



Digital spårbarhet av virke i skogsbruket

– Möjligheter och begränsningar för geofence i försörjningskedjan

Digital traceability of timber in forestry – Possibilities and limitations for geofence in the supply-chain

Pelle Eriksson

Examensarbete/Självständigt arbete • (30 hp)

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2021:5

Umeå 2021



Digital spårbarhet av virke i skogsbruket

– Möjligheter och begränsningar för geofence i försörjningskedjan

Digital traceability of timber in forestry – Possibilities and limitations for geofence in the supply-chain

Pelle Eriksson

Handledare:	Kalvis Kons, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Examinator:	Ola Lindroos, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Omfattning:	30hp
Nivå och fördjupning:	A2E
Kurstitel:	Master's thesis in Forest Science, A2E – Forest Biomaterials and Technology
Kurskod:	EX0955
Program/utbildning:	Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Utgivningsort:	Umeå
Utgivningsår:	2021
Serietitel:	Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Delnummer i serien:	2021:5
Nyckelord:	Maskindata, Informationsflöde, Virkesmärkning, Värdekedja

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sammanfattning

Svenska virkesaffärer genomförs på ett flertal olika vis och en industris virkesförsörjning grundar sig oftast i flera olika virkeskällor. Att hålla koll på vilken ägare virket härstammar ifrån ställer höga krav på spårbarhet för skogsbruket. Virke spåras idag genom olika typer av fysiska märkningar medan flera andra näringar använder sig av mer avancerade och ibland digitaliserade system. Möjligheten att gå ifrån fysisk märkning av virket samt förhoppningen om att ett digitalt system ska möjliggöra ett bättre informationsflöde fram till industrin ligger som grund för studien. Den teknik som i den här studien testades teoretiskt var geofence, vilket bygger på att information överförs med hjälp av geografiska avgränsningar. Studien genomfördes i samarbete med Biometria och data samlades in tillsammans med SCA. Med hjälp av information om olika maskiners virkeshantering och geografiska positioner undersöktes ifall det är möjligt att skatta var längs värdekedjan som virket befinner sig.

Resultatet visar att det var möjligt att visa att det virke som upparbetas och beskrivs av skördardata kommer från en specifik planerad avverkning. Det var vidare möjligt att aggregera de apterade stockarna på ett sådant sätt som beskriver en avverkad trakts volymer och virkets egenskaper per sortiment i ett specifikt avgränsat område på trakten. Flera olika upplösningar testades för aggregeringen samtidigt som osäkerheten skattades för varje upplösning. Detta visade att ökningen av osäkerhet i skattningen var låg fram till upplösningen 120x120 m medan upplösningar högre än 80x80 m gav väldigt stora ökningar i osäkerhet. Däremot var det inte möjligt att skatta volymer och egenskaper av det virke som hamnar på skotarens lass och vidare inte heller vad som finns i vältan på avlägget eller på lastbilens lass. För att möjliggöra ett digitalt system av den här typ krävs utveckling i datahanteringen. Maskiners spårloggar behöver en tidsstämpel för att kunna visa en koppling mellan hantering av virket och en specifik maskinposition. Skulle positionen dessutom tas ut direkt eller skattas i kranspetsen skulle detta sannolikt kunna möjliggöra användning av höga upplösningar utan att ge allt för hög osäkerhet.

Nyckelord: Maskindata, Informationsflöde, Virkesmärkning, Värdekedja

Abstract

Swedish lumber-deals are executed in several ways and the supply for an industry is often based on different sources of lumber. The need to keep track of what owner the lumber originates from places high demands on traceability throughout the supply chain. Today the lumber is tracked through different types of physical markings, while several other industries use more advanced and sometimes digitalized systems. The possibility to step away from physical markings, together with the industry's hopes for a digital system being capable of enabling better information on the supply flow towards the industry, are the motivations for this study. The technique that in this study was tested theoretically is called geofence, which is based on information being transferred by using geographical delimitations. The study was carried out in collaboration with Biometria and data was collected in collaboration with SCA. Using information about different machines lumber handling and geographical positions it was investigated if it possible to calculate where along the value-chain that the lumber is located.

The results show that it was possible to determine that the lumber processed and described by the harvester-data originated from a certain planned harvest-site. It was furthermore possible to aggregate the processed logs in such a way that it described a harvested site's volume and the qualities of the lumber per assortment in a delimited area on the site. Several different resolutions were tested for this aggregation while the uncertainty was calculated for each resolution. This showed that the increase in calculated uncertainty was low to a resolution of 120x120 m while resolutions higher than 80x80 m gave high increases of uncertainty. However, it was not possible to calculate volumes and qualities of the timber on the load of the forwarder, neither what was placed in piles on the roadside landing nor on the load of the timber truck. To make a digital system of this type possible, improvements in data management are required. The machine data-logs need to have time stamps in order to be able to prove a connection between handling of the timber and a specific machine position in time and space. If the position where also to be taken directly from, or calculated for, the crane-tip this would most likely enable the usage of high resolutions without giving too high amounts of uncertainty.

Keywords: Machine-data, Information flow, Timber-marking, Value-chain

Förord

Studien är initierad av Biometria och genomfördes med hjälp av SCA. Studien har utförts hos institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid SLU Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet är ett examensarbete för Jägmästarprogrammet (Master in science of forestry). Det omfattar 30 högskolepoäng på avancerad nivå.

Jag skulle vilja rikta ett stort tack till Henrik Sakari och Johan Viklund på SCA för hjälp med framtagande av data och utförande av studien, samt övriga på SCA som har kunnat besvara frågor angående mitt arbete.

Jag vill även tacka min handledare Kalvis Kons på SLU, som har varit till stor hjälp i alla delar av studiens utförande.

Krylbo maj 2021

Pelle Eriksson

Innehållsförteckning

1. Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Spårbarhet	12
1.3. Geofence	14
1.1. Motivation för studien	15
1.2. Frågeställningar	15
1.3. Avgränsningar	15
2. Material & Metod	17
2.1. Material	17
2.2. Metod	20
Trakt	21
Avverkad stam	21
Apterade stockar	22
Skotarens Lastning	22
Skotarens avlastning	23
Lastbilens lastning	23
3. Resultat	24
3.1. Steg med möjlig vidareföring av information	25
Planerad avverkning	25
Avverkad stam	25
Apterade stockar	26
Osäkerhet	27
3.2. Steg med begränsad möjlighet för vidareföring av information	28
Skotarens lastning	28
Skotarens avlastning	28
Lastbil	28
4. Diskussion	29
4.1. Metodik & felkällor	29
4.2. Förbättrad datakvalité	30

Trakt	30
Avverkad stam	30
Apterade stockar	30
Skotarens lastning	30
Skotarens avlastning	31
Lastbil	31
4.3. Användningsområden.....	31
Direkta användningsområden	31
Användningsområden i framtiden.....	32
4.4. Vidare studier	33
4.5. Slutsatser	33
Referenser.....	34
Bilaga 1.....	37
Bilaga 2.....	38
Bilaga 3A.....	39
Bilaga 3B:.....	40

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige transporteras årligen ca 74 miljoner m³ fub rundvirke från avverkningar till industri eller terminal (Skogsstyrelsen 2019) i syfte att förse den skogsindustrin med råvara. Vid de svenska industrierna produceras massa, papper och sågade trävaror till ett årligt exportvärde av ca 150 miljarder kronor vilket gör Sverige till världens femte största exportör av skogliga produkter (Skogsindustrierna n.d.).

För att anskaffa råvara sker någon form av virkesaffär. Det finns ett antal olika köpformer då råvaran införskaffas externt, det vill säga då råvaran har en annan ägare än industrins ägare. Olika virkesaffärer skiljer sig i vad som är betalningsgrundande i affären samt vilken av parterna som står för vilka kostnader. Betalningsgrunden kan vara en avtalad totalsumma, som ett fast pris per kubikmeter inmätt vid industri eller fast pris per kubikmeter inmätt vid industri för olika sortiment och kvalitetsklasser inom ett sortiment (Backe et al 2010). Mätningen vid industri utförs i Sverige av den ekonomiska föreningen Biometria. Föreningen ska verka för en opartisk mätning av den betalningsgrundande volymen med en metod som är likformig för hela landet (Kjellberg n.d.). Kravet på spårbarhet kommer även med de certifieringar som många av Sveriges större skogsindustrier har åtagit sig. De två skogscertifieringarna är PEFC och FSC och för att få märka sina produkter med certifieringar finns det höga krav på att råvaran går att spåra bakåt i värdekedjan för att säkerställa att varje delmoment har gått till enligt certifieringarnas standarder, till exempel att råvaran inte kommer ifrån skyddsvärda eller illegalt avverkade skogar (PEFC 2019).

