



Skonsam markberedning för virkesproduktion och andra ekosystemtjänster

Gentle scarification for wood production and other ecosystem services

Axel Bengtsson

**Arbetsrapport 8 2017
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Urban Bergsten**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Skonsam markberedning för virkesproduktion och andra ekosystemtjänster

Gentle scarification for wood production and other ecosystem services

Axel Bengtsson

Nyckelord: Markstörning, humus, beståndsutveckling, harv, Huminmix

Arbetsrapport 8 2017
Jägmästarprogrammet
EX0772, A2E

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30hp
Handledare: Urban Bergsten, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Examinator: Tomas Nordfjell, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2017
Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng och är skrivet vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi vid Fakulteten för skogsvetenskap, Sverige Lantbruksuniversitet Umeå. Examensarbetet är på uppdrag av Skogstekniska klustret och markvärd för fältstudien har varit Holmen Skog i Norsjö.

Jag skulle vilja riktiga ett stort tack till alla på Holmen Skogs kontor i Norsjö, för all hjälp vid mitt fältarbete. Personliga tack till Johnny Stenmark och Torbjörn Åhman för all hjälp med bestånden som ingick i studien och för att jag fick hyra lägenheten i Raggsjö.

Neil Cory på Riksskogstaxeringen vill jag tacka för hjälp med kartdata.

Sist men inte minst vill jag tacka Urban Bergsten och Lena Jonsson för alla synpunkter och det engagemang ni har bidragit till mitt examensarbete. Det har varit väldigt roligt att få arbeta mer er och lära känna er, tusen tack!

Sammanfattning

I svenskt skogsbruk markbereds maskinellt ca 140 000 hektar årligen i avsikt att åstadkomma en gynnsam etablering för frön eller plantor. Markberedning är i idag i fokus då markpåverkan ofta blir större än vad det behöver vara för att skapa bra etableringsmöjligheter. En förutsättning för att använda mer skonsam markberedning är att varken etableringsfas eller långsiktig produktion påverkas alltför negativt. I denna studie har därför beståndsutveckling i etablerade 15-åriga bestånd i röjningsfas som föryngrats efter markberedning med Huminmix, en av de mest skonsamma metoder som prövats storskaligt, jämförts med föryngring efter harvning. Resultaten visade ingen signifikant skillnad mellan metoderna varken för stamantal/ha eller medelhöjd. Generellt var antalet huvudstammar per ha högre än Holmens krav för ett lyckat resultat. Efter plantering var stamdiametern i marknivå ca 22 % signifikant högre i Huminmixbestånd än i harvade bestånd. Stamantalet i sådda bestånd minskade för harvning med ökad bonitet medan det för Huminmix tenderade att vara opåverkat av bonitet. Lövandelen var signifikant högre i sådda bestånd markberedda med harvning jämfört med Huminmixbestånden (32 vs 14 %), vilket påverkar röjningskostnaden för harvning negativt. Andel initialt störd mark var mer än tre gånger högre för harvning, vid inventeringen visade sig humustjockleken i den initialt störda delen vara 40 % högre för Huminmix- än för harvade bestånd. I studien analyserades med hjälp av GIS-programmet Arcmap även vilka områden i Sverige där en skonsammare markberedning kan vara att föredra för att inte negativt påverka andra ekosystemtjänster. Analysen visade att större hänsyn bör tas speciellt från Dalälven och norrut. Idag verkar det dock inte finnas något direkt samband mellan skogsbrukets operativa val av markberedningsmetod och krav på skonsamhet. En övergripande slutsats är att det bör vara möjligt att möta framtidens krav ang. virkesproduktionen och andra ekosystemtjänster, på undersökta marktyper, genom teknisk utveckling som inte medför mer markpåverkan än det studerade Huminmix-alternativet.

Nyckelord: Markstörning, humus, beståndsutveckling, harv, Huminmix

Abstract

In Swedish forestry, approximately 140,000 hectares of land are mechanically scarified annually in order to achieve a favorable establishment for seeds and seedlings. Soil preparation is today in focus, as soil impact is often greater than it needs to be in order to create good establishment opportunities. A prerequisite for using more gentle soil preparation is that neither establishment nor long-term production is affected too negatively. In this study, stand development in seeded and planted stands 15 years after soil preparation with Huminmix, one of the gentlest methods used in large scale, was compared to regeneration after conventional disc trenching. The results showed no significant difference between the methods neither for the number of main stems per hectare, nor for average main stem height. The number of main stems per ha was generally high, well exceeding the number needed to classify the result as successful according to the landowner Holmen Skog. After planting, the stem diameter at ground level was about 22% significantly higher in Huminmix stands than in disc trenching stands. The total number of stems per ha decreased with increasing site productivity for disc trenching stands while there was no such tendency for Huminmix stands. The quota of number of deciduous tree stems in percentage of total stems per ha, for direct seeding, was significantly higher in disc trenching stands than in Huminmix stands (32 vs 14%), which negatively affects the clearing cost in disc trenching stands. Percentage of initially disturbed soil was more than three times higher for disc trenching and the humus thickness in the initially disturbed part was 40% higher for Huminmix than for disc trenching stands. In the study, the GIS program Arcmap was used to find areas in Sweden where a more gentle soil preparation might be preferable to not adversely affect other ecosystem services. It seems that greater consideration should be taken especially from Dalälven and northwards. Today, there seems to be no direct correlation between forestry's operational choices of soil preparation methods and demands for maintaining other ecosystem services than wood production. A general conclusion is that it should be possible to meet future requirements regarding wood production and other ecosystem services, on investigated land and soil types, through technological development that does not cause more ground impact than the studied Huminmix option.

Keywords: Ground disturbance, humus, growth, disc trenching, Huminmix

Innehållsförteckning

1 Inledning	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Inverkan av markberedning på andra tjänster än virkesproduktion.....	7
1.3 Kriterier för skonsam markberedning.....	9
1.4 Utveckling mot mer skonsam markberedning	9
2 Syfte och frågeställning	12
2.1 Hypotes	12
2.2 Frågeställningar:	12
3 Material och metoder	13
3.1 Material för beståndsstruktur kopplat till virkesproduktion.....	13
3.2 Inventerings- och bearbetningsmetodik för beståndsstruktur	14
3.3 Geografisk kartläggning av betydelsen av andra ekosystemtjänster än virkesproduktion – material och bearbetning av geografisk data.....	15
4 Resultat	17
4.1 Beståndsstruktur ca 15 år efter anläggning.....	17
5 Geografisk kartläggning av betydelsen av andra ekosystemtjänster än virkesproduktion.....	21
5.2.1 Utbredning av lingon och blåbär.....	21
5.2.2 Grundvattentillgångarna i jordlager	23
5.2.3 Lutning.....	24
5.2.4 Rekreatiomsområden – skyddad skog.....	25
5.2.5 Rekreatiomsområden - Tätort	26
5.2.6 Renlav och renskötselområde	27
5.2.7 Kultur- och fornlämningar	28
5.3 Analys kring hänsyn beträffande markberedning och inverkan på ekosystemtjänster	29
6 Diskussion.....	31
6.1 Inventering och resultat ang. beståndsstruktur.....	31
6.2 Hänsynsfaktorer och geografisk utbredning	32
6.3 Dagens markberedning jämfört med studiens resultat.....	34
6.4 Slutsatser	36
7 Referenser	37
Elektroniska källor.....	39
Personlig kommunikation	40

1 Inledning

1.1 Bakgrund

De senaste 100 åren har man i Sverige tillämpat många olika markberedningsmetoder för att åstadkomma en gynnsam etablering för plantor och frön. Redan 1920 kom den första hästdragna markberedaren (Andrén, 1992). Idag sker den vanligaste etableringen av nya bestånd genom maskinell markberedning och plantering, 74 % av hyggena planteras (Skogsstyrelsen, 2014). Maskinell markberedning utförs idag på ca 92 % av alla hyggen i Sverige, mellan åren 2010-2014 var den årliga markberedningen ca 140 000 ha (Skogsstyrelsen, 2014).

Markberedningen ska skapa goda förutsättningar för plantors överlevnad och tillväxt genom aktiv förändring av markens organiska och minerogena komponenter. Det finns exv. studier som visar att det krävs omvänt humustäcke med mineraljordstäckning minst 10 cm från planteringspunkten till orörd mark för att avskräcka snytbaggengrepp och med minst 20 cm för att hålla övrig vegetation borta (Örlander & Norlander, 1998). Markberedning kan även, beroende på utformning, bidra till höjd marktemperatur, lägre markdensitet (Örlander et al., 1991), ökad ljusexposition, ökad mineralisering av näringsämnen (Nilsson & Örlander, 1995), samt bättre vatten- och syreupptagningsförmåga (Örlander, 1986). Markberedning medför vanligtvis även att rottillväxten hos plantor påskyndas och att plantor växer ur känsliga stadier snabbare efter plantering (Johansson, 2005).

De vanligaste maskinella markberedningsmetoderna som används operativt och storskaligt är harvning och högläggning (Johansson, et al., 2012). En harv består av två till fyra tandförsedda och roterande diskar som oftast monteras på en skotare. Diskarna ställs in efter det markberedningsdjup och den spårbredd som man strävar efter, spårbredden (inkl. fåra och tilta) blir vanligtvis ca 60-70 cm och avståndet kan variera men brukar vara ca 2 meter vid användning av två diskar (Uusitalo, 2010). En harv kan köras *kontinuerligt* eller *intermittent*. Kontinuerlig markberedning ger långa och sammanhängande fåror med omvänd tilta vid sidan. Med intermittent inställning lyfts diskarna upp med jämna mellanrum vilket ger osammanhängande spår och markpåverkan blir därmed mindre (Uusitalo, 2010). Även diskarnas rotationshastighet kan ställas in på vissa harvar vilket medför att viss högläggning kan utföras även med harv. En harv skapar många olika planteringspunkter, plantören har en viktig uppgift i att välja de bästa punkterna för plantering.

Högläggning utförs också vanligtvis med skotarmonterade ekipage och används för att skapa en omvänd torva med mineraljord ovanpå humuslagret. Kompaktering av högar kan vara positivt då plantans rötter därmed får bättre kontakt med näringsämnena i humuslagret samt att risken för uttorkning minskar. Plantöverlevnaden för högläggning är ofta högre än för metoder som harvning och fläckmarkberedning (Uusitalo, 2010). För frisk mark som har medelgrov textur passar högläggning bra (Lundmark, 2006). Vid högre svårighetsgrad används ofta harv.

På finkorniga och fuktiga marker rekommenderas högläggning då svårighetsgraden i regel inte varierar mer än från mycket lätt till normal (låg blockighet) på dessa marker. Faktorer som skapar svårigheter för högläggning är grenar, trädtoppar, sten/block och stubbrester samt mycket brant terräng (Lundmark, 2006).

Ytterligare en metod är så kallad *riktad markberedning* med grävmaskin eller andra basmaskiner där markberedningsaggregatet är kranspetsmonterat och används för högläggning eller fläckmarkberedning. Det finns också aggregat för grävmaskin som kan användas för att göra inversmarkberedning (omvänd torva som läggs tillbaka i den grop som gjorts), högläggning och fläckmarkberedning (Sundblad, 2009). Riktad markberedning med grävmaskin används dock i mindre omfattning eftersom produktiviteten är låg, omkring 0.1-0.2 ha/timme vid högläggning (Uusitalo, 2010) vilket är kostnadshöjande.

Mattsson (2002) har kvantifierat virkesproduktionen för olika markberedningsmetoder. Tillväxten verkar ofta vara generellt högre för bestånd markberedda med plogning jämfört med harvning och högläggning, men harvning och högläggning medför högre tillväxt än bestånd som inte är markberedda överhuvudtaget. Enligt Mattsson (2002) finns det dock få studier angående långsiktiga inverkan av olika markberedningsmetoder på olika boniteter.

1.2 Inverkan av markberedning på andra tjänster än virkesproduktion

Vid konventionell markberedning med ovan nämnda metoder är markpåverkan ofta stor, enligt referenser i Mattsson (2002) kan upp mot 54 % av markytan påverkas vid harvning. Även studier av Bäcke et al. (1986) visar att mer än 50 % av markytan påverkas vid konventionell harvning. För konventionell högläggning blir markpåverkan lägre, ca 35 % (Mattsson, 2002).

I områden där virkesproduktion inte är det huvudsakliga målet, som i tätortsnära skogar där rekreation är viktig, väcker markberedning starka reaktioner hos allmänheten (Rydberg & Aronsson, 2004). Stigar och leder är speciellt skyddsvärda. Funktionen kan vara så väl framkomligheten som känslan som omkringliggande miljö skapar. Ofta önskas att led och spårmarkeringar ska sparas och skyddas från skador vid åtgärdstillfället. Harvning är den markberedningsmetod som orsakar mest skador på kulturmiljöer (Andersson et al., 2016).

En annan ekosystemtjänst som kan påverkas av markberedning är produktionen av vissa bär, speciellt viktiga kan de bär vara som bärindustrin förädlar. Sveriges produktiva skogsmark är täckt till ca 17 % av blåbärsris (Eriksson et al., 1979), blåbär trivs på det flesta marktyper (Mossberg & Stenberg, 2003). Årligen produceras det i de svenska skogarna mellan 219 till 307 miljoner kg blåbär, varav 65-75% produceras i mellersta och norra Sverige (Kardell, 1980). Av den årliga produktionen av blåbär plockas det ca 7 % av totala volymen (Berglöf, 2008). Medelproduktionen av blåbär per hektar varierar mellan 9.3 och 13.2 kg (Kardell, 1980).

Även lingon är ett viktigt bär för industrin, lingonris täcker ca 5 % av all skogsmark i Sverige (Eriksson & Kardell, 1983). Den årliga produktionen av lingon varierar mellan 142-168 miljoner kg per år, av det som nyttjas plockas 70-80 % i mellersta och norra Sverige (Kardell, 1980). Täckningen av blåbärsris minskar efter slutavverkning och markberedning, i studier har blåbärsriset minskat med upp till 60-70 %. Lingonriset hävdar sig bättre men även här minskas biomassaproduktionen. Dessutom har både blåbär och lingon svårt att konkurrera med kruståtel som snabbt etablera sig efter en avverkning tack vare den ökade ljusstillgången (Kardell & Eriksson, 2011).

