



Validering av marklavskartering som underlag för renskötseln

- En jämförelseanalys av fältbedömd
marklavsförekomst med modellbaserad lavkarta

*Validation of mapping ground lichens as a support for reindeer husbandry.
- A comparative analysis of field-assessed ground lichen occurrence with
model-based lichen map*

Karin Nutti Pilflykt

Kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Jägmästarprogrammet
Kandidatarbeten i skogsvetenskap • Nr 14
Umeå 2021



Validering av marklavskartering som underlag för renskötseln

- En jämförelseanalys av fältbedömd marklavsförekomst med modellbaserad lavkarta

Validation of mapping ground lichens as a support for reindeer husbandry

- A comparative analysis of field-assessed ground lichen occurrence with model-based lichen map

Karin Nutti Pilflykt

Handledare: Per Sandström, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig resurshållning
Bitr. handledare: Sven Adler, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig resurshållning
Examinator: Gustaf Egnell, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Kandidatarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0911
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2021
Omslagsbild: Henrik Nutti
Serietitel: Kandidatarbeten i skogsvetenskap
Delnummer i serien: 14

Nyckelord: marklavskartering, rennäring, skogsbruk, *Cladonia*

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

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. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ 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.

Sammanfattning

Sedan 1950-talet har traktthyggesbruk varit den dominerande skogsskötselmetoden i Sverige. Följdeffekter av detta har resulterats i likåldriga skogar och tätare skogsbestånd, vilket har haft en negativ påverkan på marklavens utbredning. Följden av detta har inneburit negativa konsekvenser med minskad areal lavrika skogar för rennäringen, då den huvudsakliga födan för renen under vinterhalvåret består av marklav, främst *Cladonia* spp. I och med minskningen, är det viktigt att veta marklavens förekomst idag och var den funnits. Således finns det behov av marklavskarteringar samt att förstå dess kvalitet.

I denna studie har jag genom analyser undersökt hur bra en kartmodell stämmer överens med verkligt fältmaterial insamlat till Sirges samebys Renbruksplan år 2004. Jag har även undersökt om den modellbaserade kartan kunde förbättras genom att inkludera både fältinventeringsdata och laserskanning i modelleringsprocessen. Resultatet i studien visade att det fanns korrelation i alla analyser, men med olika noggrannheter. Högst överensstämmelse och den bästa precisionen i jämförelseanalysen i fältbedömd marklavsförekomst med modellbaserad lavkarta fanns i matchningen med laserdata inkluderad i modelleringsprocessen. En karta över marklavens förekomst i ett landskapsperspektiv är ett underlag som kan, och borde användas vid samråd mellan samebyar och skogsindustrin för att öka förståelsen av marklavens utbredning och på sikt förbättra hänsynen.

Nyckelord: marklavskartering, rennäring, skogsbruk, *Cladonia*

Abstract

Since the 1950s, clear-cutting has been the dominant way of managing the Swedish forest. This has resulted in even aged forests and denser stands that have a negative impact on the distribution of terrestrial lichens. As a result, it has consequences for the reindeer husbandry, as the main food for the reindeer during the winter consists of terrestrial lichen, such as *Cladonia* spp. By this, it is important to identify the occurrence of terrestrial lichens today and where it existed.

This study has examined how well a model-based map matches field material collected for Sirges Reindeer husbandry plan 2004. It has also been studied whether the model-based map could be improved, by including both field inventory data and laser scanning data into the modeling process. The results showed that there was correlation in all analyzes, but with different precisions. Highest precision was found in the model-based map with laser data included in the modeling process. A map of the presence of terrestrial lichen in a landscape perspective is a basis that can, and should, be used in consultations between Sami villages and the forest industry to increase the understanding of the distribution of terrestrial lichens, and in the long run improve consideration.

Keywords: mapping of ground lichens, reindeer husbandry, forestry, *Cladonia*

Förord

Jag vill rikta ett varmt tack till mina handledare Per Sandström och Sven Adler för ett mycket värdefullt stöd under arbetets gång, samt Lars-Evert Nutti och Sirges sameby för användandet av insamlat fältmaterial.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	11
1. Inledning	12
1.1. Bakgrund	12
1.2. Problem, syfte och frågeställning	14
2. Material och metoder	15
2.1. Beskrivning av studieområde	15
2.2. Material	16
2.2.1. Fältdata	16
2.2.2. Avverkningsdata	17
2.2.3. Lavkartor	18
2.3. Metod	19
2.3.1. Analys av inventeringspunkter	19
2.3.2. GIS-analyser	19
2.3.3. Statistisk analys med programmet R	20
3. Resultat	21
3.1. Kombination av fältdata och fotografier	21
3.2. Avverkade ytor	22
3.3. Jämförelse mellan fältdata och modellen	23
3.3.1. Överensstämmelse av fältdata och modellbaserad karta. Fel! Bokmärket är inte definierat.	
3.3.2. Fältdata inkluderad i modellbaserade kartan	26
3.3.3. Laserskanning inkluderad i modellbaserade kartan	26
3.4. Lavkartor i pixelformat	26
4. Diskussion	29
4.1. Framtida studier	31
4.2. Slutsatser	32
Referenser	33

Tabellförteckning

Tabell 1. Resultatet av den statistiska analysen i enkel linjär regression från Rstudio på lavkarta 2004 (A), lavkarta 2004 + inventeringspunkter (B) och lavkarta 2019 (C).....	25
--	----

Figurförteckning

Figur 1. Geografisk indelning av vinterbetesmark i Sirges sameby (grönmarkerat). Karta framtaget av RenGIS.	15
Figur 2. Hela Sirges sameby som sträcker sig från norska gränsen ner till Luleå skärgård. (röd gränsdragning). Karta framtaget av RenGIS.	15
Figur 3. Renskötselåret indelat i åtta årstider.	16
Figur 4. Illustration av inventeringspunkter (gula cirklar) med två infogade bilder tillhörande inventeringspunkt 5.	17
Figur 5. Illustration över olika variabler som finns i framtagandet av en modellbaserad lavkarta. (Naturvårdsverket 2017)	18
Figur 6. Illustration över lavprediktion i ett kartlager från QGIS. Lavförekomsten visas på en skala från svart till vit. Vit indikerar ingen lavförekomst och ju mörkare färgsättning ju högre marklavsvärde(t.h). T.v presenteras de olika bufferzonerna (gul=10m, blå=25m, grön=50m) runt mittpunktkoordinaten (röd prick).	20
Figur 7. Fördelning över bild och lavtäckningsvärde i procent.	21
Figur 8. Cirkeldiagram över fördelning över marklav i procent.	22
Figur 9. Punktdiagram av ytor med inventeringspunkter som avverkats mellan 2004 och 2020. Punkter som avverkats har värdet 1, (grön cirkel). Inventeringspunkter som ej avverkats har värdet 0 (röd cirkel).	22
Figur 10. Kartbild över ett område som visar utförda avverkningar (grönt)med inventeringspunkter (röda cirklar). Framtaget i QGIS.	23
Figur 11. Regressionsmodeller över kartlagrenna med olika buffert-zoner; t.v 10m, mitten 25m och t.h 50m. De svarta punkterna är inventeringspunkterna, y-axeln är den predikterade lavtäckningen enligt modellen och x-axeln är den bedömda lavtäckningsgraden i fält.	24
Figur 12. Grafisk illustration av korrelationen i ett punktdiagram där inventeringspunkter (svart) matchar för både y-, och x-axeln (lila cirkel) och för en punkt som inte har en matchning (röd cirkel).	24
Figur 13. Grafiska illustrationer av regressionsanalyserna i form av punktdiagram. A illustrerar lavkarta 2004, B lavkarta 2004 + 150 inventeringspunkter och C för lavkarta 2019. De svarta punkterna är inventeringspunkterna insamlade från 2004. Den oberoende variabeln x, är lavtäckningsgrad bedömd i fält av inventerarna och y-axeln är modellens predikterade max-värden inom buffert 50.	25
Figur 14. Tre lavprediktioner med skala från vit till svart, där mörkare färgsättning motsvarar högre marklavstäckningsvärde. Lavprediktion A presenterar lavkarta 2004, B lavkarta 2004+150 inventeringspunkter och C lavkarta 2019.	27

- Figur 15. Illustrationer med predikterad lavförekomst indelat i olika klasser, där den visas på en skala vit till svart inom 50m buffertzona (grön cirkel). Vit=ingen lavförekomst. Ju mörkare färgsättning i pixlarna, desto högre lavförekomst. Inventeringspunkten (röd cirkel) har 50% bedömd lav täckningsgrad.28
- Figur 16. Illustration av samma resultat som i figur 9A, men med en röd cirkel som visar punkter som indikerar att variablerna inte överensstämmer.....30
- Figur 17. Illustration över samma lavkarta som i figur 10C, men med inringande område som har en hög (grönt) och en låg (lila) lavtäckningsgrad.....31

Förkortningar

GAM	Generalized Additive Models
LK _a	Lavkartan 2004: baserat på RT data och Landsat 5 molnfri satellitmosaik (pixel storlek 30x30 m ²)
LK _b	Lavkarta 2004 + fältdata: baserat på RT data, 150 inventerade provytor från Sirges sameby och Landsat 5 molnfri satellitmosaik (pixel storlek 30x30 m ²)
LK _c	Lavkarta 2019: baserat på RT data, Sentinel 2 molnfri satellitmosaik (pixel storlek 10x10 m ²) och laserskanningsdata
RBP	Renbruksplan
RT	Riksskogstaxeringen
QGIS	Geographic Information System

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Samerna är ett erkänt urfolk i Sverige och Europa. De har en lång tradition av renskötsel som anses vara en central och bärande del i den samiska kulturen. Renskötselområdet täcker ca 55% av Sveriges areal och har en sträckning från Sveriges nordligaste punkt, till Dalarna i söder (Gustavsson 1989; Geijer 2003; Sandström et al. 2016). Renskötseln i Sverige regleras i rennäringslagen (SFS 1971:427) och är en näring som grundar sig på urminneshävd, vilket innebär att samerna har fiskat, jagat och nyttjat renbetesmarkerna i urminnes tid. Enligt rennäringslagen 1 §, får renskötselrätten endast utövas av den som är medlem i en sameby. Denne har rätt till att bruka land och vatten för sina renar och sitt eget behov (SFS 1971:437).