1.2 Spårbarhet

Det är stor skillnad på olika typer av virkesaffärer och det är råvara från flera olika källor som förser en industri. Därför är det viktigt att det finns en metod som identifierar virkets ursprung så att rätt leverantör kan få betalt för sitt virke. I detta syfte används idag fysisk märkning av virket i form av vätlappar i södra Sverige och stämplar i norra Sverige. Märkningen kan även härleda ytterligare information såsom vilken mätmetod som det har beslutats om för den aktuella virkesaffären. I kolumnen "Förstaledskontrakt" i virkesordern och i företagets transportordrar ska det finnas information om vilken märkning det aktuella virkespartiet har. Avvikelser måste kunna förklaras med ett intyg från en representant för säljaren för att inte vägra virkespartiet inmätning (Biometria 2020).



Figur 1a: Exempel på stämplat virke
Figure 1a: Example stamped logs
(SDC)



Figur 1b: Exempel vätlapp
Figure 1b: Example "vätlapp"
(SDC)

Det är inte bara vid virkesaffärer som det finns krav på information då en transaktion sker. I dagens varuhandel finns det i många fall någon sorts märkning på de produkter som finns till salu och som används för att inför transaktionen hämta information om den specifika produkten. Den fysiska märkning som idag är dominerande är streck-koden, vilket är en kod oftast utskriven på en klister-remsa som avläses optiskt. Effektiviseringen som uppstår av att använda streck-koden innebär antagligen en besparing för handeln om 5-10 miljarder kronor om året (Arnberg et al 2006). En något mer modern typ av märkning är RFID-taggen, vilket är ett något mer avancerat hjälpmedel i sammanhanget. En RFID-tag är oftast en liten plastbit som innehåller ett mikrochip och en antenn. I detta fall tillgängliggörs information genom att den via antennen skickas som radiovågor (Angeles 2005). Utöver fysiska objekt som avläses finns det digitala tekniker som möjliggör informationshämtning vid transaktioner, ett exempel är den så kallade block-chain teknologin. År 2008 skapades den digitala valutan bitcoin med hjälp av block-chain

teknologin. Sammanfattningsvis så fungerar en block-chain som en decentraliserad journal över digitala transaktioner på ett sådant sätt att den är synlig för flera användare samtidigt som det är omöjligt att förfälska eller manipulera information i den (Kumar & Iyengar 2017).

Det har tidigare gjorts försök att applicera digitala metoder för spårbarhet i skogsbruket. Ett exempel är en studie där all information i värdekedjan försöks göra tillgänglig från stående träd till slutkund. Som det framgår i figur 2 tillgängliggörs information i råvaruflödet med hjälp av RFID-taggar på stockarna medan färdiga produkter använder olika varianter av streck-koder. Informationen verifieras dessutom med hjälp av block-chain teknologi (Figorilli et al 2018).



Figur 2: Flödes-schema för spårning längs skogsråvarans värdekedja

Figure 2: Info tracing along the wood-value chain.

(Figorilli et al., 2018)

Att spåra virke med hjälp av RFID-taggar är dock inte praktiskt tillämpat inom skogsbruket och det finns osäkerheter i dess lämplighet då två vanliga problem med RFID är kostnaden för själva taggen och risken för kollisioner mellan taggarna då dom är placerade för nära varandra vilket leder till en misslyckad avläsning, (Angeles 2005). Det finns även andra studier som diskuterar hur elektronisk spårning av rundved inte är anpassat för ett storskaligt skogsbruk, då teknologin och erfarenheten hos säljare av sådana system är begränsade. Därmed kan de flesta av de säljande företagen endast leverera tjänster med godtagbart resultat till länder med enkla försörjnings-kedjor och ett begränsat antal inblandade aktörer. (Seidel et al 2012).

För att kunna beräkna och styra utfallet av produkter vid den skogliga industrin sker informationsinsamling och bearbetning av informationen vid ett antal platser längs råvarans försörjningskedja. Detta informationsflöde börjar i skogen där information om beståndet samlas in genom inventering och lagras i ett beståndsregister eller en skogsbruksplan (Hyll & Nordström 2020). Vidare sker vid skörd datahantering både till och från maskinerna enligt standarden Stanford 2010. Då skördaren apterar stockar från ett träd lagras information om varje stocks egenskaper såsom, träslag, volym, diameter och höjd (Möller & Arlinger 2012). Det sker en ständig utveckling av skördarnas produktionsstyrningssystem där ett viktigt motiv för detta är att kunna ge informationsstöd som ska hjälpa industrin att fatta mer effektiva logistiska beslut (Wilhelmsson et al. 2019). Trots att skördare idag samlar stora mängder information vid aptering så efterfrågar industrin fortfarande mer information om volymer och individuella stockars dimensioner (Ågren et al 2017). Att skördarens information om enskilda stockar inte förs vidare i värdekedjan beror på att skotaren inte vet vilka stockar som hamnar på lasset (Hyll & Nordström 2020). Dessutom har det saknats system för att på ett lämpligt sätt att föra vidare informationen som kan hittas i skördardata fram till industrin. I teorin skulle informationen i skördardata användas för att mer detaljerat styra transportflöden samt att ge mer information om industrins råvarulager. Skördardata och dess användningsområden är brett studerat (Ågren et al 2017; Wilhelmsson et al 2019), medan data som beskriver arbetet utfört av skotare och lastbilar i skogen inte är det. Detta glapp i informationsflödet skulle kunna vara anledningen till att den information som finns i skördardata inte i tillräcklig utsträckning blir tillgänglig för industrin.

1.3. Geofence

Geofences är virtuella gränser, markerade med geografiska koordinater (Grayson et al 2016). Geofence gör det möjligt att automatiskt föra vidare information baserat på en enhets geografiska position. Det har utförts studier där geofence har fungerat som ett substitut till manuellt informationsutbyte med hjälp av fysisk avläsning av en datatagg (Hong & Kim 2020). Detta är en teknik som kan komma skogsbruket till stor nytta, till exempel har försök gjorts på huruvida geofence-teknologin skulle kunna användas för att göra skogsarbetares arbete säkrare genom att varna dem när de går in i osäkra områden (Zimbelman et al 2017).

Tillämpningen av geofence i den här studien är att med hjälp av maskinpositioner hämta information som har uppstått i tidigare led i värdekedjan.

1.1. Motivation för studien

Rådet för produktion och logistik (RPT-rådet) inom Biometria är skogsnäringens gemensamma råd för de frågor som berör skogsbrukets produktions- och transportfrågor (Biometria 2019). RPT-rådet ser möjligheten i att gå ifrån fysisk märkning av rundved som en stor rationaliseringsmöjlighet. Det nuvarande systemet för spårning av rundved från skog till industri anses vara omodernt, det tar tid och risken finns att märkningen blir fel vilket skapar problem. En modern teknik för spårningen tros därför kunna ge upphov till besparingar. Det finns även förhoppningar om att en spårning genom hela värdekedjan kommer att möjliggöra andra värden genom vidarearbete. Således finns det ett stort intresse för att undersöka de tekniska möjligheter och utmaningar som finns för ett potentiellt system med syftet att spåra den skogliga råvaran längs värdekedjan från skog till mottagare.

1.2. Frågeställningar

- I. Hur långt i värdekedjan av råvara från skog till industri skulle ett digitalt system baserat på geofence-metodik möjliggöra ett bättre informationsflöde?
- II. Vilken geografisk upplösning skulle ett sådant system kunna ha och hur stor är den uppskattade osäkerheten vid olika upplösningar?
- III. I de fall att ett digitalt system baserat på geofence inte möjliggör ett bättre informationsflöde fram till mottagningsplats, är det möjligt att identifiera de maskinegenskaper som i dagsläget begränsar ett bättre informationsflöde?

1.3. Avgränsningar

Parallellt med den här studien sker ytterligare en studie på ämnet på initiativ av Biometria. Till skillnad från den här studien som fokuserar på tekniska aspekter av ett digitalt system för virkes-spårning fokuserar den parallella studien på potentiella värden av ett sådant system. Därmed antas det att det finns ett ekonomiskt värde av det teoretiska system som den här studien beskriver. Därmed utelämnas aspekter som har att göra med ekonomiska besparingar eller mervärden för till exempel industrin och entreprenörer helt från den här studien.

Den juridiska aspekten vad gäller säkerhet för parterna utelämnas även den från studien i syfte att hålla en skogsvetenskaplig koppling.

Även den tekniska aspekten i hur ett eventuellt systems delar är möjliga att programmeras utelämnas utan möjligheten att programmera det system som beskrivs antas vara möjligt.