En av de absolut viktigaste ekosystemtjänsterna på global nivå är friskt vatten. I Sverige finns det ungefär 80 000 sjöar, 40 000 av dessa innehåller fisk som har kvicksilverhalter högre än det rekommenderade 0.5 mg Hg/kg, sjöar med kvicksilverhalter över 1.0 mg Hg/kg är omkring 10 000 stycken (Håkansson, 1995). Enligt Porvari, et al. (2003) höjs kvicksilver- och metylkvicksilverhalten i fisk i vattendrag och sjöar efter avverkning och markberedning. Risker för läckage av ämnen till grundvatten och vattendrag i känsliga områden borde öka med ökad markpåverkan vid markberedning vilket är speciellt viktigt att beakta eftersom ett läckage kan pågå så lång tid som 5-7 år efter markberedningen (Magnusson, 2009). Val av markberedningsmetod och omfattningen av markberedning bör alltså beaktas när vattnet riskerar att påverkas men även andra skötselåtgärder har betydelse. I kantzoner till vatten som är utan träd kan markberedning innebära extra kontaminering med urlakade näringsämnen och organiskt material (Löf et al., 2010; Magnusson, 2009).

En näring som under lång tid påverkats av skogsbrukets markberedning är rennäringen som för sin markanvändning behöver nyttja ca 50 % av Sveriges landareal, vilket dessutom till mycket stor del sammanfaller med skogsbrukets marknyttjande. Renarna behöver tillgång till bete under hela året, men speciellt under hösten och vintern när renarna har flyttats från fjället och ner i skogslandet. Även om den årliga födan består av mer än 200 växtarter är häng- och marklavar den främsta födan under vintertid. Mellan 40-70 % av födan består då av ren- och islandslav. Rennäringen har därför problem med de uteblivna betesmöjligheterna vid avverkningar och efter markberedning (Carlsson & Boström, 2014). Efter att ha markberett med en traditionell harv kan lavtäckningen momentant minska med 45-65 % och efter 10 år kan det fortfarande vara 20 % blottad mineraljord (Eriksson & Ranuistola, 1990). Markberedning kan även minska framkomligheten för både ren och människa (Eriksson & Moen, 2008).

För samtliga nämnda områden verkar det finnas behov av ökad skonsamhet, dvs. att minska andelen markyta som påverkas av markberedning både på beståndsnivå och totalt sett, i operativt storskaligt skogsbruk.

1.3 Kriterier för skonsam markberedning

Idag verkar det inte finnas tydliga övergripande överenskommelser mellan samhällets aktörer kring vad som ska definieras som skonsam markberedning, några anvisningar kring utförandet av markberedning finns dock.

Enligt FSC skall markberedning begränsas till ståndorter där åtgärden är nödvändig för att uppfylla en godkänd förnygring och utföras på ett skonsamt sätt. På fuktiga marker ska kontinuerliga metoder undvikas och ersättas av intermittenta metoder. Markberedning i kantzoner mot vatten och blöta marker bör undvikas (FSC, 2010).

Certifieringar via FSC och PEFC kan spåras i skogsbolags interna anvisningar även om det inte är fråga om detaljanvisningar med hög upplösning. Enligt Holmens (2011) riktlinjer bör inte kontinuerlig markberedning ske i närheten av vatten där det finns risk för erosion och vid kantzoner mot vatten. Fuktiga marker bör markberedas med stor försiktighet (Holmen, 2011). Södra skogsägarna följer samma certifieringar men rekommenderar högläggning på fuktiga marker, kantzoner vid vatten bör bevaras så djurlivet och växter gynnas (Södra Skogsägarna, 2013).

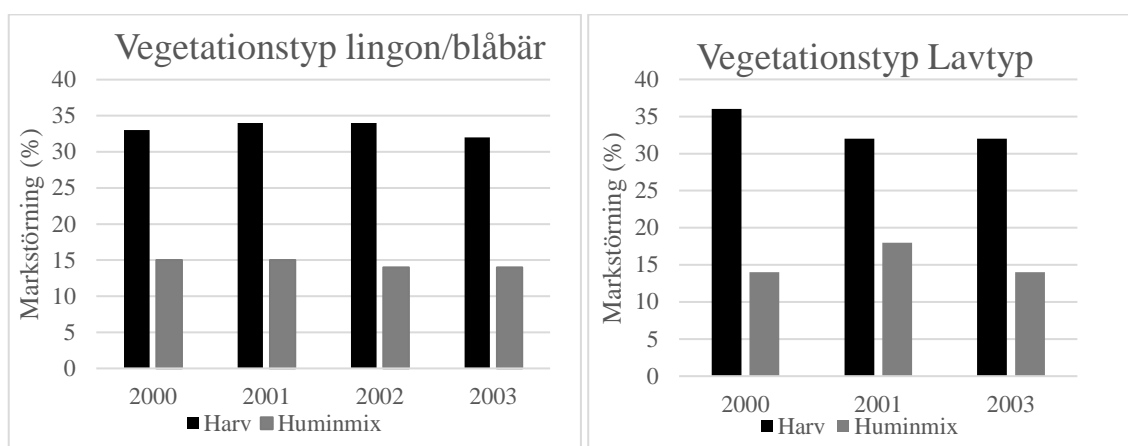
Visst underlag för mer skonsam markberedning finns även i forskningsstudier. Som riktlinjer för en lyckad mekanisk markberedning är målet 40 cm gånger 50 cm blottad mineraljord (även på hög/omvänd torva) för planteringspunkten (Örlander & Norlander, 1998). Om man räknar om den arean till behovet per ha blir siffran ca 4 % i markpåverkan för 2000 plantor/ha. Även om det kan vara svårt att få till en teknik som endast markbereder funktionellt den minimiyta som behövs för varje enskild planta är det ett stort avstånd till den faktiska påverkan som dagens teknik medför.

1.4 Utveckling mot mer skonsam markberedning

Det som borde styra valet av markberedningsmetod och utvecklingen av ny markberedningsteknik är hur väl man kan åstadkomma bra planteringspunkter med minimerad markpåverkan på respektive marktyp. Två markberedningsaggregat som utvecklades utifrån snarlika principer under 2000-talet för att vara skonsamt för både sådd och plantering var EcoPlanter och Huminmix. Både aggregaten påverkade marken väsentligt mindre än konventionella markberedare. Huminmix-aggregatet, som är i fokus för denna undersökning, tillverkades i några få exemplar. Det konstruerades utifrån en mer skonsam bearbetningsprincip (mer skärande bearbetning) jämfört med den konventionella fläkande principen och med syftet att kunna blanda humus och mineraljord om det skulle vara önskvärt. Andelen påverkad mark efter huminmixmetoden vid konventionellt förband är ca 10-15 %, beroende på inställning och marktyp, vilket är betydligt skonsammare mot marken än den traditionella harven (Roturier, 2010), jfr. Figur 1. Huminmixaggregatet kan ställas in för flera markberedningsalternativ genom att fråshjulen kan rotera både i och mot körriktningen och en roterande humusavvisare kan reglera andel humus och tjocklek för det bildade substratet.

Den kan dessutom arbeta både kontinuerligt och intermittert, dvs. spårfräsning, högläggning och fläkning kan utföras. Sådd kan utföras samtidigt som markbearbetningen (Bergsten & Sahlén, 2008).

Huminmixaggregatets påverkan på renlav, jämfört med harvning, har visat sig vara fördelaktig på två sätt. Dels blir den momentana störningen endast ca 1/3 jämfört med harvens påverkan, dels går återetableringen av renlav betydligt snabbare tack vare det substrat som aggregatet skapar. Femton år efter markberedning var lavtäckningen ca 23 % i markberedningsspår och 35 % i tilta efter harvning medan den var 91 % efter Huminmix redan efter 9 år (Roturier, et al., 2010).



Figur 1. Störning av markytan i procent av markarealen, för harvning och Huminmix, för tre testår. Störningen är exkl. tilta för harv, därav den förhållandevis låga störningsprocenten. Boniteterna för lingon/blåbär motsvarar T18-T22, för lavtyp bonitet T16-T17. Figur baserad på data från Åström (2006).

Figure 1. Disturbance of the ground surface as a percentage of land area, for disc trenching and Huminmix, during three test years. Figures for disc trenching do not include the berm which explains the relatively low values. Site quality class of cowberry/bilberry (left) corresponds to T18-T22 and lichen site class corresponds to T16-T17. Figure based on data from Åström (2006).

Det tidiga (2-5 år) förnygringsresultatet efter Huminmix, liksom markpåverkan, har tidigare jämförts mot konventionell harvning (Åström, 2006). Spårbredden efter harvning (exkl. tilta) var ungefär dubbelt så stor och totalt påverkad markandel var tre gånger större (om tilta skulle inkluderas), jämfört med Huminmix. Både harvade och Huminmixberedda bestånd hade mer än väl godkända plantantal efter sådd (5000 – 15000 st/ha) enligt skogsårdslagens § 6, i de planterade bestånden fanns ingen signifikant skillnad i antal vitala plantor per ha mellan markberedningsmetoderna. Eftersom det skonsamma alternativet Huminmix visat positiva tidiga förnygringsresultat är det angeläget med ytterligare uppföljningar, vilket också nu är relevant tidsmässigt eftersom nämnda inventerade bestånd (jfr Åström, 2006) är ca 10 år äldre och i röjningsfas. Aktuell beståndsstruktur bör nu kunna ge underlag för att bedöma framtida virkesproduktion. Det är också en lämplig period för att bedöma hur markberedningens påverkan varit. Det är i det sammanhanget angeläget att väga in hur andra nyttor påverkats för att bidra till att skapa rekommendationer kring vad som är skonsam markberedning, vilket också Skogsstyrelsen anser vara viktigt (Bergquist, 2017).



Figur 2. Huminmixaggregat med humusavvisare och mikroprepareringshjul (Åström, 2006).
Figure 2. Huminmix with humusdeflectors and wheels for micropreparation (Åström, 2006).



Figur 3. Exempel på en harv vid kontinuerlig körning (Åström, 2006).
Figure 3. Example of a disc trencher, driving continuously (Åström, 2006).

2 Syfte och frågeställning

Syftet med studien är att i etablerade bestånd (ca 15 år) som är i röjningsfas, jämföra den idag vanligaste markberedningsmetoden harvning mot den mest skonsamma operativt använda (Huminmix) med avseende på stamantal, höjd- och diametertillväxt, markstörning och humustjocklek i det markberedda jämfört med omgivande ostört humustäcke. Studien ska även, utifrån nyttan av andra ekosystemtjänster än virkesproduktion, kartlägga områden i Sverige där en mer skonsam markberedning är att föredra istället för den vanligaste metoden, harvning.

2.1 Hypotes

En markberedningsmetod som skapar det substrat och endast stör den area per planta som forskning visat som tillräcklig (jfr inledning ovan) för tidig överlevnad och tillväxt, är också lämplig för långsiktig virkesproduktion. Samtidigt bör negativa effekter på andra ekosystemtjänster än virkesproduktion bli små.

2.2 Frågeställningar:

1. Är det någon skillnad i beståndsstruktur (stamantal, provträdshöjd och diameter vid marknivå) för bestånd skapade efter markberedning med harvning eller Huminmix efter 15 år, dvs. vid tidpunkt för röjning?
2. Finns det något samband mellan markstörningseffekten för de två metoderna och stamantalet, och därmed röjningsbehovet för barr- respektive lövträd?
3. Hur skiljer sig humusdjupet i markberedningsspåret, som mått på återetablering av marktäcket, för de två markberedningsmetoderna?
4. Vilka geografiska områden i landet kräver skonsam markberedning om hänsyn ska tas till andra ekosystemtjänster än virkesproduktion?

3 Material och metoder

3.1 Material för beståndsstruktur kopplat till virkesproduktion

För att jämföra beståndsstrukturen efter harvning och Huminmix utfördes en inventering på Holmen Skogs mark i Norsjö. Bestånden var förnygrade genom plantering och sådd med tall. Bestånden etablerades mellan åren 2000-2003. Markberedningsmetoderna var antingen harvning eller Huminmix. Huminmixaggregatet användes för att skapa kontinuerliga frässpår för de sådda bestånden, samt för högläggning i de bestånd som skulle planteras. För att jämföra markberedningsmetod valdes parvisa bestånd ut. Ett par utgjordes av ett bestånd från varje markberedningsmetod. Par valdes ut efter ståndortsfaktorerna (Tabell 1 och 2) så att bestånden var så lika som möjligt för de två markberedningsmetoderna.

Bestånden valdes från Holmen skogs beståndsregister. Datamaterialet från inventeringen består av 24 bestånd, varav 20 bestånd är sådda och 4 är planterade. Holmen har som rekommendation att röja ungskog vid en höjd på 2-3 meter (Holmen, 2015). Bestånd som redan röjts exkluderades från studien, för att få lika förutsättningar för bestånden i de parvisa jämförelserna. Enligt Holmens beståndsdata hade sådda bestånd såtts maskinellt med frön från samma proveniens. Boniteten varierade från T16 till T22, jordart som förekom mest var sandig-moig morän med markfuktighet som varierade mellan torr och frisk.

