskapet som är i störst behov av restaurering eller områdesskydd (Karlsson et al. 2022).

Naturvårdsverket har tidigare gjort en beställning på ett sådant kunskapsunderlag från Metria, en kartering kallad ”Sannolik och potentiell kontinuitetsskog”, pCF (Naturvårdsverket 2022). Karteringen av sannolik och potentiell kontinuitetsskog syftade till att identifiera skogar med kontinuitet samt skogar med potential att uppfylla kraven för att kunna utvecklas till kontinuitetsskog (Ahlkrona et al. 2017). Ett av målen med pCF var att skapa ett geografiskt underlag som skulle kunna användas vid arbete med grön infrastruktur, detta genom att visa på den nuvarande och den potentiella konnektiviteten i våra svenska skogar (Ahlkrona et al. 2017). I denna studie kommer Metrias kartering, pCF, att analyseras i jämförelse med utfallet i en ännu ej publicerad modell som delvis är baserad på artificiell intelligens (AI). I denna studie kommer modellen att kallas för KubAI, vilket förklaras vidare i metoden. Syftet med KubAI-modellen är likt syftet med pCF, att identifiera skog med höga naturvärden och hur dessa skogar är sammanlänkade eller potentiellt skulle kunna bli sammanlänkade, även för KubAI-modellen är ett av de främsta målen att den ska underlätta och effektivisera vid arbete med grön infrastruktur (Jakub W. Bubnicki et al. in rev).

1.2.2 Höga naturvärden i det svenska landskapet

Ungefär hälften av den produktiva skogsmarken i Sverige ägs av privata skogsägare (Skogsstyrelsen 2021). Av den produktiva skogsmarken så är 1 327 600 hektar (6%) formellt skyddad, 1 307 000 hektar (6%) frivilligt avsatt och 497 200 hektar (2%) hänsynsytor, den totala andelen produktiv skogsmark i Sverige är 23,4 miljoner hektar (Riksskogstaxeringen 2022; Statistikmyndigheten SCB 2022).

Kunskapen om var skogar med höga naturvärden finns har ökat de senaste åren, men är fortfarande inte tillfredställande (Jonsson et al. 2022). 19% av de avverkningar som skett sedan 2003 har skett i äldre skog som tidigare varit opåverkad, vilket ger en årlig avverkningstakt på -1,4% på denna typ av skog, om fragmenteringen fortsätter på samma sätt som den gjort mellan 2003 och idag så kommer denna typ av skog att vara förlorad om knappa 50 år (Ahlström et al. 2022).

För att underlätta, förbättra och effektivisera planeringsarbetet med grön infrastruktur krävs ytterligare kunskaper om vart i landskapet skog med höga naturvärden finns (Svensson et al. 2022). Den största andelen skog med höga naturvärden återfinns i det svenska landskapet längs med fjällkedjan (Svensson et al. 2020). Resultatet från Svensson et al. (2020) visade att nästan 60% av skogsmarken där är intakt och att de sammanhängande kluster som ingår i den skogsmarken är 10 000 hektar och större. En allmän rekommendation för att skydda

kvarvarande fragment är att skydda dem i kluster, i ett försök att minska negativa effekter av fragmentering och bidra till en mer funktionell grön infrastruktur (Rybicki & Hanski 2013).

1.3 Syfte och frågeställningar

Det övergripande syftet med detta examensarbete är att bidra med kunskap om grön infrastruktur för bevarandet av biologisk mångfald och ekosystemtjänster i boreala och subalpina skogsekosystem. Detta genom att analysera KubAI-modellens utfall i förhållande till pCF. Analyser kommer att genomföras på två geografiska skalor av samma område. Området sträcker sig över Norrbottens, Västerbottens, Jämtlands och Västernorrlands län, för vilka analyser på större skala kommer att genomföras. Dessa län kommer sedan att delas upp i nio olika strata med indelning i form av fjäll-, inland- och kustkommuner belägna i norra, mellersta eller södra delarna av studieområdet, som även de kommer att analyseras.

Analyser kommer att utföras i QGIS och förväntas kunna svara på frågeställningen:

Hur väl överensstämmer utfallet i KubAI modellen med pCF för de olika länen och strata?

- I samtliga län och strata, hur stor är den totala arealen av höga naturvärden för KubAI-sannolikheter $\geq 0,4$, $\geq 0,7$, $\geq 0,9$ samt pCF?
- I samtliga län och strata, hur stor är den andel av KubAI-sannolikheter och pCF som överlappar?
- Hur fördelar sig kluster i olika klasser av höga naturvärden mellan län och strata?

Metod

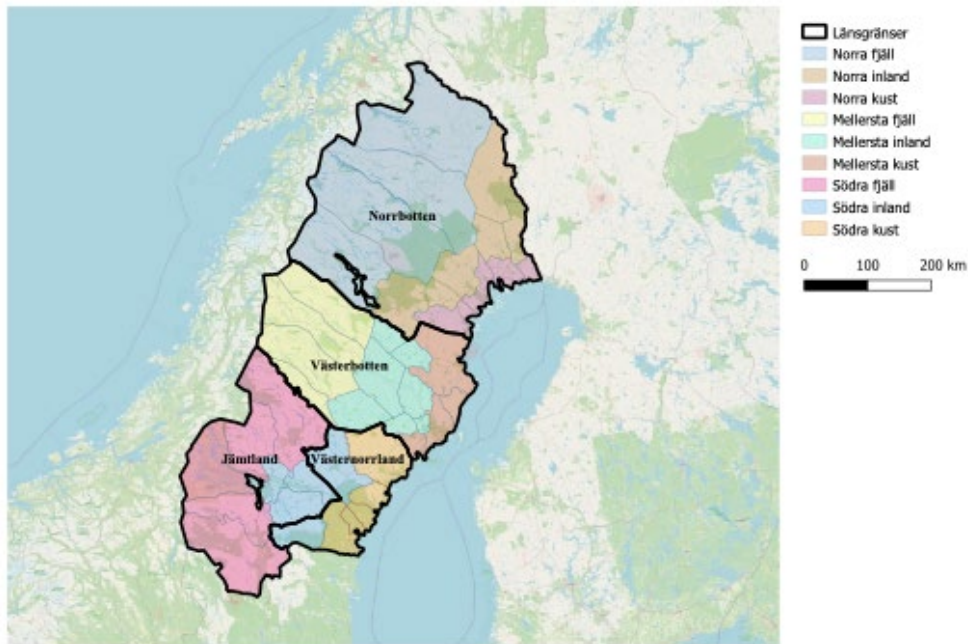
2.1 Studieupplägg

Examensarbetet utfördes enligt nedanstående steg. De olika stegen förklaras mer ingående under rubrikerna i detta kapitel.

- Litteratur om grön infrastruktur och landskapsplanering studerades.
- Data samlades in.
- Data förbereddes inför kommande analyser, stegen utfördes i QGIS.
- Data analyserades, stegen utfördes i QGIS.
- Resultaten av analyserna sammanställdes.

2.2 Studieområde

Analysen genomfördes på två geografiska skalor för att undersöka vad som karaktäriserade likheter och olikheter mellan KubAI-modellen och pCF. pCF, var preciserat för området Norrbottens, Västerbotten, Jämtland och Västernorrlands län, vilket föranledde att det området valdes som utgångspunkt för de spatiala analyserna (Ahlkrona et al. 2017). Detta område delades sedan in i nio olika strata, indelningen utgick från (Svensson et al. 2020). Dessa strata representerade olika delar med olika förutsättningar att hysa höga naturvärden då de delades upp i tre stycken nordliga strata med fjäll-, inland och kustkommuner, tre stycken mellanliggande strata med fjäll-, inland och kustkommuner, samt tre stycken sydliga strata med fjäll-, inland och kustkommuner.



Figur 1. Översikt av studieområdet med de fyra länen, som gjorts synliga med länsgränser i svart och namn, och nio strata som gjorts synliga med olika färger inom de olika länen, i kartförklaringen till höger syns vilket strata som har vilken färg.

2.3 Data och databearbetning

2.3.1 Sannolik och potentiell kontinuitetsskog

Efter beställning från Naturvårdsverket tog Metria AB fram ett underlag som redovisade sannolik och potentiell kontinuitetsskog (Metria AB 2017). Metrias karteringsmetod utgick från att skogen kunde delas upp i en del som hade tydliga brott i trädskiktets kontinuitet, samt en del där tydliga brott inte kunde identifieras, vilken var den del som fick ingå i begreppet kontinuitetsskog och potentiell kontinuitetsskog (Ahlkrona et al. 2017). Fokus i Metrias kartering var skog som inte kalavverkats, och de län som karterades var Norrbotten, Västerbotten, Jämtland, Västernorrland, Gävleborg, Dalarna och Värmland (Ahlkrona et al. 2017; Metria AB 2017).

I Metrias kartering har träbeklädd mark med en krontäckning på minst 10% samt en trädhöjd på minst fem meter räknats som skogsmark, vilken i sin tur har delats in i produktiv skogsmark respektive improduktiv skogsmark (Ahlkrona et al. 2017). Till produktiv skogsmark räknades skog med en tillväxt på minst en skogskubikmeter per hektar och år och till improduktiv skogsmark räknades skog med en lägre produktivitet än en skogskubikmeter per hektar och år (Ahlkrona et al. 2017).

Karteringen baserades på Lantmäteriets digitaliserade historiska ortofoton med referensår 1960 (+/- 5 år), de digitaliserade bilderna hade 0,5 meters upplösning. De ljusaste ytorna i de historiska ortofoton karterades huvudsakligen som kalare hyggen, och för att inte missta äldre hyggen med mycket dålig tillväxt, vägar, kraftledningsgator eller annan träbekläddmark så gjordes en integrering av trädhöjdsinformation (Ahlkrona et al. 2017). Även satellitbilder användes, dels Landsat MSS (1970-tal), där bilderna hade en geometrisk upplösning på 80 meter, dels bilder från Landsat TM (1990–2000-tal) vilka hade en geometrisk upplösning på cirka 30 meter. Aktuella satellitdata från SPOT och Sentinel 2 (2010–2015) med en geometrisk upplösning på 10 meter samt laserdata från Lantmäteriet (2009–2015) med 10 meters rasterrutor användes även (Ahlkrona et al. 2017). Upplösningen på den produkt som levererades av Metria AB under 2017 var 10 x 10 meter, med en minsta karteringsenhet större eller lika med 0,5 ha och en bredd på drygt 20 meter (Metria AB 2017).

Under Metrias arbete med karteringen av kontinuitetsskog och potentiell kontinuitetsskog återanvändes material från tre tidigare genomförda karteringar; storområdeskarteringen, KNAS heltäckande kartering i fjällen samt faktisk avverkad skog, alla med hjälp av satellitdata med respektive 25 meter, 10 meter samt 10 meter upplösning (Ahlkrona et al. 2017). Övriga underlag som användes i Metrias kartering var fjällnära gränser, KNAS 6 och heltäckande KNAS för att exkludera resultat ovanför fjällnära gränsen som inte höll tillräcklig kvalitet och för att få fram information om de karterade kontinuitetsskogarna var av skogstypen produktiv eller improduktiv skog (Ahlkrona et al. 2017).

För att få en skattning av noggrannheten i Metrias karteringsresultat jämfördes den bland annat mot Riksskogstaxeringens ytor, skogsfasskiktet från vegetationskartan samt en stickprovsvis visuell tolkning (Ahlkrona et al. 2017). Utvärderingen av karteringens noggrannhet visade att den till stor del inkluderade äldre skog samtidigt som den exkluderade yngre skog (Ahlkrona et al. 2017). För de län som analyserades i detta arbete, Norrbotten, Västerbotten, Jämtland och Västernorrland visade sig skog >70 år ha karterats med en sannolikhet på drygt 90% jämfört med Riksskogstaxeringens uppgifter (Ahlkrona et al. 2017). De södra och östra delarna av Metrias kartering hade en större överskattning av arealen kontinuitetsskog på grund av att 50–70-åriga bestånd ibland blev karterade som kontinuitetsskog, vilket var den största bristen med deras kartering (Ahlkrona et al. 2017). Det andra nämnda felet, att kontinuitetsskog underskattas, förekommer mer sällan än att den överskattas (Ahlkrona et al. 2017).

I denna studie användes ett rasterlager av pCF där preciseringarna från Norrbotten, Västerbotten, Jämtland, Västernorrland, Dalarna samt fjällregionen har slagits ihop till fyra olika klasser, där de fyra klasserna är sannolikt kontinuitetsskogs, sannolikt påverkad kontinuitetsskog, sannolik kontinuitetsskog i fjällen samt potentiell kontinuitetsskog (Metria 2023)(Tabell 1).

2.3.2 Relativ sannolikhet för skog med höga naturvärden

I denna studie användes en ännu ej publicerad AI-modell (Tabell 1), som visar relativ sannolikhet för förekomst av skog med höga naturvärden, modellen är utvecklad med artificiell intelligens och går under arbetsnamnet ”KubAI”, vilket kommer att användas i den här studien. Det inofficiella namnet kommer från grundaren Jakub “Kuba” Bubnicki, vilket gett de första tre bokstäverna ”Kub”, och sedan ”AI”, för artificiell intelligens (Wang 2023).

KubAI-modellen är en slags virtuell inventering, i vilken det svenska landskapet delats in i fyra regioner, baserat på deras varierade förmåga att hysa höga naturvärden, vilka sedan har skannats (Jakub W. Bubnicki et al. in rev). I norra boreala regionen, södra boreala regionen, hemiboreala regionen och nemoral regionen, finns det totalt 21 miljoner hektar skog (Jonsson et al. 2022; Jakub W. Bubnicki et al. in rev). Resultatet visas som den relativa sannolikheten för förekomst av höga naturvärden på all skogsmark i Sverige med över $\geq 50\%$ skog, med kontinuerliga sannolikhetsvärden från 0 till 1. Den slutliga upplösning är på 1 hektar, vilket anses vara en lämplig skala vid landskapsplanering (Jonsson et al. 2022; Jakub W. Bubnicki et al. in rev).