I norra Skandinavien är det varierande förhållanden mellan årstiderna, vilket renen och renskötseln har anpassat sig till genom att vandra mellan olika områden. I fjällsamebyarna vandrar renen i en öst-västlig riktning i Sverige. Renen betar i det boreala skogslandet i öst på vintern, och migrerar västerut till fjällen under sommarhalvåret. Skogssamebyarna har ett liknande flyttningsmönster som fjällsamebyarna, men bedriver renskötseln i skogen året om.

Flyttningsmönstret mellan de olika årstiderna speglar renarnas födopreferenser, vilket gör att betesmarkerna är viktiga för renens överlevnad. Under sommarhalvåret äter renen främst örter, gräs och svamp. På vintern är renens huvudsakliga föda olika typer av marklavar, främst *Cladonia* spp. som kan bestå upp till 80% av kosten (Gaare & Danell 1998; Heggeberger et al. 2002). Hänglavar, så som *Bryoria fuscescens* och *B. fremontii* är en viktig föda när marklaven blir otillgänglig (Sandström et al. 2016; Gustavsson 1989). Klimatet är en faktor som påverkar variationen av hur betestillgångarna är från år till år. Milda vintrar och en stor snömängd är faktorer som gör att möjligheten för att nå marklaven försämras. Detta medför att betesmarker som nyttjas skiftas årligen.

Förutom klimatets påverkan på renens föda är det, med rennäringens geografiska utspridning oundvikligt att komma i kontakt med andra näringar. Rennäringen påverkas, och konkurrerar om markarealer med andra markanvändare. Till exempel infrastruktur, gruvverksamhet, turism, vind- och vattenkraft och

skogsbruk (Eriksson & Moen 2008; Boström & Carlsson 2014). På grund av att olika intressen konkurrerar om naturresurserna, främst på vinterbetesmarker, är det viktigt att kartlägga marklavens förekomst. Störst påverkan på marklavens minskning har skogsbruket. Detta på grund av att skogsbruket omfattar stora arealer och har skötselåtgärder som ändrar markstrukturen till följd av exempelvis avverkning, markberedning och gödsling. I en studie från Sandström et al (2003) visade sig fjärranalysmetoder, inklusive visuelltolkning och automatisk klassificering vara mycket användbara för att effektivt ge viktig information, exempelvis om visuell identifiering av marklavsområden i satellitbilder.

Skogsbruket pågår på två tredjedelar av Sveriges landyta. Produktiv skogsmark klassas som den största delen av skogsarealen (SLU 2019). I den norra halvan av Sverige ska skogsbruket samexistera med rennäringen samtidigt som deras främsta mål är ekonomisk lönsamhet (Eriksson & Moen 2008). Sedan 1950-talet har trakthyggesbruk varit det dominerande sättet att bruka den svenska skogen vilket har haft stor påverkan både för rennäringen (Berg et al. 2008; Kivinen et al. 2010, 2012; Sandström et al 2016) och för landskapssammansättningen och dess tillstånd (Essen et al. 1997; Östlund et al. 1997). Att enbart sköta skogarna med trakthyggesbruk medför i större omfattning likåldriga skogar och tätare bestånd, vilket har en negativ påverkan på marklavens utbredning (Sandström et al. 2016). Täta skogar gynnar inte marklav, då de till största delen förekommer på torra sandiga marker med glesa skogar där tall dominerar. Ett flertal studier visar att laven minskat. I ett område i Norrland har vinterbetet minskat med 30-50%, till en följd av ett intensivare skogsbruk under senaste seklet (Berg et al. 2008). Inom renskötselområdet har arealen av skogar där marklaven har en täckningsgrad >50% minskat med 71% mellan år 1953 och 2013 (Sandström et al. 2016). En annan studie visar att bottenskikt med lavar som dominerande art har minskat med 36% under 30 år (Hortskotte & Moen 2019).

För både rennäringen och skogsbruket är kartunderlag en viktig del för att åstadkomma mer förståelse och effektivare samråd mellan näringarna. Detta kan underlättas av modern digitaliserad visualisering av skogslandskapet och dess nyttjande (Sandström et al. 2006). Ett verktyg är samebyarnas användande av Renbruksplan (RBP) som är en motsvarighet till skogsägarnas skogsbruksplan. RBP är till för samebyns markanvändning, men även ett kommunikationsverktyg. Det är ett underlag som kan öka förståelsen för renskötseln och behovet av betesmarker (Sametinget 2021). En modellbaserad lavkarta är ytterligare en del i detta system som kan användas för att identifiera viktiga betesmarker, men också för att prognostisera lavförekomsten i framtiden (Hedenås et al 2017).

Vid planering av skogsåtgärder som föryngringsavverkning med efterföljande åtgärder, samt avverkning för skogsbilväg på åretruntmarkerna, ska det enligt § 20 Skogsvårdslagen (1979:429) ske samråd med berörd sameby. Skogsvårdslagen gäller för skogsägare med markinnehav på mer än 500 ha produktiv skogsmark. Skogsägare som är FSC¹-certifierade ska vid skogsbruksåtgärder inklusive avverkning vid skogsbilvägbyggnad ha samråd med berörd sameby, detta gäller

¹ Forest Stewardship Council

för hela renbetesområdet oavsett om det är åretruntmarker eller ej. I FSC framgår det att "Certifikatsinnehavaren ska identifiera och upprätthålla urfolks lagliga och hävdvunna rättigheter att äga, nyttja och förvalta landområden, besittningar och tillgångar som påverkas av brukandet." (FSC 2020). Trots att samråd både är lagstadgad och standardiserad i certifiering är resultatet i varierande omfattning och kvalitet (Hamilton 2003).

1.2. Problem, syfte och frågeställning

Skogsbrukets allt intensivare åtgärder i former av slutavverkning, kortare omloppstider, gödsling och markberedning medför en negativ utveckling för marklaven. För rennäringen innebär detta allvarliga konsekvenser och problemställningen är att marklaven minskar. Med ett kartformsunderlag av marklavsförekomst går det att se var laven förekommit och var den finns idag på en landskapsskala. Syftet med denna studie var därför att undersöka och utvärdera marklavsklassningar i modellbaserade kartor och analysera om den modellbaserade kartans kvalitet kunde förbättras.

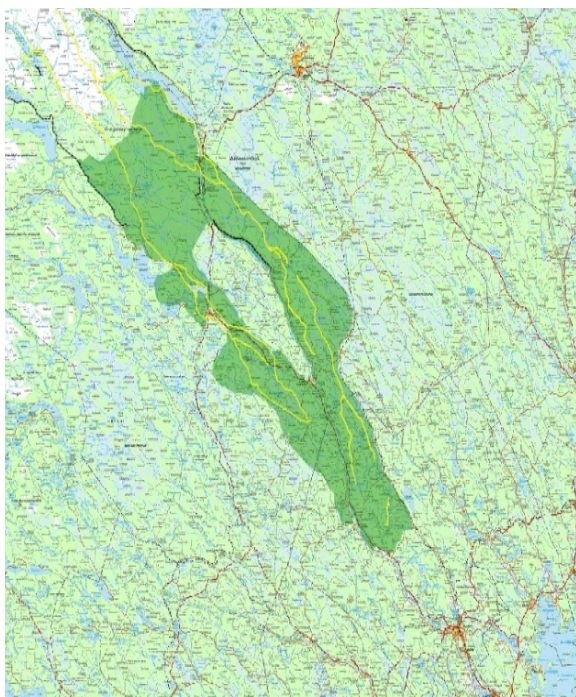
Mina frågeställningar var:

1. Kan fältinformation insamlad inom ramen för RBP kvalitetssäkras och kvalitetshöjas med hjälp av fältfoton?
2. Hur många ytor av inventeringspunkterna som insamlades från RBP 2004, har avverkats fram till idag?
3. Hur bra överensstämmer en modellbaserad karta som grundar sig på Riksskogstaxeringen och satellitdata med fältinventeringen från RBP?
4. Blir den modellbaserade kartan bättre genom att ytterligare inkludera den inventerade fältdata från RBP i modelleringsprocessen?
5. Blir den modellbaserade kartan bättre om laserdata (LIDAR) används?