Tabell 1. Beskrivning¹ av sådda och planterade bestånd, parvis valda för harv och Huminmix**Table 1.** Description of direct seeded and planted stands, pair-wise selected for disc trenching and Humimix

Par	Bestånd	År	Mb	Vt	Si	G	Y	L	Ja	Mf	Höh	Lat	Tsum	Ex	Asio
	Sådd														
1	2108	2003	Hmix	Lavtyp	T16	1	1	1	13	2	245	65	788	T	I
	9682	2003	Harv	Lavtyp	T16	1	2	1	13	2	248	64,9	792	K	I
2	4215	2000	Hmix	Lavtyp	T17	1	2	1	12	1	232	64,8	814	O	O
	2011	2000	Harv	Lavtyp	T19	2	2	1	13	2	268	64,4	807	S	I
3	2210	2003	Hmix	Lavtyp	T17	2	2	1	13	2	235	65	797	O	I
	6923	2003	Harv	Lavtyp	T17	3	1	1	23	2	174	64,7	867	P	I
4	8595	2003	Hmix	Lingon	T19	2	2	1	13	2	277	65	763	S	I
	777	2003	Harv	Lingon	T18	2	1	1	13	2	246	64,9	794	NV	I
5	9864	2003	Hmix	Lingon	T18	1	1	1	13	1	193	64,8	844	N	O
	9679	2003	Harv	Lingon	T18	1	1	1	13	2	244	64,9	796	O	I
6	9366	2001	Hmix	Blåbär	T19	2	1	1	13	2	254	64,9	788	NO	S
	7180	2001	Harv	Blåbär	T21	2	2	2	13	2	311	64,6	757	N	I
7	8967	2001	Hmix	Blåbär	T18	1	1	1	13	2	268	64,9	776	O	I
	2557	2001	Harv	Blåbär	T20	2	1	1	12	2	258	65	783	T	I
8	432	2000	Hmix	Lingon	T21	2	1	1	12	2	289	64,6	779	P	I
	1929	2000	Harv	Lingon	T21	2	2	1	13	2	262	64,9	785	P	I
9	4160	2000	Hmix	Lingon	T21	2	1	2	13	2	250	64,9	794	SO	I
	2234	2000	Harv	Lingon	T21	2	2	1	13	2	234	64,9	808	NO	S
10	2433	2000	Hmix	Lingon	T21	2	1	1	23	2	221	64,9	819	N	I
	7695	2000	Harv	Blåbär	T22	3	1	1	24	2	180	64,7	861	P	I
	Planterat														
1	5447	2008	Hmix	Blåbär	T22	3	2	1	14	2	145	64,9	881	So	I
	6458	2008	Harv	Blåbär	T22	2	2	1	24	2	185	64,9	847	O	I
2	6759	2008	Hmix	Lingon	T19	3	2	1	13	3	188	64,9	845	Sv	S
	4425	2008	Harv	Lingon	T21	2	2	2	13	2	307	64,5	768	Sv	I

¹G (Grundförhållanden): Från 1, mycket god bärighet till 5, mycket dålig bärighet

Y (Ytstruktur): Från 1, mycket jämn till 5, mycket ojämn

L (Lutning): Från 1, plan mark 0-9% till 5, kraftig lutning > 50 %

Mf (Markfuktighetsklass): 1 = torr; 2 = frisk

Ex (Exponering): Väderstreck

ASIO (Brandfrekvens): Aldrig, Sällan, Ibland, ofta

Ja (Jordart): 12 = Sandig morän 13 = Sandig-moig morän

14 = Moig/mjällig-/lerig morän 23 = Mellansand 24 = Grovmo

3.2 Inventerings- och bearbetningsmetodik för beståndsstruktur

Inventeringen genomfördes under hösten 2016 på Holmen Skogs marker i Norsjö. Varje bestånd inventerades med 6 stycken cirkelprovytor jämt spridda över beståndet, med radien 5.64 meter. Avståndet mellan cirkelprovytorna varierade med storleken på bestånden. I cirkelprovytorna inventerades huvud- och bistammar samt humustjocklek i markberedningsspåret och i omgivande ostörd mark. Stammar med skador på toppskott eller defekta stamformer exkluderades från huvudstamskategorin. Till skador räknades betat toppskott, snö- och toppbrott, betskador i hög utsträckning samt avvikande stamformer. Stammar med skador registrerades vid inventering som bistammar.

Huvudstammar var stammar utan nämnda skador, avståndet mellan huvudstammarna sattes till minst 2 meter. I varje cirkelprovyta registrerades max 25 huvudstammar, då stamantalet efter eventuell röjning var satt till 2500 stammar/ha (alla provytor hade dock minst 25 huvudstammar). Trädslag (tall, gran och löv) registrerades för huvud- och bistammar samt höjd mättes från markytan till årets toppskotts höjd. För de 5 första inventerade huvudstammarna klavades diameter i markytan.

Humustjockleken mättes i markberedningsspåret samt i omgivande ostörd mark. Det gjordes 5 st mätningar i markberedningsspåret och 5 st i omgivande ostörd mark för varje cirkelprovyta. Humustjockleken mättes i markberedningsspåret i närheten av sådda eller planterade stammar. I omgivande ostörd mark mättes humustjockleken i provytecetrum samt genom en mätning i varje väderstreck inom en radie om 5.64 meter. Humustjockleken i markberett resp. i omarkberett mättes för att kvantifiera graden av återetablering av organiskt material i det som markberetts för 15 år sedan

I fält antecknades inventeringsdata på blanketter. Datat överfördes manuellt in i Microsoft Excel 2013 och bearbetades där för att senare analyseras i statistikprogrammet Minitab 17. För att testa den genomsnittliga skillnaden på parade observationer (markberedningsmetod) genomfördes parade t-test. Signifikantsnivån sattes till $p \leq 0.05$.

3.3 Geografisk kartläggning av betydelsen av andra ekosystemtjänster än virkesproduktion – material och bearbetning av geografisk data

För att visa på olika ekosystemtjänster och geografiska områden där hänsyn bör tas till andra tjänster som berör skog och skogsmark togs översiktsskator fram för Sverige. Datamaterialet som kartorna består av är hämtat från Lantmäteriet, Riksskogstaxeringen, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) och Riksantikvarieämbetet. Hämtning gjordes från SLU:s egna kartservrar ([\\gis.slu.se\gisdata](http://gis.slu.se/gisdata)) samt från Riksskogstaxeringen och exporterades till Arcmap 10.4.1. Referenssystem som användes var SWEREF-99 TM. För att minska datamängden sorterades datamaterialet. Överflödiga data avlägsnades och önskade data exporterades till ett eget lager för de olika hänsynsfaktorerna. Hänsynsfaktorerna kombinerades med översiktsskartan för att visualisera skillnader över Sverige.

Skogsmark i Sverige har flera användningsområden än enbart skogsbruk. Flera näringar berörs av hur skogsskötseln bedrivs. För att visualisera dessa områden gjordes kartor utifrån ekosystemtjänster/hänsynsfaktorer över hela landet enligt följande uppdelning: Förekomst av lingon, blåbär, renlav respektive forn- och kulturlämningar, grundvattentillgångar i jordlager, skyddad skog/rekreatiomsområden och tätorter samt höjd över havet.

Vegetationsdata för lingon, blåbär och renlav (*Cladonia*) hämtades från Riksskogstaxeringens årliga inventering, inventeringen är utförd mellan åren 2011-2015. Kartorna över lingon och blåbär ska visualisera områden som är viktiga för bärplockning vars syfte är att förse hushållsbehovet och rekreation samt den kommersiella bärindustrin.

Utbredning av renlav illustrerar geografiska områden som är viktiga för rennäringen. Områdena förknippas med betesmarker för renarna, vilka är grundläggande för att kunna

flytta renarna vintertid. Kartan för utbredningen av renlav georeferades i Arcmap för att koppla samman renlavsmarker med renskötselområdet.

Kartan över tätorterna buffrades med 1000 m omkring tätorterna då det är det längsta avståndet en svensk kan tänka sig gå för att nå sin tätortsnära skog (Fredman, 2000). Dock är inte all area skogsmark, utan även åkermark och sjöar ingår vilket indikerar att skog som inte är avsatt ändå fyller andra funktioner än virkesproduktion. Som definition av tätort användes ”en tätort är sammanhängande bebyggelse med högst 200 meter mellan husen och med minst 200 invånare” (Eriksson & Justusson, 2008).

Kartan för rekreationsområden inkluderar naturreservat, nationalparker, kulturresevat och övriga reservat. Till dessa reservat söker sig människor för rekreation. Reservaten samt anslutande områden där markberedning utförts kan påverka miljön i de tänkta rekreationsområdena.

Grundvatten i jordlager från SGU återger huvuddrag av Sveriges grundvattentillgångar i berg och jord. Grundvattnet i jordlager visar viktiga flöden av vatten som kan tas upp av någon av Sveriges 120 000 brunnar. Effekterna av hård markberedning kan resultera i urlakning av näringsämnen och tungmetaller i grundvattnet (Magnusson, 2009).

Forn- och kulturlämningar i punktform visar spridning av forn- och kulturlämningar över landet.

För att beskriva lutning i Sverige, och risken för erosion efter markberedning, gjordes en karta med gradient för olika lutning med en definition från Skogforsk. Lutningsklasserna var planmark eller svag lutning 0-6 grader, mellanklass 6-11 grader, måttlig lutning 11-18 grader, mellanklass 18-27 grader och stark lutning > 27 grader (Skogforsk, 1991).

Samtliga kartor har viktas för att klassa de olika ekosystemtjänsterna och hitta geografiska områden där en mer skonsam markberedning är att föredra. Viktningen tar hänsyn till utbredningen av ekosystemtjänsten och hur stor nytta är av den. Viktningen av de olika ekosystemtjänster och bedömningen av nyttan blir till viss del subjektiv. Hänsynskartan kan därför se olika ut beroende på vad man har för inställning till olika ekosystemtjänster och näringar.

4 Resultat

4.1 Beståndsstruktur ca 15 år efter anläggning

Sådd

Generellt fanns ingen signifikant skillnad mellan beståndstäthet (totalt antal stammar och stammar över 1 m höjd per ha) mellan markberedningsmetoderna. I harvade bestånd fanns det fler lövstammar per ha (2000 jämfört med 700), på gränsen (p-värdet 0,073) till signifikant skillnad mot Huminmixbestånd. I sådda bestånd medförde harvning signifikant (p-värde 0,017) högre lövandel än Huminmix (32 % resp. 14 %).

Det fanns inte heller någon signifikant skillnad i medelhöjd på huvudstammar mellan markberedningsmetoderna (tabell 2).

Figur 3 indikerar att det finns en trend där medelstamshöjden ökar med högre bonitet för harvning men trenden saknas för bestånd markberedda med Huminmix. För harvning fanns signifikans (p-värde 0,001) för högsta huvudstam (ca 37,6 dm), vilket var ca 3 dm högre än Huminmixs högsta huvudstam. Träddiametern i marknivå var lika för de två metoderna när det gäller sådd (tabell 2).

Diameter- och höjdvärden i figur 4 visar att markberedningsmetoderna är likvärdiga. I figur 5 är R^2 för harvning resp. Huminmix 0,70 samt 0,64. Lövstammar (figur 7) minskar i antal per ha vid högre boniteter för harvning medan Huminmix generellt visar ett lägre antal lövstammar per hektar.

Plantering

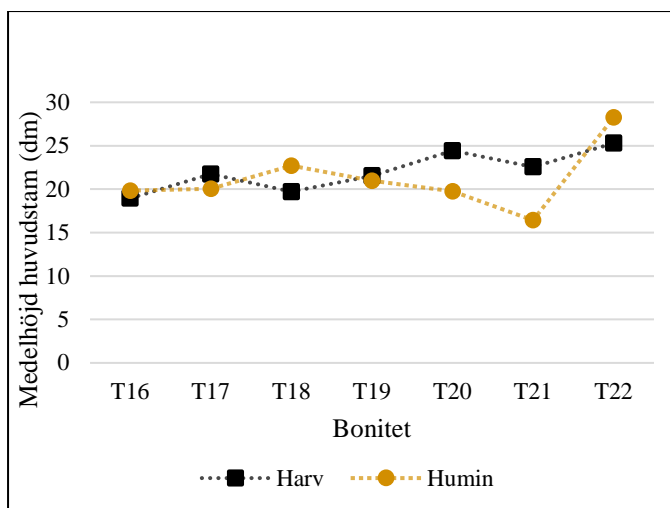
De planterade bestånden etablerades antingen år 2007 eller 2008. I planterade bestånd fanns ingen statistiskt säkerställd skillnad mellan metoderna när det gäller huvudstammarnas medelhöjd (tabell 2). För huvudstammarnas högsta och lägsta höjd inom provytan fanns det ett signifikant samband mellan höjd och markberedningsmetod (tabell 2). Medeldiametern i marknivå var signifikant högre (19,2 mm, ca 20 % högre) för bestånd markberedda med Huminmix (figur 8). Figur 9, indikerar att Huminmix har en jämnare beståndsstruktur än harvning, spridningen är generellt mindre än för harvning. Skillnaden i lövandel för planterade bestånd (harvning 44 % och Huminmix 40 %) var inte signifikanta ($p=0.64$).

För både sådda och planterade bestånd medförde Huminmix jämnare beståndsstruktur. Det indikeras av värden för högsta och lägsta huvudstam i tabell 2 samt av figur 5 och 9 som visar sambandet mellan höjd och diameter.

Tabell 2. Trädhöjder, stamdiameter vid marknivå, stamantal per ha samt humustjocklek i markberett, 15 år efter markberedning för markberedningsmetoderna harvning och Huminmix vid sådd resp. plantering

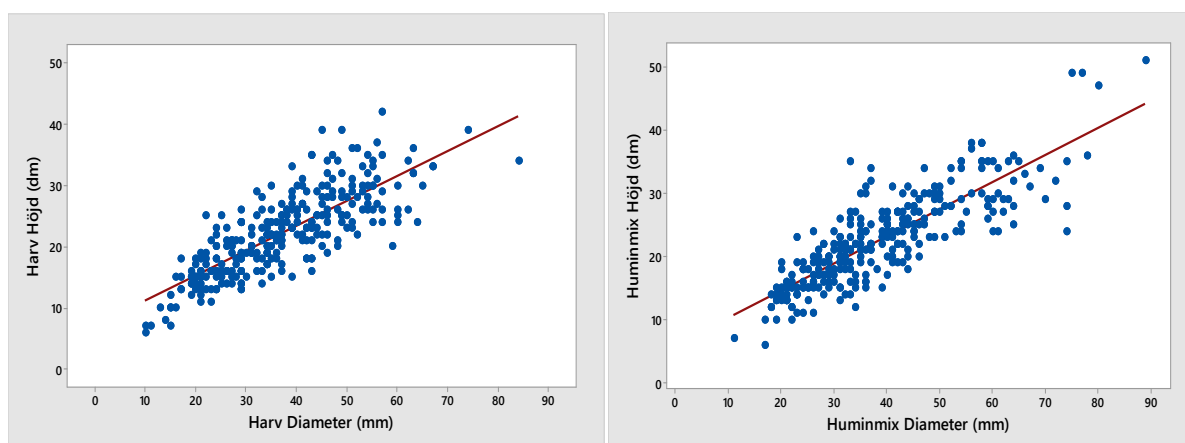
Table 2. Tree heights, stem diameter at ground level, number of stems per hectare and humus thickness in scarified soil, 15 years after soil preparation and direct seeding and planting for disc trenching and Huminmix