Modellen är skapad för att underlätta och effektivisera arbetet med grön infrastruktur och landskapsplanering (Wang 2023; Jakub W. Bubnicki et al. in rev). KubAI-modellen återkopplar till Skogsstyrelsens åtgärdsförslag, att skapa digitala och geografiska kunskapsunderlag som kan fungera som ett första steg i arbetet med grön infrastruktur, genom att peka ut områden i landskapet med höga naturvärden, ger den en översikt av vilka områden som bör prioriteras för vidare inventeringar inför beslut gällande restaurering och områdesskydd (Jonsson et al. 2022; Karlsson et al. 2022; Jakub W. Bubnicki et al. in rev). Den återkopplar även till ett av EU:s bevarandemål, att skydda 30% av EU:s landareal, för att Sverige ska kunna bidra till det målet behövs ett nationellt underlag som pekar ut var dessa områdesskydd bör prioriteras (CBD 2020; European Union 2020; Jonsson et al. 2022). Modellen visar även områden där insatser som exempelvis restaurering inte anses kunna bidra till någon förbättring av den gröna infrastrukturen, där brukandet av skogen skulle kunna fortlöpa (Jonsson et al. 2022; Jakub W. Bubnicki et al. in rev). KubAI-modellen är validerad mot Riksskogstaxeringen och Sveaskogs beståndsdata med gott resultat (Jonsson et al. 2022; Jakub W. Bubnicki et al. in rev).

2.3.3 Läns- och kommungränser

Vektorfiler med digitala gränser för län och kommuner som användes i analyserna var hämtade från Statistikmyndigheten SCB hemsida (Tabell 1).

Tabell 1. Data som använts i analyserna - format, referenssystem, källor, datum då de skapats samt datum då de hämtats

Beskrivning	Format	Koordinat/Referenssystem	Källa	Skapat-datum	Hämtat-datum
Sannolik och potentiell kontinuitetsskog	Raster (.tif)	SWEREF99 TM	Naturvårdsverket	2023-03-02	2023-04-05
Länsgränser	Vektor (.shp)	SWEREF99 TM	SCB	2013-11-28	2023-02-15
Kommungränser	Vektor (.shp)	SWEREF99 TM	SCB	2013-11-28	2023-03-23
KubAI	Raster (.tif)	EPSG:8687 Slovenia 1996 / UTM zone 33N	- Bubnicki et al. in rev, samt https://bubnicki.users.earthengine.app/view/wedentest	In rev.	2023-02-15

2.4 GIS-analyser

2.4.1 Spatiala analyser

För att svara på frågeställningarna utfördes flera spatiala analyser av både län och strata. Mjukvaran som användes för dessa analyser var QGIS, vilket är en gratis mjukvara med öppen källkod för arbete med geografiska informationssystem (QGIS Development Team 2023a). Arealer av höga naturvärden för de olika KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$, $\geq 0,9$ samt pCF togs fram med hjälp av QGIS verktyget zonhistogram vilket går att använda för att ta fram unika värden i ett rasterlager för zoner som är av intresse, dessa zoner definieras av vektorlager med polygoner (QGIS Development Team 2023b)(Bilaga 1). För att sedan beräkna hur KubAI-sannolikheterna skiljde sig från pCF rent arealmässigt så användes

Microsoft Excel. För att beräkna andelen av KubAI-sannolikheterna och pCF som överlappade användes QGIS-verktyget Raster kalkylator som gjorde det möjligt att beräkna arealen av överlappet (QGIS Development Team 2023c)(Bilaga 1). Dessa analyser utfördes på de två geografiska skalorna, län och strata. Avslutningsvis användes pluginverktyget LecoS, för att undersöka hur kluster i olika klasser fördelar sig mellan län och strata, LecoS vilket är ett pluginverktyg anpassat för landskapsarkitekter som kan användas för att analysera landskap (Jung 2012, 2016)(Bilaga 1).

Arealer

Analysen startade i QGIS och avslutades sedan i Excel. Delen i QGIS inleddes med att KubAI-lagret och pCF-lagret lades till. KubAI-lagret var ett raster med referenssystemet EPSG:8687 - Slovenia 1996 / UTM zone 33N, vilket föranledde en ändring till det svenska referenssystemet SWEREF99 TM. Även pCF var ett raster, med fyra olika klasser. KubAI-lagret hade en pixelstorlek på 100x100 meter, men då det skulle valideras mot pCF, som hade en pixelupplösning på 10x10 meter så ändrades pixelstorleken på KubAI-lagret till detta med hjälp av ett insticksprogram i QGIS, SAGA Next Gen och dess rasterverktyg omsampling (SAGA-GIS 2023)(Bilaga 1).

De län som studerades var Norrbotten, Västerbotten, Jämtland och Västernorrland. Dessa län delades in i nio olika strata, varav tre med inslag av kust, tre inland och tre med inslag av fjäll (Figur 1). För att ta fram de län och strata som var av intresse lades två olika vektorlager från Statistikmyndigheten SCB (2023) till, ett för länsgränser och ett för kommungränser, utifrån dem valdes objekten som nämnts ovan och exporterades sedan till fyra olika vektor lager för de nämnda länen och nio olika vektorlager för de olika strata (Tabell 2). För att underlätta arbetet med KubAI-lagret klipptes det utifrån det område som skulle studeras med hjälp av funktionen klipp raster efter masklager som fanns tillgänglig som rasterextraheringsverktyg i insticksprogrammet GDAL (QGIS Development Team 2023d)(Bilaga 1).

Tabell 2. Kommuner som ingår i vardera strata, samt typ av strata som kust, inland eller fjäll

Strata	Kommuner
Norra fjäll	Arjeplog, Jokkmokk, Gällivare, Kiruna
Norra inland	Arvidsjaur, Övertorneå, Pajala, Älvsbyn, Boden
Norra kust	Kalix, Luleå, Piteå, Haparanda
Mellersta fjäll	Storuman, Sorsele, Dorotea, Vilhelmina
Mellersta inland	Bjurholm, Vindeln, Norsjö, Malå, Vännäs, Åsele, Lycksele
Mellersta kust	Nordmaling, Robertsfors, Umeå, Skellefteå
Södra fjäll	Krokom, Strömsund, Åre, Berg, Härjedalen
Södra inland	Ånge, Sollefteå, Ragunda, Bräcke

För att underlätta jämförelserna med pCF omklassades KubAI i diskreta klasser som succesivt byggde på varandra (Tabell 3). Utöver originallagret med KubAI så gjordes två dupliceringar, så att det totalt fanns tre KubAI-lager. Varje lager klassades i sin tur i två olika klasser med hjälp av QGIS egna rasteranalysverktyg och funktionen omklassificera med tabell (QGIS Development Team 2023b) (Bilaga 1). Det första KubAI-lagret klassades med det nya värdet 0 för alla värden under 0,4 och det nya värdet 1 för alla värden från 0,4 upp till värdet 1. Det andra KubAI-lagret klassades med det nya värdet 0 för alla värden under 0,7 och det nya värdet 1 för alla värden från 0,7 upp till värdet 1. Det tredje KubAI-lagret klassades med det nya värdet 0 för alla värden under 0,9 och det nya värdet 1 för alla värden från 0,9 upp till värdet 1. Klassgränserna 0,4 och 0,7 följer Wang (2023) medan klassgränsen 0,9, för de pixlar med högsta sannolikhetsvärde, användes efter att gränsen 1,0 testats men visat sig innehålla ett för litet antal pixlar och därmed bedömdes som för konservativ. För att säkerställa att det inte blev någon extra klass med "no data" användes de avancerade parametrarna "ingen data"-värde för utdata" vilken valdes till 0, "Intervallets gränser" med inställningen "min <värde <max", samt att frågerutan för "Använd "ingen data" när inget intervall matchar värdet" bockades i (Bilaga 1).

Tabell 3. Värden som omklassats till klass 0 och 1 för de tre olika KubAI-lagren

KubAI-lager	Klass 0	Klass 1
1	0-0.39	0.40-1
2	0-0.69	0.70-1
3	0-0.89	0.90-1

Efter att samtliga KubAI-lager klassats om var det möjligt att använda QGIS egna rasteranalysverktyg zonhistogram för att räkna fram den totala arean av höga naturvärden för alla KubAI-sannolikheter och pCF. Först användes återigen verktyget klipp raster efter masklager, för att klippa alla sannolikheter av KubAI och pCF för alla län och strata. Rasteranalysverktyget zonhistogram användes upprepade gånger med något olika inställningar för att få fram arean för samtliga län och strata. Som rasterlager valdes de olika KubAI-sannolikheter samt pCF. För att definiera zonerna användes de vektorlager som skapats för alla län och strata. Resultatet från körningen av zonhistogram blev ett vektorlager med tillhörande attributtabell med beräknade pixlar för varje klass, för att underlätta överföringen till Excel slogs vektorlagren ihop på följande sätt:

- PCF, alla län och strata.
- KubAI, alla län och strata.

Dessa vektorlager med attributtabeller exporterades sedan som Excel filer för möjliggörande av vidare beräkningar. Excelfilerna innehöll antalet pixlar för både

klass 0 och klass 1, då endast klass 1 var av intresse för vidare analyser sållades klass 0 bort. För att räkna om värdena som getts av zonhistogram till hektar så multiplicerades de med pixelstorleken, vilken var $10 \times 10 = 100$ för att sedan divideras med 10 000.

För att få en uppfattning av hur arealerna av de tre KubAI-sannolikheterna och pCF skiljde sig procentuellt mellan de olika länen och strata, så dividerades de framtagna arealerna med den totala arealen skogsmark i respektive län och strata. Total areal skogsmark för län och kommuner från år 2020 fanns tillgängligt på Statistikmyndigheten SCB statistikdatabas, för att få fram total areal skogsmark per strata adderades total areal skogsmark för de kommuner som ingick i respektive strata.

Sedan räknades differensen av den totala arean för de olika KubAI-sannolikheterna och pCF fram enligt:

$$\text{Diff} = \text{KubAI(S)} - \text{pCF(tot)}$$

Där KubAI(S) var arean av antingen KubAI med sannolikheten $\geq 0,4$, KubAI med sannolikheten $\geq 0,7$ eller KubAI med sannolikheten $\geq 0,9$ och pCF(tot) den totala arean av alla pCF klasser.

Överlappande arealer

För att få en översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna och pCF såg ut att överlappa så skapades bilder genom att färga alla klasser av pCF i en röd färg och KubAI i en gul färg, och sedan placerades lagret med de rödfärgade pCF klasserna ovanpå de olika KubAI-sannolikheterna för varje län och strata. För varje KubAI-sannolikhet skapades en bild med län inklusive strata som återfanns i respektive län, detta genom att exportera kartfönstret till layouthanteraren.

För att beräkna storleken på den överlappande arean av de olika KubAI-sannolikheterna och pCF så användes QGIS egna Raster kalkylator. Beräkningen för överlapp utfördes med hjälp av följande formel:

$$(\text{KubAI(Län/strata(S))} > 0) * (\text{pCF(län/strata(tot))} > 0)$$

Där (KubAI(Län/strata(S)) var något av de fyra länen eller nio strata med KubAI med sannolikheten $\geq 0,4$, KubAI med sannolikheten $\geq 0,7$ eller KubAI med sannolikheten $\geq 0,9$, (pCF(län/strata(tot)) något av de fyra länen eller nio strata med den totala arean av alla pCF klasser.

Resultatet av ekvationen var ett rasterlager för varje län och strata med överlappande pixlar, för att räkna ut arean av överlappningen användes rasterverktyget zonhistogram på det resulterande rasterlagret. För att slutligen räkna ut andelen överlappande areal så exporterades värdena som tagits fram. För att

räkna om värdena som getts av zonhistogram till hektar så multiplicerades de med pixelstorleken, vilken var $10 \times 10 = 100$ för att sedan divideras med 10 000. Dessa arealer dividerades sedan med totala arealer av vardera KubAI-sannolikhet, de arealer som togs fram i den första analysen ”arealer”.

Även andelen ej överlappande areal undersöktes, dock ledde svårtolkade och missvisande resultat till att den analysen ej slutfördes.

Kluster

För att titta närmare på hur kluster fördelar sig i olika klasser av höga naturvärden mellan län och strata togs medelstorleken av kluster för varje län och strata samt det största sammanhängande klustret för varje län och strata fram. Både största sammanhängande kluster och medelkluster togs fram med hjälp av pluginverktyget LecoS.

I pluginverktyget LecoS finns funktionen patch statistics, med vilken det är möjligt att beräkna ett flertal olika mått på ett landskaps struktur (Jung 2016), i detta fall mean patch area och greatest patch area, som gjordes för vardera län och strata.

För att ta fram det största sammanhängande klustret valdes vardera län och strata för varje enskild KubAI-sannolikhet som indata, för KubAI valdes klass 1 som den klass som var av intresse, sedan valdes ”Greatest patch area” till ”what to calculate”.

För mean patch så gjordes samma sak som ovan, med undantag för ”what to calculate” som i det fallet valdes till ”Mean patch area”. Med hjälp av mean patch area kunde den genomsnittliga storleken av enskilda kluster beräknas.