2. Material & Metod

Studien utfördes genom att teoretiskt testa hur de skogliga data som idag finns tillgänglig längs kedjan emellan stående skog och mottagningsplats skulle kunna flöda genom hela värdekedjan med hjälp av geografiska avgränsningar. Det data som analyserades är det som vid studiens utförande samlades in och lagrades av SCA. Datakvaliteten analyserades för sju olika avverkningsobjekt spridda över mellersta Norrland.

2.1. Material

Urvalet av avverkningsobjekt skedde i samverkan med SCA. Datat hämtades från SCAs interna system för lagrade data filtrerad efter objektsnummer. Datasetet levererades per del tabell 2 och innehöll enskilda mappar eller filer för varje objektsnummer.

Data för sju olika objekt studerades. Samtliga objekt var slutavverkningar utförda i Jämtlands eller Västernorrlands län. Inget av objekten var delade trakter, det vill säga att de inte var uppdelade i separata avdelningar.

De filer som hämtades, vilken mapp de låg i samt deras format redovisas i tabell 3. CSV-filer är tabelldata som öppnades i Excel. SHP-filer är geografiska data som öppnades i GIS-programmet Arcmap.

Datasetet innehöll mappar med data för varje objekt med all nyttjad information emellan skogen och mottagningsplatsen. Den första mappen innehöll information om den fastighet där avverkningen var planerad. Nästa var information om just den planerade trakten och innehöll eventuella underavdelningar såsom hänsynsytor. Därefter var det skördardata för varje avverkad stam där information om trädet samt dess skattade position fanns tillgänglig. Maskinens position vid rotkapet hade loggats och utifrån denna samt kranens vinklar och utskjut beräknades trädets position. Det fanns även skördardata för varje apterad stock som innehöll information såsom sortiment och dimension. Det fanns även ett ID som kopplade varje stock till en viss avverkad stam. Nästa mapp var skotarens spårlogg vilket

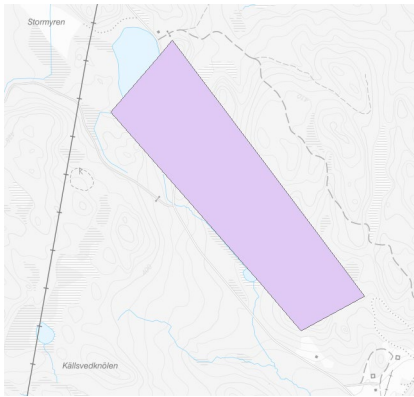
innehöll en tidsstämpel då loggen skickades, dock var inte specifika positioner tidsmärkta. Nästa innehöll information om vältornas position och innehåll. Den sista innehöll lastbilens spårlogg där varje punkt i loggen hade en tidsstämpel och vissa positioner hade kopplingar till ett specifikt registrerat lass.

Tabell 2: Data och filformat för de olika delarna i datasetet.

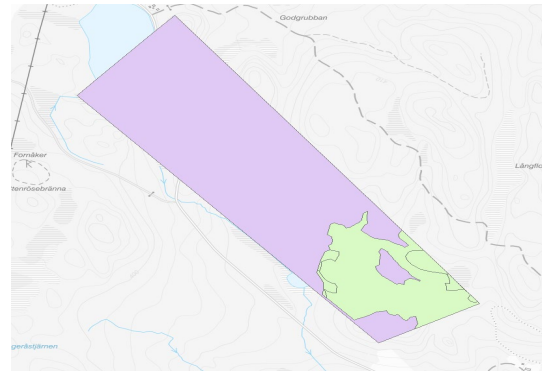
Table 2: File-format of different parts of the dataset.

Mapp	Beskriven del av objektet	Filformat		
		CSV	SHP	SHP-form
Ytor	Fastighetskartan		x	Polygon
Ytor	Planerad avverkning		x	Polygon
Skordare	Logs	x		
Skordare	Stems	x	x	Punkt
Skotare	Sparlogg		x	Multipunkt
Skotare	Valta	x	x	Punkt
Lastbil	Lastbil	x	x	Punkt

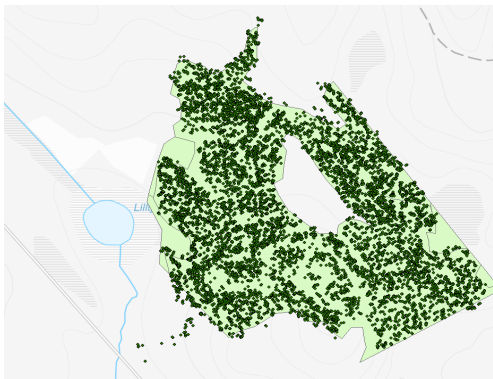
Figur 3 innehåller bilder på shapefilernas utseende i Arcmap, fastigheten och den planerade trakten är polygoner, avverkade stammar, vältor och lastbilens spårlogg är punkter medan skotarens spårlogg är multipunkter.



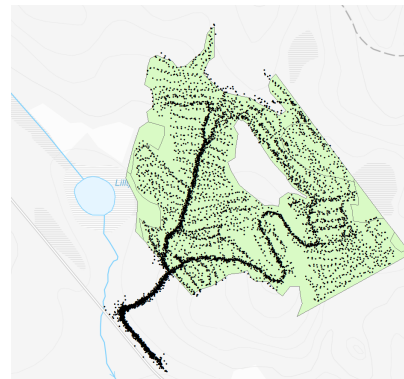
A: "Fastighetskartan"



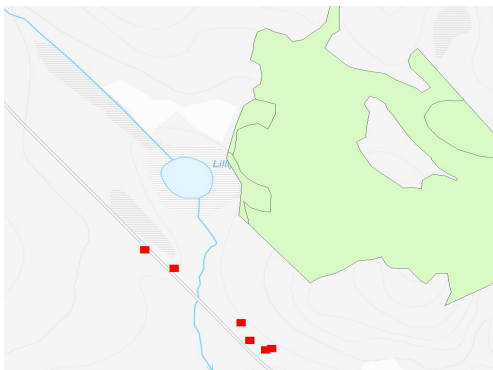
B: "Planerad avverkning" med "fastighetskartan" som bakgrund



C: "Stems" med "planerad avverkning" som bakgrund



D: "Sparlogg" med "planerad avverkning" som bakgrund



E: "Valta" med "planerad avverkning" intilliggande



F: "Lastbil" med "planerad avverkning" intilliggande (nedre högra hörnet)

Figur 3: Shapefiler och dess utseenden i Arcmap
 Figure 3: Shapefiles and their appearance in Arcmap

Tabell 3 ger en kort beskrivning av de skördare som användes på de sju objekten. Machinekey är den maskinnyckel som fanns i skördardata för objektet och beskriver identiteten på den skördare som utförde avverkningen. Information om maskinerna hämtades som komplement då skördarens maximal kranlängd är en egenskap som nyttjades för beräkningar i analysen.

Tabell 3: Specifikationer för skördare i studien.

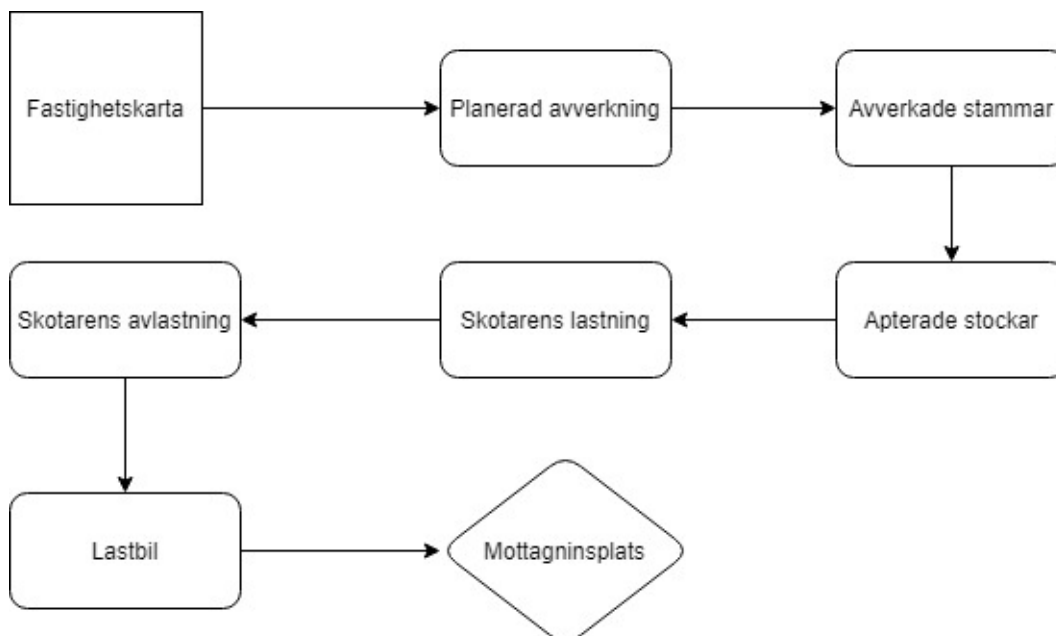
Table 3: Specifications of harvesters in the study.