Parametrar	Harv	SD	Huminmix	SD	P-värde
Sådda Bestånd					
Huvudstams medelhöjd (dm)	22,1	7,50	21,9	7,35	0,407
Högsta huvudstam (dm)	37,6	5,71	34,9	7,77	0,001
Lägsta huvudstam (dm)	11,7	4,49	12,5	3,65	0,137
Huvudstams medeldiameter i markytan (mm)	36,8	13,00	38,8	14,65	0,078
Humustjocklek i markberedningsspår (mm)	11,6	5,76	14,2	7,10	0,012
Humustjocklek utanför markberedningsspår (mm)	28,8	11,46	26,6	11,15	0,008
Kvot humustjocklek (i-/utanför markberedningsspår) %	43,6	2,3	56,2	2,25	0,001
Totalt antal stammar per ha	8700	1820	7600	1250	0,314
Stammar per ha, högre än 1m	7000	2680	6300	3250	0,523
Lövstammar per ha	2000	1630	700	760	0,073
Planterade bestånd					
Huvudstams medelhöjd (dm)	18,3	2,25	17,6	2,64	0,542
Högsta huvudstam (dm)	28,5	2,75	25,6	3,92	0,012
Lägsta huvudstam (dm)	8,6	2,64	11,1	2,61	0,001
Huvudstams medeldiameter i markytan (mm)	15,8	2,45	19,2	2,79	0,011
Humustjocklek i markberedningsspår (mm)	10,1	3,37	16,2	3,48	0,210
Humustjocklek utanför markberedningsspår (mm)	34,2	2,37	35,3	2,69	0,158
Kvot humustjocklek (i-/utanför markberedningsspår) %	36,7	1,72	55,6	2,73	0,001
Stammar per ha	11100	4500	7400	1700	0,552
Stammar per ha, högre än 1m	8200	5160	5900	660	0,672
Lövstammar per ha	5000	2300	3000	370	0,486



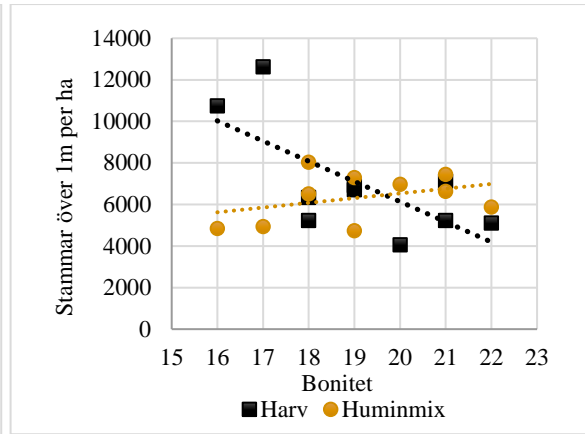
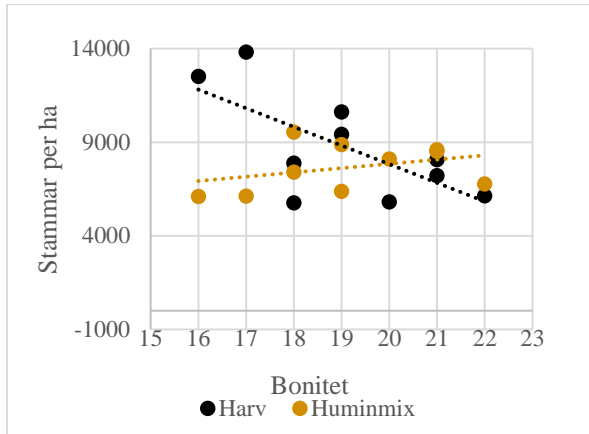
Figur 4. Medelhöjd för huvudstammar i alla sådda bestånd vid olika boniteter 15 år efter markberedning med harvning respektive Huminmix.

Figure 4. The average height of main stems in all sown stands at different site quality classes 15 years after scarification was done with disc trenching or Huminmix.



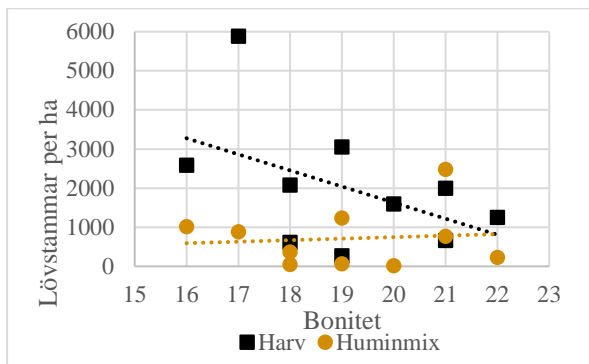
Figur 5. Trädhöjd som funktion av diameter vid marknivå för sådda huvudstammar 15 år efter markberedning med harv eller huminmix. R^2 för Huminmix 0,70 och för harvning 0,64.

Figure 5. Tree height as function of diameter at ground level for all main stems in seeded stands 15 years after scarification with disc trenching (left) or Huminmix.



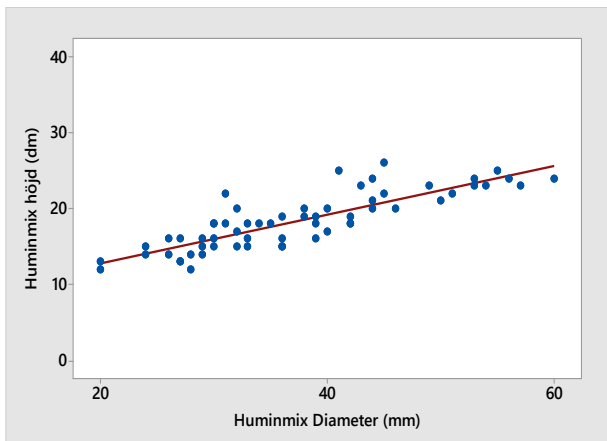
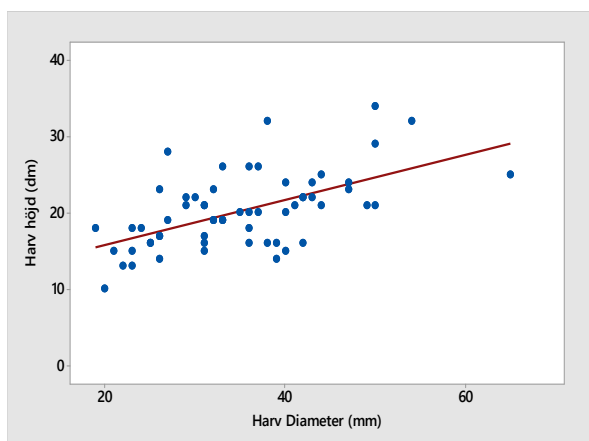
Figur 6. Totalt stamantal och stamantal för träd ≥ 1 m i höjd beroende på bonitet i sådda bestånd 15 år efter markberedning med harv eller Huminmix.

Figure 6. Total number of stem's for trees ≥ 1 m in height depending on the site quality 15 years after scarification with disc trenching and Huminmix and direct seeding.



Figur 7. Lövsstammar per ha beroende på bonitet i sådda bestånd 15 år efter markberedning med harv eller Huminmix.

Figure 7. Deciduous tree stems per ha, depending on site quality in the direct seeded stands 15 years after scarification by disc trenching or Huminmix.



Figur 8. Trädhöjd för huvudstammar som funktion av diameter vid marknivå för plantering 15 år efter markberedning med harv eller huminmix.

Figure 8. Tree height as function of diameter at ground level for all main stems in planted stands 15 years after scarification with disc trenching or Huminmix.

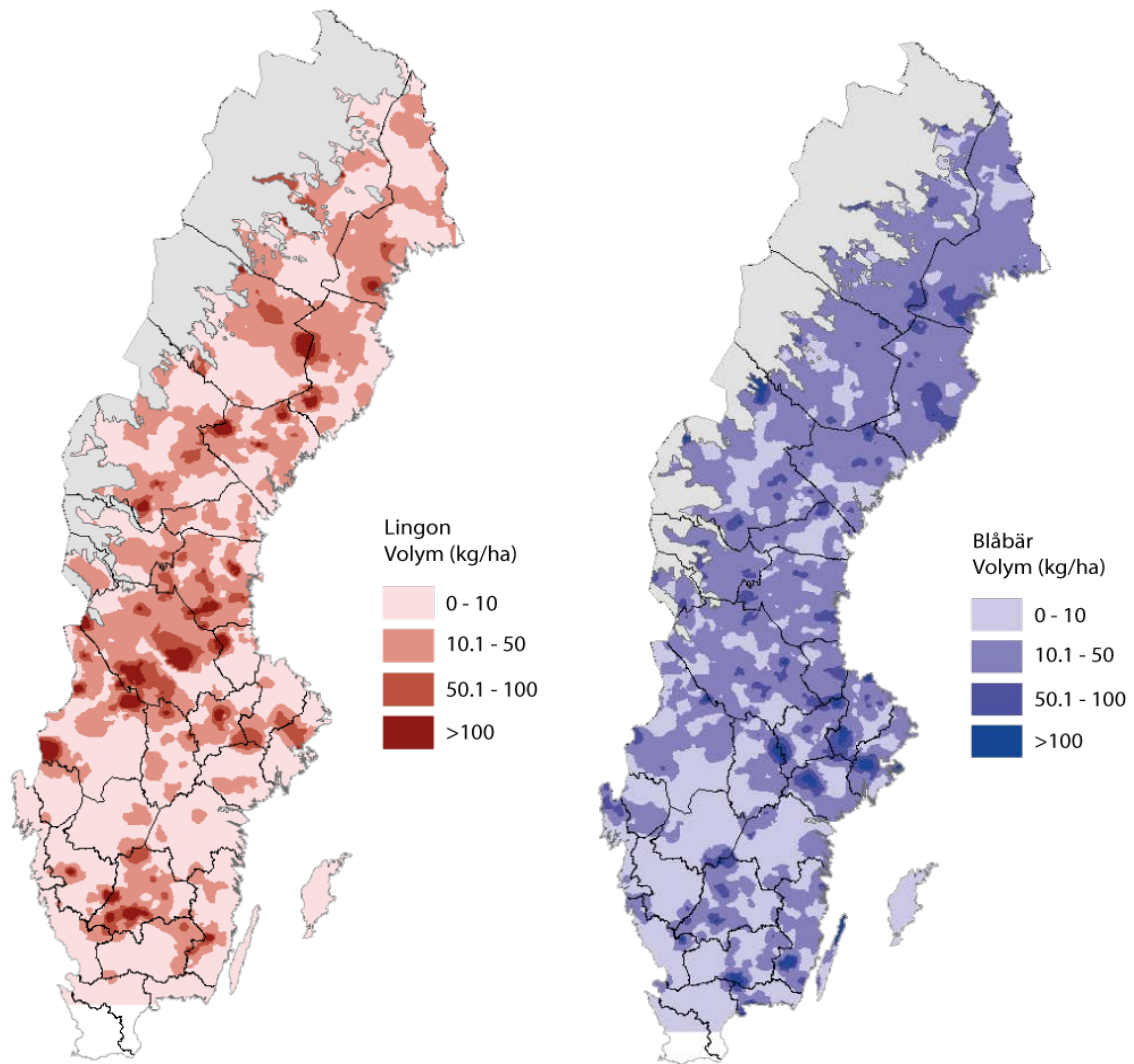
Efter markberedning med Huminmix var tjockleken i det markberedda ca 56 % av tjockleken i omarkberett, både i sådda och planterade bestånd. För harvning var tjockleken signifikant ca 10-20 procentenheter lägre (tabell 2).

5 Geografisk kartläggning av betydelsen av andra ekosystemtjänster än virkesproduktion

5.2.1 Utbredning av lingon och blåbär

Blåbärsproduktionen (figur 9) är som störst från Södermanland, Västermanland, Värmland och norr ut. Den lägsta kategorin blåbärsvolym per ha verkar finnas i Skåne, Blekinge, Halland, Västergötland och Östergötland. Bärvolymen (kg/ha, som visas i kartan) är den mängd bär (lingon och blåbär) marken kan producera. Blåbärsvolym 10.1–50 kg/ha är den kategori som tar upp störst area. Blåbärsvolym 50.1–100 kg/ha finns i mindre områden sporadiskt spridda över Sverige. I Sörmland, Uppland och Västermanland finns den högsta koncentrationen av bärvolym över 100 kg/ha.

Bärproduktionen av lingon är som störst i mellan och norra Sverige. Bärvolymen i fjällkedjan är inte inkluderad då markberedning inte sker i dessa områden. Områden med en bärvolym 0-10 kg/ha finns spridda över hela landet men främst i södra Sverige med undantag från Småland. Från norra Värmland och norrut finns områden där bärvolymen är 10.1–50.0 kg/ha, med undantag från Västerbottens kustland, sydliga Jämtland, Lappland och delar av norra delarna av Norrbotten. Områden med bärvolym 50.1–100 kg/ha finns främst i Dalarna. Den högsta bärvolymen >100 kg/ha är spridd över landet men de största områden finns i norra Värmland, Dalarna, Gästrikland, Hälsingland och Västerbotten.