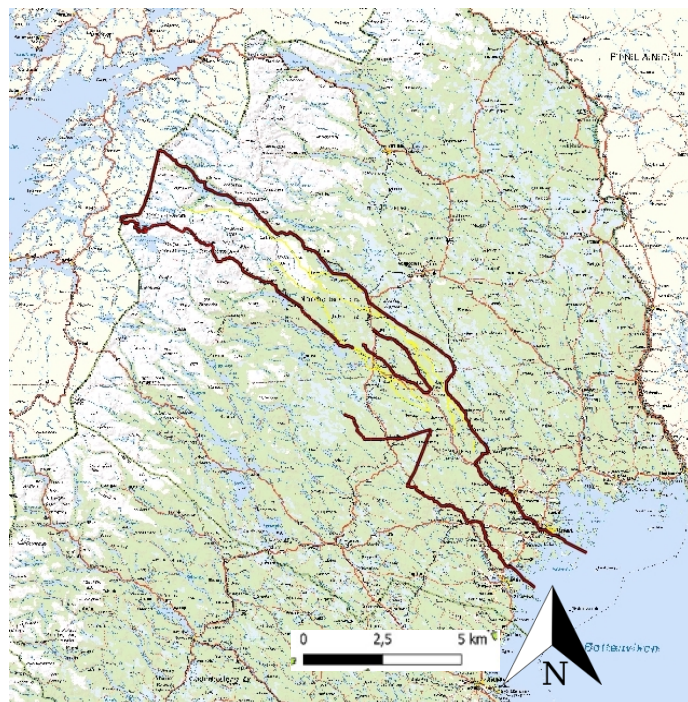
2. Material och metoder

2.1. Beskrivning av studieområde

Denna studie är avgränsad till vinterbetesmarkerna i Sirges sameby (Figur 1). En sameby är dels en juridisk person som företräder renägarna, och dels ett geografiskt område där samebyns medlemmar bedriver renskötseln. Sirges sameby är till arealen (13 485 km²) Sveriges största sameby (Figur 2).

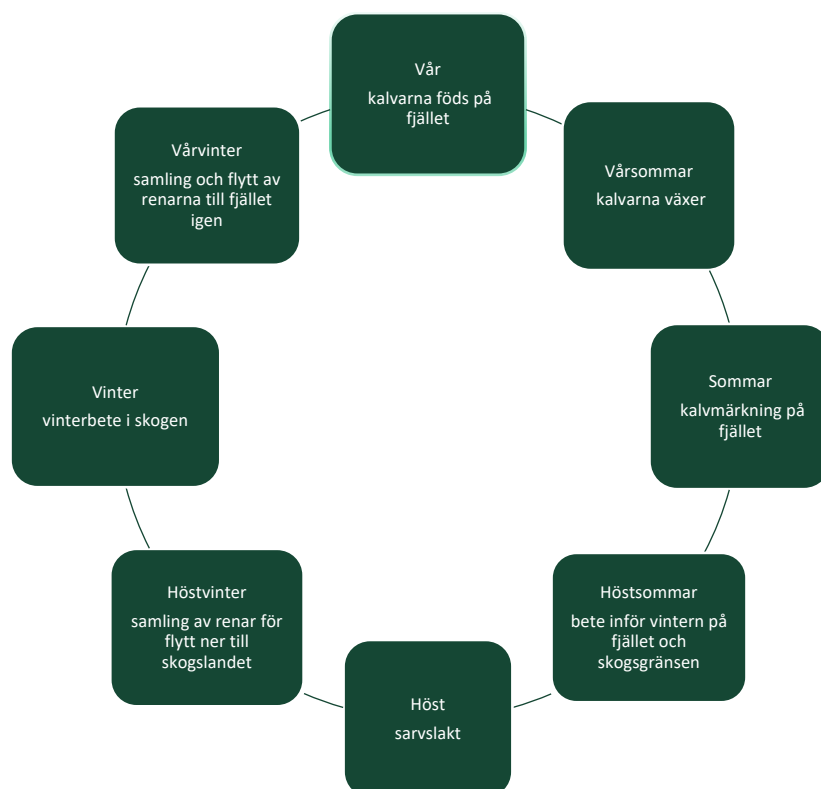


Figur 1. Geografisk indelning av vinterbetesmark i Sirges sameby (grönmarkerat). Karta framtaget av RenGIS.



Figur 2. Hela Sirges sameby som sträcker sig från norska gränsen ner till Luleå skärgård. (röd gränsdragning). Karta framtaget av RenGIS.

Sirges är en fjällsameby, vilket innebär att de flyttar sina renar efter årstiderna. Renskötselåret är indelat i åtta årstider där renarna befinner sig i fjällen under sommarhalvåret och under vinterhalvåret i skogen. Det är en sträcka från norska gränsen i väst, och i vissa fall ända ner till Luleå i öst. Skogsbruket påverkar renskötseln i Sirges sameby mest under vinterhalvåret (Figur 3).



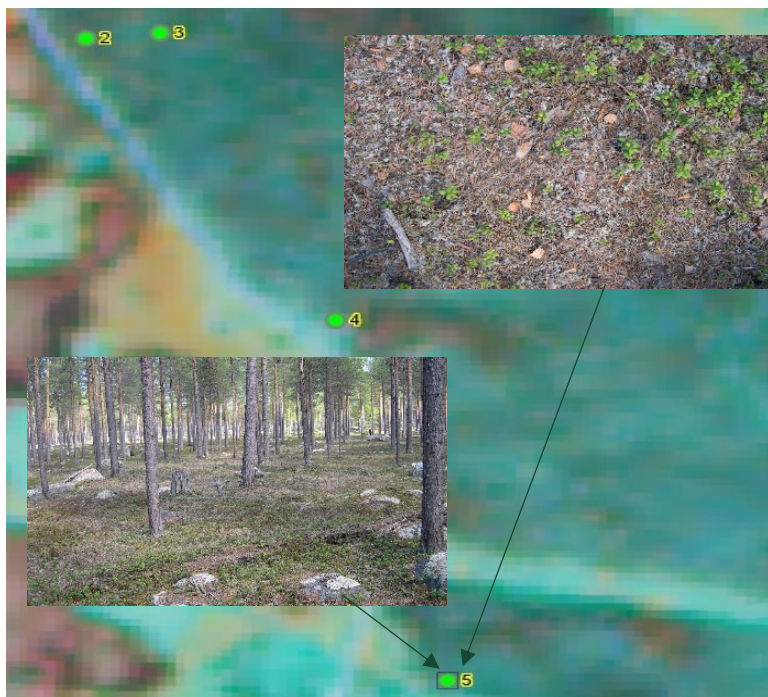
Figur 3. Renskötselåret indelat i åtta årstider.

2.2. Material

2.2.1. Fältdata

I denna studie har 322 inventeringspunkter från Sirges vinterbetesmarker analyserats. Fältdata var insamlat av fem personer mellan år 2004 och 2005 i skogslandet under barmarksäsongen. Det insamlade fältmaterialet utgjorde grund för kartläggning och digitalisering av viktiga områden i Sirges samebys beteslandsindelning. Innan inventeringen utfördes i fält, fick inventerarna en gemensam utbildning om hur denna skulle utföras praktiskt, med inventeringsmanual och fältutrustning. Urval av fältinventeringspunkter gjordes

med tillgänglig satellitdata på områden som var av samebyns intresse. Utifrån dessa områden bestämdes det hur många provytor som skulle besökas och besökspunkterna överfördes till handhållen GPS. Därefter skrevs fältkartor ut med passande skala med satellitbild som bakgrund. Fältutrustningen som användes bestod av; GPS-utrustning, höjdmätare, relaskop, tumstock, markeringspinnar och digital kamera (Skogsstyrelsen 2011). I fält vid besökspunkten, gjordes först en uppfattning om variation i marklavstäckning. Om området upplevdes som homogent valdes en representativ provyta. Om området upplevdes som variationsrikt lades det ut fler. Provytans radie var 15 m och skulle vara så representativ som möjligt för ett större område. Den aktuella marklavstäckningen bedömdes i procent inom provytan. På varje provyta tog inventeraren två foton, ett neråt och en bild rakt fram (figur 4).



Figur 4. Illustration av inventeringspunkter (gula cirklar) med två infogade bilder tillhörande inventeringspunkt 5.

2.2.2. Avverkningsdata

I Norra Norrland har den årliga avverkningen varierat mellan 10,5-14,7 milj. m³sk mellan åren 2004 och 2016 (SLU 2019). Med stor sannolikhet har ytor avverkats där fältinventeringen till RBP insamlats 2004. För att ta reda på hur stor andel som avverkats från år 2004 fram till idag för studieområdet, har avverkningsdata använts. Avverkningsmaterialet hämtades från Skogsdataportalen (Skogsstyrelsen 2021) som visades i RenGIS via Omvärldsfaktorsdatabasen (Sandström 2015).

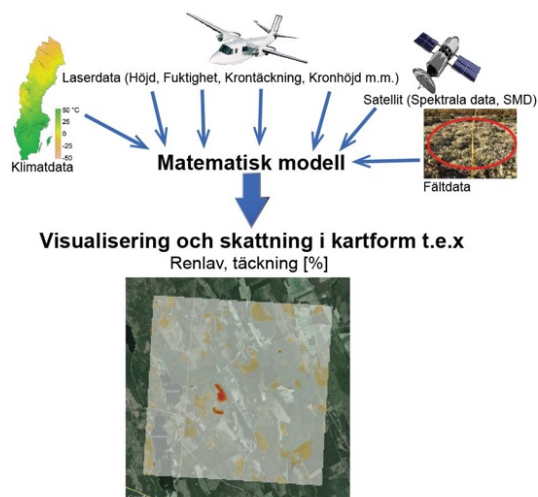
2.2.3. Lavkartor

Modellbaserade lavkartor som utvärderades i denna studie har tagits fram genom att matcha data från Riksskogstaxeringen (RT) med fjärranalys data (Adler et al. in prep) (figur 5).