Machinekey	Tillverkare	Modell	Maximal kranlängd (m)
28146	KOMATSU	951	10,3
20679	KOMATSU	951	10,3
21294	KOMATSU	951	10,3
28017	KOMATSU	931	11
28552	KOMATSU	931	11
28033*	KOMATSU	951	10,3

*Användes på två objekt

2.2. Metod

Virkets ursprung analyserades genom tillgängligt data för att undersöka ifall det var möjligt att med hjälp av geografiska avgränsningar digitalt spåra virke längs värdekedjan. Analyserna utgick från stegen i figur 4. Analyserna utfördes i Arcmap och i Excel.



Figur 4: Flödeskarta över steg i värdekedjan från ägare till mottagningsplats

Figure 4: Flowchart of steps in the value-chain from owner to reception place

Datakvaliteten bedömdes i varje steg efter det aktuella datas förmåga att besvara följande frågor:

1. Ligger den planerade trakten inom den aktuella fastigheten?
2. Är träden avverkade på den planerade trakten?
3. Var på trakten befinner sig stockarna?
4. Baserat på skotarens spårlogg, vad finns på lasset?
5. Vad innehåller vältan?
6. Utifrån lastbilens spårlogg, vilken vältan har den lastat ur?

Mer utförlig redovisning av metodiken följer nedan.

Trakt

Det första ledet som analyserades var att kontrollera om den planerade traktens gränser förbehöll sig inom gränserna för ägarens fastighet. Detta utfördes genom att för varje objekt testa om polygonen i shapefilen "Planerad avverkning" låg inom polygonen i shapefilen "Fastighetskartan". Noggrannare beskrivning av hur analysen utfördes återfinns i **Bilaga 1**.

Avverkad stam

I det andra ledet analyserades om de avverkade stammarna hade stått inom området för den planerade trakten. Detta utfördes genom att för varje objekt testa ifall punkterna i shapefilerna "Stems" låg inom polygonerna i shapefilerna "Planerad avverkning". Noggrannare beskrivning av hur analysen utfördes återfinns i **Bilaga 2**.

Apterade stockar

I det tredje ledet analyserades var på trakten de apterade stockarna befann sig baserat på data i CSV-filerna "Logs" samt punkterna i shapefilerna "Stems". "Logs" och "Stems" kunde sammankopplas genom det unika stam-ID som tilldelas varje avverkad stam i "Stems". Detta stam-ID återfanns i CSV-filen "logs" där information för varje apterad stock innehöll stam-id för den stam stocken var apterad ifrån.

Var på trakten stockarna befann sig skattades genom att i Arcmap bygga rutnät där information om enskilda stockar aggregerades för hela rutan. Detta testades i tio olika upplösningar med rutstorlekar mellan 200x200m och 20x20m. Ju mindre rutor, desto högre geografisk upplösning på analyserna. De geografiska avgränsningarna som aggregerar skördardatas information på trakten hade med fördel kunnat formas efter egenskaper på traktens olika delar. Dock fanns ingen information av detta att tillgå i data i tidigare led. På grund av detta samt då detta är en initial studie skapades enkla kvadratiska rutor för att besvara metodens frågor.

Osäkerhet för varje förband beräknades genom att räkna antal stockar och total volym som kom från träd som kapades då maskinen stod i rutornas kanter. Ifall ett träd avverkades då maskinen stod nära en rutas kant antogs det vara möjligt för maskinen att aptera träd så att stockarna placeras i den intilliggande rutan. Denna metod förutsatte att maskinen under upparbetningen inte placerade de apterade stockarna på längre avstånd än dess maximala kranlängd. Således användes den aktuella maskinens maximal kranlängd som bredd för de kanter där volymerna potentiellt kan ha placerats i fel ruta. Antal stockar och volym som var inom detta område togs sedan ut som medel för samtliga trakter i studien.

Närmare beskrivning av arbetsgången återfinns i **Bilaga 3A & Bilaga 3B**.

Skotarens Lastning

I det fjärde ledet analyserades vad skotarens enskilda lass innehöll baserat på vilken eller vilka rutor skapade i tidigare steg den hade passerat igenom för det specifika lasset. Det sker inget försök att urskilja ifall skotaren har lastat i en viss ruta eller bara har passerat igenom den. Vilken eller vilka rutor skotaren hade passerat igenom baserades på filen "Sparlogg".

Skotarens avlastning

I det femte ledet analyserades vältans egenskaper baserat på de volymer som hade transporterats till en specifik välta från tidigare led. Då vältorna fanns som geografiska punkter utplacerade av skoterföraren tilldelades de volymer och egenskaper som skattats i tidigare led den redan existerande filen ”valta”.

Lastbilens lastning

I det sjätte och sista ledet analyserades egenskaper på lastbilens lass baserat på vilken välta den hade lastat ifrån. Vilken välta lastbilen hade lastat ifrån baserades på lastbilens spårlogg i filen ”Lastbil”.

3. Resultat

Datakvalitetsanalysen visade att de tre första stegen värdekedjan enligt figur 4 möjliggjorde vidareföring (planerad avverkning, avverkad stam & apterade stockar) av information medan det för senare steg inte möjliggjordes vidareföring. Resultatet delas därför in i två delar där den första delen redovisar resultatet av de steg där vidareföring av information ansågs vara möjlig, och där den andra delen kort kommenterar de steg där vidareföring av information visades vara begränsad.

Tabell 4: Tabellen visar vilka maskindata som tillfredställande besvarade frågorna i 2.2.1

Table 4: The table show which machine-data that in a satisfying way answered the questions in 2.2.1

Data	Godkänd kvalitet
Planerad avverkning	Ja
Avverkning	Ja
Apterade stockar	Ja
Skotarens lastning	Nej
Skotarens avlastning	Nej
Lastbil	Nej

3.1. Steg med möjlig vidareföring av information

Planerad avverkning

För samtliga av de 7 objekten visade en visuell analys att det planerade objektet i digital form förekom inom rätt fastighet.

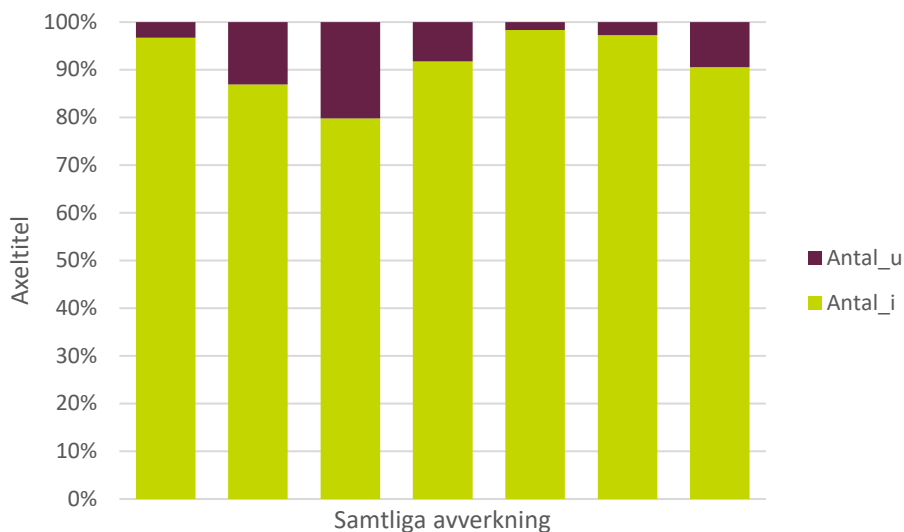
Tabell 5: Planerade avverkningar som låg inom rätt fastighet.

Table 5: Planned harvests placed within the right estate.

Objekt	Inom fastighet?
79990	Ja
80441	Ja
80481	Ja
80507	Ja
80550	Ja
80668	Ja

Avverkad stam

Analysen visade att det var möjligt att visa ifall de stammar som var avverkade på objektet befann sig inom området för den planerade trakten. Resultatet av analysen redovisas i figur 5.