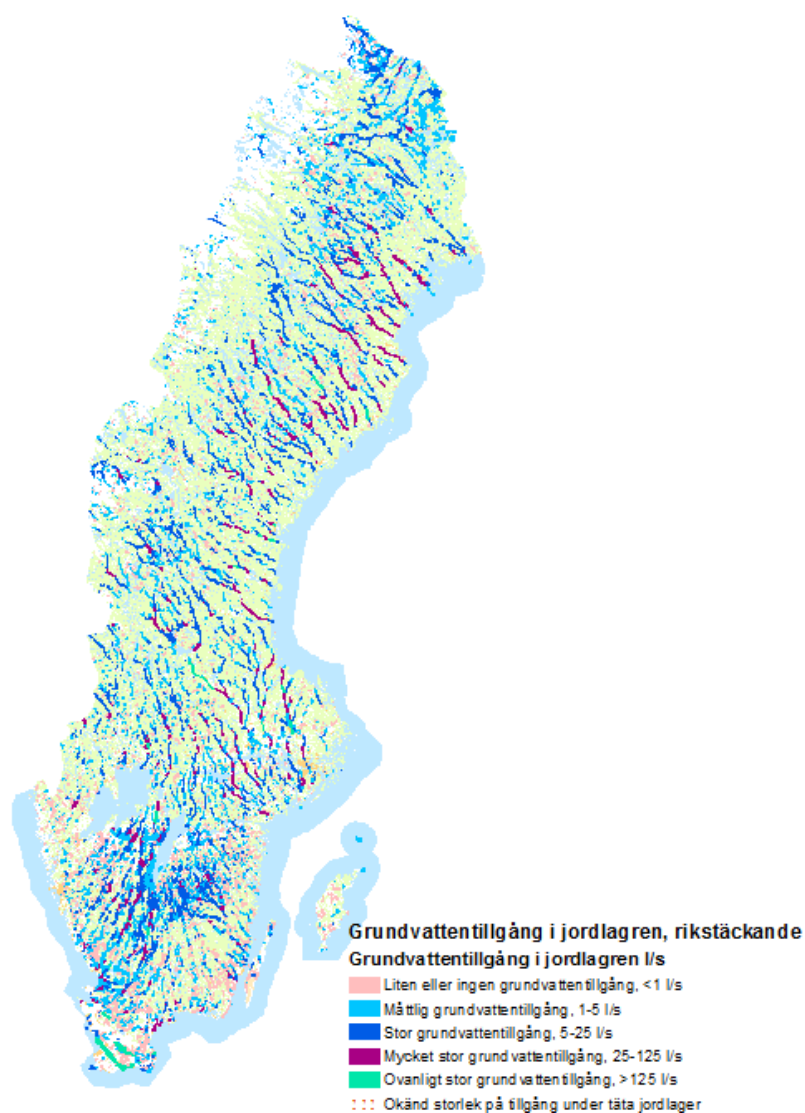
Figur 9. Lingon- och blåbärsmarker, ju starkare kulör desto mer kg bär per ha.

Figure 9. Forests with lingonberry and bilberry, intensity of color correlates positively to kg berries per ha.

5.2.2 Grundvattentillgångarna i jordlager

Kartan återger huvuddragen av Sveriges grundvattentillgångar (figur 10). De olika färgerna illustrerar olika stora flöden av grundvattnen som är i rörelse. Flöden mäts i liter per sekund. Längst västkusten och östkusten upp till Södermanlandsgränsen rinner flertalet av grundvattentillgångarna av minsta karaktär ut. Söder om Väneren och Vättern indikerar kartan att det finns stora grundvattentillgångar. Från Dalarna och Härjedalen är det stora rörelser i grundvattnet, grundvattnet rör sig i sydöstlig riktning mot Älvkarleby. Från fjällkedjan finns det tydliga rörelser i grundvattnet med riktning mot kusten, vilket förstås förklaras av höjdskillnaderna mellan fjäll och kust.

Där det finns stora grundvattentillgångar kan oförsiktig radikal markberedning påverka stora vattenvolymer men även där det finns mindre tillgång på vatten borde markberedningseffekter beaktas eftersom liten tillgång kan medföra akut brist under torra perioder.

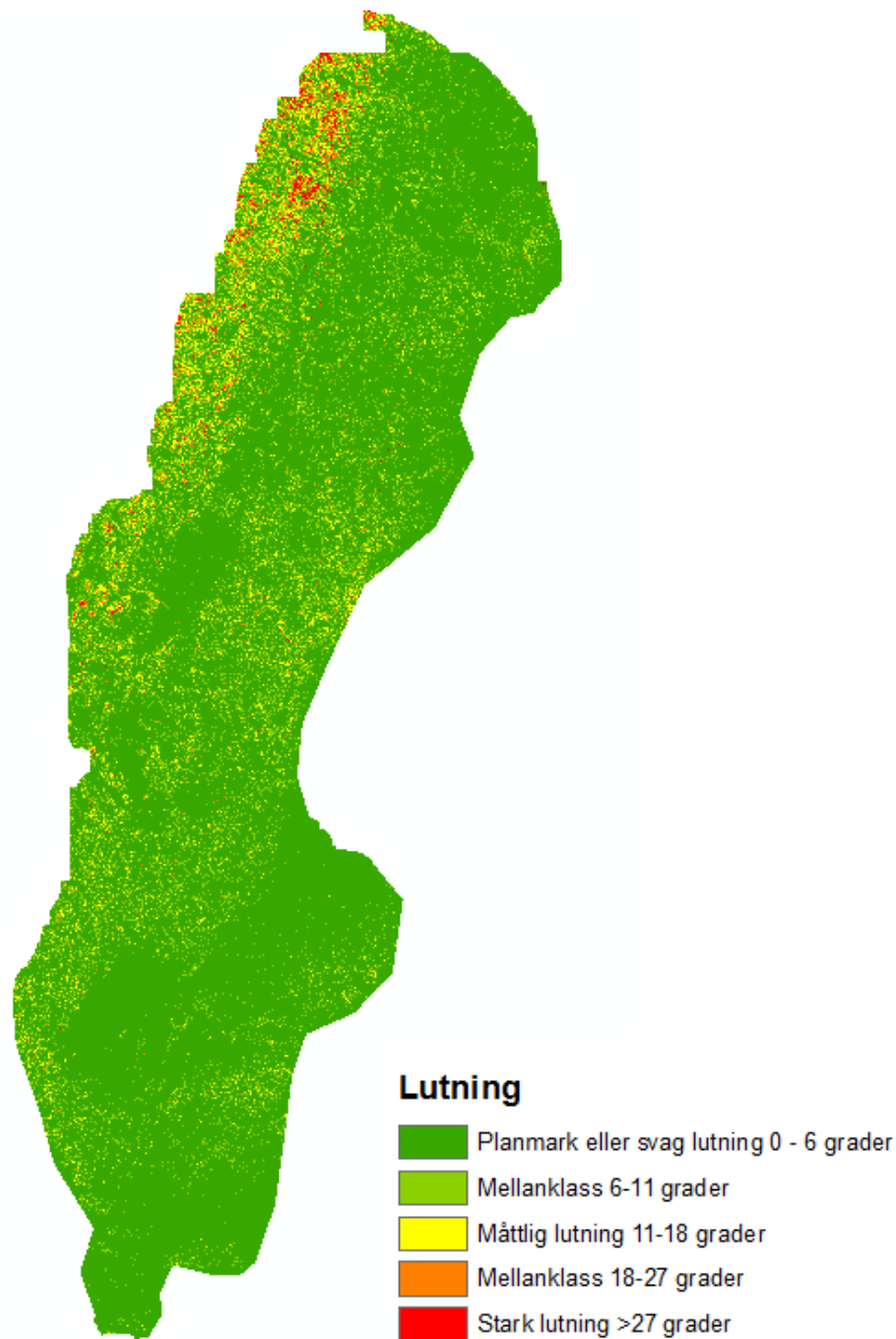


Figur 10. Sveriges grundvattentillgångar geografiskt fördelade samt flödesstorlek (liter per sekund).

Figure 10. Sweden's groundwater resources and flowrate (liter per second)

5.2.3 Lutning

Största delen av Sverige är plan mark eller mark med svag lutning 0-6 grader. Måttlig lutning 11-18 grader återfanns i inlandet, utefter Höga kusten, västkusten och på vissa områden vid östkusten. Mellanklass 18-27 grader och stark lutning över 27 grader utgör områden kring och i fjällkedjan. När det gäller risk för att med markberedning påverka vattenstatus förefaller det speciellt viktig att beakta områden med både lutning och mycket goda och/eller låga grundvattennivåer.

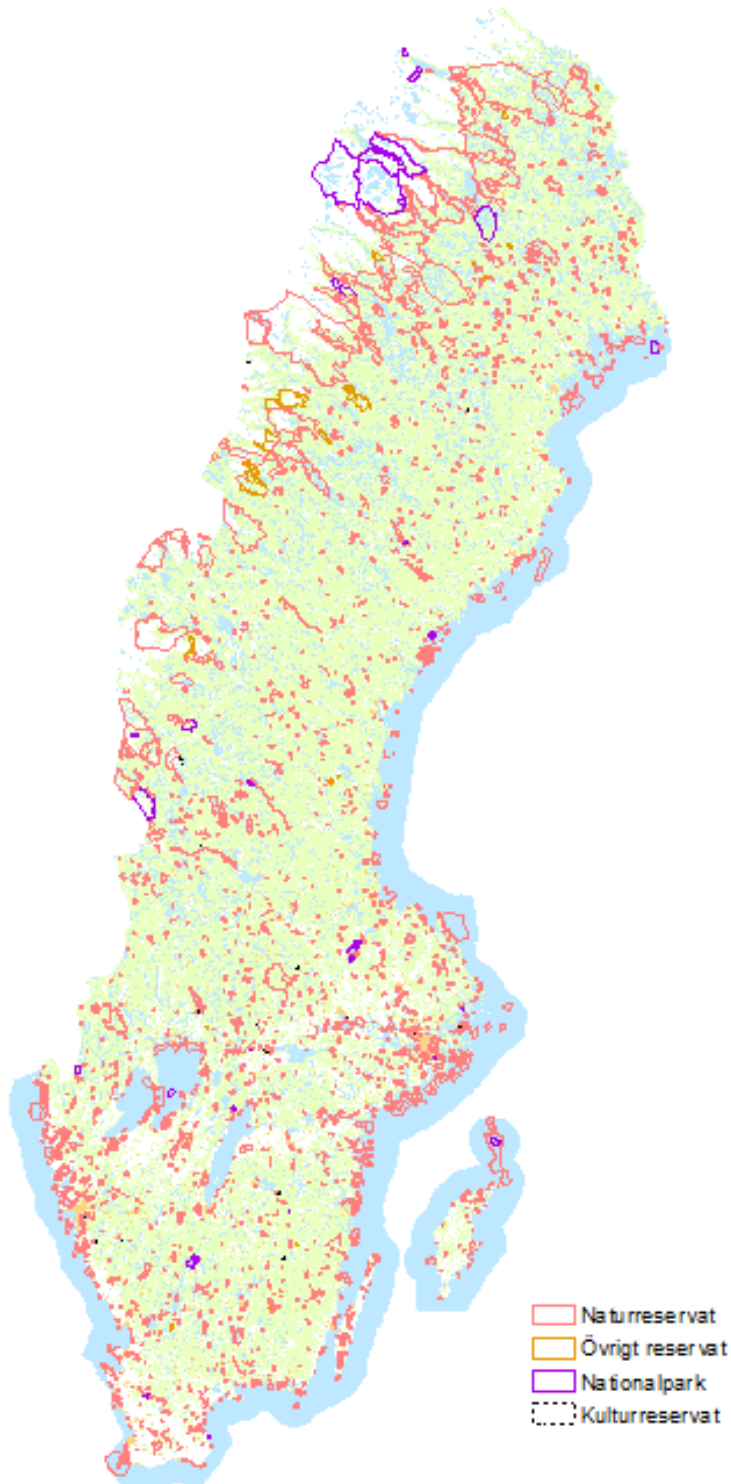


Figur 11. Karta över Sverige med lutningsgradient.

Figure 11. Map over Sweden with slope gradient.

5.2.4 Rekreatiomsområden – skyddad skog

Det stora reservaten påträffas i och omkring fjällkedjan men det finns olika former av reservat spridda över hela landet. I norra delarna av västkusten visualiserar kartan stora mängder av naturreservat liksom i området omkring Södermanland. Spridningen av naturreservat i inlandet är jämn mellan södra och norra delarna av landet. I södra Sverige är många naturreservat allokerade nära tätorter.

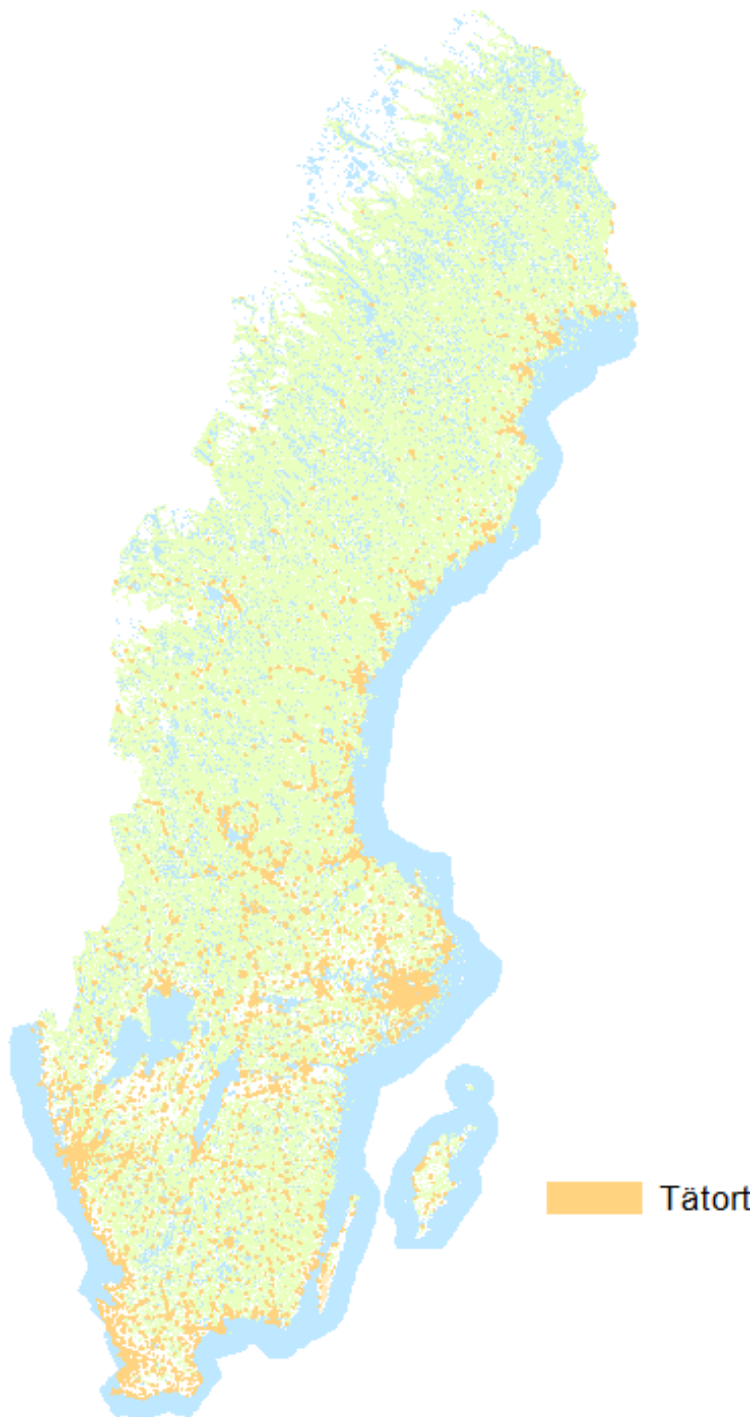


Figur 12. Naturreservat, nationalparker och kulturresevat i Sverige.