Tre olika lavpreddiktioner (lavmodeller) användes:

1. Lavkartan 2004: baserat på RT data och Landsat 5 molnfri satellit mosaik (pixel storlek $30 \times 30 \text{ m}^2$) (LK_a)
2. Lavkarta 2004 + fältdata: baserat på RT data, 150 inventerade provytor från Sirges sameby och Landsat 5 molnfri satellit mosaik (pixel storlek $30 \times 30 \text{ m}^2$) (LK_b)
3. Lavkartan 2019: baserat på RT data, Sentinel 2 molnfri satellit mosaik (pixel storlek $10 \times 10 \text{ m}^2$) och laserskanningsdata (LK_c)

Satellitbildsinformation och provytedata i modelleringsprocessen har Generalised Additive Models (GAM) använts med lavtäckning som responsvariabel. Lavförekomstens värden i kartorna förklaras i pixlarna. I kartorna från 2004 (LK_a , LK_b) presenterades lavförekomsten på en skalan 0,...,1 där 1 står för 100% marklavstäckning. I lavkartan från 2019, presenteras marklavstäckningen i LK_c på en skala 0,..., 70%. För att få samma attribut så har både LK_a och LK_b multipliceras med 100 för att lättare kunna jämföras i resultatet. I LK_c hade vägar, stenar och barkmark reducerats bort från kartan, då pixlarna kunde uppfattas som marklav. Detta inkluderades dock i LK_a och LK_b .



Figur 5. Illustration över olika variabler som finns i framtagandet av en modellbaserad lavkarta. (Naturvårdsverket 2017)

2.3. Metod

2.3.1. Analys av inventeringspunkter

Analys av inventeringspunkter utfördes i RenGIS. I RenGIS bedömdes samtliga fotografier som inventerarna tagit till provytpunkten.

Bedömningen av marklavsförekomst förekom enligt följande schema:

1. Om fördelningen över marklaven var homogent fördelat eller ej (1/0)
2. Om bild och lavtäckningsvärde stämde överens eller ej (1/0)
3. Bild fattades (1/0)

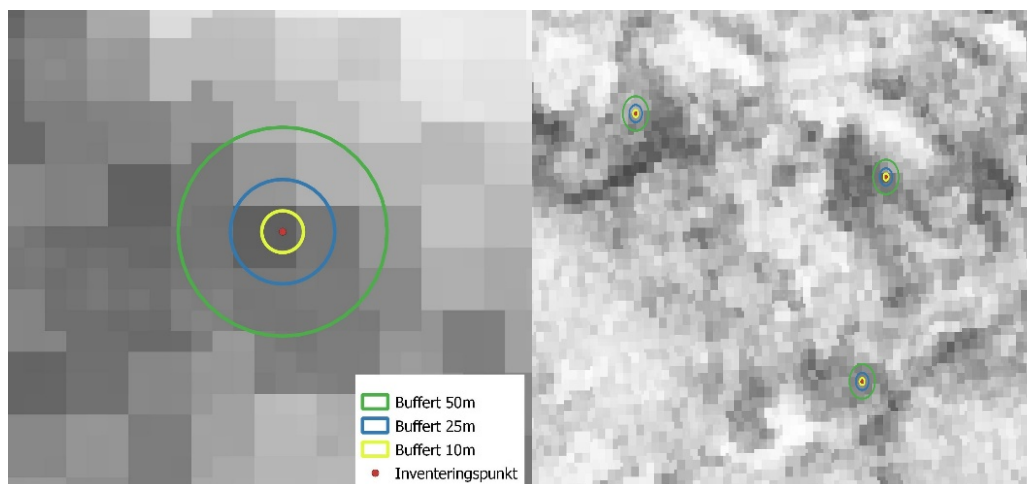
Bedömningarna dokumenterades i Microsoft Excel. Därefter så beräknades det dokumenterade resultatet procentuellt i cirkeldiagram.

2.3.2. GIS-analyser

Inventeringspunkterna visades endast med mittpunktkoordinater. För att jag skulle kunna analysera bedömningen av marklavtsäckning inom cirkelytan, behövde jag göra buffertzoner (cirkelpolygoner) runt mittpunktskoordinaten. I undersökningen använde jag tre olika radier: 10, 25 respektive 50 meter. I och med att GPS-mätningen som utfördes 2004 (som användes för utlägget av inventeringspunkten) inte hade så hög kvalitet jämfört med dagens GPS-teknik, gjordes en buffertzon på 50 meter för att fånga osäkerheten. Radie 10 meter användes för att kunna se om fältbedömningen eventuellt kunde bli bättre på en mindre yta, jämfört med 15 meter som utfördes i fält (Figur 6).

För att kunna skapa cirkelpolygoner samt matcha de mot modellbaserade lavkartorna, överförde jag inventeringspunkter till QGIS (3.18 Zürich). Formatet bestod av zip-filer för kartlagerna och i shp-filer för inventeringspunkterna samt buffertzonerna. Därefter extraherade jag dem för att få samma attributvärden. Extraheringsanalysen utfördes av QGIS-verktyget *Sample raster values*. Genom detta fick analysens algoritm fram pixelvärdet för det rasterlager som extraherats vid punktens läge.

Jag använde även QGIS för polygonskiktet av utförda avverkningar. På samma sätt som inventeringspunkterna och buffertzonerna förklarar ovan, så extraherades de utförda avverkningarna.



Figur 6. Illustration över lavprediktion i ett kartlager från QGIS. Lavförekomsten visas på en skala från svart till vit. Vit indikerar ingen lavförekomst och ju mörkare färgsättning ju högre marklavsvärde(t.h). T.v presenteras de olika buffertzonerna (gul=10m, blå=25m, grön=50m) runt mittpunktkoordinaten (röd prick).

För varje cirkelyta beräknades marklavsvärdet genom antalet pixlar inom cirkelarean. Beroende på vilket år modellen baserades på så var pixelvärdena olika stora (Landsat 30m x 30m; Sentinel 10 x 10m). En cirkelarea med radie 10 meter ($10 \times 10 \times 3,14 = 314 \text{ m}^2$) täcktes av ca 3-4 Sentinel pixlar, medan i Landsat endast en pixel, exempelvis.

För att kalkylera pixelvärdena från buffertzonerna till varje kartlager använde jag funktionen *Zonal statistics* i QGIS. I det verktyget analyserades vardera kartlager och buffertzoner (totalt nio gånger) med beräkningar på medelvärde, maxvärde, medianvärde och standardavvikelsen. Därefter skapades nya modifierade zonlager med de beräknade värden. För att se beräkningsresultatet från algoritmen använde jag funktionen *Open Attribute Table*, för att sedan exportera det till Excel-filer med programmet Microsoft Excel.

2.3.3. Statistisk analys med programmet R

För att ta reda på hur stark relationen mellan den bedömda marklavstäckningen i fält (oberonde variabel) och den modellbaserade kartan (beroende variabel) var, analyserades data med enkel linjär regression. Datat, framtaget av QGIS överfördes till programmet R (version 3.64) (R Core Team 2021). Med hjälp av funktionen ggplot med paketet ggplot2 i R, framtoogs punktdiagram med regressionslinje fram för all data. Även för att ta reda på hur många ytor som var avverkat genom att koda inventeringsplatser som det skett en avverkning på med värdet 1, 0 annars (Wickham 2016).

3. Resultat

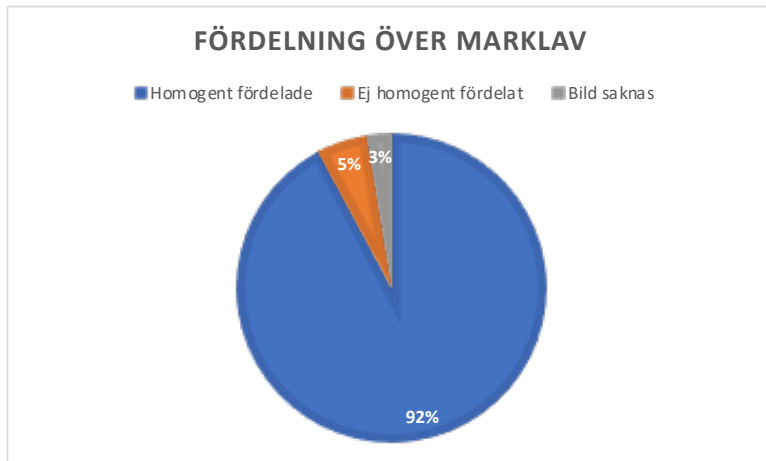
3.1. Kombination av fältdata och fotografier

Fotografierna som analyserades visade att 90% stämde överens med lavtäckningsvärdet bedömt i fält. Totalt 7 % av fotografierna överensstämde inte enligt bedömningen, då inventerarna både under-, och överskattade marklavsvärdet bedömt från fältfotografiet. Totalt saknades 3 % av fotografierna i fältmaterialet. (Figur 7).



Figur 7. Fördelning över bild och lavtäckningsvärde i procent.

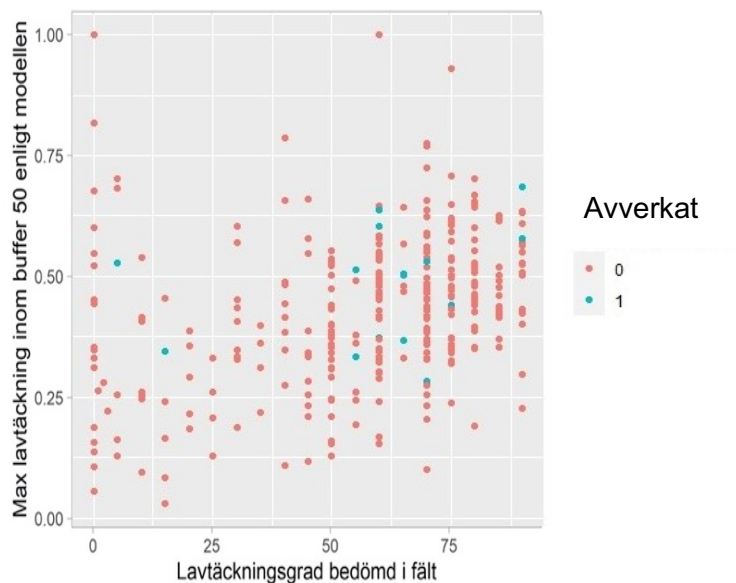
Fortsättningsvis i analysen av fältdata och fotografier, bedömdes 92% av marklaven ha en jämn spridning enligt fotografierna, alltså homogent fördelat över inventeringsytan. Fotografier där marklavstäckningen inte ansågs homogent fördelade var totalt 5%. Det fattades totalt 3% av fotografierna till inventeringspunkterna (figur 8).