Resultat

3.1 Översiktlig spatial analys

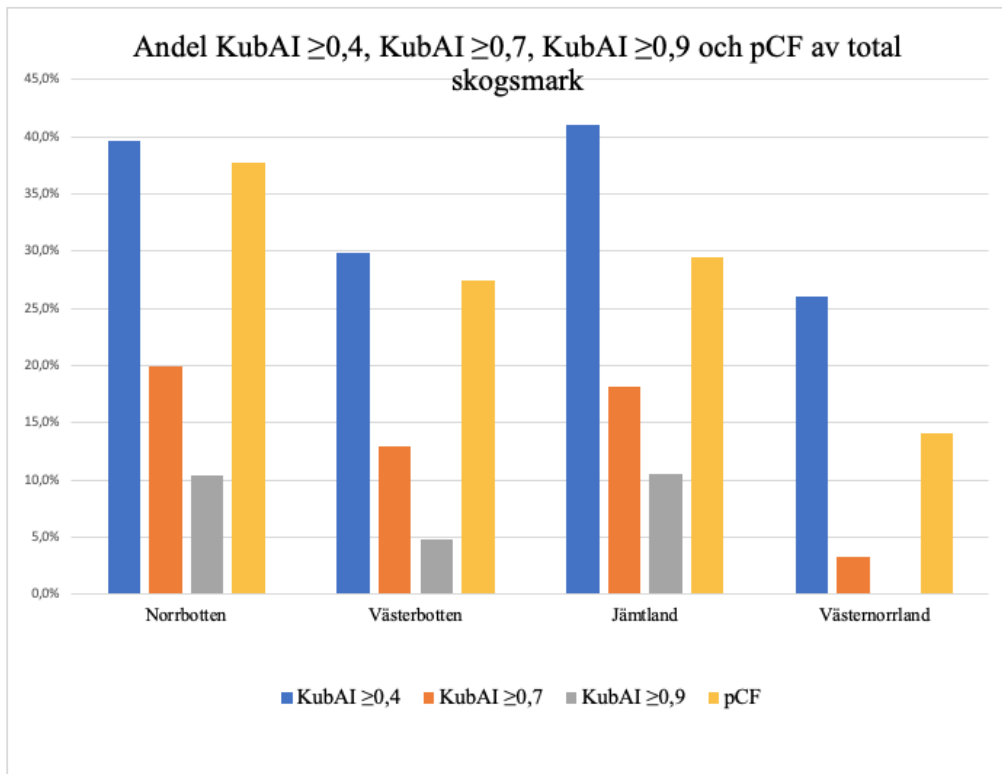
3.1.1 Arealer

Tabell 4. Areal i hektar av höga naturvärden i länen vid de olika KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$, $\geq 0,9$ och pCF

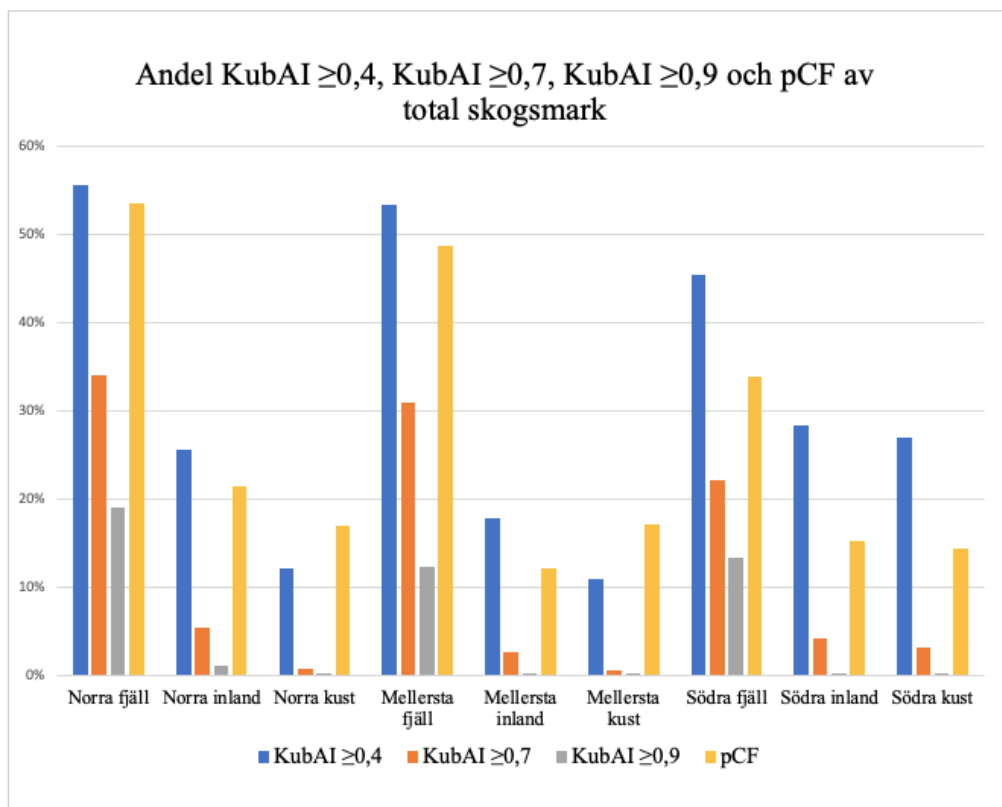
Län	Sannolikhet $\geq 0,4$, (ha)	Sannolikhet $\geq 0,7$ (ha)	Sannolikhet $\geq 0,9$ (ha)	pCF (ha)
Norrbottnen	2 259 174	1 135 728	595 467	2 148 096
Västerbotten	1 177 104	512 224	189 492	1 080 663
Jämtland	1 415 403	627 155	361 381	1 015 667
Västernorrland	482 259	61 331	3 053	259 831

Tabell 5. Areal i hektar av höga naturvärden i strata vid de olika KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$, $\geq 0,9$ och pCF

Strata	Sannolikhet $0,4$ (ha)	Sannolikhet (ha)	$0,7$ Sannolikhet $0,9$ (ha)	PCF (ha)	
Norra fjäll	1 666 393		1 023 225	573 024	1 606 199
Norra inland	513 237		107 353	22 283	430 391
Norra kust	79 544		5 150	160	111 506
Mellersta fjäll	808 629		468 284	185 242	737 418
Mellersta inland	263 242		39 136	4 133	178 126
Mellersta kust	105 233		4 803	117	165 119
Södra fjäll	1 233 274		600 997	360 012	919 238
Södra inland	365 134		52 889	3 281	196 329
Södra kust	299 254		34 600	1 141	159 931



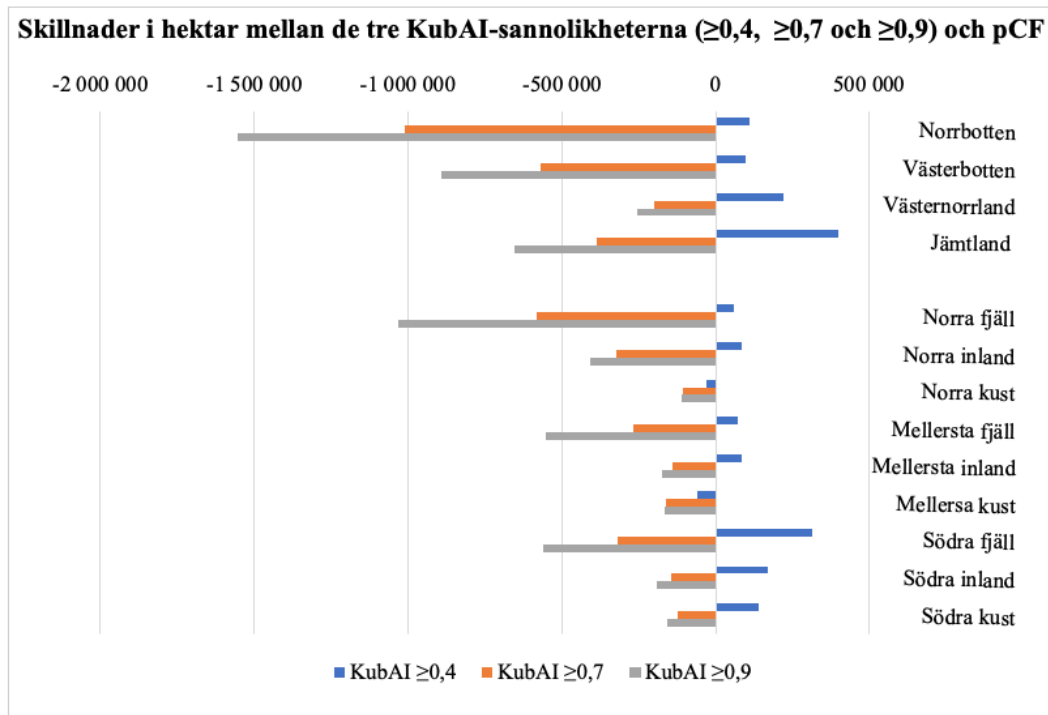
Figur 2. Andel KubAI $\geq 0,4$, KubAI $\geq 0,7$, KubAI $\geq 0,9$ och pCF av total areal skogsmark för vardera län.



Figur 3. Andel KubAI $\geq 0,4$, KubAI $\geq 0,7$, KubAI $\geq 0,9$ och pCF av total areal skogsmark för vardera strata.

Arealer av höga naturvärden för de olika KubAI-sannolikheterna samt pCF för länen och strata visas i Tabell 4 och 5.

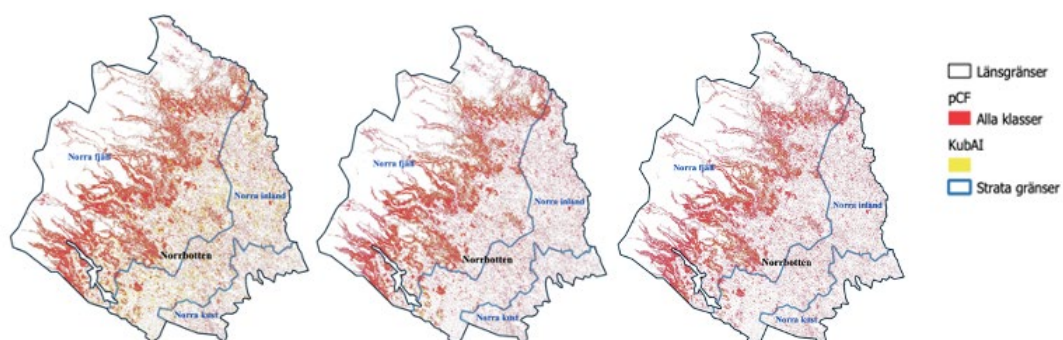
Av de fyra länen återfanns den största arean av höga naturvärden för KubAI med sannolikhet $\geq 0,4$ i Norrbotten, detsamma gällde för KubAI med sannolikhet $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ samt pCF. Dock var KubAI med sannolikhet $\geq 0,4$ rent procentuellt störst i Jämtland, vilket även gällde för KubAI sannolikhet $\geq 0,9$ (Figur 2). Av de fyra länen återfanns den minsta arean av höga naturvärden för KubAI med sannolikhet $\geq 0,4$ i Västernorrland, detsamma gällde för KubAI med sannolikhet $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ samt pCF (Tabell 4 och 5). Av de nio strata återfanns den största arean av höga naturvärden för KubAI med sannolikhet $\geq 0,4$ i stratum Norra fjäll, detsamma gällde för KubAI med sannolikhet $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ samt pCF (Tabell 5 och Figur 3). Av de nio strata återfanns den minsta arean av höga naturvärden för KubAI med sannolikhet $\geq 0,4$ i stratum Norra kust, KubAI med sannolikhet $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ i stratum Mellersta kust, den minsta arean av pCF återfanns i stratum Norra kust (Tabell 5).



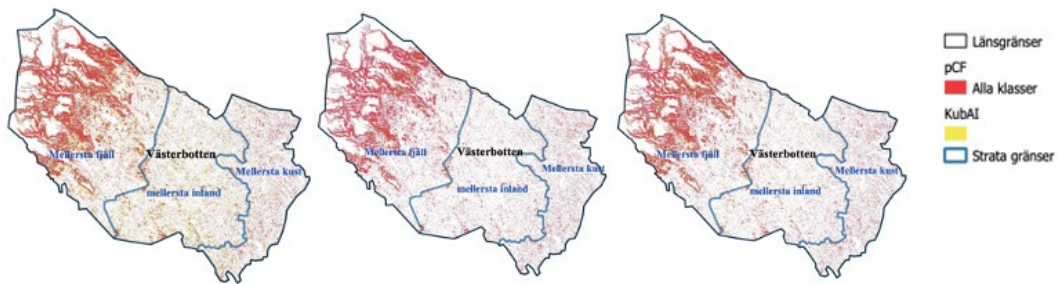
Figur 4. Skillnader i hektar mellan de tre KubAI-sannolikheterna ($\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$) och pCF, för både län och strata.

Figur 4 visar att skillnaderna mellan KubAI och pCF. KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ överskattade arean av höga naturvärden i jämförelse med pCF för samtliga län samt alla strata utom Mellersta kust och Norra kust. KubAI med sannolikhet $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ underskattade arean av höga naturvärden jämfört med pCF och det gällde för samtliga län och strata.

3.1.2 Överlappande areal



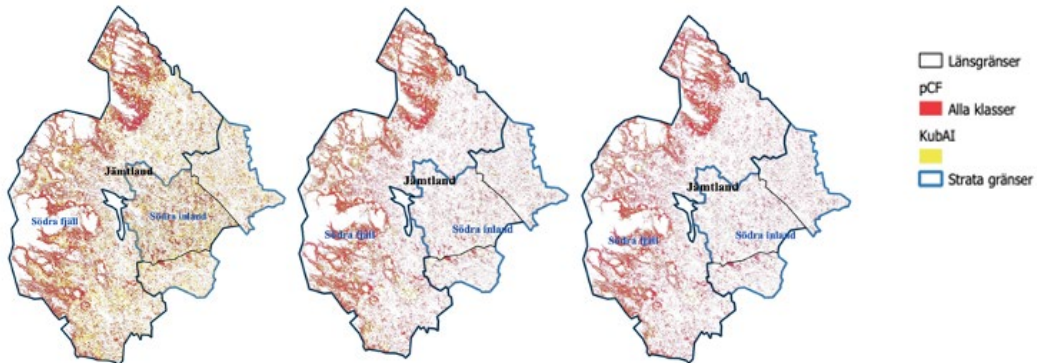
Figur 5. Översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna, från vänster till höger, $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Norrbottens län, inklusive Norra fjäll, Norra inland och Norra kust. De tre olika översikterna går att se var för sig i större upplaga (Bilaga 2).



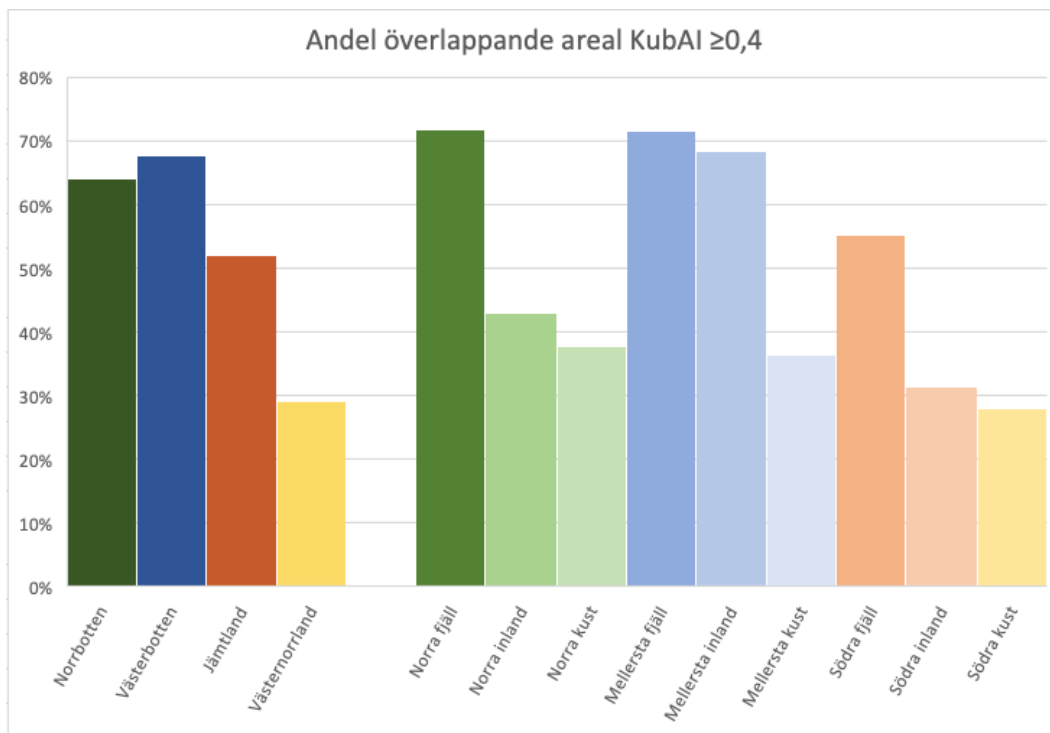
Figur 6. Översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna, från vänster till höger, $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Västerbottens län, inklusive Mellersta fjäll, Mellersta inland och Mellersta kust. De tre olika översikterna går att se var för sig i större upplaga (Bilaga 2).