Figure 12. Nature reserves, national parks and cultural reserves across Sweden.

5.2.5 Rekreatiomsområden - Tätort

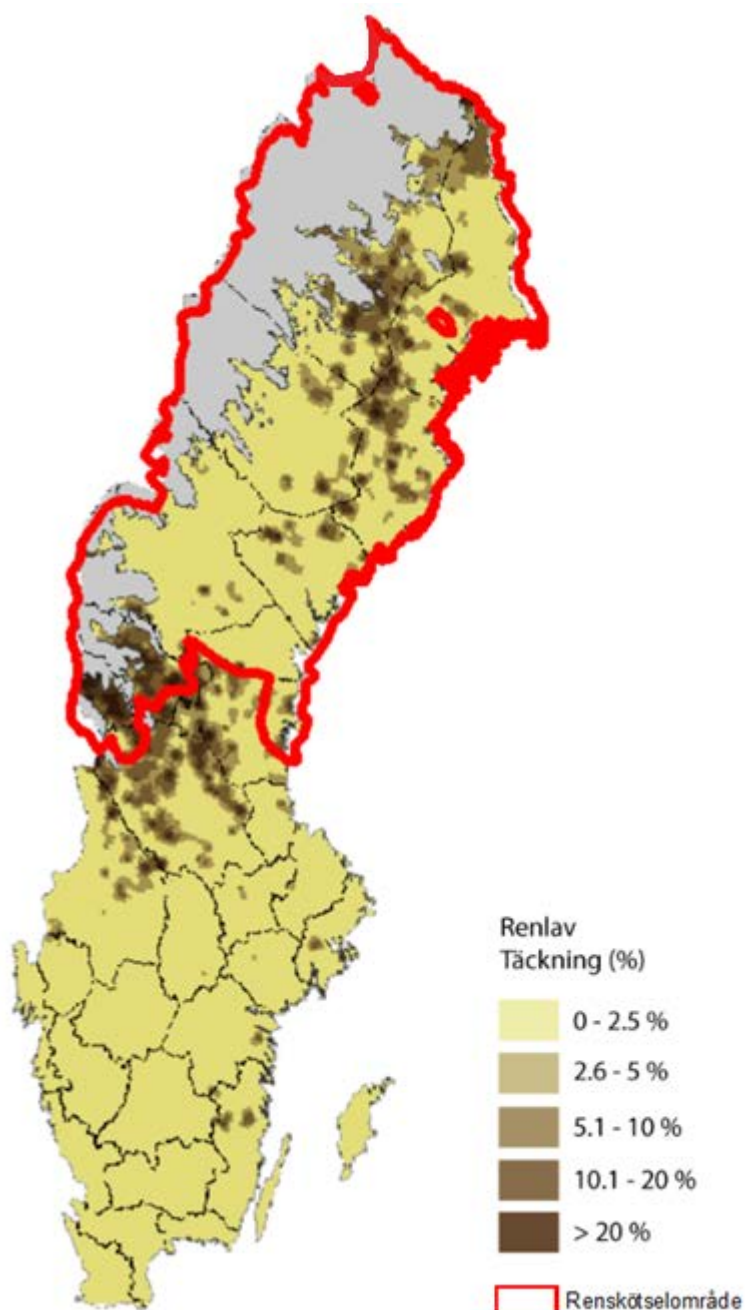
En stor mängd av tätorter påträffas längs kusterna (figur 13). Centrala delar av södra Sverige har mycket hög koncentration av tätorter. Vid analyser i Arcmap uppgick tätortsarean till 1.2 miljoner hektar. För att symbolisera det längsta tänkbara avståndet en svensk kan gå, buffrades tätorterna med 1000 meter åt alla håll från tätortens ytterkanter. Efter buffring uppgick tätortsarean till 3.6 miljoner hektar. Den ökade arean på 2.4 miljoner hektar är inte enbart skog utan även sjöar, åkermark.



Figur 13. Översiktskarta för tätorter som är buffrade med 1000 meter.
Figure 13. Map of urban towns which are buffered with 1000 meters.

5.2.6 Renlav och renskötseområde

Kartan visar geografisk förekomst av renlav och var renskötseln bedrivs. I stora delar av landet är täckningen av renlav endast 0-2.5 % av markarean. Det finns dock två stora områden med renlavstäckning över 20 %, det nordligaste är centralt inom renskötseområdet och det andra överlappar renskötseområdets sydliga gräns. Eftersom tillgången på renlav är mycket viktig för rennäringen under renens vinterbete är det inte enbart områden med högsta täckningsgraden som kan kräva skonsam markberedning.

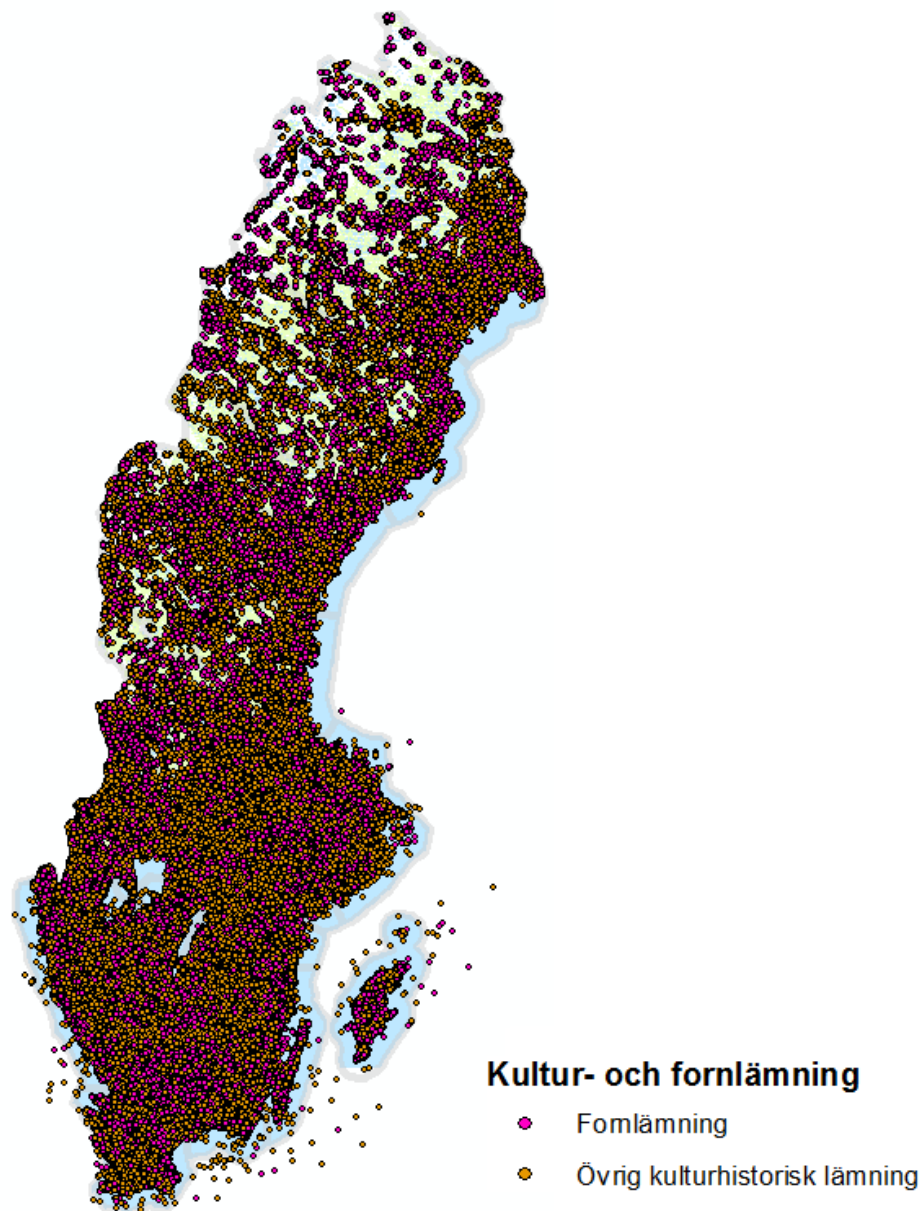


Figur 14. Täckning i procent för renlav (Cladonia spp.) i Sverige förutom delar av fjällkedjan. Rödmarkerade området är var renskötseln bedrivs.

Figure 14. Coverage of reindeer lichens (Cladonia spp.) in Sweden except for parts of the Swedish Scandinavian Mountains. Red marked area is where reindeer herding is conducted.

5.2.7 Kultur- och fornlämningar

Kultur- och fornlämningar är fördelade i punktform över landet, dvs. varje lämning upptar ofta en mycket liten area och därmed krävs god kartupplösning eller lokalkännedom för att veta var markberedning kan medföra skada. Kartan visar att det är mer frekvent med kultur- och fornlämningar i mellersta och södra Sverige, i norra delarna och i fjällkedjan är det betydligt glesare mellan objekten. Kartan indikerar även att kulturhistoriska lämningar är fler till antalet än fornlämningarna. Det totala antalet kultur- och fornlämningar uppgår till ca 370 000 stycken, varav kulturhistoriska lämningar uppgår till ca 300 000 och fornlämningar till 70 000 stycken.



Figur 15. Forn- och övrig kulturhistorisk lämning i punktform, en punkt är en forn- eller övrig kulturhistorisk lämning.

Figure 15. Archaeological and other cultural relic in point form, a point is an archaeological or other cultural relic.

5.3 Analys kring hänsyn beträffande markberedning och inverkan på ekosystemtjänster

Hänsynskartan i figur 16 utgör ett försök att sammanställa behovet av skonsam markberedning utifrån geografiskt nyttjande av olika ekosystemtjänster. Nyttan av varje ekosystemtjänst har beaktats och i områden där flera ekosystemtjänster fanns har hänsynsklasser skapats för att visa geografiska områden där en skonsam markberedning är att föredra.

I området kring Mälardalen är hänsynen som bör tas mycket liten (klass 1 i hänsynskartan). Bärproduktionen (figur 9) i området är inte storskalig för bärindustrin utan är mer kopplad till rekreationssyften närmast tätorter, där mer samhällsrelaterad hänsyn tas. I södra och mellersta Sverige är det stor utbredning av forn- och kulturlämningar (figur 15). Givetvis ska det lämnas hänsyn till dessa ytor men mer punktrelaterat och inte i större utsträckning än i andra områden. Lutning (figur 11) och grundvattentillgång i jordlager (figur 10) är relativt modesta jämfört med övriga landet och kräver ingen betydande hänsyn. Invånarantalet i området är dock stort, där fyller rekreationsområden (12) en funktion för invånarna att uppleva natur och ekosystemtjänster som exv. rör bärplockning för hushållet.

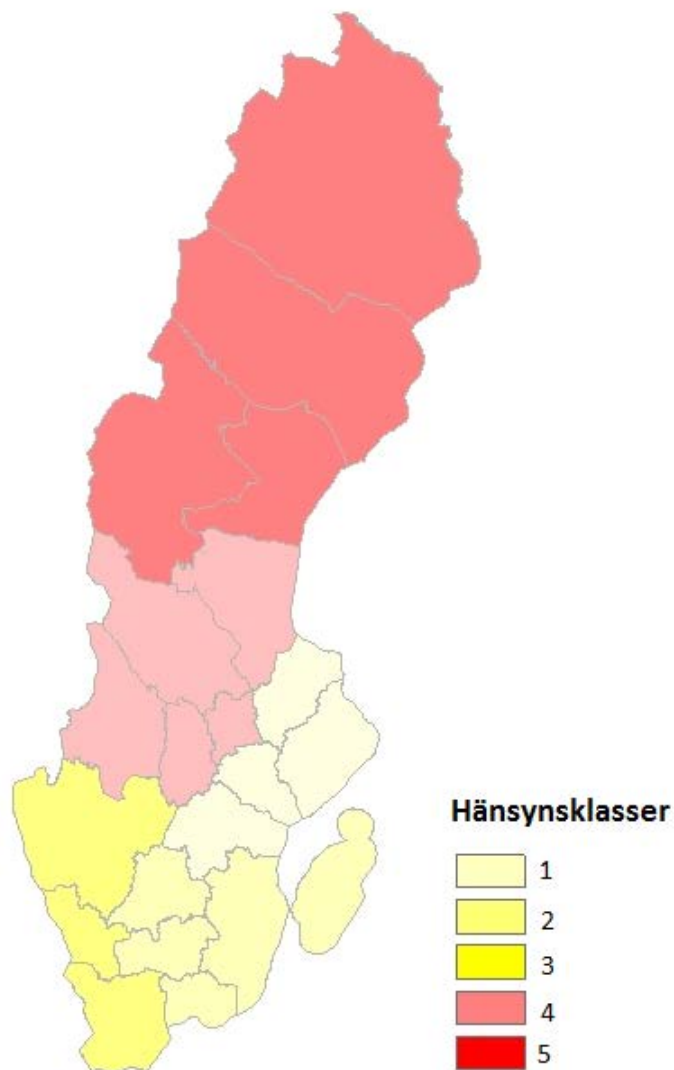
För Småland, Öland och Gotland är hänsynen liten (klass 2, i hänsynskartan). Grundvattentillgångarna i jordlager (figur 10) är relativt stora och lutningen (figur 11) kan vara tillräcklig i området för att de ska finnas viss risk för erosion. Tätorter (13) och rekreationsområden (figur 12) är relativt få i området jämfört med västkustområdet och Mälardalenområdet.

I Bohuslän, Dalsland, Västergötland, Halland och Skåne bör en måttlig hänsyn visas (klass 3, i hänsynskartan), där en skonsam markberedning skulle kunna implementeras för att gynna andra ekosystemtjänster än enbart virkesproduktion. I området är det stora rörelser i grundvattnet i jordlager från Värnen och Vättern. Lutningen längs kusten varierar mellan plan mark 0-6 grader till måttlig lutning 11-18 grader. Tillsammans med flertalet stora tätorter och därmed krav på tillgång till rekreationsområden, kan behovet av skonsam markberedning vara betydande.