Figur 5: Andel avverkade stammar som återfanns inom (Antal_i) respektive utanför (Antal_u) polygonen för planerad avverkning

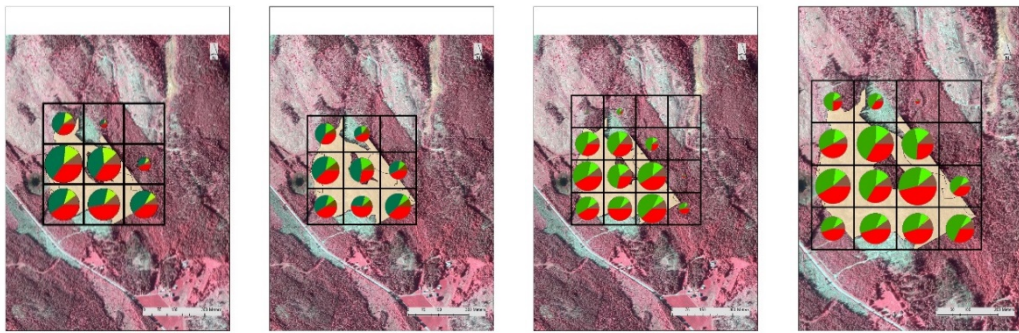
Figure 5: Share of cut stems within (Antal_i) and outside (Antal_u) the polygon for planned harvest site.

Apterade stockar

Analysen visade att det var möjligt att skatta var på trakten stockarna befann sig. Detta möjliggjorde en visualisering av hur stora volymer det fanns av varje sortiment på olika delar av trakten. Aggregeringen i varje ruta möjliggjorde även att flera andra egenskaper kunde beräknas för virket inom varje ruta. Detta var per sortiment: äldsta datum på avverkat virke, medelstocksvolym samt medelstockslängd, medelstocksdiameter (toppmätt över bark). För sortimenten barrmassa och bränsleved kunde även träslagsfördelningen beräknas samt andelen rotstock/ övrig stock för talltimmer till Bollsta då dessa egenskaper kunde urskiljas i skördardata.

De i Arcmap skapade rutnäten visas i figur 6 för ett av objekten och för förbanden 200x200m ned till 60x60m. Förbanden 40x40m och 20x20m gav otydliga bilder på grund av att antalet rutor var för många för att ge en klar bild av rutnätet. Visualiserat i kartorna är cirkeldiagram med total volym per sortiment. Färgschema enligt nedan:

- Brun: Barrmassaved
- Gul: Lövmassaved
- Ljusgrön: Granmassaved
- Mörkgrön: Grantimmer
- Röd: Talltimmer

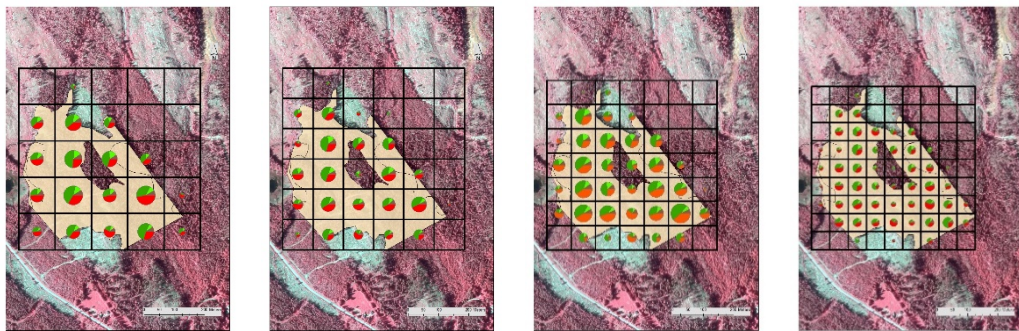


A: 200x200

B: 180x180

C: 160x160

D: 140x140



E: 120x120

F: 100x100

G: 80x80

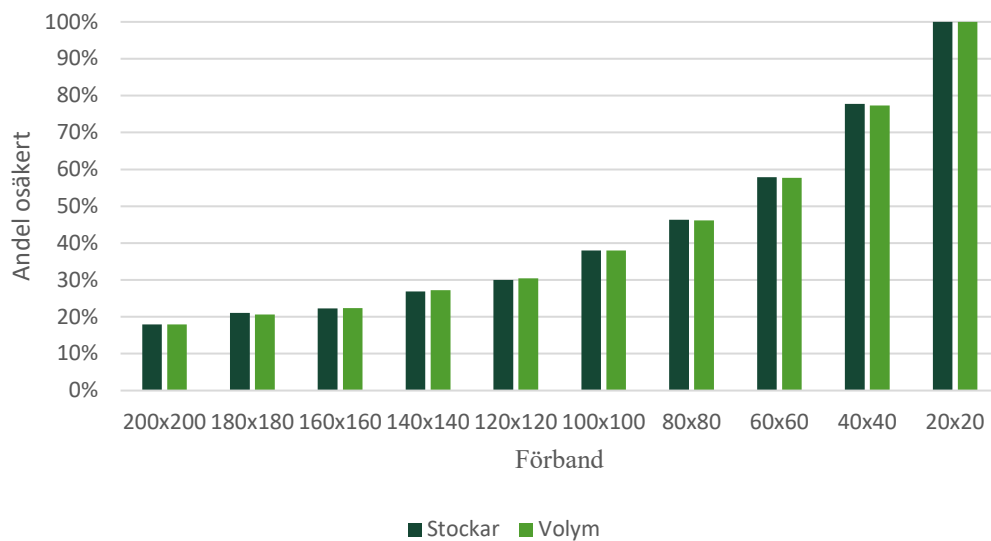
H: 60x60

Figur 6: Rutnätens utseende i Arcmap

Figure 6: Display of the grids in Arcmap

Osäkerhet

Figur 7 visar tydligt hur både andelen av stockarna och volymen som inte säkert kunde skattas ligga inom rutan ökade med minskande förband. Resultatet beror sannolikt på att den totala arealen av områden med närhet till en rutas kant ökar med ökat antal rutor. Värt att notera är att ökningen var låg fram till förbandet 120x120m och ökningen var drastisk för förband under 80x80m.



Figur 7: Osäkerhet vid olika förband.

Figure 7: Uncertainty at different grid cell sizes.

3.2. Steg med begränsad möjlighet för vidareföring av information

Skotarens lastning

Skotarens spårlogg var inte uppdelad efter specifika lass och det fanns inte heller tids-stämplrar som gjorde det möjligt att skatta kopplingen mellan en viss körsträcka och en volym som har lagts i en vält. Det gick därmed inte att undersöka med vilken upplösning eller med vilken säkerhet det var möjligt att visa vilka stockar som har funnits på lasset.

Skotarens avlastning

På grund av att tidigare led (skotarens lastning) inte kunde föra information vidare gick det heller inte att föra den till vältorna, även om det av skotarföraren fanns unika punkter för varje skapad vält.

Lastbil

Precis som för skotarens avlastning fanns ingen information att föra vidare till lastbilen. Det var möjligt att filtrera spårloggen på specifika lass men det förekom sällan någon tydlighet av vilken position lastbilen hade haft då den lastat. I flera fall var inte någon av det specifika lassets positioner inom rimligt lastavstånd för någon av vältorna.

4. Diskussion

4.1. Metodik & felkällor

Den här studien har utförts baserat på de data som vid studiens utförande samlas in och lagras av SCA. På grund av detta behövs nämnas att den data som har analyserats i studien inte varit insamlad, utformad eller lagrad för den här specifika studiens syfte. Det har dessutom inte setts över ifall andra bolag samlar in eller lagrar information på ett sådant sätt som hade förbättrat studiens resultat.

En felkälla i skördardata var förekomsten av stockar som i skördardata var märkta med produktnyckeln 31. Detta är enligt en virkes-specialist på SCA det sortiment en stock tilldelas då maskin känner igen en felhantering vid apteringen. Detta kan till exempel vara då matarvalsarna slirar på stammen och således ger en överskattad längd på stocken. Data för detta sortiment har dock sorterats bort vid i analyserna vilket innebär att hela volymen för vissa avverkade träd inte redovisas eller att träd inte förekommer över huvud taget. Dock sorteras data för detta sortiment bort även i SCAs datahantering men andelen felhanterade stockar redovisas per trakt (Robert Fries, Virkesspecialist SCA, samtal den 11 december 2020).