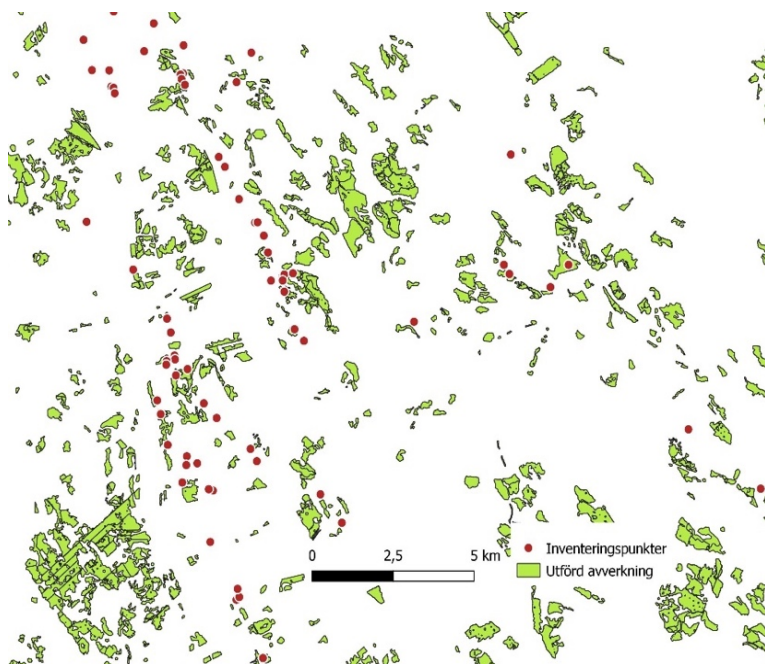
Figur 8. Cirkeldiagram över fördelning över marklav i procent.

3.2. Avverkade ytor

Resultatet visar att 5,4% av de ytor som innefattar inventeringsytor, har avverkats mellan år 2004 och 2020 (figur 9). Inventeringspunkter som inte avverkats, och därmed fått värdet 0, är belägna utanför de gröna områdena (röda cirklar på vit yta) (figur 10).



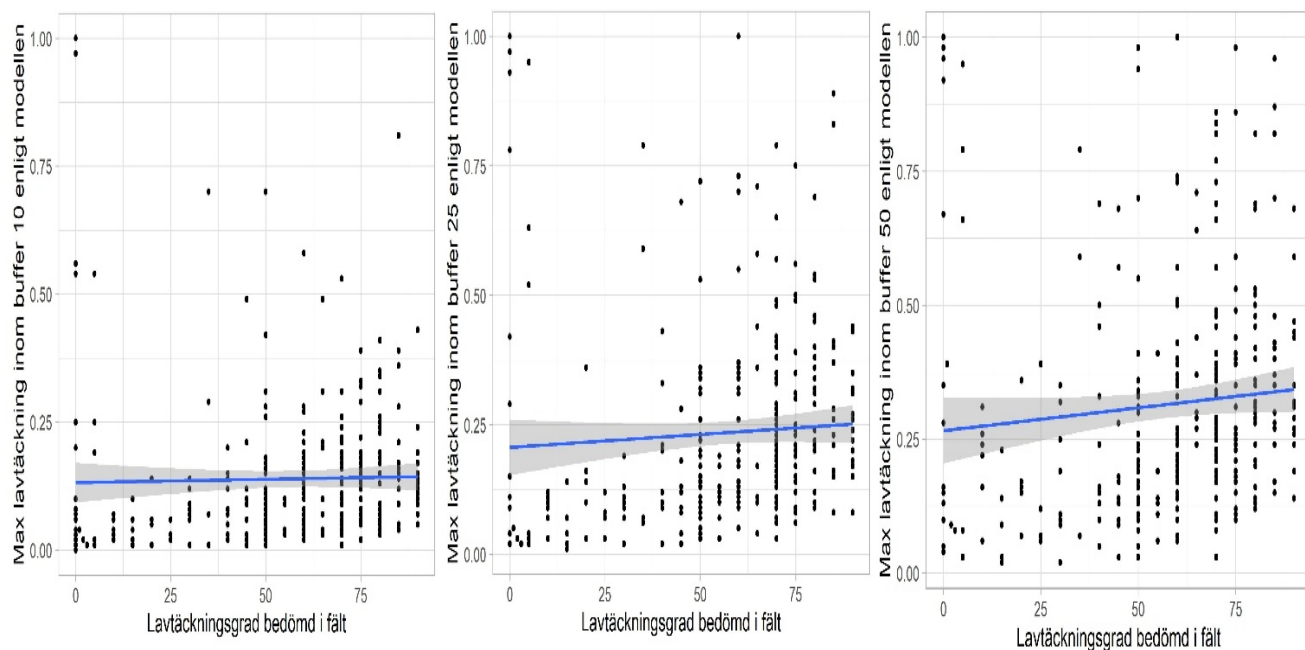
Figur 9. Punktdiagram av ytor med inventeringspunkter som avverkats mellan 2004 och 2020. Punkter som avverkats har värdet 1, (grön cirkel). Inventeringspunkter som ej avverkats har värdet 0 (röd cirkel).



Figur 10. Kartbild över ett område som visar utförda avverkningar från 2004 fram till 2020 (grönt) med inventeringspunkter (röda cirkclar). Framtaget i QGIS.

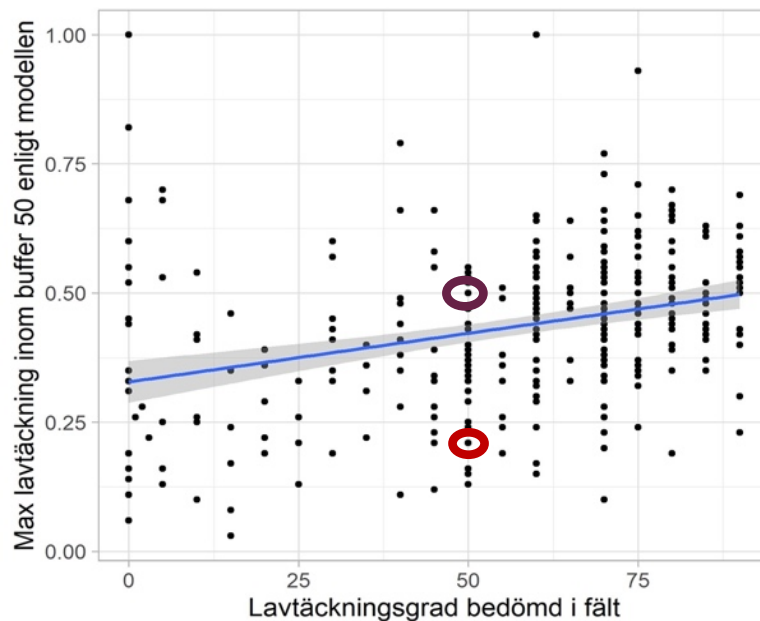
3.3. Jämförelse mellan fältdata och modellen

I analysen där jag jämförde mellan det inventerade fältdata och de modellbaserade kartorna för tre olika buffertzoner, visade resultatet högst korrelation i buffertzonen 50. Korrelationsutfallet för buffertzoner 10 meter respektive 25 meter var lägre, detta medförde till att endast 50 meters bufferten till vardera kartmodell analyserades djupare i denna studie (Figur 11).



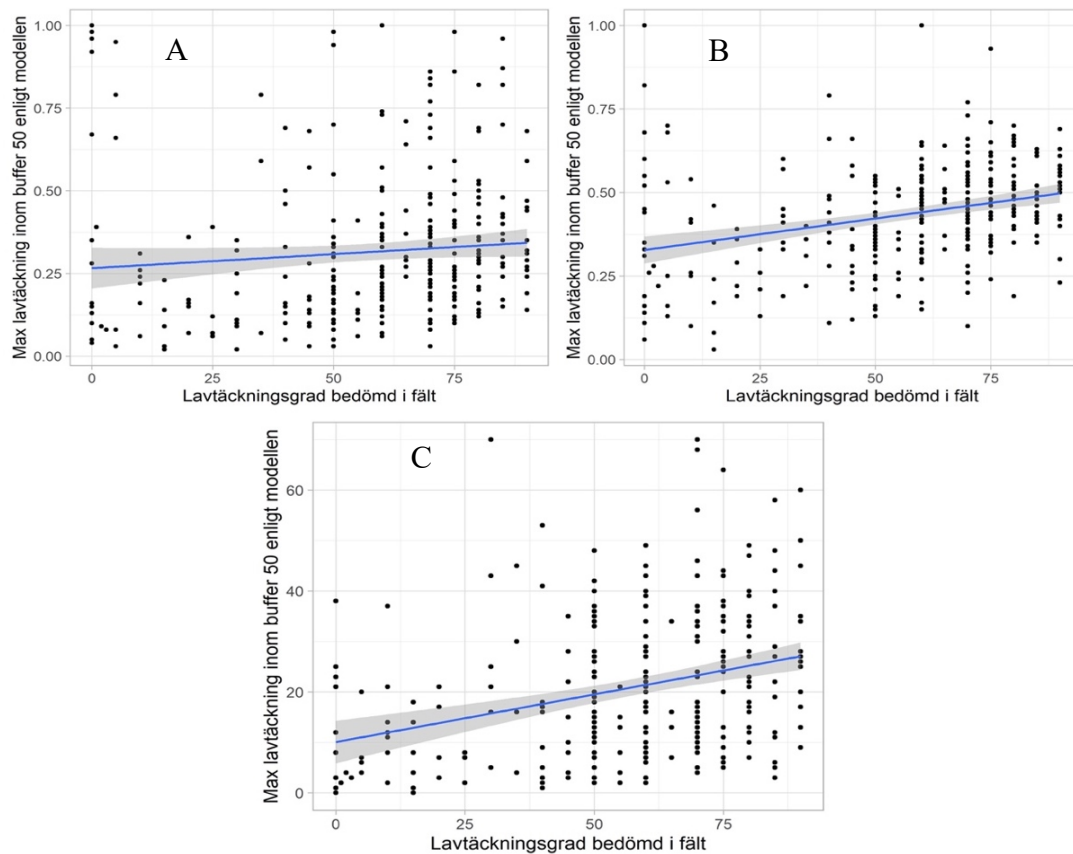
Figur 11. Regressionsmodeller över kartlager med olika buffert-zoner; t.v 10m, mitten 25m och t.h 50m. De svarta punkterna är inventeringspunkterna, y-axeln är den predikterade lavtäckningen enligt modellen och x-axeln är den bedömda lavtäckningsgraden i fält.