Mellansverige (Värmland, Närke, Dalarna, Västermanland och Gästrikland) får klassningen stor hänsyn (klass 4) framförallt för att bärproduktion och – nyttjande är omfattande för både lingon och blåbär, området berör till viss del rennäringsområdet i norra delarna av Dalarna och avsevärda delar av det geografiska området har stora grundvattentillgångar i jordlager. Lutningen i området är till stor del måttlig. Spridningen av forn- och kulturlämningar, är som i södra delarna av landet, mycket stor. Bebyggelsen (tätorter) i området är dock relativt liten jämför med andra delar av landet. Områden för rekreation finns men de är generellt små.

Norr om Mellansverige klassificeras som mycket stor hänsyn (klass 5). I området bedrivs det renskötsel till stor del i hela området. Marklavvar och vandringsleder för renar behöver skonas från radikala ingrepp. Nära fjällkedjan återfinns områden med stark lutning >27 grader och rörelsen i grundvattentillgångar i jordlager från fjäll mot kust är stor.

Dessutom är bärproduktionen och – nyttjandet stort, för både lingon och blåbär med stora sammanhängande områden där bärvolymen är stor.



Figur 16. Hänsynskarta baserad på kartorna för olika ekosystemtjänster, i klass 5 ska mycket stor hänsyn tas.
Figure 16. Consideration map based on maps of different ecosystem services, in class 5, great consideration must be taken.

6 Diskussion

6.1 Inventering och resultat ang. beståndsstruktur

Vid inventeringstillfället var beståndsåldern för de sådda bestånden ca 15 år och samtliga var oröjda. Antalet var tillräckligt stort för att det skulle vara möjligt att få till så många som tio relevanta par av harvade och Huminmixberedda bestånd. För de planterade bestånden fanns det betydligt färre bestånd av liknade karaktär för harvning och Huminmix som inte var röjda. Karaktärer som bestämde om bestånd bildade par var ståndortindex, jordart, temperatursumma, höjd över havet, väderstrecksexponering, grundförhållande, ytstruktur och lutning. Av den anledningen är de planterade bestånden betydligt yngre, bestånden för plantering är anlagda antingen år 2007-2008, och antalet är betydligt lägre (endast två par; fyra bestånd). Inventeringen utfördes under senhösten 2016. För att effektivisera inventeringen borde den ha utförts tidigare eftersom dagsljuset började vara begränsande när studien gjordes och snö hade börjat falla.

Varje cirkelprovytas area bestämdes till 100 m², inom varje yta registrerades trädhöjd och trädslag för alla stammar. En lägsta trädhöjdsgräns skulle ha effektiviserat arbetet i fält och minska bearbetningen av data. Vid sådd var det inga problem att finna eventuella huvudstammar för de harvade och Huminmixberedda bestånden. Stammarna stod i tydliga raka led i markberedningsspåret för bägge metoderna. Det fanns vissa bekymmer att återfinna vissa huvudstammar för de planterade beståndshuvudstammarna för Huminmix, dvs. när plantering var gjord efter högläggning (HMMhög). HMMhög syntes inte lika tydligt som markberedningsspår efter harvning och Huminmix långfläck.

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan markberedningsmetod och medelhöjd i studien trots att harvning påverkar mycket större andel av markytan och därför borde medföra mer mineralisering. Det kan förklaras genom en studie från Winsa & Bergsten (1995) där en blandning av humus och mineraljord medförde en högre tillväxt än enbart blottad mineraljord. Harvade bestånd hade dock både högre högsta och lägre lägsta (ej signifikant för plantering) huvudplanta inom cirkelprovytan för både sådd och plantering. Det kan förklaras med att harvning åstadkommer större variation i substrat än vad Huminmix gör. Ett exempel är att de stora tiltor som skapas ibland vid harvning bör innehålla extra mycket mineraliserat material som ev. en planta kan nyttja. Stamdiametern i marknivå var dock konsekvent större för Huminmix i både sådda och planterade bestånd. Signifikans fanns för plantering men p-värdet för sådda bestånd var nära signifikans (0,078). En högre stamdiameter kan vara en tydligare indikation på bättre tillväxt än en högre höjd.

För sådda bestånd var stamantalet per hektar högt för bägge markberedningsmetoderna. Det fanns inget signifikant samband för markberedningsmetod och stammar per hektar. Holmen Skogs mål för en lyckad föryngring är ca 2500 stammar/ha och det uppfyllde bägge markberedningsmetoderna. Är stamantalet högre än målet kan de extra stammarna innebära en ökad kostnad i röjningsfasen. Harvning erhöll högre lövandel än Huminmix, vilket bör medföra en högre röjningskostnad då lövuppslaget är större. I de sådda bestånden fanns det ett statistiskt samband mellan antalet lövstammar och markberedningsmetod. Generellt

medförde harvning fler lövstammar per hektar än Huminmix. Stamantalet vid plantering var generellt högt för både harvning och Huminmix. I harvade bestånd fanns nästan 2000 fler lövträdsstammar per ha än i Huminmix bestånd. En orsak till att harvning medför fler lövträdsstammar per hektar kan vara en följd av att större markyta påverkas (Uotila, et al., 2010). Den naturliga föryngringen har lättare att etablera sig i harvade bestånd där det finns större markberedd yta. Fler stammar per hektar kan förstås medföra högre kostnader vid röjning men fler faktorer än enbart stamantal spelar in (Uotila, et al., 2010).

För både sådd och plantering var humustjockleken tjockare i markberedningsspåren för Huminmix bestånden men det fanns bara signifikant skillnad mot harvade bestånd vid sådd (för plantering medförde det låga antalet upprepningar att skillnader mellan metoder sällan blev signifikanta). När det gäller återetablering av organiskt material i det markberedda (kvot humustjocklek i/utanför markberedningsspåret) var det signifikant skillnad mellan markberedningsmetoderna vid både sådd och plantering (tabell 2). Återetablering av organiskt material efter markberedning verkar alltså gå snabbare efter Huminmixprincipen än efter konventionell harvning. Markstörningen mättes i den här studien enbart vertikalt som humustjocklek, tidigare studier av Åström (2006) har redan kvantifierat skillnader i horisontell markstörning. Åströms (2006) studie visar att harvning har en betydligt högre andel störd markyta i det undersökta området. Markstörningen per hektar var ca 30-36 % för harvning utan att tiltan var inräknad (om den inkluderas bör värdet bli minst 15 procentenheter högre; Bäcké, et al., (1986)). Huminmixs markstörning per hektar uppgick till ca 14-18 % av totala areal. Huminmixs lägre markstörning kan förklaras med att fräshjulen hos ett Huminmixekipage är 32 cm breda och att harvningsdiskar kan vara 60-70 cm i bredd samt beroende på att en fräsningsprincip inte skjuvar loss humustäcket som en harvningstallrik gör. Totalt sett bör alltså en markberedning som utförs enligt Huminmixprincipen ge både betydligt lägre momentan påverkan och dessutom snabbare återetablering av humus där marken påverkats.

6.2 Hänsynsfaktorer och geografisk utbredning

Markberedning är en skogsskötselåtgärd som skapar konflikter då markpåverkan blir stor. För att skapa bra förutsättningar för återetablering av ny skog och gynna virkesproduktionen markbereds marken i stor utsträckning. Genom att markbereda mer skonsamt kan man gynna andra ekosystemtjänster. Med hjälp av litteratur studerades hänsynsfaktorer som skulle gynnas av en mindre markpåverkan. Hänsynsfaktorerna lokaliserades till geografiska områden i Sverige för att illustrera vart i landet där andra kommersiella näringar kan utnyttja skogsmark i andra syften än virkesproduktion.

Hänsynsfaktorernas geografiska utspridning kartlades i geografiska informationssystemet Arcmap. Materialet från studien är hämtat från SLU kartserver samt Riksskogstaxeringens inventeringsdata. För att beskriva hänsynsfaktorerna gjordes kartor för hela Sverige. Vid bearbetning av kartorna hanterades stora mängder data, vilket bidrog till att kartläggningen av hänsynsfaktorerna tog lång tid att arbeta fram i Arcmap. För att effektivisera arbetet med kartorna användes rasterfiler som innehåller mindre information än vektorfiler vilket medförde att upplösningen på vissa kartor är relativt låg. Ett problem vid presentation av

kartorna när datamaterialet var stort var att symbolerna i vissa fall överlappar varandra (jfr figur 15). Vid mindre symbolstorlek syntes inte vad symbolen skulle representera och outline färgerna (ramen för symbolen) fogades samman. Det medförde att kartorna blev ”grötiga” och svåra att tolka. För att undvika dessa problem men ändå ha högupplösta kartor skulle specifika geografiska områden kunna väljas ut. Det skulle kunna skapa högupplösta kartor där informationen för kartorna var tydligare. Nackdelen är att man mister det landstäckande perspektivet.

Hänsynsfaktorerna är kopplade till både ekonomiskt värde samt värden som inte kan mätas i pengar, exempelvis rekreation (figur 12,13). Bärproduktionen, då främst av lingon och blåbär (figur 9), har ett värde i pengar samt i rekreation där man kan täcka hushållsbehovet. Att markbereda intill vattendrag och sjöar innebär alltid en risk för erosion och försämring av vattenkvalité. Grundvattentillgångarna i jordlager indikerar var vattenreservoarer finns och hur vattenmassorna rör sig i Sverige (figur 10). Att markbereda med konventionella metoder kan medföra risker för att växt- och djurlivet påverkas negativt. Nyttan av en skonsammare markberedning kan exv. innebära att andra ekosystemtjänster som fisketurism gynnas. Enligt SGU (2016) kommer 95 % av dricksvattnet som är möjligt för människan att dricka från grundvattnet. Lutning (figur 11) tillsammans med kartan för grundvattentillgångarna (figur 10) kan indikera områden där radikal markberedning kan påverka vattentillgång/-kvalité.

Tätortskartan (figur 13) visar spridningen av orter och städer. Människor i städer söker sig till närliggande skogar för rekreation, för att få uppleva skog och natur. Tätorterna buffrades med 1000 meter enligt Fredman (2000), dvs. det är det längsta avståndet en svensk kan tänka sig gå från sin bostad. Ett potentiellt fel är att området inom buffertzonen inte enbart är skog, att sortera ut ägoslag med det data som fanns tillgängligt gjorde de vanskligt att enbart sortera fram skogsmark. Man kan dock anta att intilliggande områden kring tätort består till stor del av åker- och skogsmark. Inom rekreationsområden (figur 12) är skogsskötselsåtgärderna inom de avgränsade områden begränsade, men markberedning och andra skogsskötselåtgärder i intilliggande områden kan bidra till att naturupplevelsen inom området försämras. Skonsam markberedning och snabb återetablering av skog är förmodligen positivt för naturupplevelsen inom ett rekreationsområde.

Kartan för renlav och renskötselområdet (figur 14) visualiserar utbredningen av renlav och var i Sverige som renskötseln bedrivs. Renskötselområdet kunde inte anpassas exakt till nationella kartan eftersom det saknar digitalt referenssystem. Verktöget ”georeferingen” fick därför användas för att koppla samman området med kartan vilket möjliggjort en nöjaktig lägesbeskrivning.

Att markbereda skonsammare omkring kultur- och fornlämningar (figur 15) anses viktigt för att bevara det historiska värdet kring dessa platser. Datamaterialet från Riksantikvarieämbetet innehöll stort antal olika kultur- och fornlämningstyper, data var inte sorterat och kodat för att man skulle kunna utesluta vissa typer av lämningar. Det ledde till att vissa kultur- och fornlämningar som inte är relaterade till skogsbruk är inkluderade i kartan (figur 15).

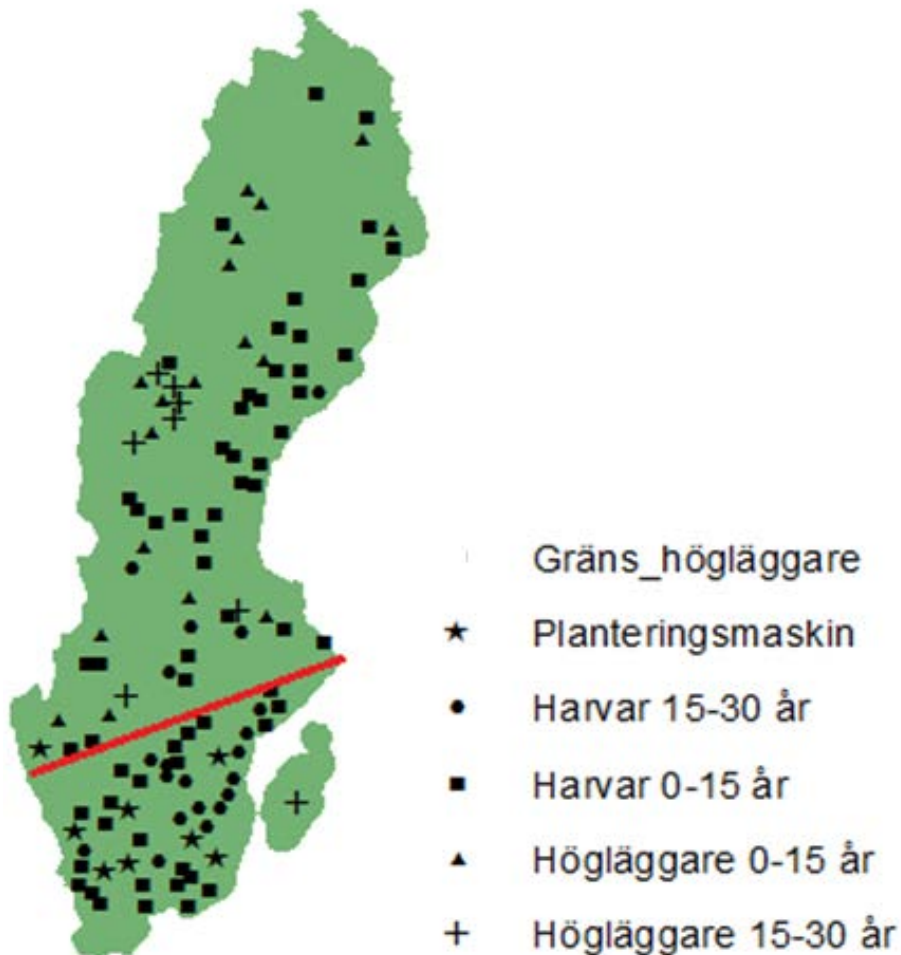
Hänsynskartan (figur 16) utgör ett försök att kombinera de olika kartorna för ekosystemtjänster till en geografiskt uppdelad hänsynsklassning. Hänsynskartan baserades på länskartan från lantmäteriet, i försöket att kartlägga de olika ekosystemtjänsterna i hänsynsklasserna kan därför gränserna mellan hänsynsklasserna bli något diffusa. Den övergripande bilden över Sverige blir ändå relativt bra. Hänsynskartan indikerar vart vilka ekosystemtjänster finns och hur markberedningen bör anpassas för att nyttja dessa tjänster. I försöket att kombinera ekosystemtjänsterna och väga dessa mot varandra blir bedömningen av ekosystemtjänsternas nytta subjektiv. Värdet av ekosystemtjänsterna berodde i denna studie på hur landsomfattande de var och hur stor nytta de bedömdes utgöra för allmänheten och andra aktörers intressen t.ex. rennäringen och bärindustrin. Beroende på intressen och hur man anser att skog och mark bör skötas kan hänsynskartan se annorlunda ut för olika näringar och individer.