Det är även värt att nämna att den redovisade osäkerheten för rutnäten är högst teoretiskt då de buffertzoner som har nyttjats för att identifiera träd vars apterade stockar inte med säkerhet kan sägas ligga inom rutan inte bara finns emellan rutor utan även i utkanten av hela rutnätet. Bättre placering av rutorna samt att inte räkna med ytterkanter skulle med hög sannolikhet ge lägre osäkerhet. Beräkningen av osäkerheten är som sagt även baserat på den maximala kranlängden hos den aktuella maskinen på varje objekt. Beräkningen förutsätter således att maskinen står stilla under upparbetningen eller att ifall den har rört på sig inte placerar stockarna längre än en maximal kranlängd ifrån maskinens ursprungsposition. Vidare kan diskuteras att osäkerheten är beräknad med stor försiktighet då det i praktiken troligen är väldigt sällan som virke placeras en hel kranlängd ifrån maskinens position då den kappar ett träd. Dock finns inga studier eller data som förklarar var runt maskinen som stockar placeras under upparbetning.

4.2. Förbättrad datakvalité

Trakt

För att visa att den planerade trakten ligger inom en viss fastighet finns idag inga egentliga hinder. Detta är ändå av stor nytta för att koppla objektet och virkesordern till en ägare och på så sätt bevisa från vilken markägare som virket har sitt ursprung.

Avverkad stam

Inte heller för maskinens och stammarnas position vid avverkning finns några direkt önskvärda förbättringar.

Apterade stockar

Det går med den idag tillgängliga data att dela upp trakten i rutor i syfte att kunna föra skördardata vidare i försörjningskedjan. Dock är systemet som har testats i den här studien väldigt enkelt utformat och ger för högre upplösningar väldigt hög osäkerhet. Med bättre tillgång på information om trakten skulle rutorna inte behöva vara kvadratiska utan mer anpassade för traktens förutsättningar för att ge bättre grupperingar av data. Vidare skulle positionsloggningar vid varje apteringskår ge noggrannare skattningar av stockarnas positioner än vad som kunde användas i den här studien. Det skulle kunna leda till mindre områden där stockarnas placering är osäker och således innebära lägre osäkerhet vid högre precisioner. Kranspetspositionen kan idag beräknas med en noggrannhet om ca 1m (Hauglin et al 2017) vilket skulle kunna leda till att gränsområdet minskas med flera meter jämfört med vad som har använts i den här studien (10,3-11m).

Skotarens lastning

Den högs troligt viktigaste anledning till att data inte var överförbart till detta led är att spårloggen ligger sparad som en multipoint där tids-stämpel inte finns för varje enskild maskinposition. Det är dock troligt att enskilda maskinpositioner loggas då spårloggen mest sannolikt samlas in kontinuerligt men att det någonstans i hanteringen förloras detaljering. Således är det i första hand hanteringen och lagringen som bör ses över för att kunna testa detta vidare i framtiden. Detta skulle dock med hög sannolikhet ge låg upplösning då hela körsträckan för ett specifikt lass teoretiskt sett kan gå över en väldigt stor del av trakten trots att lastning endast skett under en del av den körda sträckan. Således skulle en stämpel eller liknande på loggningen då skotarens kran arbetar hjälpa till att ge bättre upplösning. Vidare skulle kranspetspositioner då gripen greppar en virkeshög kunna leda till att den information som förs vidare från tidigare led kan ha hög upplösning och samtidigt

låg osäkerhet. Detta skulle dock kräva förbättringar från de upplösningar för apterade stockar som har testats i den här studien.

Skotarens avlastning

Överföring av information till vältor kunde inte testas då information inte fanns tillgänglig från tidigare led. Den information om vältor som fanns tillgänglig är positioner skapade av skotarföraren då byggnaden av en vältor påbörjas. Troligtvis är det maskinens position som är den punkt som vältan tilldelas och punkterna kan i vissa fall ligga osymmetriskt runt vägen, vältornas placering digitalt är även starkt påverkad av GPS-precisionen. För överföring till nästa led är det viktigaste att det blir möjligt att visa vilken vältor som lastbilen stått intill vid lastning. Således skulle ett alternativ kunna vara att vältornas position specificeras till en viss sträcka längs den väg som vältan ligger intill.

Lastbil

Att lastbilens spårlogg inte är tillräcklig för att skatta vad som finns på lasset beror dels på att data inte finns tillgänglig från tidigare led, dels på att spårloggen inte kan hämta information från vältorna.

Att spårloggarnas startpunkter ibland inte ligger vid en vältor beror troligtvis på hur spårloggarna sparas i SCAs databas. Lastbilens positioner loggas kontinuerligt men det är troligt att positionerna inte sparas till ett visst objekt innan det finns en koppling till objektet. Detta är sannolikt då chauffören aviserar lasset mot en mottagningsplats vilket inte nödvändigtvis görs före lastning.

Ett geofence för hela avlägget eller för enskilda vältor skulle teoretiskt sett kunna innebära en automatisk identifiering av virkets ursprung och mottagningsplats. Återigen skulle loggning av positioner av kranpetsen då kranen arbetar ge bästa förutsättningar för att föra information vidare till lastbilen.

4.3. Användningsområden

Direkta användningsområden

Den prövade metoden för visualisering av det apterade virkets fördelning på trakten skulle potentiellt kunna användas som beslutsstöd för skotningen. Genom att visa var på trakten volymerna av varje sortiment ligger och vilka egenskaper stockarna har skulle skotningen kunna styras för att med bättre precision möta industrins aktuella behov. Det är dock troligt att den information som finns tillgänglig då skotningen påbörjas är väldigt liten då skotaren i många fall ligger nära skördaren i arbetsprocessen. Informationen i sin helhet skulle även kunna nyttjas vid olika typer av uppföljningar för att kunna undersöka vart på trakten olika dimensioner

faller ut. Detta har studerats tidigare och ansetts ha potential att bidra med värdefull information (Hannrup et al 2011).

Användningsområden i framtiden

Enligt kommentarerna under rubriken 4.2 finns det idag ett flertal begränsningar för att spåra virke genom värdekedjan med geofence som metod. Med justeringar som möjliggör ett system för spårning baserat på geofence finns det en stor potential att möjliggöra värden för industrin vad gäller effektivare produktionsstyrning och logistik, vilket är två viktiga drivkrafter i skogsbrukets tekniska utveckling (Willhelmsson et al 2019). Studien har visat att det är möjligt att aggregera data för enskilda stockar enligt trolig geografisk placering. Nästa steg är att nyttja detta för att överföra den aggregerade information till vältor vid bilväg. De metoder som idag används för att dela upp virke efter dess egenskaper är bättre anpassade till sågverken än till skogen (Murphy & Cown 2015). Därmed kan ett system av den här typen vara ett mycket gott komplement. Hur detta ska utföras och vilken upplösning vidareföringen av information ska ha beror dels på industrins önskemål vad gäller komplexitet, dels på de tekniska utmaningar som upptäcks till exempel GPS-precision och datamängdsbegränsningar. Att GPS-precision för skogsbruket bör förbättras har även en säkerhetsaspekt då positioner på de som arbetar i skogen kan användas för att varna för eventuella risker (Zimbelman et al 2017). Behandlingen av större datamängder i den skogliga värdekedjan är en av punkterna i det internationella forsknings-initiativet Forestry 4.0 (Forestry 4.0). Inom det initiativet har flera studier gjorts som där det till exempel diskuteras just hur digitaliseringen kan bidra till att den skogliga värdekedjan blir mer sammanhängande och därmed mer effektiviserad (Feng & Audy 2020).

Det är även värt att notera att det tillvägagångsätt som har analyserats i studien börjar i skogen för att sedan arbetas framåt till mottagningsplatsen. Även om det inte har undersökts i studien så kan det även finnas möjlighet att spåra från andra hållet, det vill säga från mottagningsplats tillbaka till skogen. För visualiseringen av skogslagret som redovisas i studiens resultat, vilket skattar vilka stockar som tros finnas inom en given kvadratisk ruta, skulle aggregeringarna istället kunna baseras på redan kända körda sträckor för skotaren. Tekniskt sett finns det heller inget hinder för att använda olika utformningar för olika sortiment, givet att skotaren inte lastar olika sortiment på samma lass. Detta ökar dock med hög sannolikhet komplexiteten och data-användningen i ett potentiellt system. Denna typ skulle dock troligtvis vara av högt intresse gällande certifieringar vilket kräver att virket kan spåras från färdig produkt tillbaka till skogen. Till exempel skulle det vara möjligt att med hög säkerhet påvisa att råvara av ett större parti inte har sitt ursprung i en nyckelbiotop.

4.4. Vidare studier

Vidare utveckling är troligtvis möjliga med små förändringar i datahanteringen, främst med avseende på skotarens och lastbilens spårlogg. Det är sannolikt de stora hindren för att bättre kunna spåra virke längs värdekedjan med den här specifika metoden. För skotaren behöver spårloggen kunna urskiljas efter varje unikt lass och för lastbilen behöver positioner finnas då den har lastat för varje unikt lass.