Figur 7. Översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna, från vänster till höger, $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Västernorrlands län, inklusive Södra inland och Södra kust. De tre olika översikterna går att se var för sig i större upplaga (Bilaga 2).

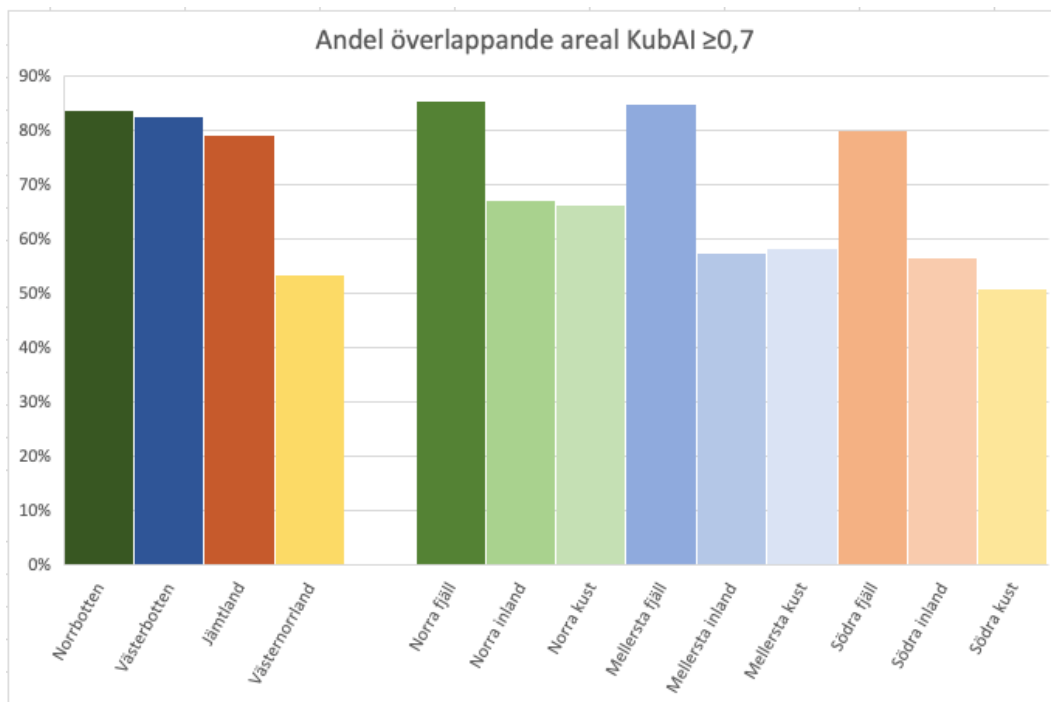


Figur 8. Översiktlig bild av hur KubAI-sannolikheterna, från vänster till höger $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Jämtlands län, inklusive Södra fjäll och Södra inland. De tre olika översikterna går att se var för sig i större upplaga (Bilaga 2).



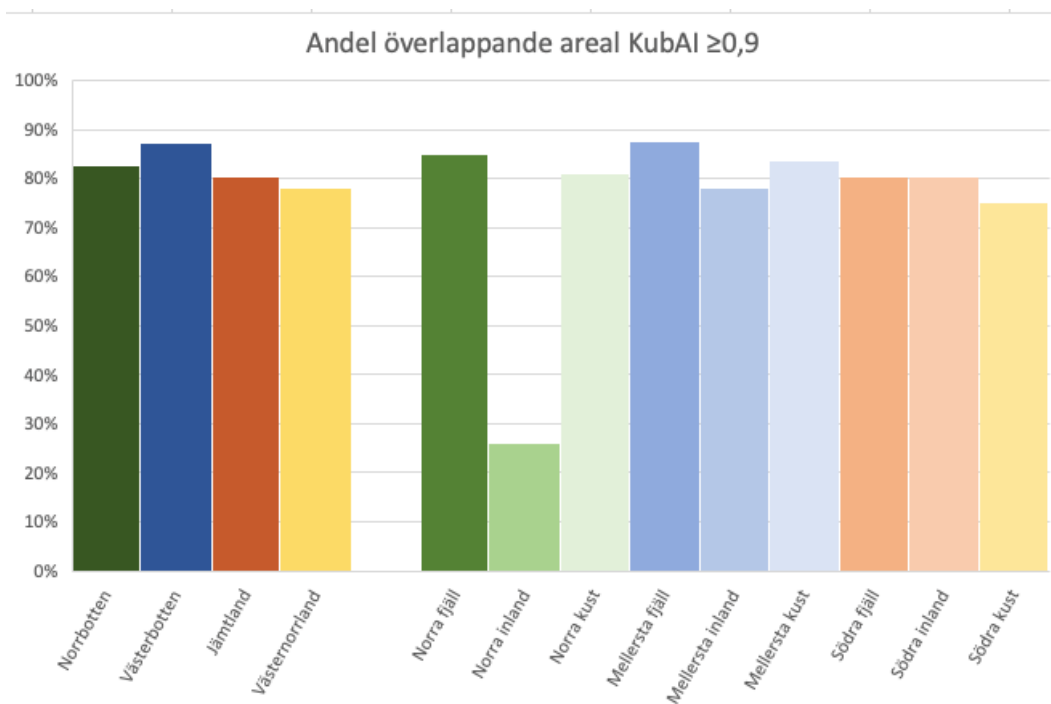
Figur 9. Andel överlappande areal av KubAI $\geq 0,4$ och pCF för samtliga län (mörkare färger) och strata (ljusare färger).

I Figur 7 visas den överlappande andel av arealen för KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ och pCF. Den största andelen överlappande areal för länen med KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ hade Västerbotten, den minsta överlappande arealen för länen hade Västernorrland. Norra och Mellersta fjäll hade lika stora andelar överlappande areal för strata med KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ och pCF, vilka också var störst. Den minsta andelen överlappande areal av strata med KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ och pCF hade Södra kust.



Figur 10. Andel överlappande areal av KubAI $\geq 0,7$ och pCF för samtliga län (mörkare färger) och strata (ljusare färger).

I Figur 8 visas den överlappande andel av arealen för KubAI-sannolikheten $\geq 0,7$ och pCF. Den största andelen överlappande areal för länen med KubAI-sannolikheten $\geq 0,7$ hade Norrbotten, den minsta överlappande arealen för länen hade Västernorrland. Norra fjäll hade störst andel överlappande areal för strata med KubAI-sannolikheten $\geq 0,7$ och pCF. Den minsta andelen överlappande areal av strata med KubAI-sannolikheten $\geq 0,7$ och pCF hade Södra kust.



Figur 11. Andel överlappande areal av KubAI $\geq 0,9$ och pCF för samtliga län (mörkare färger) och strata (ljusare färger).

I Figur 9 visas den överlappande andel av arealen för KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$ och pCF. Den största andelen överlappande areal för länen med KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$ hade Västerbotten, den minsta överlappande arealen för länen hade Västernorrland. Mellersta fjäll hade störst andel överlappande areal för strata med KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$ och pCF. Den minsta andelen överlappande areal av strata med KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$ och pCF hade Norra inland.

3.1.3 Kluster

Kluster i länen

Tabell 6. Resultat för länen av LecoS funktionen "greatest patch" största kluster för de tre KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$

Län	KubAI $\geq 0,4$ (ha)	KubAI $\geq 0,7$ (ha)	KubAI $\geq 0,9$ (ha)
Norrbottnen	347 212	282 518	49 181
Västerbottnen	481 288	99 887	26 194
Västernorrland	6 748	2 315	299
Jämtland	134 621	70 502	32 780

Tabell 6 visar att det största klustret för KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ återfanns i Västerbotten och det minsta i Västernorrland. Det största klustret för KubAI-

sannolikheten $\geq 0,7$ återfanns i Norrbotten och det minsta i Västernorrland, detsamma gällde för KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$.

Tabell 7. Resultat för länen av LecoS funktionen "mean patch" medelkluster för de tre KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$

Län	KubAI $\geq 0,4$ (ha)	KubAI $\geq 0,7$ (ha)	KubAI $\geq 0,9$ (ha)
Norrbotten	25	32	35
Västerbotten	20	28	30
Västernorrland	19	8	4
Jämtland	30	29	33

Tabell 7 visar att medelkluster för Norrbotten och Västerbotten ökade med större KubAI-sannolikhet, för Västernorrland gällde det omvända, medelkluster minskade med ökad KubAI-sannolikhet. För Jämtland var medelkluster störst för KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$, näst störst för $\geq 0,4$ och minst för $\geq 0,7$.

Kluster i strata

Tabell 8. Resultat för strata av LecoS funktionen "greatest patch" största kluster för de tre KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$

Strata	KubAI $\geq 0,4$ (ha)	KubAI $\geq 0,7$ (ha)	KubAI $\geq 0,9$ (ha)
Norra fjäll	344 669	282 518	49 181
Norra inland	13 841	8 342	3 990
Norra kust	1 682	132	17
Mellersta fjäll	481 288	99 887	26 194
Mellersta inland	3 563	1 886	669
Mellersta kust	1 302	242	15
Södra fjäll	134 621	70 502	32 780
Södra inland	6 794	2 783	299
Södra kust	6 604	1 811	81

Tabell 8 visar att det största klustret för KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ återfanns i Mellersta fjäll och hade samma storlek som det största klustret i Västerbotten (Tabell 6), det största klustret för KubAI-sannolikheten $\geq 0,7$ återfanns i Norra fjäll och var detsamma som i Norrbotten (Tabell 6), detsamma gällde för KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$. Gemensamt för strata med störst kluster var att de var strata med inslag av fjäll. De minsta klustren återfanns för KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ i Mellersta kust, för KubAI-sannolikheten $\geq 0,7$ i Norra kust och för KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$ i Mellersta kust.

Tabell 9. Resultat för strata av LecoS funktionen "mean patch" medelkluster för de tre KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$

Strata	KubAI $\geq 0,4$ (ha)	KubAI $\geq 0,7$ (ha)	KubAI $\geq 0,9$ (ha)
--------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Norra fjäll	35	39	38
Norra inland	15	12	13
Norra kust	8	4	2
Mellersta fjäll	39	41	33
Mellersta inland	10	6	6
Mellersta kust	7	3	2
Södra fjäll	33	32	34
Södra inland	18	8	4
Södra kust	19	8	3

I Tabell 9 visas hur medelkluster för samtliga strata med inslag av kust minskade med högre sannolikhet av KubAI, detsamma gällde för Södra inland. För Norra fjäll var medelkluster störst vid KubAI-sannolikhet $\geq 0,7$ och detsamma gällde för Mellersta fjäll. Södra fjäll hade störst medelkluster vid KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$ och minst vid KubAI-sannolikheten $\geq 0,7$. För Norra inland var medelkluster störst vid KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ och minst vid KubAI-sannolikheten $\geq 0,7$. Mellersta inland hade lika stort medelkluster för KubAI-sannolikheterna $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$, störst medelkluster hade den vid KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$.

Diskussion

4.1 Utvärdering av resultaten

Under nedanstående rubriker diskuteras resultat från varje enskild analys, för att sedan utvärderas vidare gemensamt under rubriken huvudresultat, resultaten diskuteras även i kontrast till tidigare forskning.

4.1.1 Arealer

De största arealerna av KubAI med sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ återfanns i Norrbotten, Jämtland och Västerbotten för att sedan minska ordentligt i Västernorrland (Tabell 4). För strata var det tydligt att de största arealerna av samtliga-KubAI sannolikheter återfanns i strata med inslag av fjäll (Tabell 5 och Figur 3). Dessa resultat stämde väl överens med tidigare forskning, som visat att förekomsten av höga naturvärden är koncentrerade i fjällkedjan där nästan 60% av skogsmarken är intakt (Svensson et al. 2020).

När arealerna av KubAI-sannolikheterna jämfördes mot arealen av pCF i Figur 4 syntes det att KubAI med sannolikhet $\geq 0,4$ visade en större areal av skog med höga naturvärden eller som potentiellt skulle kunna hysa höga naturvärden än vad pCF visar. För KubAI-sannolikheterna $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ underskattades däremot arealen av höga naturvärden kraftigt, särskilt vid sannolikhet $\geq 0,9$. KubAI visar dock relativ sannolikhet för förekomst av skog med höga naturvärden med hjälp av kontinuerliga sannolikhetsvärden, samtidigt som pCF antingen är sannolik eller potentiell kontinuitetsskog, eller ej sannolik och potentiell kontinuitetsskog. KubAI-sannolikheten $\geq 0,9$ visar alltså var det är absolut störst sannolikhet att det finns skog med höga naturvärden, vilket gör denna underskattning mycket rimlig.

4.1.2 Andel överlappande areal

På bilderna som skapades i QGIS där pCF var placerat ovanpå de olika KubAI-sannolikheterna (Figur 5, 6, 7 och 8), blev det tydligt att det var en mindre areal av KubAI som skulle stämma överens med pCF vid KubAI-sannolikheterna $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ än det var för KubAI sannolikheten $\geq 0,4$, som hade en större utbredning än pCF. Bilderna avslöjade inte hur stort eller litet överlappet var, däremot visade

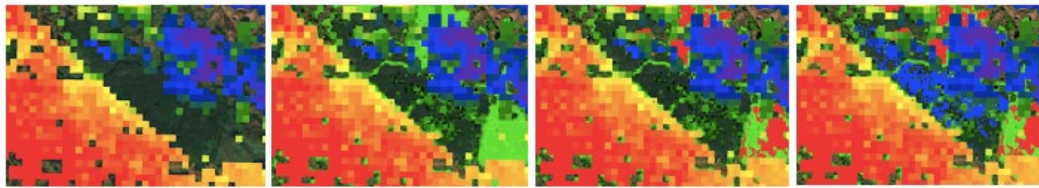
bilderna rent visuellt att ingen av de tre KubAI-sannolikheterna överlappade exakt med pCF.

