



Hyggesfritt skogsbruk i boreal skog – tidsstudie och kostnader för föryngringsåtgärder vid luckhuggning i ett tallbestånd i Vätteskogen, Skinnskatteberg

Continuous Cover Forestry in boreal forests – time study and costs for reforestation after gap-cutting in a Pinus sylvestris dominated forest in Vätteskogen, Skinnskatteberg

NICLAS SEGERFUR



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2022:32

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Hyggesfritt skogsbruk i boreal skog – tidsstudie och kostnader för föryngringsåtgärder vid luckhuggning i ett tallbestånd i Vätteskogen, Skinnskatteberg

Continuous Cover Forestry in boreal forests – time study and costs for reforestation after gap-cutting in a pine dominated forest in Vätteskogen, Skinnskatteberg

Niclas Segerfur

Handledare: Back Tomas Ersson, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning
Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan
Kurskod: EX0938
Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg
Utgivningsår: 2022

Omslagsbild: Flygfoto över luckorna i Vätteskogen. Foto: Niclas Segerfur

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet
Delnummer i serien: 2022:32

Nyckelord: Markberedning, plantering, sådd



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

I Sverige är trakthyggesbruket den dominerande metoden inom skogsbruket, men intresset för hyggesfria alternativ ökar ständigt. Luckhuggning är en hyggesfri avverkningsmetod speciellt lämpad för pionjärträslag som tall. Luckor föryngras i huvudsak via naturlig föryngring, men det finns ibland behov av att använda sig av förädlat skogsodlingsmaterial för att skynda på föryngringsprocessen och tillväxten. Ett alternativ för skogsägaren är då att använda sig av manuella föryngringsmetoder, men det saknas dokumentation om prestationer och kostnader för metoderna inom luckor, något som gör att det finns ett behov av tidsstudier på området.

Syftet med studien var att systematisera bland de metoder som finns i litteraturen angående föryngring i luckor och även lista potentiella metoder för föryngring av luckor. Ett ytterligare syfte var att anlägga ett fältförsök med manuella föryngringsmetoder för att få fram tidsunderlag och beräkna kostnader.

Försöket anlades på Sveaskogs markinnehav i Vätteskogen, Skinnskatteberg. Försöksområdet bestod av två luckor på 0,3 respektive 0,1 hektar och innefattade totalt nio försöksytor. De olika metoderna som användes i olika kombinationer var: naturlig föryngring, sådd med sårör, plantering med planteringsrör, högläggning med SFI-hacka samt fläckmarkberedning med röjsågsfräs. För respektive moment togs tiden med ett stoppur, och dessa tidsåtgångar användes sedan för att beräkna en anläggningskostnad i förhållande till antalet markberedningspunkter/ha och storleken på luckan.

Studien visade att det finns ett flertal beprövade eller potentiella föryngringsmetoder inom luckhuggning. Studien visade även att högläggning med SFI-hacka och plantering var minst tidseffektiv och att naturlig föryngring utan markberedning var mest tidseffektiv.

Kostnadmässigt visade resultatet på att högläggning med SFI-hacka i stenrik terräng och plantering kostade mest vid anläggning, vilket var 14,3 kr per planterad planta. Naturlig föryngring utan markberedning blev billigast eftersom metoden kostade noll kr vid anläggning. Annars var sådd utan markberedning billigast med en summa på 2,3 kr per såddfläck.

Slutsatsen av den här studien är att naturlig föryngring utan markberedning är billigast, men om förädlat skogsodlingsmaterial föredras är sådd utan markberedning billigast. Manuell markberedning kostar mycket och är endast ett konkurrenskraftigt alternativ med maskinell markberedning upp till en total luckareal på drygt 0,3 hektar. Manuell markberedning kan dock vara mer effektiv när luckorna ligger långt ifrån bilväg, eller när terrängen är otjänlig för arbete med maskin. Kostnaden för aktiva föryngringsåtgärder inom luckhuggning styrs framför allt av storleken på luckan/luckorna, men även av avståndet från väg och avståndet mellan luckorna.

Nyckelord: Markberedning, plantering, sådd

Abstract

In Swedish forestry, clearcutting is the dominant silvicultural system, but interest in Continuous Cover Forestry (CCF) is constantly increasing. Gap-cutting is a CCF system especially suitable for pioneer tree species such as pine (*Pinus sylvestris*). Gap-cuts are mainly reforested through natural regeneration, but there is sometimes a need to use genetically enhanced seed material to speed up the regeneration process and seedling growth. An alternative for forest owners is thus to use manual regeneration methods, but there is a lack of documentation on the performance and costs of the manual methods in gap cuts, which means that there is a need for a study on this topic.

The objective of this study was to systematize among the methods available in the literature regarding regeneration in gaps but also to list potential methods for regeneration of gaps. An additional objective was to set up a field trial with manual regeneration methods to elucidate their time consumptions and costs when used to actively reforest gaps.

The experiment was set up on Sveaskog's land holdings in Vätteskogen, Skinnskatteberg. The experimental area consisted of two gaps of 0.3 and 0.1 hectares respectively and comprised 9 parcels in total. The different regeneration methods that were used in different combinations were: natural regeneration; manual direct seeding (sowing); tree planting with Pottiputki; mounding with a SFI-hoe; and patch scarification with a brushsaw. For each task, the time consumption was measured using a stopwatch. This time consumption was then used to calculate the regeneration cost in relation to the number of site preparation patches per ha and the size of the gap.