Korrelationen, som tolkas i regressionsanalyserna visar om inventeringspunkterna och modellen överensstämmer. Ju fler punkter som stämmer överens, desto högre korrelation och slutligen högre kvalité i kartmodellen. Detta exemplifieras i punktdiagrammet nedan med två inringade punkter, där det framgår en punkt som matchar bra (lila cirkel) tillsammans, och en som matchar sämre (röd cirkel) (Figur 12).



Figur 12. Grafisk illustration av korrelationen i ett punktdiagram där inventeringspunkter (svart) matchar för både y-, och x-axeln (lila cirkel) och för en punkt som inte har en matchning (röd cirkel).

Resultatet från analyserna visar att den modellbaserade kartan och de inventerade fältdata överlag inte har en sådan stark överensstämmelse/korrelation, och resultatet mellan variablerna var ej signifikant. Från regressionsanalysen framkom *Rsquared* värdet på 0,0057, vilket tyder på en låg korrelation. I *interceptet*, (skärningspunkten i y-axeln) visar resultatet ett värde på 26 (0.26). Vilket innebär att när den modellbaserade kartan har värdet 0 i marklavstäckningsgrad, så har det inventerade fältdatat ett värde på 26. Detta tolkas som en överskattning då den överstiger värdet 0 (Figur 13A, Tabell 1A).



Figur 13. Grafiska illustrationer av regressionsanalyserna i form av punktdiagram. A illustrerar lavkarta 2004, B lavkarta 2004 + 150 inventeringspunkter och C för lavkarta 2019. De svarta punkterna är inventeringspunkterna insamlade från 2004. Den oberoende variabeln x, är lavtäckningsgrad bedömd i fält av inventerarna och y-axeln är modellens predikterade max-värden inom buffert 50.

Tabell 1. Resultatet av den statistiska analysen i enkel linjär regression från Rstudio på lavkarta 2004 (A), lavkarta 2004 + inventeringspunkter (B) och lavkarta 2019 (C).

A (Lavkarta 2004)					B (Lavkarta 2004 + inventeringspunkter)					C (Lavkarta 2019)				
Coefficients:					Coefficients:					Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	26,60870	3,10801	8.561	4.66e-16 ***	(Intercept)	32,82594	2.06415	15.903	< 2e-16 ***	(Intercept)	10.07972	2.13795	4.715	3.79e-06 ***
MARKLAVAKT	0.08538	0.05051	1.690	0.0919 .	MARKLAVAKT	0.18802	0.03355	5.605	4.48e-08 ***	MARKLAVAKT	0.18892	0.03427	5.513	7.90e-08 ***
---					---					---				
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 0.2292 on 322 degrees of freedom					Residual standard error: 0.1523 on 322 degrees of freedom					Residual standard error: 13.94 on 285 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.008796,		Adjusted R-squared: 0.005718			Multiple R-squared: 0.08889,		Adjusted R-squared: 0.08606			Multiple R-squared: 0.09637,		Adjusted R-squared: 0.0932		
F-statistic: 2.858 on 1 and 322 DF, p-value: 0.09191					F-statistic: 31.42 on 1 and 322 DF, p-value: 4.478e-08					F-statistic: 30.4 on 1 and 285 DF, p-value: 7.898e-08				

3.3.1. Fältdata inkluderad i modellbaserade kartan

Genom att inkludera de inventerade materialet i modelleringsprocessen, visar sambandet signifikans i LK_b . Korrelationsvärdet visade ett högre värde jämfört med LK_a ; 0,08. Interceptet för detta resultat visade också en överskattning av modellens värde, med ett värde på 32 (0,32) (Figur 13B, tabell 1B).

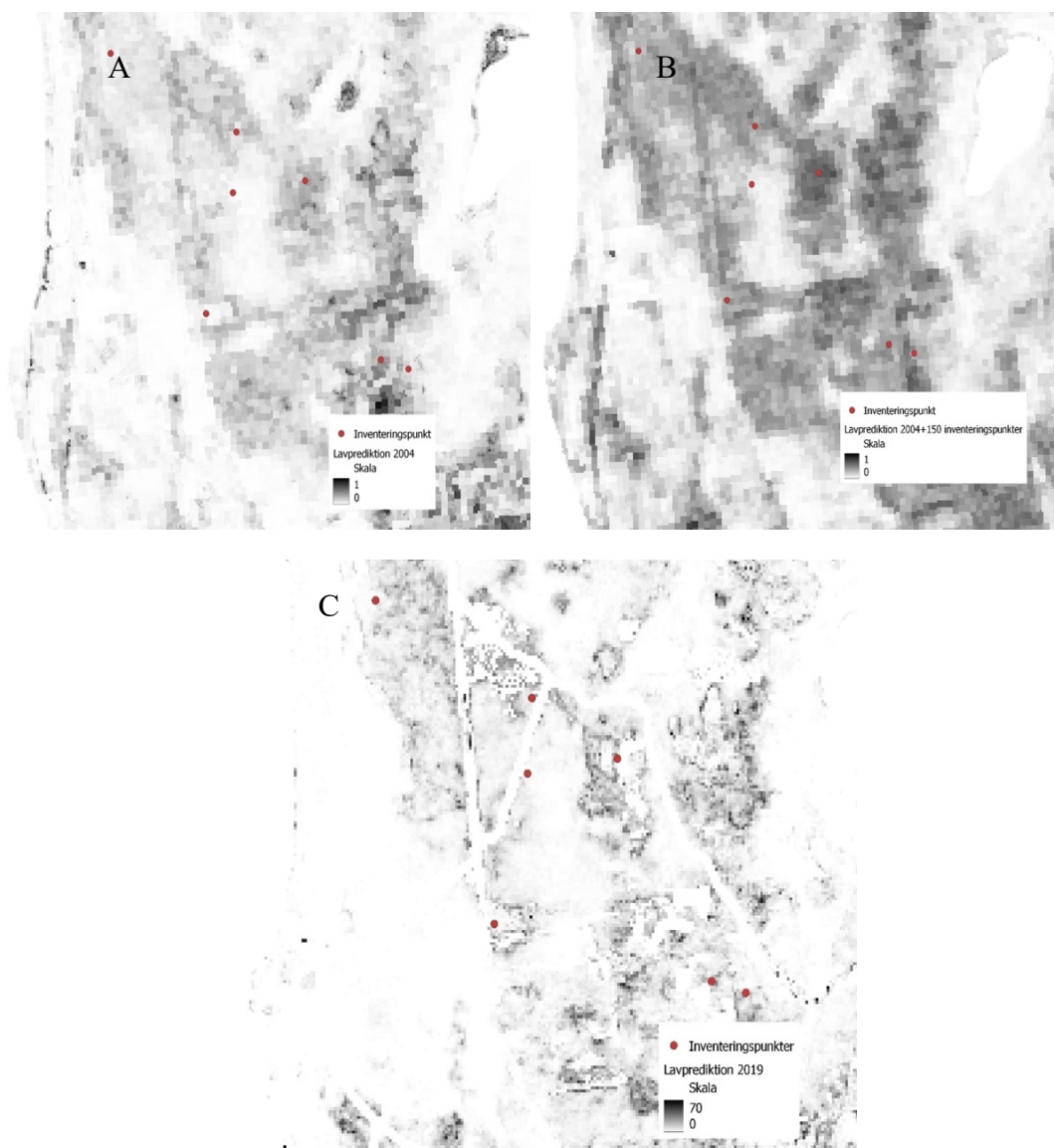
3.3.2. Laserskanning inkluderad i modellbaserade kartan

Den modellbaserade lavkartan från 2019 med laserdata inkluderad, resulterades i högst överensstämmelse. Korrelationen hade ett värde på 0,09. I jämförelse med de andra två, så hade detta resultat lägst intercept med värdet 10, vilket tolkas som den bästa matchningen då värdet var närmast 0 (Figur 13C, tabell 1C).

Sammanfattningsvis visade sig två av lavkartorna (LK_b och LK_c) ha en bra överensstämmelse och en lavkarta hade mindre precision (LK_a). Den bästa lavkartan var LK_c .