Det finns även ett flertal områden som skulle kunna studeras i syfte att klargöra osäkerheter och utmaningar som har identifierats i studien. Ett exempel är att undersöka var runt maskinens position under upparbetning som stockarna placeras. Detta skulle kunna leda till att den osäkerhet i skogslagrets geografiska placering som har beräknats i studien blir mer tydligt definierad.

4.5. Slutsatser

Bättre verktyg för informationsöverföring i den skogliga värdekedjan har potentialen att väsentligt förbättra den information som tillgängliggörs för industrin samt ge bättre beslutsunderlag för styrningen av virkesflöden. Geografisk spårning med hjälp av geofence-metodik är troligtvis inte möjligt baserat på den information som finns tillgänglig hos SCA idag. Däremot kan små förändringar i informationens insamling, hantering och lagring sannolikt leda till att ett potentiellt system kan testas. Vidare finns det en rad maskintekniska och digitala förbättringar som skulle kunna göras för att ett sådant system ska ha maximal upplösning och säkerhet.

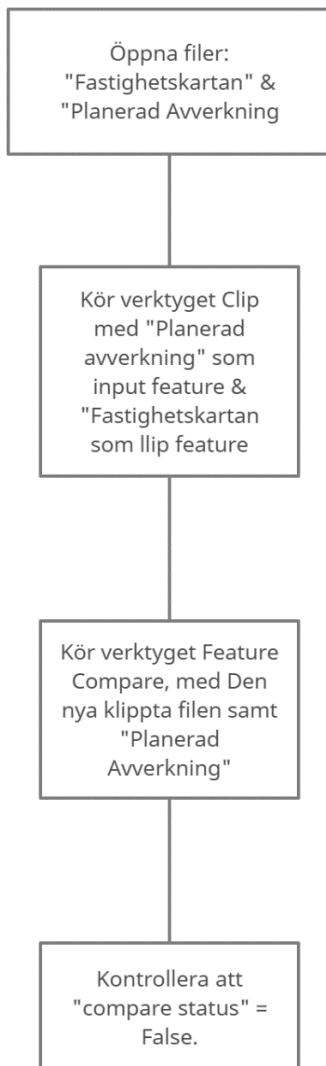
Referenser

- Angeles, R., 2005. Rfid Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues. *Inf. Syst. Manag.* 22, 51–65.
<https://doi.org/10.1201/1078/44912.22.1.20051201/85739.7>
- Arnberg, J., Bergström, F., Cronholm, M., 2006. Streckkoderna och den moderna varudistributionen : en beskrivning och analys av streckkodens betydelse för distributionen och för konsumenterna, Forskningsrapport / AB Handelns utredningsinstitut, 1102-8882 ; 110. Handelns utredningsinstitut (HUI), Stockholm.
- Backe, J., Herling, M., Svensson, S.A., 2010. Rapport 2010:5 Översyn av Skogsstyrelsens virkesmättningsföreskrifter - analys och förslag (No. 5 2010). Jönköping.
- Biometria, 2020. Arbetsrutin ordinarie mätning - identifiering av virke. [Internt material]
- Biometria 2019. Arbetsordning för råd fastställda av styrelsen 2019-10-09. Tillgänglig: <https://www.biometria.se/wp-content/uploads/2020/05/Fastst%C3%A4llda-arbetsordningar-f%C3%B6r-r%C3%A5d-och-kommitt%C3%A9er-2019-10-09.pdf>
Hämtad: 2021-04-16
- Feng, Y., & Audy, J. F. (2020). Forestry 4.0: a framework for the forest supply chain toward Industry 4.0. *Gestão & Produção*, 27
- Figorilli, S., Antonucci, F., Costa, C., Pallottino, F., Raso, L., Castiglione, M., Pinci, E., Del Vecchio, D., Colle, G., Proto, A.R., Sperandio, G., Menesatti, P., 2018. A Blockchain Implementation Prototype for the Electronic Open Source Traceability of Wood along the Whole Supply Chain. *Sensors* 18, 3133. <https://doi.org/10.3390/s18093133>
- Forestry 4.0 [WWW Document], n.d. . FPInnovations. URL <https://web.fpinnovations.ca/forest-operations-solutions-to-help-the-canadian-forest-industry/forestry-4-0/> (accessed 5.26.21).
- Grayson, L.M., Keefe, R.F., Tinkham, W.T., Eitel, J.U.H., Saralecos, J.D., Smith, A.M.S., Zimbelman, E.G., 2016. Accuracy of WAAS-Enabled GPS-RF Warning Signals When Crossing a Terrestrial Geofence. *Sensors* 16, 912. <https://doi.org/10.3390/s16060912>
- Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J. J. (2011). Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem Uppsala, Sweden: Skogforsk. (Arbetsrapport / Skogforsk; 757).

- Hauglin, M., Hofstad Hansen, E., Næsset, E., Even Busterud, B., Omholt Gjevestad, J. G. & Gobakken, T. 2017. Accurate single-tree positions from a harvester: A test of two global satellite-based positioning systems. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32, 774-781.
- Hong, S.-P. and Kim, T.-Y. (2020) 'Design of Geo-fence-based Smart Attendance System', *The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, 13(6), 496–502. doi: 10.17661/jkiieect.2020.13.6.496.
- Hyll, K., Nordström, M., 2020. Kartläggning av teknik, metoder och informationsflöde för mätning av skogens produkter. Arbetsrapport 1050. Uppsala: Skogforsk
- Kjellberg, L., n.d. Virkesmätning. *Biometria*. URL <https://www.biometria.se/virkesmatning/> (accessed 9.16.20).
- Kumar, M.V., Iyengar, N., 2017. A Framework for Blockchain Technology in Rice Supply Chain Management Plantation. <https://doi.org/10.14257/ASTL.2017.146.22>
- Murphy, G. and Cown, D., 2015. Stand, stem and log segregation based on wood properties: a review. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30(8), 757-770.
- Möller, J. and Arlinger, J. (2012) StanForD 2010 - Modern kommunikation mellan skogsmaskiner. Available at: <https://www.skogforsk.se:443/kunskap/kunskapsbanken/2013/StanForD-2010---Modern-kommunikation-mellan-skogsmaskiner/> (Accessed: 27 February 2021).
- PEFC, 2019. Spårbarhetscertifiering | Svenska PEFC. URL <https://pefc.se/sparbarhetscertifiering/> (accessed 9.11.20).
- Seidel, F., Fripp, E., Adams, A., Denty, I., 2012. Tracking sustainability: review of electronic and semi-electronic timber tracking technologies. ITTO Tech. Ser. - Int. Trop. Timber Organ.
- Skogsindustrierna, n.d. Fakta och nyckeltal - Skogsindustrierna [WWW Document]. URL <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/skogsindustrin-i-korthet/fakta--nyckeltal/> (accessed 9.21.20).
- Skogsstyrelsen, 2019. Bruttoavverkning [WWW Document]. URL [/statistik/statistik-efter-amne/bruttoavverkning/](https://statistik/statistik-efter-amne/bruttoavverkning/) (accessed 9.9.20).
- Wilhelmsson, L., J. Möller, J., Arlinger, J., 2019. Betalningsgrundande eller betalningsstödjande virkesmätning med skördare [WWW Document]. URL https://www.skogforsk.se/cd_20200203142819/contentassets/3fece182fb8f458dbdf3e59a81d8625a/arbetsrapport-1032-2019.pdf (accessed 9.17.20).
- Zimelman, E.G., Keefe, R.F., Strand, E.K., Kolden, C.A., Wempe, A.M., 2017. Hazards in Motion: Development of Mobile Geofences for Use in Logging Safety. *Sensors* 17, 822. <https://doi.org/10.3390/s17040822>

Ågren, K., Arlinger, J., Hannrup, B., Möller, J. J., Nordström, M. & Wilhelmsson, L. 2017. Utvecklingsbehov i gränssnittet skog-såg. Arbetsrapport 952. Uppsala: Skogforsk

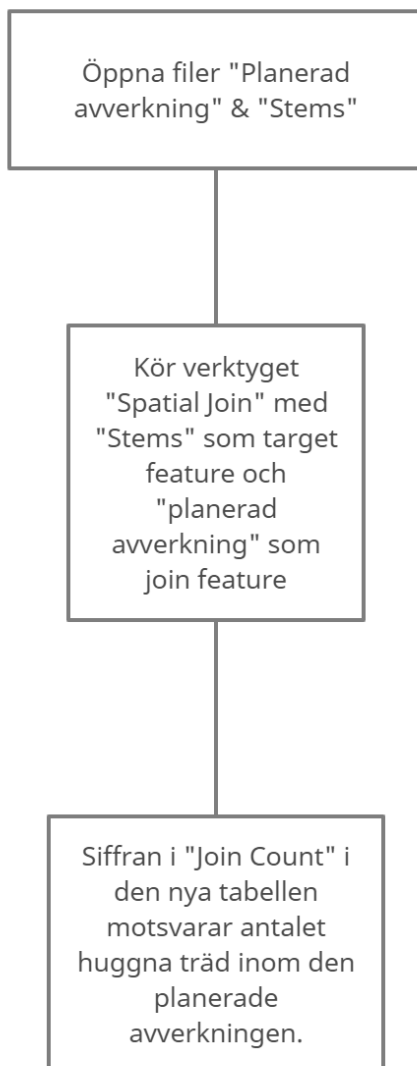
Bilaga 1



Figur B1: Flödesschema för utförande av analys av trakt.