Med hjälp av beräkningar av andelen överlappande areal blev det däremot svart på vitt att desto högre KubAI-sannolikhet som används vid jämförelser mot pCF, desto större andel överlappande areal, med undantag för Norra inland som hade lägst andel vid sannolikheten 0,9 (Figur 11). Resultatet var inte överraskande då arean för KubAI-sannolikheterna $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ var betydligt mindre än arean för KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$, och därav hade en mindre areal som förväntades överlappa arealen av pCF. Däremot var resultatet för Norra inland överraskande då det inte följde samma mönster som övriga. Något som skulle kunna förklara det avvikande resultatet är att mycket av den skog som återfinns i Norra inland är tallskog som avverkats kring 1940-talet, i vilken pCF troligtvis överskattar de höga naturvärdena.

Att träffytan var sämre för strata närmare kusten samt Västernorrland kommer sig troligtvis av att KubAI diskriminerar skogsmark med mindre än 50% skog, vilket inte är fallet med pCF. Det södra och östra delarna av pCF har däremot en större överskattning av höga naturvärden, där bestånd med en ålder runt 60 år ibland blev karterade som kontinuitetsskog, vilket rimligtvis också bör vara en anledning till att KubAI-sannolikheterna och pCF närmare kusten överlappar mindre (Ahlkrona et al. 2017). pCF har också, även om det anses vara litet, enligt Ahlkrona et. al (2017) ett fel som leder till att den ibland underskattar kontinuitetsskog, ett fel som förekommer över hela det geografiska området, vilket kan vara en del av förklaringen till skillnaderna där.

Under arbetets gång undersöktes även hur stor andel av arealen som inte överlappade, men då resultaten var både svårtolkade och missvisande gjordes valet att ej slutföra den analysen. Beslutet att ej slutföra analysen togs i samråd med handledare och diskussionen som fördes kring de svårtolkade och missvisande resultaten är värda att nämna i denna diskussion. En anledning till de svårtolkade resultaten kunde vara att andelen ej överlappande areal, mellan de olika KubAI-sannolikheterna och pCF, troligtvis påverkas starkt av att KubAI diskriminerar skogsmark med mindre än 50% skog, vilket inte gäller för pCF. Detta leder till brus och blev extra tydligt när KubAI-modellen testkördes som i Figur 10 nedan. Till en början lades endast KubAI-modellen till i testkörningen, efter det lades även Hansen Forest Cover (2000) till. I Hansen Forest Cover är ett resultat av en serie Landsat-bilder av global skogsutbredning och dess förändring mellan åren 2000 och 2020, där träd högre än 5 meter definieras som skog (Bubnicki 2023). Efter det adderades även Hansen Loss (2020), vilket tillhör samma serie av Landsat-bilder men definieras istället av beståndsförändrande händelser, vilket gör att även avverkningar blir synliga i testkörningen (Bubnicki 2023). Slutligen lades även Hansen Gain (2020) som även den tillhörde samma serie av Landsat-bilder men

definieras som nytillkommen skog under perioden 2000 fram till 2020 (Bubnicki 2023).



Figur 12. Från vänster till höger. Endast KubAI i färgerna, röd, gul och grön som indikerar höga naturvärden i fallande skala, samt blå som visar på mycket låg förekomst av höga naturvärden. KubAI tillsammans med Hansen Forest Cover (2000), i en ljus grön färg. KubAI tillsammans med Hansen Forest Cover (2000), Hansen Loss (2020), i en klarröd färg. KubAI, Hansen Forest Cover (2000), Hansen Loss (2020) och Hansen Gain (2020) i en ljus grön färg.

4.1.3 Kluster

Genom utvärdering av resultatet från kluster-analysen gavs ett godtyckligt svar på frågeställningen hur kluster fördelar sig i olika klasser av höga naturvärden mellan län och strata.

Störst kluster för sannolikheten $\geq 0,4$ återfanns i Västerbotten, och störst kluster för sannolikheten $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ i Norrbotten. Precis som för arealerna av KubAI-sannolikheterna så är de strata med inslag av fjäll som har störst klusterstorlek, vilket stämmer överens med resultaten från Svensson et. al. (2020) att av dessa 60% intakt skogsmark så återfinns sammanhängande kluster större än 10 000 hektar. Dock är storleken på de största klustren betydligt större än de kluster med en storlek på 10 000 hektar som nämns i Svensson et. al. (2020) rapport, exempelvis så visar resultaten i Tabell 6 och Tabell 8 att Västerbotten har ett största kluster med en storlek på 481 288 hektar, och strata Norra fjäll ett största kluster med en storlek på 344 669 hektar. Detta kan bero på hur verktyget LecoS med funktionen greatest patch lägger ihop pixlar och bör inte utan vidare validering antas vara ett säkert resultat som är användbart för vidare antaganden.

Storleken på medelkluster verkar förhållandevis lågt med utgångspunkt i resultaten som återfinns i Svensson et. al (2020), det borde rimligtvis vara högre i fjällkedjan än vad resultatet av LecoS mean patch visar.

4.1.4 Huvudresultat

Resultat från analyserna visade att utfallet av KubAI-sannolikheterna stämde förhållandevis väl överens med pCF. Resultatet av andelen överlappande areal visade att KubAI-sannolikheterna $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ till stor del kunnat pekats ut redan tidigare med hjälp av pCF. Resultatet av KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ var mer intressant, då det visade på en större areal av skog med potentiellt höga naturvärden

än vad pCF tidigare visat. Det borde tyda på en större möjlighet till ökad konnektivitet än vad pCF tidigare visat på. Sammantaget visar resultaten från analyserna också att KubAI-modellen i jämförelse med pCF har en fördel. Fördelen att den visar relativ sannolikhet för förekomst av skog med höga naturvärden med hjälp av kontinuerliga sannolikhetsvärden, vilket gör att den kan peka ut områden med störst behov av restaurering eller områdesskydd, alltså vart de allra mest akuta insatserna bör utföras. Det är en viktig del av resultatet som visar på KubAI-modellens potential att kunna bidra till arbetet med åtgärdsförslaget från utvärderingen av målet med Levande skogar, som ett mycket användbart digitalt och geografiskt kunskapsunderlag. Med hjälp av KubAI torde det bli mycket mer effektivt att identifiera dessa områden för antingen vidare inventeringar eller för att direkt kunna ta beslut om restaureringar. Som Svensson et. al. (2020) nämner så är mycket av den skog som befinner sig utanför den fjällnära gränsen redan förlorad, mycket restaureringsarbete skulle krävas för att möjliggöra utveckling av höga naturvärden i den typen av skog. KubAI-sannolikheten $\geq 0,4$ visar dock att det finns hyfsat stora områden med en lägre relativ sannolikhet av höga naturvärden, vilka med rätt typ av restaurering och skötsel dels borde kunna knyta samman områden med höga naturvärden, dels själv kunna utveckla höga naturvärden om än på mycket lång sikt.

Tidigare forskning och litteratur understryker vikten av att olika aktörer planerar arbetet med grön infrastruktur tillsammans och inte var för sig, samt att alla har en gemensam förståelse för arbetet (Naturvårdsverket 2023). En spontan tanke i och med att markäganderätten är så stark i Sverige, är att det med hjälp av KubAI är enklare att som markägare se över sin mark samt närmsta grannarnas mark, kanske kan det öka markägarens förståelse för hur dennes skog är sammanlänkad med närmsta skogsägargranne, eller en skogsägare flera mil bort. De kanske tidigare inte ens funderat över att dennes skog skulle ha en koppling till den andras, det här är dock endast spekulationer. KubAI-modellen har diskuterats med markägare och ska då ha bemötts med stort intresse (Jonsson et al. 2022). En stor fördel med KubAI är också att den är tillgänglig för hela Sverige, medan pCF är endast tillgänglig för Norrbottens, Västerbottens, Jämtlands, Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län (Ahlkrona et al. 2017; Metria AB 2017; Jakub W. Bubnicki et al. in rev).

För att slutligen återknyta till det övergripande syftet med denna studie har följande slutsats dragits. Efter analyser av utfallet i KubAI-modellen blir det tydligt att den borde implementeras i planeringen av grön infrastruktur snarast. KubAI-modellen har goda möjligheter att fungera som ett kunskapsunderlag för att underlätta och effektivisera arbetet med grön infrastruktur för bevarandet av biologisk mångfald och ekosystemtjänster i boreala och subalpina ekosystem.

4.2 Studiens styrkor och svagheter

pCF hade en pixelstorlek på 10x10 och KubAI en pixelstorlek på 100x100, tanken var först att sampla om pCF till pixelstorleken 100x100, men efter övervägande tillsammans med handledare bestämdes att istället sampla om KubAI till pixelstorleken 10x10, då risken att data skulle gå förlorad ansågs som mindre.

Under arbetets start fanns funderingar på att använda pCF som vektorformat, där varje klass av pCF fanns som ett enskilt vektorlager. Valet föll dock till sist på att använda pCF som rasterdata, då det kändes enklare vid jämförelse med KubAI som var tillgängligt som raster. Alla klasser som ingick i rasterlagret användes samtidigt, klasserna kan eventuellt överlappa varandra på några ställen, risken finns då att pixlar av pCF räknades flera gånger när arealen togs fram.

Statistikmyndigheten SCB (2023) rekommenderar inte att det data som de erbjuder ska användas för några djupare analyser, var gränsen går för vad som är djupare analyser framgår dock inte på deras hemsida och det kan tyckas att de bör kunna användas i en studie som denna, men om studien ska göras om i framtiden, eller byggas vidare på, så bör det kanske undersökas var denna gräns går, samt om andra mer exakta län- och kommungränser bör användas i deras ställe.

4.3 Framtida studier

Det finns mycket som utifrån den här studien hade varit intressant att arbeta vidare med. En första tanke med studien var att utöver de analyser som utförts, även arbeta mot en frågeställning på en fördjupad nivå för ett mindre område, och i det området lägga till ytterligare variabler för jämförelser. Det tilltänkta området var då Vindelälven-Juhttátahkka biosfärområde, som vore intressant bland annat på grund av att det sträcker sig från fjäll till kust. Den fördjupade analysen var tänkt att undersöka hur variabeln höjd påverkar utfallet av modellen genom att lägga till en höjdmodell som DEM eller DMT. Med hjälp av en höjdmodell skulle det även bli möjligt att undersöka variabeln lutning, rent logiskt så borde det finnas högre naturvärden i brantare terräng, då det är svårt att köra med maskiner och avverka i brant terräng, men är det samtidigt för brant så är det kanske inte möjligt för någon skog att växa. En annan tanke var att för samma område lägga till variabeln markägarkategorier, för att undersöka hur det såg ut att påverka utfallet.

Eftersom de områden där den relativa sannolikheten för höga naturvärden var förhållandevis stora, som vid $\geq 0,4$, hade det varit intressant att titta på en ännu lägre sannolikhet som till exempel $\geq 0,2$. För att se om områden där sannolikheten för höga naturvärden är väldigt låg, ändå på mycket lång sikt med rätt typ av restaurering skulle kunna kopplas samman till områden med högre naturvärden. Detta skulle vara intressant med koppling till EU:s bevarandemål om 30% skyddad landareal, går det kanske med hjälp av det att undersöka hur mycket Sverige

potentiellt sätt kunna bidra till det. Kopplat till det skulle inventeringsarbete kanske kunna utföras, för att se om det ens är möjligt att på mycket lång sikt möjliggöra för skog med höga naturvärden, om sannolikheten är så pass låg som $\geq 0,2$.

Jonsson et al. (2022) och Jakub W. Bubnicki et al. (in rev) nämner också att KubAI-modellen kan visa på områden där sannolikheten för höga naturvärden är låg, där ett brukande av skogen skulle kunna fortsätta. Utifrån det samt vad som framgår om KubAI-modellen i denna studie, att den bör vara ett effektivt och användbart verktyg för planering av grön infrastruktur, genom att visa på var restaurering och områdesskydd bör prioriteras, så hade det varit mycket intressant med en motsatt modell. Alltså en modell som visar på områden som helt saknar eller har mycket låg sannolikhet för höga naturvärden, där ett fortsatt brukande av skogen bör prioriteras och göra störst nytta.

Referenser

- Ahlkrona, E., Giljam, C. & Wennberg, S. (2017). Kartering av kontinuitetsskog i boreal region. [2023-01-16]
- Ahlström, A., Canadell, J.G. & Metcalfe, D.B. (2022). Widespread Unquantified Conversion of Old Boreal Forests to Plantations. *Earth's Future*, 10 (11), e2022EF003221. <https://doi.org/10.1029/2022EF003221>
- Alberti, M. & Marzluff, J.M. (2004). Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystems*, 7 (3), 241–265. <https://doi.org/10.1023/B:UECO.0000044038.90173.c6>
- Angelstam, P. & Manton, M. (2021). Effects of Forestry Intensification and Conservation on Green Infrastructures: A Spatio-Temporal Evaluation in Sweden. *Land*, 10 (5), 531. <https://doi.org/10.3390/land10050531>
- Angelstam, P., Manton, M., Yamelnyets, T., Fedoriak, M., Albulescu, A.-C., Bravo, F., Cruz, F., Jaroszewicz, B., Kavtarishvili, M., Muñoz-Rojas, J., Sijtsma, F., Washbourne, C.-L., Agnoletti, M., Dobrynin, D., Izakovicova, Z., Jansson, N., Kanka, R., Kopperoinen, L., Lazdinis, M., Metzger, M., van der Moolen, B., Özut, D., Gjorgieska, D.P., Stryamets, N., Tolunay, A., Turkoglu, T. & Zagidullina, A. (2021). Maintaining natural and traditional cultural green infrastructures across Europe: learning from historic and current landscape transformations. *Landscape Ecology*, 36 (2), 637–663. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01161-y>
- ArtDatabanken (2022). Vad är grön infrastruktur? SLU.SE. <https://www.artdatabanken.se/arter-och-natur/biologisk-mangfald/vad-ar-gron-infrastruktur/> [2023-01-25]
- Asplund, M. & Hauffman, A. (2022). Effekter av en ökande befolkning och ett ökat besöksstryck i urbana och periurbana grönområden - En fallstudie av tre kommuner i Stockholmsregionen. (Kandidatuppsats). Södertörns högskola. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1680173/FULLTEXT01.pdf> [2023-03-23]
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J.P. & Grebner, D.L. (2017). Chapter 1 - Management of Forests and Other Natural Resources. I: Bettinger, P., Boston, K., Siry, J.P., & Grebner, D.L. (red.) *Forest Management and Planning* (Second Edition). Academic Press. 1–20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809476-1.00001-1>
- Bubnicki, J.W. (2023). swedentest. <https://bubnicki.users.earthengine.app/view/swedentest> [2023-05-15]
- Cafaro, P. (2015). Three ways to think about the sixth mass extinction. *Biological Conservation*, 192, 387–393. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.017>