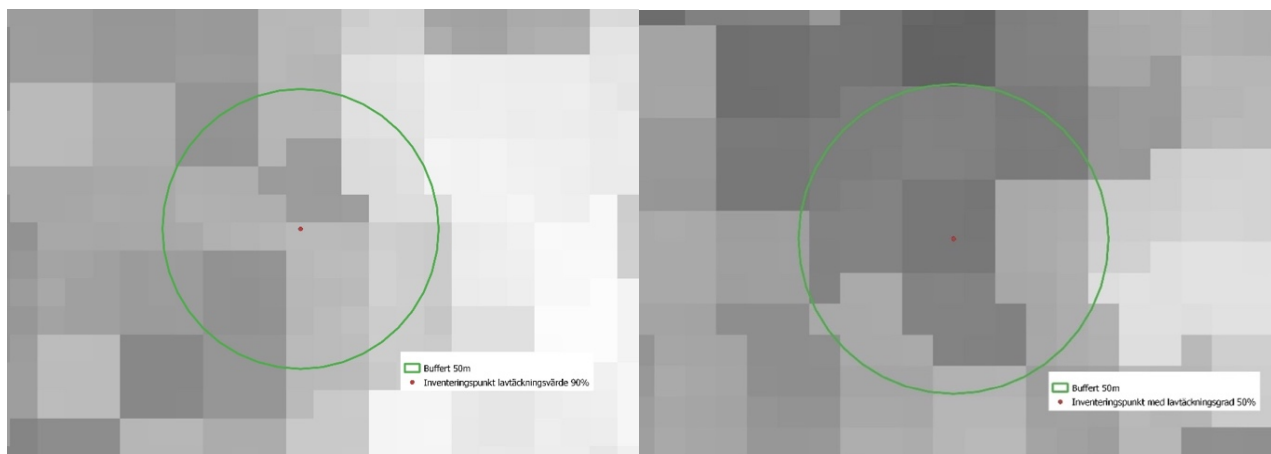
3.4. Lavkartor i pixelformat

Lavförekomsten i pixelkartorna visas i en skala från vit till svart, där ljusare färg har en lägre täckningsgrad och mörkare färgsättning högre (Figur 14). Nedan visas en avbildning av ett och samma område med inventeringspunkterna i tre olika kartor för LK_a , LK_c och LK_c (Figur 14A;B;C).



Figur 14. Tre lavprediktioner med skala från vit till svart, där mörkare färgsättning motsvarar högre marklavstäckningsvärde. Lavprediktion A presenterar lavkarta 2004, B lavkarta 2004+150 inventeringspunkter och C lavkarta 2019.

Figur 15 visar ett exempel på två inzoomade lavkartor på en inventeringspunkt med ett fältbedömt marklavsvärde på 50%. I ena lavkartan (till vänster) stämde matchningen med modellbaserade kartans värde inte överens. I den andra (till höger) var det högre precision (figur 15).



Figur 15. Illustrationer med predikterad lavförekomst indelat i olika klasser, där den visas på en skala vit till svart inom 50m buffertzonen (grön cirkel). Vit=ingen lavförekomst. Ju mörkare färgsättning i pixlarna, desto högre lavförekomst. Inventeringspunkten (röd cirkel) har 50% bedömd lav täckningsgrad.

4. Diskussion

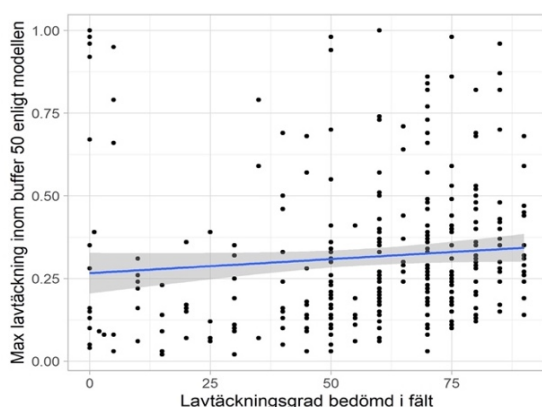
I och med tidigare studier (Berg et al. 2008; Sandström et al. 2016; Hortskotte & Moen 2019) som visat minskning av marklav, ansåg jag det intressant att se över landskapsförändring i mitt kandidatarbete. Renskötseln påverkas av många markexploatörer som till exempel gruvnäring, turism, infrastruktur, växande städer, vind- och vattenkraft, torvbrytning och skogsbruk (Sametinget 2019). I denna studie har jag fokuserat på skogsbrukets påverkan på renbetet, detta genom att analysera fältdatat från Sirges RBP, utförda avverkningar och modellbaserade kartor.

Resultatet från första analysen i denna studie, visade att fältmaterial tillsammans med fotografier kunde kvalitetssäkras och kvalitethöjas, då majoriteten av det bedömda täckningsvärdet av marklav stämde överens med fotografierna (90%). Resultatet visade en god indikation till att fortsätta bruka materialet i de resterande analyserna i min studie. Några få fotografier fattades (3%) och i 7% stämde inte bedömningen från fotografierna överens med bedömningarna i fält. Varför det inte korrelerade kunde bero på fotografiers kvalité, där det ibland var svårt att tyda marklavsförekomsten. Det kunde även bero på att inventerarna över-, eller underskattade marklavsförekomsten. Om fler foton från varje provyta hade funnits, hade det troligtvis kunnat bidra till ännu säkrare resultat.

Analysen om avverkade ytor, visade resultatet totalt 5,4 % av inventeringspunkternas ytor avverkade från 2004 till 2020. I och med den årliga avverkningen i Sverige ligger omkring 1% per år och inventeringarna riktats mot samebyns viktigaste områden, kan mitt resultat indikera på att skogsbruket har tagit viss hänsyn till rennäringen. Dock är det viktigt att poängtera att en del av ytorna befinner sig inom nyckelområden, som har en stor betydelse för renens betestillgång. Avverkningarna har fragmenterat betesområdena, vilket är en olägenhet för renskötseln. Det tar lång tid för marklaven att återetablera sig. En studie från Tunón och Sjaggo (2012) visade de att det kan ta 30 år för laven att växa tillbaka efter en skogsavverkning. Spridningen av marklaven påverkas också av hur benägna de är på att sprida sig, samt om det alls finns kvar marklav på ytorna (ibid.). Betydelsen av sammanhängande vinterbetesområden kan även förtydligas med referens till Skogsvårdslagen 31§ (SFS 1979:429) och princip 3 i FSC-standarden (FSC 2020), där båda skriver att vid skogliga åtgärder som genomförs och genom utförandet ska ta hänsyn till rennäringens behov av betesområden.

För att beskriva landskapsförändringar med fokus på marklav kan modellbaserade kartor vara ett bra verktyg. I denna studie undersökte jag hur kartmodeller kunde

jämföras med inventerat material från fält och om den kunde bli bättre genom att lägga till variabler i modelleringsprocessen. Resultatet visade korrelation i alla analyser, men med olika precisioner. Sambandet mellan fältmaterialet och modellbaserade kartan i LK_a visade att det inte fanns tillräcklig matchning, alltså ingen signifikans. I LK_a var det några punkter som stack ut i regressionsanalysen, detta illustreras nedan (röd cirkel) (figur 16). Modellen visade att det skulle vara hög marklavstäckning, men det visade sig inte stämma överens med den bedömda lavtäckningsgraden i fält. Detta kan vara förklaringen varför det inte blev någon signifikans. Däremot för både LK_b och LK_c visade resultatet signifikans, där punkterna hade en jämnare spridning.

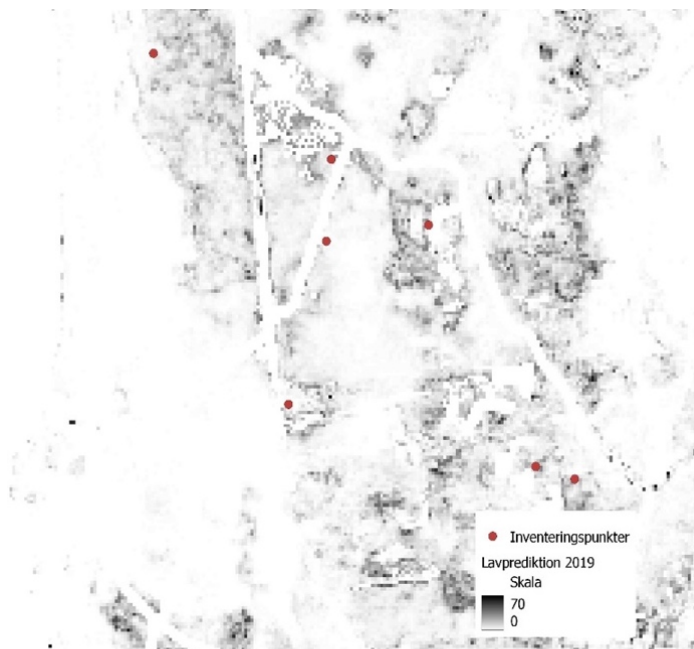


Figur 16. Illustration av samma resultat som i figur 9A, men med en röd cirkel som visar punkter som indikerar att variablerna inte överensstämmer.