6.3 Dagens markberedning jämfört med studiens resultat

Den statistik som finns idag beträffande användning av olika markberedningsmetoder är baserad på Bracke Forest:s försäljning av reservdelar (figur 17) (Bracke Forest, 2016). Bracke Forests karta visar att markberedningsmetoderna som används längst i söder (söder om högläggningens gränser i figur 17) främst är harvning. Dock används ett fåtal planteringsmaskiner som är baserade på högläggningsteknik. Mellan ”gränserna högläggare” och Norrlandsgränserna är fördelningen av markberedningsmetoder jämnare, inom området finns det harvar av olika åldrar, högläggare av olika åldrar och planteringsmaskiner. I Norrland (gröna området) är harvning vanligast (36 st), högläggare kommer därefter (21 st.) och det finns två planteringsmaskinerna i området. Jämför man Bracke Forests karta (figur 17) med hänsynskartan (figur 16) kan man säga att det inte är speciellt bra överensstämmelse. Även om konventionell högläggning påverkar marken betydligt mer än Huminmixprincipen är den att betrakta som det mest skonsamma som används idag. I stora delar av landet är det harvning som dominerar. I Norrland finns dock flest antal högläggare vilket trots allt är positivt om man jämför med hänsynskartan i figur 16. I hänsynskartans område där ”mycket” hänsyn ska tas finns det enligt Bracke Forest flest markberedningsaggregat av typ harv. För att tillgodose andra ekosystemtjänster i området skulle skonsammare alternativ kunna appliceras för att nyttja potentialen av andra ekosystemtjänster. I området med ”betydande” hänsyn i figur 16 är det enligt Bracke Forests karta flest harvar men det finns även några planteringsmaskiner baserade på högläggning i området. Potentialen att öka antalet skonsammare markberedare är stor inte minst med tanke på att man därigenom skulle kunna minska risken för erosion och vattenförorening, grundvattentillgångarna i jordlager är stora i det specifika området.

Flertalet av de äldre harvarna (15-30 år) finns enligt Bracke Forest kring Småland vilket kan indikera att entreprenörerna i området använder dessa maskiner för att fylla ut arbetstid, dvs. de kör inte heltid/lång säsong utan kompletterar övrigt arbete med kortare perioder av markberedning. Generellt verkar markberedare användas under många år, vilket förstås innebär att en tillverkare får en liten marknad och att en kommersiell bas för utveckling av ny skonsam teknik därmed kan saknas.

Förmodligen är en broms för utvecklingen att gammal teknik, även om den inte är speciellt skonsam, trots allt kan användas för att kostnadseffektivt tillgodose många markägares förnyrningsbehov. Om inte skogsägare, eller samhället, är tillräckligt intresserade av att skonsammare markberedningsteknik utvecklas är det knappast troligt att det sker.



Figur 17. Geografisk spridning över Sverige för markberedare baserat på försäljning av reservdelar från Bracke Forest (2016), söder om gräns högläggare är reservdelsförsäljningen till högläggare nästa obefintlig.

Figure 17. Geographical spread over Sweden for soil scarification equipment based on sales of spare parts from Bracke Forest (2016), south of the mounder line the sale of spare parts for mounders is almost nonexistent.

6.4 Slutsatser

Analyserna av det insamlade datamaterialet visade att det inte fanns någon tydlig signifikant skillnad i beståndsstruktur 15 år efter föryngring beroende om markberedning var utförd med harvning eller Huminmix. Den initiala markstörningen var dock betydligt mindre och tjockleken av organiskt material i det markberedda idag var större för bestånd markberedda med Huminmix jämfört med harvning. Vid utveckling av skonsam markberedningsteknik förefaller det därför möjligt att erhålla åtminstone lika bra virkesproduktion som efter dagens harvning även om man nöjer sig med en markpåverkan motsvarande den (ca 10-15 %) som Huminmixtekniken åstadkommit på studerade marktyper. Dessutom bör man därigenom kunna vara skonsam gentemot övriga ekosystemtjänster. Det borde vara ett incitament för skogsindustrin att använda markberedningsmetoder som gör att ekosystemtjänsterna kan vara fortsatt intakta. Skogen erbjuder ju fler ekosystemtjänster än virkesproduktion, flera av tjänsterna påverkas proportionerligt mot den markstörning som markberedningen åstadkommer. Den idag vanligaste markberedningsmetoden harvning påverkar ca 40-60 av arealen beroende på körsträcka per ha o.a., dvs. ungefär halva arealen påverkas. Dessutom visar studiens kartanalys på låg överensstämmelse mellan behov av skonsamhet och val av markberedningsmetod. Fortsatt utveckling bör därför inkludera även metoder för hur behovet av skonsamhet ska kunna kvantifieras och visualiseras geografiskt.

7 Referenser

- Andrén, T., (1992). Från naturskog till kulturskog. Mo och Domsjö AB. Bjärsta, Sweden
- Berglöf, E., (2008). Nordliga skogsbär och dess hälsoeffekter, Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB (SIK). Borås, Sweden.
- Bergsten, U., & Sahlén, K., (2008). Skogsskötselserien nr 5, Sådd, Skogsstyrelsen. Jönköping, Sweden.
- Bäcke, J., Larsson, M., Lundmark, J.-E., & Örlander, G., (1986). Ståndortsanpassad markberedning - teoretisk analys av några markberednings principer. Rapport 3. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Spånga, Sweden.
- Carlsson, L., & Boström, M., (2014). Skog och Ren, Projektet kompetensutveckling Skogsbruk och Rennäring. Umeå, Sweden.
- Eriksson, L., & Kardell, L., (1983). Skogsbär och skogsskötsel - skogsskötselmethodernas inverkan på bärproduktionen. Sveriges Lantbruksuniversitet, avdelningen för landskapsvård. Uppsala, Sweden.
- Eriksson, L., Kardell, L., & Ingelög, T., (1979). Blåbär, lingon, hallon: förekomst och bärproduktion i Sverige 1974-1977, Sveriges Lantbruksuniversitet, Avdelningen för landskapsvård. Rapport 112. Uppsala, Sweden.
- Eriksson, O. & Ranuistola, T., (1990). Impact of soil scarification on reindeer pastures, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 3, Umeå, Sweden.
- Eriksson, Å., & Moen, J., (2008). Effekter av skogsbruk på rennäringen, Skogsstyrelsen. Jönköping, Sweden.
- Fredman, P., (2000). Svensken sätter värde på skogsnaturen, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 10, Umeå, Sweden.
- Hallsby, G., (2013). Skogsskötselserien, plantering av barrträd, Skogsstyrelsen. Umeå, Sweden.
- Holmen, (2011). Certifiering av skogsbruk, Holmen Skog. Örnsköldsvik, Sweden.
- Håkansson, L., (1995). A simple model to predict the duration of the mercury problem in Sweden. Uppsala University, Institute of Earth Sciences. Elsevier, 93(1-3), 251-262.
- Johansson, K., (2005). Billigare planteringar med rätt kombination av planta och markberedning, Fakta skog. Alnarp, Sweden.
- Johansson, K., Nilsson, U. & Örlander, G. (2012). A comparison of long-term effects of scarification methods on the establishment of Norway spruce. *Forestry*, 86(1), 91-98.
- Jonsson, L., & Uddstål, R., (2002). En beskrivning av den svenska skogsbärsbranschen, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå, Sweden.
- Kardell, L., (1980). Occurrence and production of bilberry, lingonberry and raspberry in Sweden's forests. *Swedish Univer. Of Agricultural Sciences, Section of Environmental Forestry* (2). 285-298.

- Kardell, L., & Eriksson, L., (2011). Blåbärs- och lingonrisets återhämtning 30 år efter kalavverkning och markberedning 1977-2010. Sveriges Lantbruks Universitet, Uppsala, Sweden.
- Lundmark, J.-E., (2006). Val av markberedningsmetod med hänsyn till markens egenskaper. Ståndortsanpassad markberedning. Inledningsanförande vid NSFP-temadag i Tammerfors, 23 mars 2006.
- Löf, M., Dey, D. C., M, N. R. & Jacobs, D. F., (2012). Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests*, Springer (43), 825-848.
- Magnusson, T., (2009). Skogsbruk, mark och vatten, Skogsstyrelsen. Umeå, Sweden.
- Mattsson, S., (2002). Effects of site preparation on stem growth and clear wood properties in boreal *Pinus Sylvestris* and *Pinus Contorta*, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. Rapport 240, Umeå, Sweden.
- Mossberg, B., & Stenberg, L., (2003). Den nya nordiska floran. Wahlström & Widstrand. Stockholm, Sweden.
- Nilsson, U., & Örländer, G., (1995). Effects of some regeneration methods on drought damage of newly planted Norway spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest research*, (25), 790-802.
- Porvari, P., Verta, M., Munthe, J. & Haapanen, M., (2003). Forestry practices increase mercury and methyl mercury output from boreal forest catchments. *Environmental Science and Technology*, Issue 37, 2389-2393. Helsinki, Finland.
- Roturier, S., (2010). Markberedning på vinterbetesland - Hur ska renlaven skötas? 2010:06. Fakta Skog. Uppsala, Sweden.
- Roturier, S., Sundén, M. & Bergsten, U., (2010). Re-establishment rate of reindeer lichen species following conventional disc trenching and huminmix soil preparation in *Pinus*-lichen clearcut stands: a survey studie in northern Sweden, *Scandinavian Journal of forest research* 26:2, 90-98.
- Rydberg, D., & Aronsson, M., (2004). Vår tätortsnära natur. Skogsstyrelsen. Jönköping, Sweden.
- Skogforsk, (1991). Terräng-typsschema för skogsarbete, Skogforsk. Uppsala, Sweden.
- Sundblad, L.-G., (2009). Grävmaskinburet aggregat klarar både inversmarkberedning och högläggning. Resultat nr 11, Skogforsk. Uppsala, Sweden.
- Södra Skogsägarna, (2013). Södras skogscertifiering, Södra Skogsägarna. Växsjö, Sweden.
- Uotila, K., Rantala, J., Saksa, T., & Harstela, P., (2010). Effect of soil preparation method on economic result of Norway spruce regeneration chain, The Finnish Forest Institute. *Silva Fennica* 44, 511-524.
- Uusitalo, J., (2010). Introduction to forest operations and technology. JVP Forest Systems Oy. Tampere, Finland.
- Winsa, H., & Bergsten, U., (1995). Seedling emergence, survival and early growth after direct seeding of *Pinus sylvestris* L. using different combinations of site and microsite preparation., Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsskötsel. Avhandling Umeå.

Åström, H., (2006). Plantetablering och tillväxt för sådd och planterad tall 2-5 år efter markberedning med harv eller huminmix - teknik inom Holmen skog distrikt Norsjö, Sverige Lantbruksuniversitet. Examensarbete Umeå, Sweden.

Örlander, G., (1986). Effects of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine. *Studia Forestalia Suecica* 173. Uppsala, Sweden.

Örlander, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. (1991). Effects of scarification, planting depth and planting spot on seedling establishment in a low humidity area in southern Sweden. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Rapport 33 Umeå, Sweden.

Örlander, G., Hallsby, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C., (1998). Inverting improves establishment of *Pinus contorta* and *Picea abies* - 10 year results from a site preparation trial in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, (13), 160-168

Örlander, G., & Norlander, G., (1998). Skärmar, markberedning och andra skogsskötselåtgärder - kan de minska snytbaggskadorna?. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift*, 137(15), 59-69. Stockholm, Sweden.

Elektroniska källor

Andersson, E., (2016). Sociala Värden.

www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Skog-och-miljo/Sociala-varden/
[Hämtad 13 11 2016]

Bergsten, U., Björkman, S., Nilsson, E., Wikner, A., Lideskog, H., Hällman, E., Nyström, A., Sundblad, L-G., (2014). Utveckling av hinderdetektion för högläggning.
<http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2014/Utveckling-av-hinderdetektion-for-hoglaggning/>
[Hämtad 22 1 2017].

Eriksson, M. & Justusson, B., (2008). Nästan 3000 Småorter.
<http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Markanvandning/Smaorter-arealer-befolkning/13030/13037/Behallare-for-Press/Smaorter-2010/>
[Hämtad 22 1 2017].

FSC, S., (2010). Svensk skogsbruksstandard enligt FSC.
Available at: <https://se.fsc.org/preview.svensk-skogsbruksstandard-v2-1-slimf.a-280.pdf>
[Hämtad 21 1 2017].

Holmen, (2015). Røjning ökar lönsamheten.
<https://www.holmen.com/sv/skog/oka-vardet-pa-din-skog/rojning/>
[Hämtad 20 1 2017].

Sveriges Geologiska Undersökning., (2016). Vatten.
<http://www.sgu.se/om-geologi/vatten/>
[Hämtad 12 1 2017]

Skogsstyrelsen, (2014). Skogsstatistiska årsböcker. Jönköping, Sweden.
<http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Skogsstatistisk-Arsbok/Skogsstatistiska->

arsbocker/

[Hämtad 13 1 2017].

Personlig kommunikation

Bergquist, J., (2017). Skonsam markberedning, Skogsstyrelsen. Jönköping, Sweden.

Bracke Forest., (2016). Försäljning av reservdelar till markberedningsmaskiner, Bracke Forest. Bräcke, Sweden.