- CBD (2020). Aichi Biodiversity Targets. <https://www.cbd.int/sp/targets/> [2023-03-20]
- European Union (2020). Bringing nature back into our lives - EU 2030 Biodiversity strategy. European Union. [2023-05-24]
- FAO (red.) (2016). Global forest resources assessment 2015: how are the world's forests changing? Second edition. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D., Lovejoy, T.E., Sexton, J.O., Austin, M.P., Collins, C.D., Cook, W.M., Damschen, E.I., Ewers, R.M., Foster, B.L., Jenkins, C.N., King, A.J., Laurance, W.F., Levey, D.J., Margules, C.R., Melbourne, B.A., Nicholls, A.O., Orrock, J.L., Song, D.-X. & Townshend, J.R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1 (2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Helldin, J.-O., Seiler, A. & Olsson, M. (2010). Vägar och järnvägar – barriärer i landskapet. CBM:s skriftserie 42,
- Ibisch, P.L., Hoffmann, M.T., Kreft, S., Pe'er, G., Kati, V., Biber-Freudenberger, L., DellaSala, D.A., Vale, M.M., Hobson, P.R. & Selva, N. (2016). A global map of roadless areas and their conservation status. *Science*, 354 (6318), 1423–1427. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7166>
- Jakub W. Bubnicki, Angelstam, P., Mikusiński, G., Svensson, J. & Jonsson, B.G. (in rev). Machine learning and landscape data mining can identify forest biodiversity hotspots. Rapport.
- Jonsson, B.G., Angelstam, P., Bubnicki, J., Mikusinski, G. & Johan Svensson (2022). Bättre sent än aldrig - indikatorer för skogslandskapets gröna infrastruktur. (7063). <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/7000/978-91-620-7063-2/> [2023-01-25]
- Jung, M. (2012). LecoS. Conservation Ecology. [Blogg]. <https://conservationecology.wordpress.com/qgis-plugins-and-scripts/lecos-land-cover-statistics/> [2023-05-08]
- Jung, M. (2016). LecoS — A python plugin for automated landscape ecology analysis. *Ecological Informatics*, 31, 18–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.11.006>
- Karlsson, S., Andersson, E., Roberge, J.-M., Österdahl, S. & Andersson, C. (2022). Levande skogar - Fördjupad utvärdering 2023. (2022/12)
- Lewis, S.L. & Maslin, M.A. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature*, 519 (7542), 171–180. <https://doi.org/10.1038/nature14258>
- Metria AB (2017). Leverans-PM. https://geodata.naturvardsverket.se/nedladdning/Kartering_av_kontinuitetsskog/Automatiserad_Kskogskartering_2015_BorealRegion/Sammanfattning_Kartering_av_kontinuitetsskog_boreal_region.pdf
- Metria AB (2023). Leverans-PM. https://geodata.naturvardsverket.se/nedladdning/Kartering_av_kontinuitetsskog/Leverans-PM_Sannolikt_och_potentiell_kontinuitetsskog2022.pdf
- Mikusiński, G., Orlikowska, E.H., Bubnicki, J.W., Jonsson, B.G. & Svensson, J. (2021). Strengthening the Network of High Conservation Value Forests in Boreal

- Landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2020.595730> [2023-05-24]
- National Geographic (2023). Anthropocene. [Webtidning].
<https://education.nationalgeographic.org/resource/anthropocene> [2023-03-24]
- Naturvårdsverket (2023). Grön infrastruktur. <https://www.naturvardsverket.se/gron-infrastruktur> [2023-01-25]
- Orlikowska, E.H. (2021). Strengthening conservation through green infrastructure: linking protected areas, habitats and species. (2021:37). Skinnskatteberg. [2023-05-15]
- QGIS Development Team (2023a). Discover QGIS.
<https://qgis.org/en/site/about/index.html> [2023-05-11]
- QGIS Development Team (2023b). Raster analysis — QGIS Documentation.
https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/rasteranalysis.html [2023-05-11]
- QGIS Development Team (2023c). Raster Calculator.
https://docs.qgis.org/2.18/en/docs/user_manual/working_with_raster/raster_calculator.html [2023-05-11]
- QGIS Development Team (2023d). 27.2.3. Raster extraction — QGIS Documentation.
https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/processing_algs/gdal/rasterextraction.html [2023-05-11]
- Riksskogstaxeringen (2022). All mark. SLU.SE. <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/statistik-om-skog/senaste-statistiken/all-mark/> [2023-05-15]
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., de Wit, C., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P., Costanza, R., Svedin, U. & Foley, J. (2013). A safe operating space for humanity. *Nature*, v.461, 472-475 (2009), 46. [2023-03-24]
- Rybicki, J. & Hanski, I. (2013). Species–area relationships and extinctions caused by habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters*, 16 (s1), 27–38.
<https://doi.org/10.1111/ele.12065>
- SAGA-GIS (2023). Module Resampling Filter / SAGA-GIS Module Library Documentation (v2.2.0). https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/2.2.0/grid_filter_11.html [2023-05-11]
- Skogsstyrelsen (2021). Åtgärder i skogsbruket 2020. 24
- Skogsstyrelsen (2023). Grön infrastruktur. <https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/gron-infrastruktur/> [2023-01-25]
- Statistikmyndigheten SCB (2020). Markanvändningen i Sverige efter region och markanvändningsklass. Vart 5:e år 2010—2020. Statistikdatabasen.
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MI0803__MI0803A/MarkanvN/
- Statistikmyndigheten SCB (2022). Formellt skyddad skogsmark, frivilliga avsättningar, hänsynsytor samt improduktiv skogsmark, arealer och andelar för riket. Statistiska Centralbyrån. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter->

- amne/miljo/markanvandning/formellt-skyddad-skogsmark-frivilliga-avsattningar-hansynsytor-samt-improduktiv-skogsmark/pong/tabell-och-diagram/formellt-skyddad-skogsmark-frivilliga-avsattningar-hansynsytor-samt-improduktiv-skogsmark-arealer-och-andelar-for-riket/ [2023-05-15]
- 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 landscapes. *Regional Environmental Change*, 22 (1), 31. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01881-8>
- 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 (9), 2113–2131. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01088-4>
- United Nations (2023). Day of 8 Billion. United Nations. <https://www.un.org/en/dayof8billion> [2023-03-21]
- Wang, X. (2023). Identification of restoration hotspots in landscape-scale green infrastructure planning based on model-predicted connectivity forest. Lund: Physical Geography and Ecosystem Science.
- Watson, J.E.M., Evans, T., Venter, O., Williams, B., Tulloch, A., Stewart, C., Thompson, I., Ray, J.C., Murray, K., Salazar, A., McAlpine, C., Potapov, P., Walston, J., Robinson, J.G., Painter, M., Wilkie, D., Filardi, C., Laurance, W.F., Houghton, R.A., Maxwell, S., Grantham, H., Samper, C., Wang, S., Laestadius, L., Runting, R.K., Silva-Chávez, G.A., Ervin, J. & Lindenmayer, D. (2018). The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, 2 (4), 599–610. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0490-x>
- Wilhelmsson, P. (2023). Forest planning utilizing high spatial resolution data. Swedish University of Agricultural Sciences. <https://doi.org/10.54612/a.4h25q0pofl>

Populärvetenskaplig sammanfattning

Effektivisera landskapsplanering med hjälp av artificiell intelligens

Det saknas i nuläget kunskapsunderlag av god kvalitet för att kunna förbättra och effektivisera landskapsplanering. I denna studie har en ny modell, delvis baserad på artificiell intelligens, jämförts mot ett redan tillgängligt verktyg för identifiering av skog med höga naturvärden, pCF. Den nya, ännu ej publicerade modellen är framtagen av forskare från SLU, Mittuniversitetet och Polish Academy of Sciences och spås en lysande framtid. Modellen skall fungera som ett verktyg för att underlätta och effektivisera det brådskande arbetet med landskapsplanering och en förbättrad grön infrastruktur. Modellen går i dagsläget under arbetsnamnet ”KubAI”.

Välfungerande nätverk av naturliga livsmiljöer är en förutsättning för människor, djur och växters välbefinnande och överlevnad. Ett av de största hoten mot den biologiska mångfalden är fragmentering, vilket innebär att dessa nätverk av naturliga livsmiljöer minskar och försvinner, kvar i landskapet blir endast små öar utan koppling till varandra. Planering på landskapsnivå är ett måste för att minska fragmenteringen och lyckas med utvecklingen av den gröna infrastrukturen. Grön infrastruktur är ett relativt nytt begrepp för dessa nätverk av viktiga livsmiljöer och har sin grund i konventionen om biologisk mångfald, som är en del i EU:s biodiversitetsstrategi.

Länsstyrelserna har tillsammans med Skogsstyrelsen, kommuner och andra skogliga aktörer tagit fram regionala handlingsplaner för arbetet med landskapsplanering och grön infrastruktur. Länsstyrelserna ansvarar för genomförandet av handlingsplanerna och tillsammans med de andra skogliga aktörerna arbetar de utifrån ett landskapsperspektiv. Dock saknas kunskapsunderlag av god kvalitet, om var i landskapet det går att finna skog med höga naturvärden, och var behovet av restaurering och områdesskydd är mest akut.

För att underlätta, förbättra och effektivisera planeringsarbetet med grön infrastruktur har en ny ännu ej publicerad modell, delvis baserad på artificiell intelligens, tagits fram av forskare från SLU, Mittuniversitetet och Polish Academy of Sciences. Modellen visar förekomst av skog med höga naturvärden med hjälp av kontinuerliga sannolikhetsvärden. Som ett bidrag till kunskapen om grön

infrastruktur för bevarande av biologisk mångfald och ekosystemtjänster i boreala och subalpina skogsekosystem genomfördes denna studie, där den ännu ej publicerade modellen jämfördes med ett tidigare kunskapsunderlag, pCF.

Jämförelserna av den nya modellen och pCF, har utförts med hjälp av ett geografiskt informationssystem vid namn QGIS. I det systemet har rumsliga analyser som visat på likheter och skillnader mellan den nya modellen och pCF utförts. De rumsliga analyserna har utförts på två geografiska skalor, för att se om skillnaderna och likheterna blev tydligare i olika geografier, som exempelvis vid närhet till kust eller vid närhet till fjäll.

Resultatet av analyserna visade att utfallet stämde förhållandevis väl överens med pCF, men att den nya opublicerade modellen i jämförelse med den tidigare karteringen har en stor fördel i och med att den visar förekomst av skog med höga naturvärden med hjälp av kontinuerliga sannolikhetsvärden, vilket gör att den kan peka ut områden med störst behov av restaurering eller områdesskydd.

Tack

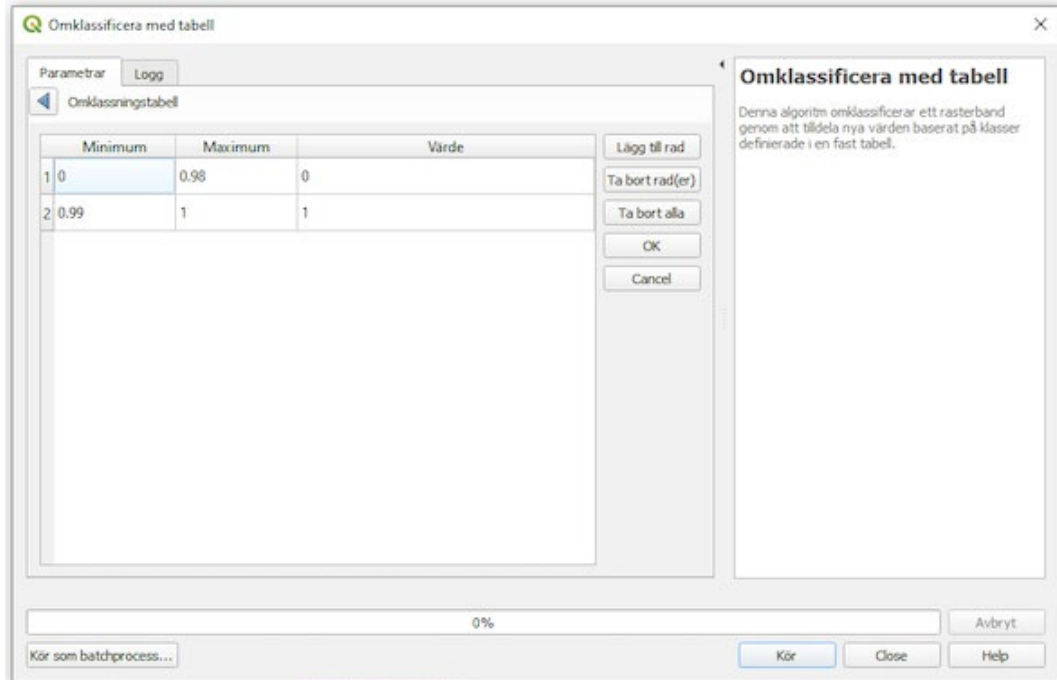
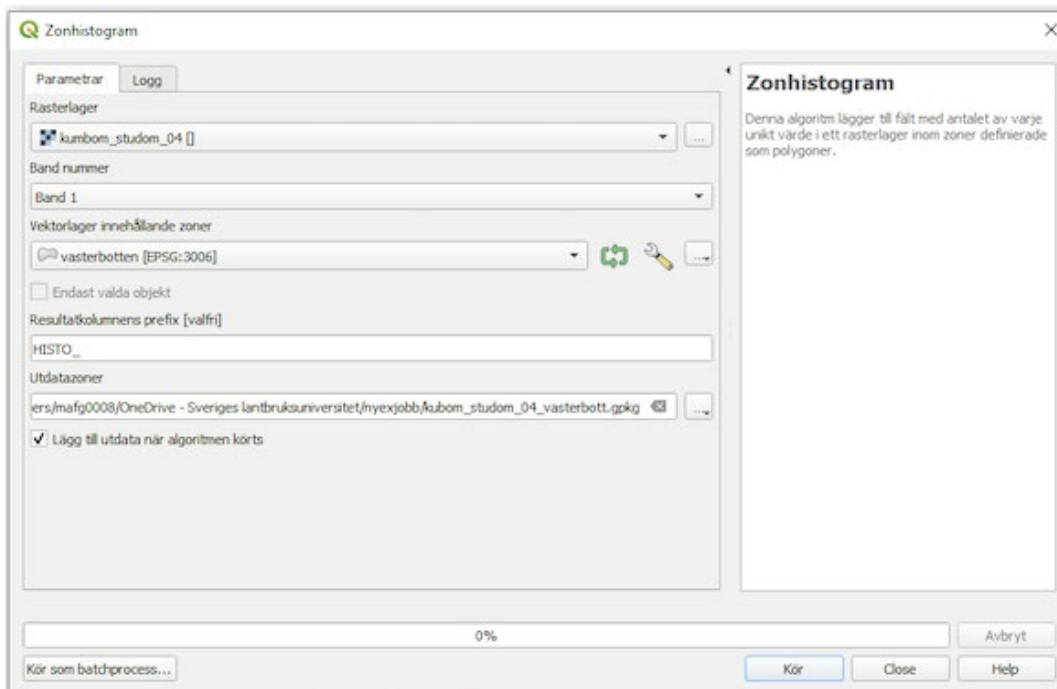
Det finns några personer som betytt extra mycket under mitt arbete, till dom vill jag riktiga ett enormt stort tack.