Skillnaderna mellan LK_a, LK_b och LK_c kvalitet kan bero på olika anledningar. Då ett fotografis pixlar erhåller olika värden, blir en följd av detta en skillnad i lavarnas täckningsgrad i förhållande till pixelstorlekarna. Kartmodellerna från 2004 (LK_a och LK_b) hade Landsat 5 med pixelstorlek 30x30 m² jämfört med lavkartan från 2019 (LK_c) som hade Sentinel 2 med pixelstorlek 10x10 m². Med ett förtydligande, så menas det att en 10 meters pixel har högre precision jämfört med en 30 meters pixel. En annan bidragande faktor kan bero på att i LK_c inkluderades laserskanning i modellen. I modellerna från 2004 så kunde en lavrik pixel utan träd, lysa mer än en pixel med träd, trots att de båda hade samma täckningsgrad. Detta gick inte att justeras på den tiden. Med laserdata i modellen från 2019, kunde detta justeras då förekomsten av träd var möjlig att se, vilket medförde en bättre bedömning av täckningsgraden. I kartmodellen från 2004 kunde barmark, stenar och vägar tolkas som en lavrik pixel, även detta korrigerades bort i modellen från 2019. En annan förklaring kan vara från fältmaterialets kvalitet. År 2004, då inventeringen utfördes var GPS-funktionens sändningssignaler betydligt sämre jämfört med idag. Detta kan ha bidragit med att positioneringen på inventeringspunkter kan ha flyttat sig. I en tät skog kan förflyttningen bli mer än 20 meter, då GPSen tog lång tid på sig att lägesbestämmas. En annan anledning kan bero på fältinventeringens mänskliga faktor. Som nämnt i resultatdelen så visade det sig att 7% av RBPs fältdata inte överenskom mellan fotografier och marklavsbedömningen i fält, detta kan förklaras att vi bedömer olika. I alla investeringsprogram förekommer det skillnader då det finns personvariation mellan olika fältarbetare. Fältmaterialet

från 2004 och RT data som analyserats i denna studie är inget undantag. För att minska på personvariationen har utbildningar inför inventeringsutförandet en väsentlig betydelse (Adler et al. in prep).

I resultatdelen visas två in-zoomade lavkartor som illustrerar av lavförekomst (figur 15). Viktigt att poängtera är att marklavsprediktionerna inte ska användas för att identifiera varje enskild pixel. Utan huvudsyftet med lavkartan är att kunna kartlägga renlavsförekomst i ett landskapsperspektiv. Detta med en så hög precision med verkligheten som möjligt. Andra tänkbara användningsområden för en modellbaserad lavkarta är vid samråd mellan samebyar och skogsindustrin, men även med andra aktörer, markägare samt Skogsstyrelsen vid handläggning av anmälda avverkningar. Nedan exemplifieras hur lavkartan kan användas i ett landskapsperspektiv som ett underlag, genom att visa vart det förekommer mycket och lite lav (figur 17). Att ha en lavkarta som underlag kan öka förståelsen av marklavens utbredning och dess betydelse för renen, vilket i sin tur på sikt kan förbättra hänsynen för renskötseln.



Figur 17. Illustration över samma lavkarta som i figur 10C, men med inringande område som har en hög (grönt) och en låg (lila) lavtäckningsgrad.

4.1. Framtida studier

I och med att både fältinventering och laserskanning förbättrade kvalitén på lavkartan, borde det finnas intresse för djupare analyser och vidare forskning. En intressant undersökning hade varit att kombinera både laserskanning och

fältmaterial tillsammans i kartmodellen. Detta kräver även en återinventering av fältytorna. Med återinventeringen kan GPS-positioner förbättras med dagens teknik. En vidare undersökning borde också vara att testa modellen med både färre och fler inventeringspunkter, då i denna analys endast använt sig av 150 ytor. I och med att jag också bara utvärderade max-värdet med en buffert på 50 meter borde det i vidare studier göras en större och djupare analys genom att jämföra resultat med fler variabler (medelvärde, standardavvikelse etc.) och buffertzoner.

4.2. Slutsatser

- Genom en kombination av fältdata och fotografier, kan den utförda inventeringen från RBP insamlat 2004 både kvalitétshöjas och säkras.
- I analyserna av modellbaserade kartorna och fältmaterialet från RBP, blir kvalitén högre med att tillägga både 150 inventeringspunkter och laserskanning i modelleringsprocessen.
- Tänkbara användningsområden för kartunderlaget kan vara vid samråd och vid kommunikation med olika aktörer. Detta kan bidra till mer förståelse och förhoppningsvis i följd av detta mer hänsyn till renens huvudsakliga föda på vintern, marklaven.
- Denna kandidatuppsats visar att det finns områden man bör gå vidare på och potential att ytterligare förbättra en modellbaserad karta.

Referenser

- Adler, S., Hedenås, H., Sandstöm, P., Jougda, L., Näsholm, B., Boström, M & Mangi, A-C. (2021). *Lavinventering 2019-2021*. [Opublicerat manuskript]. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå : SLU
- Berg, A., Östlund, L., Moen, J & Olofsson, J. (2008). *A century of logging and forestry in a reindeer herding area in northern Sweden*. Forest Ecology and Management 256: 10 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.003>
- Boström, M & Carlsson, L. (2014). *Skog och Ren*. Projektet Kompetensutveckling Skogsbruk och Rennäring. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/rennaring/skog-och-ren-2014.pdf> [2021-04-14]
- Eriksson, Å & Moen, J. (2008). *Effekter av skogsbruk på rennäringen- en litteraturstudie*. (Rapport 2008:18). Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig: <http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art58/4646158-d3c829-1805.pdf> [2021-04-18]
- Esseen, P. A., Ehnström, B., Ericson, L. & Sjöberg, K. (1997). *Boreal forests*. Ecological Bulletins, 46, 16-47.
- FSC (2020). *FSC-standard för skogsbruk i Sverige*. [Online] <https://se.fsc.org/download-box.1372.htm>
- Gaare, E & Danell, Ö. (1998). *Bruk av beiter og områder*. Reindrift i nordvest-Europa, 47-55.
- Geijer, U., Hannu, U., & Andersson, L. (2003). *Renskötselrätt*. Umeå: Sámiid Riikkasearvi/SSR.
- Gustavsson, K. (1989). *Rennäringen, en presentation för skogsfolk*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Hamilton, A. (2003). *Effektivare samråd mellan rennäring och skogsbruk – förbättrad dialog via ett utveckalt samrådsförfarande*. (Examensarbete i skogshushållning, 2003:103) Sveriges Lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet.
- Hedenås, H., Snäll, T., Adler, S., Gardfjell, H., Lämås, T. & Mair, L. (2017). *Miljöövervakning, medborgardata och modellbaserade kartor*. Skog och mark. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-1302-8.pdf?pid=21162>

- Heggberget, T., Gaare, E. & Ball, J. (2002). *Reindeer (Rangifer tarandus) and climate change: Importance of winter forage*. Rangifer, 22(1).
<https://doi.org/10.7557/2.22.1.388>
- Horstkotte, T & Moen, J. (2019). *Successional pathways of terrestrial lichens in changing Swedish boreal forests*. Forest ecology and management, Vol. 453, artikel-id 117572.
- Kivinen, S., Moen, J., Berg, A. & Eriksson, Å. (2010). *Effects of modern forest management on winter grazing resources for reindeer in Sweden*. Ambio, 39 (4), 269-278.
- Kivinen, S., Berg, A., Moen, J., Östlund, L., & Olofsson, J. (2012). *Forest fragmentation and landscape transformation in a reindeer husbandry area in Sweden*. Environmental management, 49(2), 295-304.
- RStudio Team (2020). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio. PBC, Boston, MA.
<http://www.rstudio.com/>
- Sametinget (2021). *Renbruksplan*. [Broschyr].
<https://www.sametinget.se/broschyr-renbruksplan>
- Sandström, C., Widmark, C., Moen, J. & Danell, Ö. (2006). *Skogen som gemensam resurs: Vägledning för effektivare samråd mellan ren- och skogsnäring*. (FjällMistrarapport 23) Fjällmistra.
<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A154330&dswid=5695>
- Sandström, P. (2015). *A toolbox for co-production of knowledge and improved land use dialogues : the perspective of reindeer husbandry*. Department of Forest Resource Management, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Sandström, P., Granqvist Pahlén, T., Edenius, L., Tømmervik, H., Hagner, O., Hemberg, L., Olsson, H., Baer, K., Stenlund, T., Brandt, L. G. & Egberth, M. (2003). *Conflict Resolution by Participatory Management: Remote Sensing and GIS as Tools for Communicating Land-use Needs for Reindeer Herding in Northern Sweden*. Ambio, 32(8), 557–567.
<https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.8.557>
- Sandström, P., Cory, N., Svensson, J., Hedenås, H., Jougda, L. & Borchert, N. (2016). *On the decline of ground lichen forests in the Swedish boreal landscape: Implications for reindeer husbandry and sustainable forest management*. Ambio, 45(4), 415-429.
<https://doi.org/10.1007/s13280-015-0759-0>
- SFS (1971:437). *Rennäringslag*. Stockholm: Riksdagen
- SFS (1979:429). *Skogsvårdslag*. Stockholm: Riksdagen
- Skogsstyrelsen (2017). *Manual för registrering av fältdata i RenGIS*.
<https://www.sametinget.se/113476> [2021-04-05]
- Skogsstyrelsen (2021). *Ladda ner geodata*.
<feed://geodpags.skogsstyrelsen.se/geodataport/feeds/UtfordAvverk.xml>
 [2021-04-03]

- SLU (2019). *Skogsdata 2019*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. ISSN: 0280-0543.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2019_webb.pdf [2021-04-18]
- Tunón, H. & Sjaggo, B.S. (2012). *Ájddo – reflektioner kring biologisk mångfald i renarnas spår*. (CBM:s skriftserie nr 68). Kiruna: Sametinget & Uppsala: Centrum för biologisk mångfald.
<https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/cbm/dokument/publikationer-cbm/cbm-skriftserie/cbmskrift68ajddo.pdf>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. (Springer).
- Wickham, H., François, R., Henry, L. & Müller, K. (2021). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.0.5. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Östlund, L. & Zackrisson, O. (2000). *Methods and approaches in forest history*. Umeå: Department of Vegetation Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences.