Figure B1: Flowchart for execution of analysis of site.

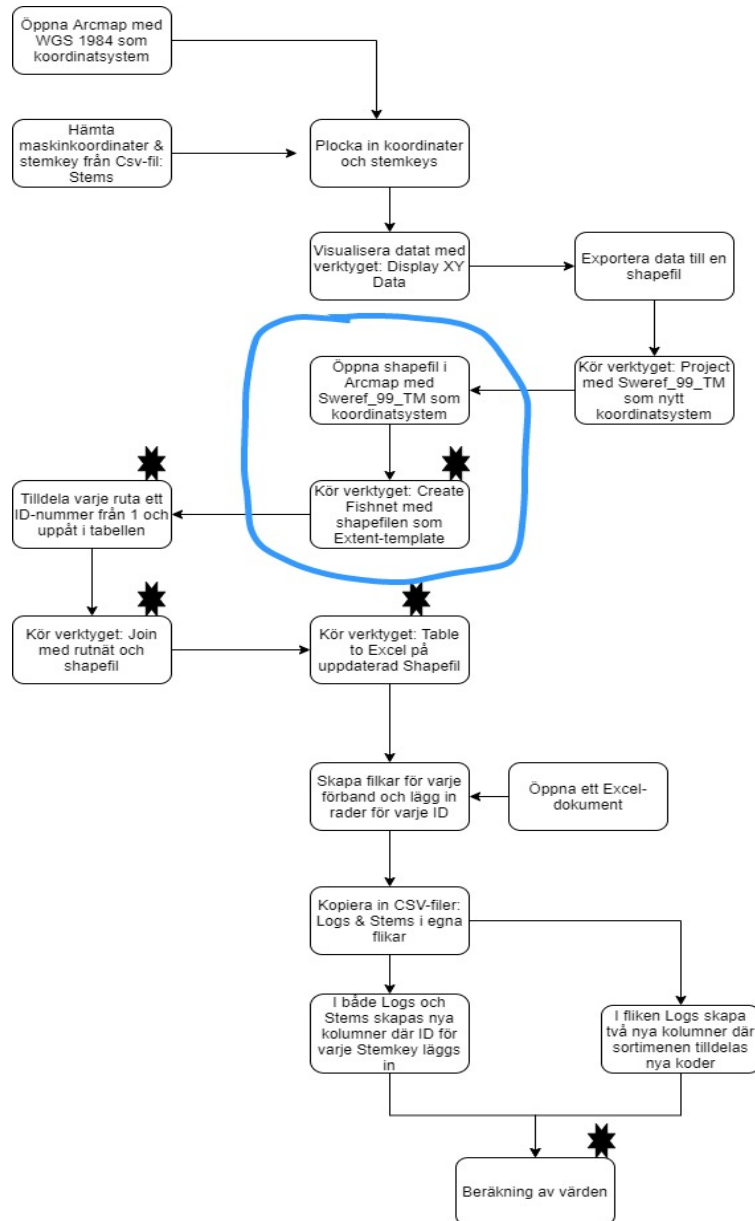
Bilaga 2.



Figur B2: Flödesschema för utförande av analys av avverkad stam.

Figure B2: Flowchart for execution of analysis of harvested stem.

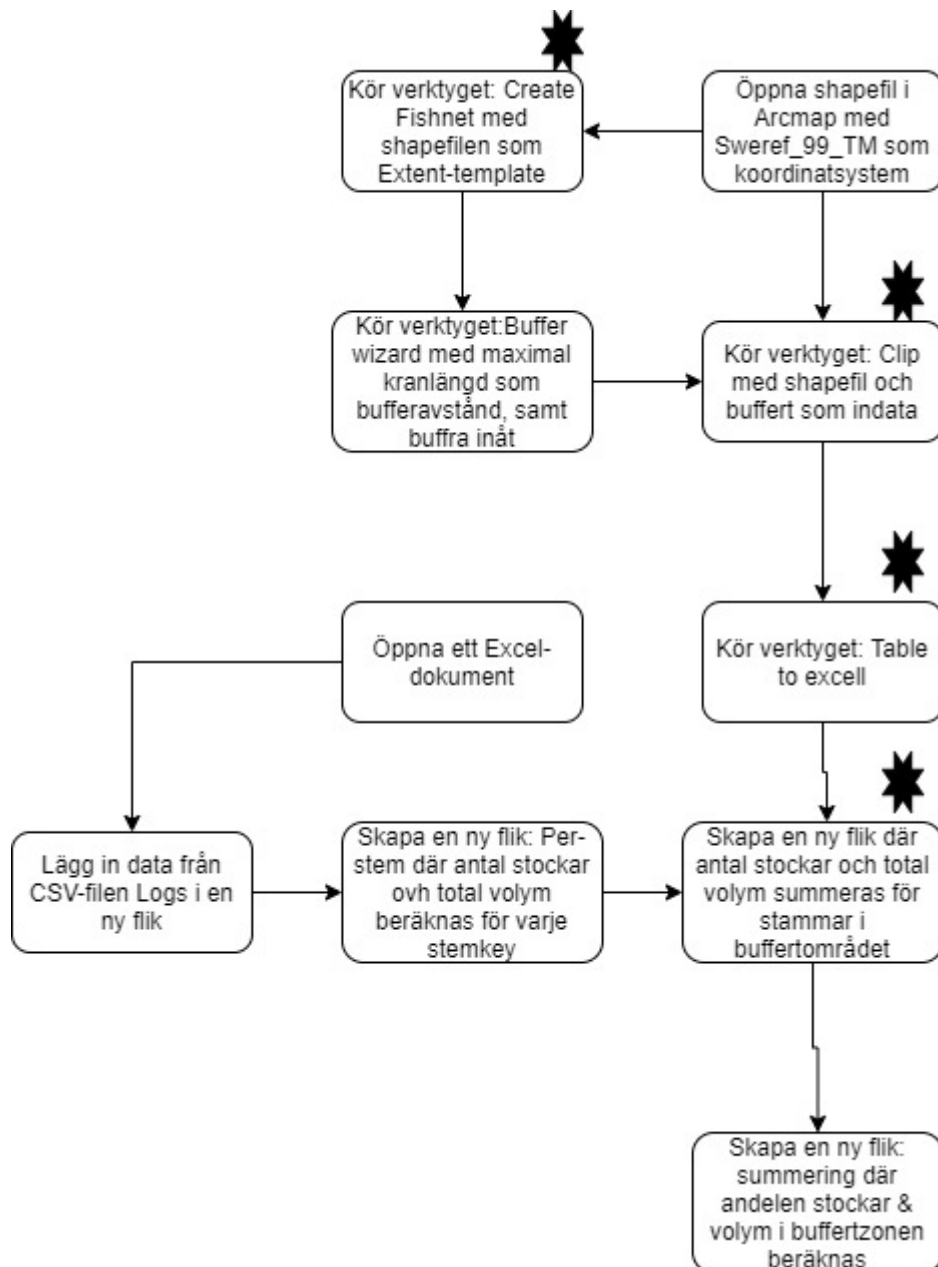
Bilaga 3A



Figur B3: Flödesschema för utförande av analys av apterad stock, stjärnor markerar steg som repeteras för varje förband, utmålad ring innehåller steg som arbetas vidare på för att beräkna osäkerhet

Figure B3: Flowchart for execution of analysis for cut log, stars mark steps which are repeated for each formation, painted ring contains steps that are processed further for calculation of uncertainty

Bilaga 3B:



Figur 4b: Flödesschema för utförande av beräkning av osäkerhet

Figure 4b: Flowchart for execution of calculation of uncertainty