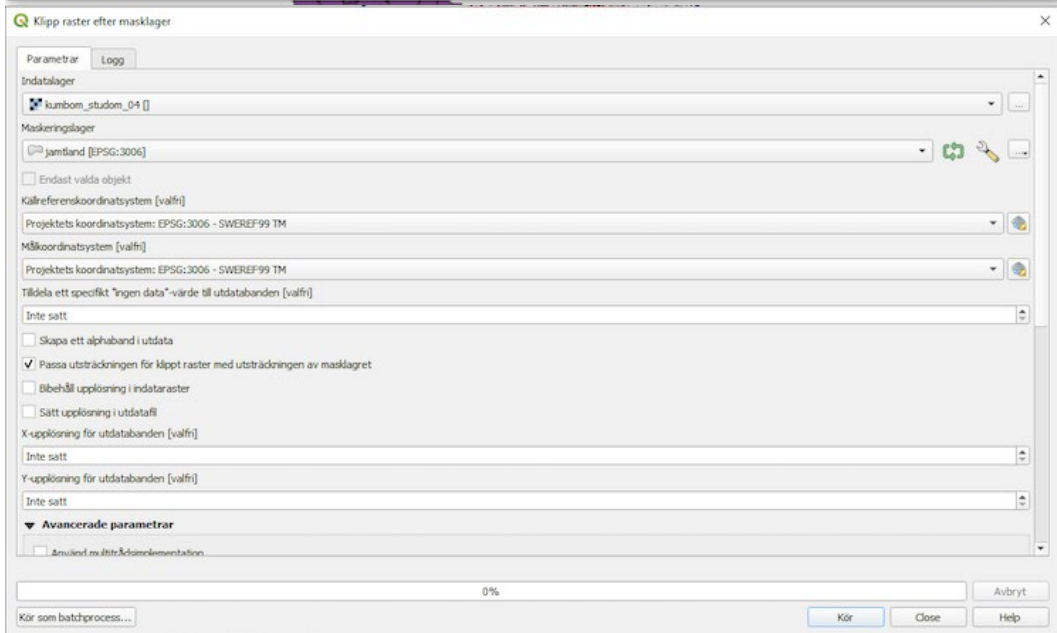
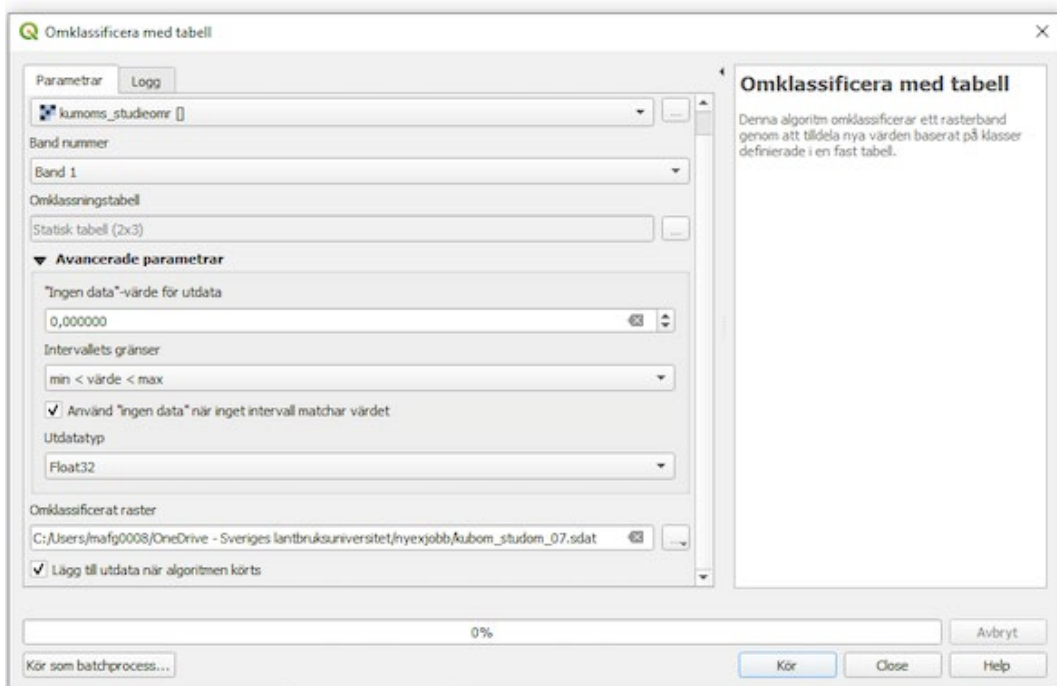
Först och främst vill jag säga tack till Johan Svensson, SLU, för att du gav mig förtroendet att arbeta med KubAI-modellen och för att du gett mig många nya perspektiv på bevarande av skog, som jag tar med mig vidare i mitt stundande arbetsliv. Tack till Åsa Granberg, Länsstyrelsen, för att du tagit dig tid att diskutera och förtydliga det intressanta i frågeställningarna. Stort tack till Ewa Orlikowska, KAU, som verkligen tagit dig tid att hjälpa och stötta mig, både med mitt arbete i QGIS och med synpunkter på arbetets innehåll. Tack till Navinder Singh, för att ditt lugn smittar av sig, det fick mig att tro på mitt arbete i stunder där det kändes tungt. Tack Julia för lånet av cykeln, som vid trötta mornar och sena kvällar tagit mig till och från skolan. Tack till mamma och pappa, som funnits där, stöttat och peppat. Slutligen vill jag rikta ett extra stort tack till min allra bästa kompis Linn Folkeson, för att du är du.

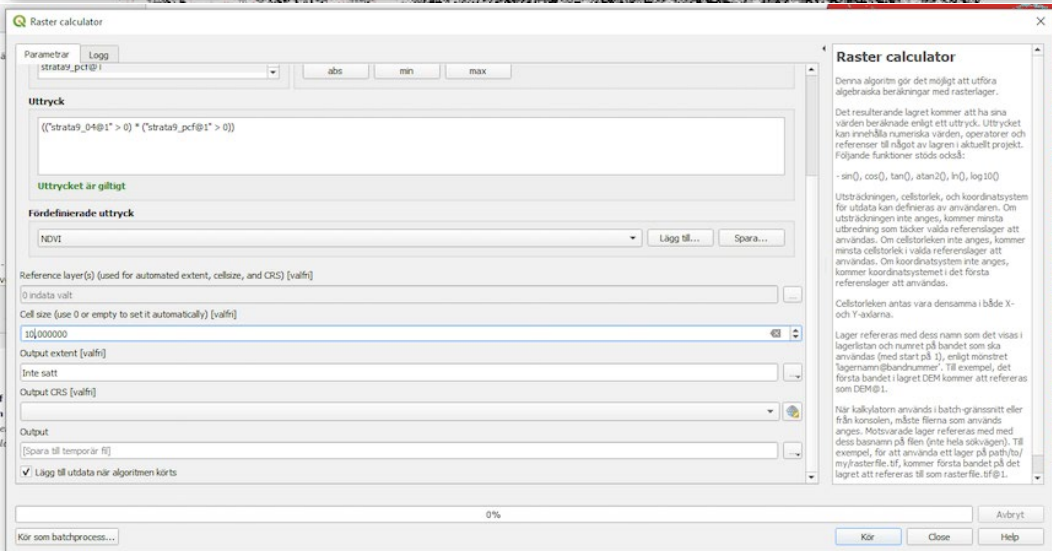
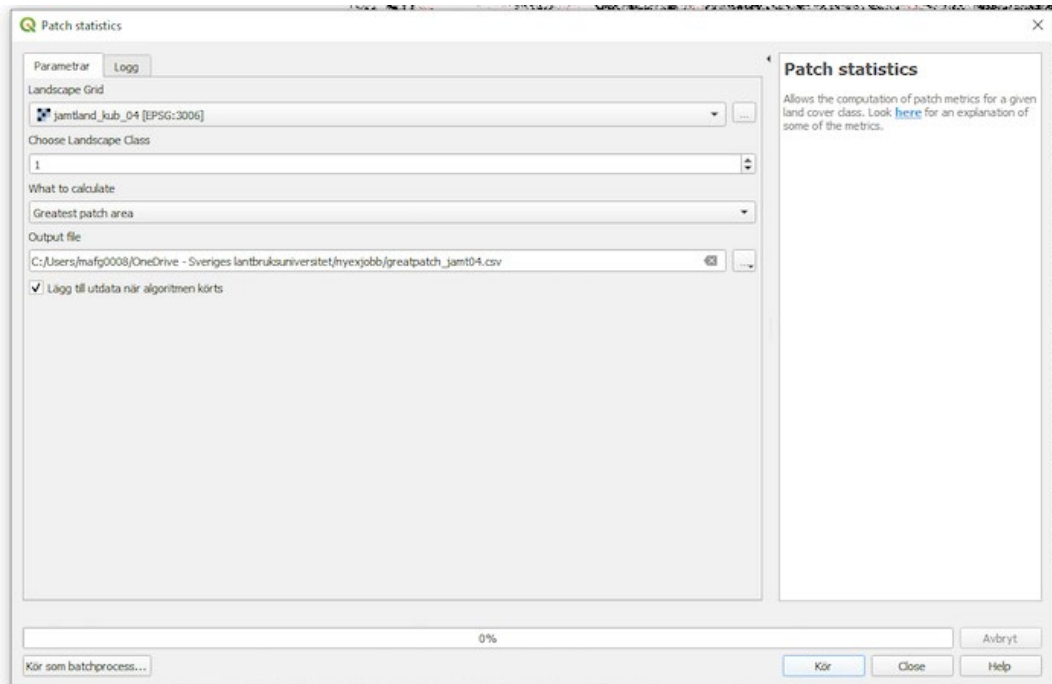
Maria Forsberg
Umeå, maj 2023

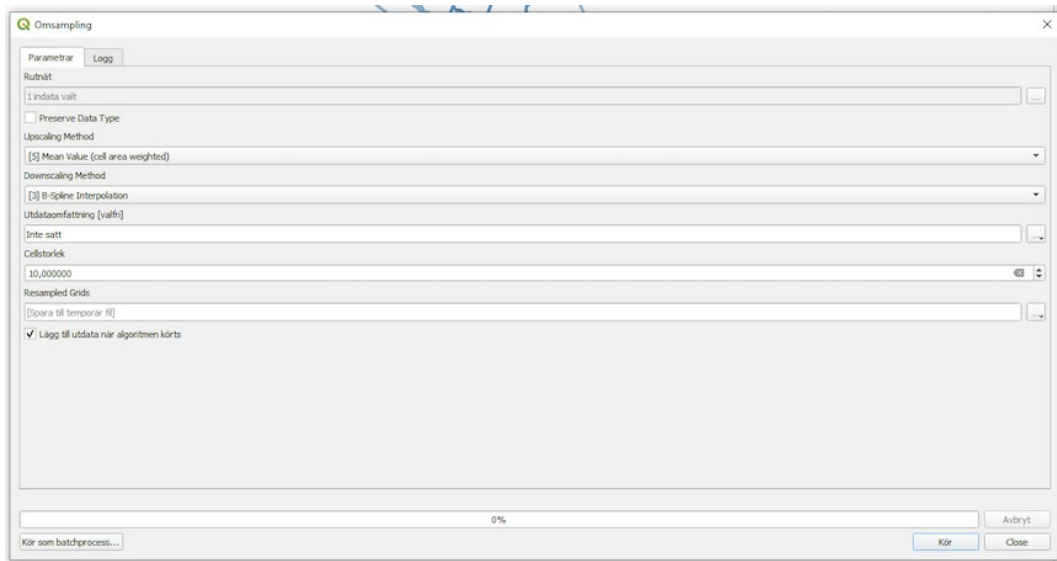
Bilaga 1

I denna bilaga återfinns bilder av de verktyg med funktioner som använts under arbetets gång i QGIS.



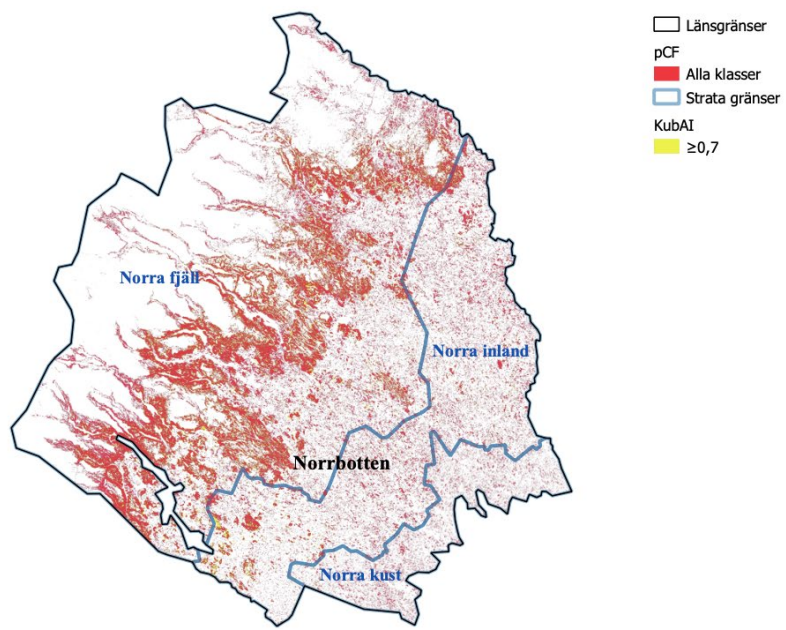
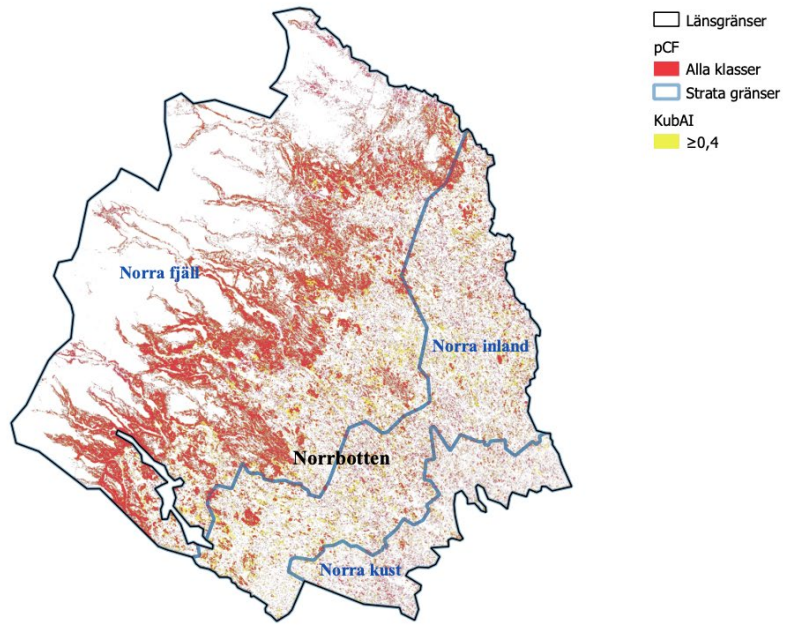


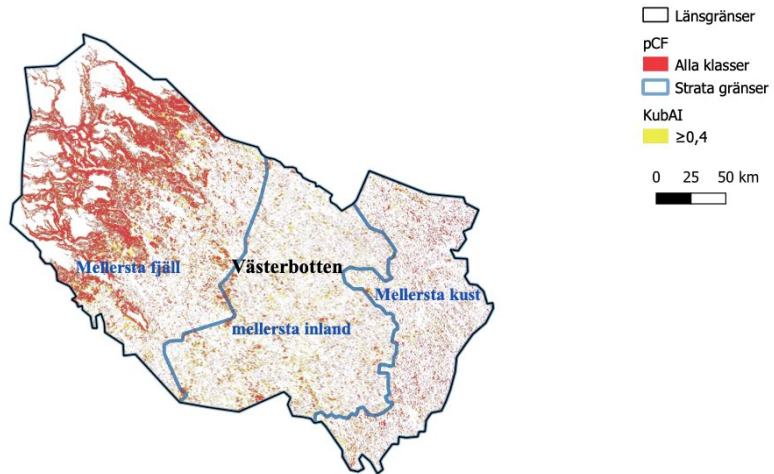
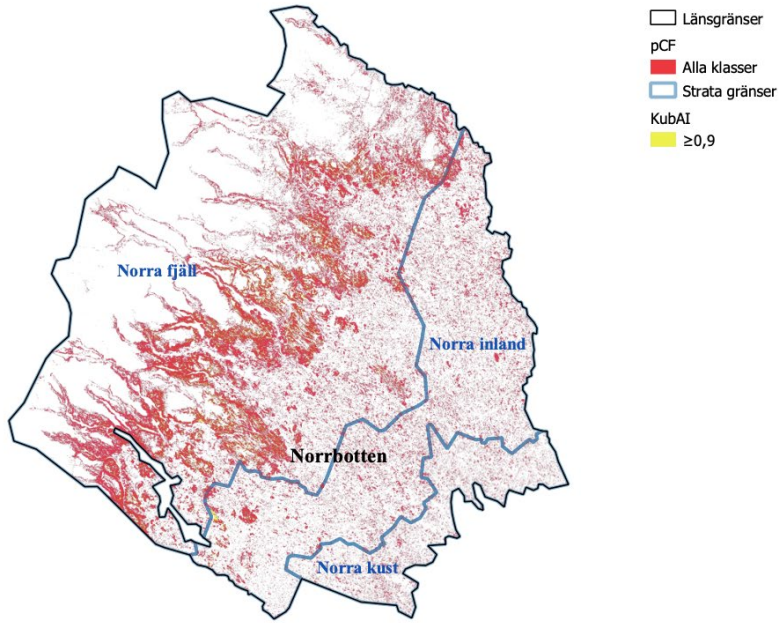


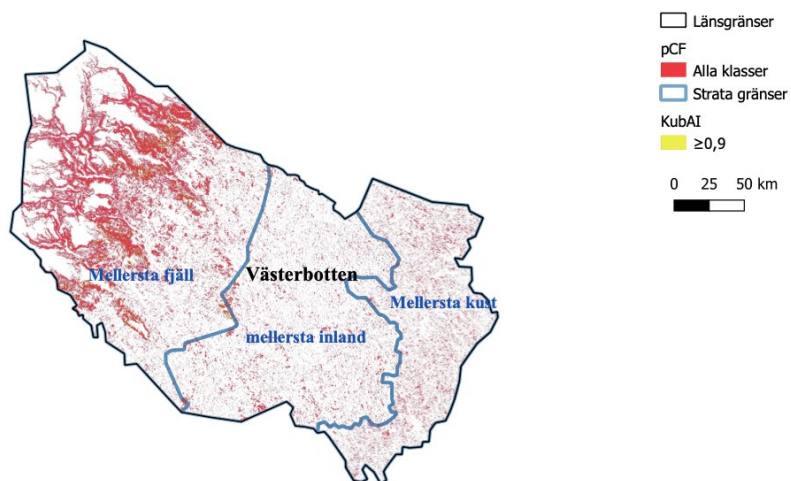
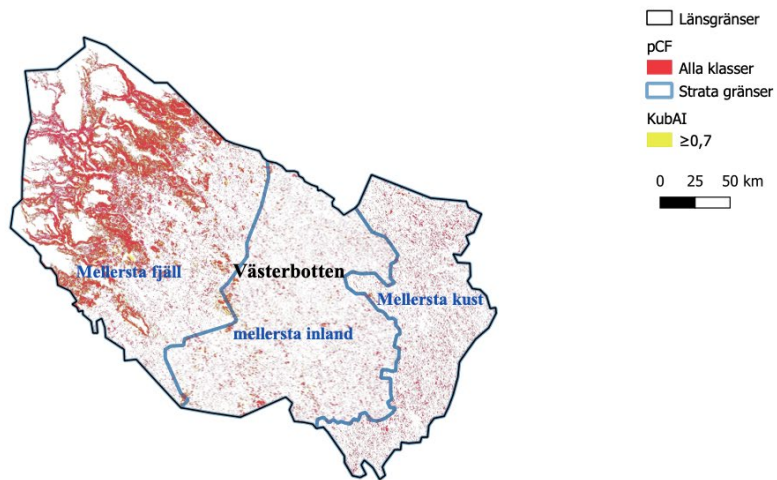


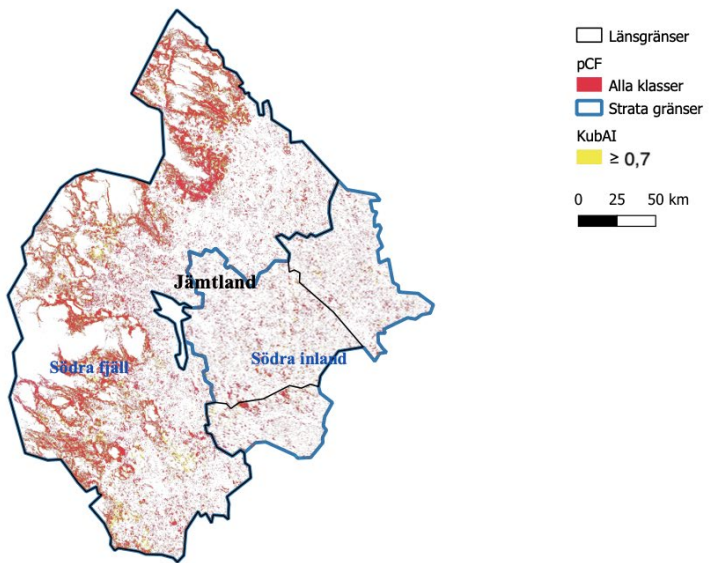
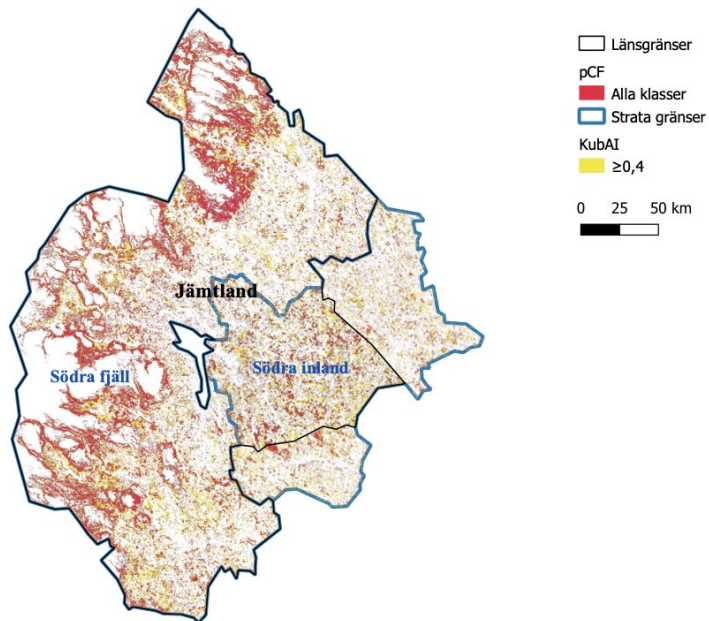
Bilaga 2

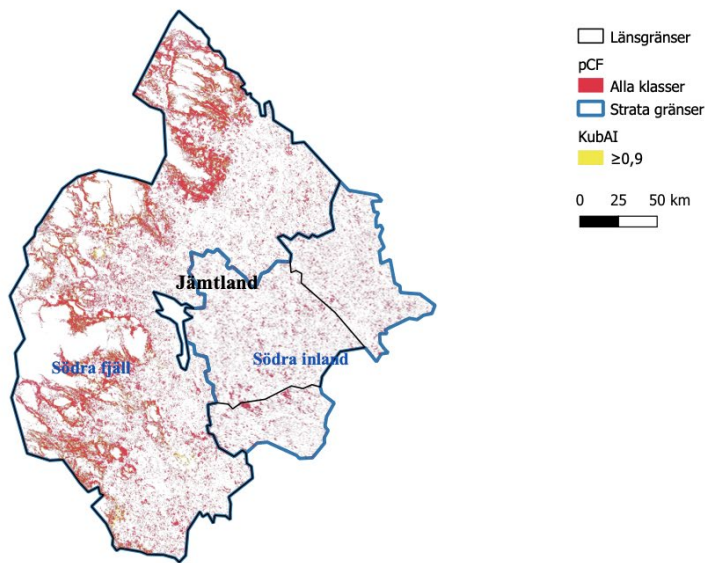
I denna bilaga återfinns bilder i större upplaga av hur KubAI-sannolikheterna $\geq 0,4$, $\geq 0,7$ och $\geq 0,9$ och pCF överlappade i Norrbottens län inklusive Norra fjäll, Norra inland och Norra kust, i Västerbottens län inklusive Mellersta fjäll, Mellersta inland och Mellersta kust, i Jämtlands inklusive Södra fjäll och Södra inland, i Västerbottens län inklusive Södra inland och Södra kust.

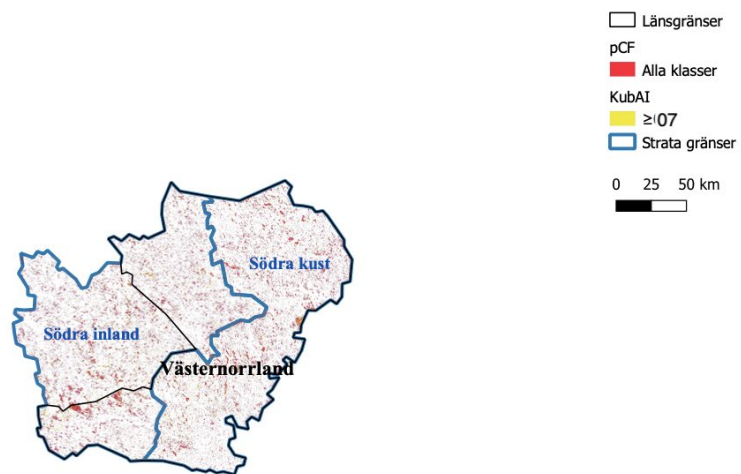
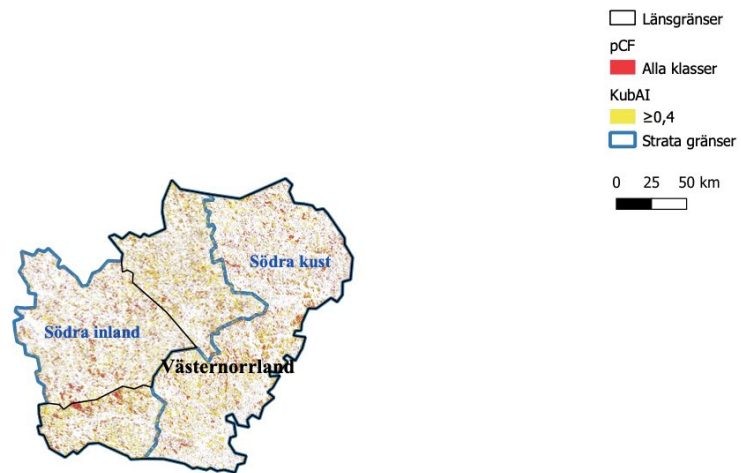


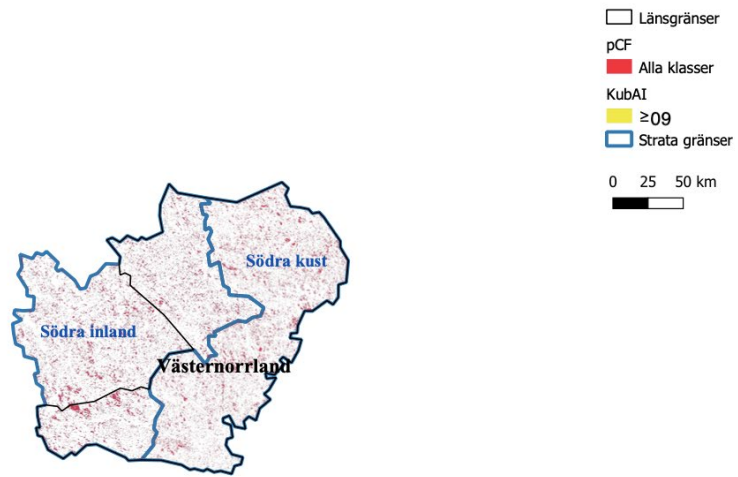












Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.