The literature study showed that there are many proven or potential regeneration methods that can be used to actively regenerate gaps. The field study showed that mounding with a SFI-hoe & planting was the most time-consuming method, and that natural regeneration without soil preparation was the most time-efficient method.

In terms of costs, the study showed that mounding with a SFI-hoe on stony terrain followed by tree planting costs the most to establish (14.3 SEK per seedling). Natural regeneration without soil preparation was the cheapest method since it costs zero to establish. After natural regeneration, direct seeding (sowing) without soil preparation was the cheapest to establish (2.3 SEK per seed patch).

Conclusions from this study is that natural regeneration without soil preparation is the cheapest method at establishment. However, if genetically enhanced seed material is preferred, sowing without soil preparation is the cheapest method to establish. Manual soil preparation with a brushsaw is expensive, and is only cost-competitive with mechanical site preparation up to 0.3 hectares. But manual site preparation can be more efficient when the gaps lie far away from the road or when the terrain is unsuitable for machines. The cost of artificial regeneration of gap cuts is primarily influenced by the size of the gap, but also by its distance from the road and the distance between the gaps.

Keywords: Site preparation, tree planting, direct seeding

Förord

Det här är ett kandidatarbete på 15 hp och är ett moment på utbildningen till Skogsmästare på Skogsmästarskolan vid Sveriges lantbruksuniversitet och avser ämnet skogshushållning. Rapporten och fältstudierna utfördes under sommaren 2022.

Jag vill börja med att tacka min handledare Back Tomas Ersson för handledning och stöd under arbetets gång, och för idén att undersöka tiden och kostnaden för föryngring i luckor. Jag vill även tacka Stefan Toterud och Viktor Holmberg på Sveaskog som hjälpte till att ordna med utrustning och material inför fältförsöket på Sveaskogs markinnehav. Ett tack till Per & Bosse på Skogspodden som lånade ut ett av deras sårör.

Slutligen vill jag tacka mina äldrekursare för genomläsning, stöttning och input.

Skinnskatteberg augusti 2022

Niclas Segerfur

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 LUCKHUGGNING	1
1.2.1 FÖRYNGRINGSMETODER I LUCKOR	2
1.2.2 MARKBEREDNING I LUCKHUGGNING	3
1.3 TIDIGARE STUDIER	3
1.4 UNDERSÖKNINGENS NISCH	4
1.5 SYFTE & FRÅGESTÄLLNINGAR	4
2. MATERIAL & METODER.....	5
2.1 OMRÅDET FÖR FÖRSÖKET	5
2.2 MATERIAL FÖR FÖRSÖKET	6
2.3 UPPLÄGGNING AV FÖRSÖKSLEDEN.....	6
2.4 UTFÖRANDET AV FÖRSÖKET.....	9
2.5 DATAINSAMLING	10
2.6 TIDSÅTGÅNG- OCH KOSTNADSANALYS	10
3. RESULTAT	12
3.1 METODER FÖR FÖRYNGRING I LUCKOR	12
3.2 TIDSSTUDIE FÖRYNGRING I LUCKOR	14
3.3 KOSTNAD FÖR FÖRYNGRING I LUCKOR	16
4. DISKUSSION	21
4.1 HUVUDRESULTAT	21
4.2 METODER FÖR FÖRYNGRING I LUCKOR	21
4.3 TIDSÅTGÅNG VID LUCKFÖRYNGRING	21
4.4 KOSTNAD VID LUCKFÖRYNGRING.....	22
4.5 STYRKOR & SVAGHETER MED STUDIEN	23
4.6 FRAMTIDA STUDIER	25
4.7 SLUTSATSER.....	26
REFERENSER.....	27
BILAGOR	31
BILAGA 1. KOORDINATER FÖR PARCELLCENTRUMEN OCH FÄLTMARKÖRER	32
BILAGA 2. BILDER PÅ FÖRYNGRINGSÅTGÄRDerna I FÄLTFÖRSÖKET	34
BILAGA 3. BILDER PÅ PARCELLER EFTER FÄLTFÖRSÖKET	36
BILAGA 4. UTRUSTNING SOM ANVÄNDES VID FÖRSÖKET	38
BILAGA 5. TERRACUTSLITAGE	39
BILAGA 6. STANDARDFORMLER FÖR ANALYS	40

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige finns idag 23,4 miljoner hektar produktiv skogsmark (SCB 2021). Idag är skötselmetoden av Sveriges skogar i huvudsak trakthyggesbruk och har varit så sedan 1950-talet då den tekniska maskinutvecklingen började ta fart (Andersson & Appelqvist 2020; Lundqvist et al. 2014). Hyggesfritt skogsbruk är en skogsskötselmetod som har blivit mer aktuell igen inom Skogssverige, men är egentligen ingen ny metod då blädningsbruk har använts i stor skala förut (Andersson & Appelqvist 2020). Enligt Sundqvist (2021) brukades år 2020 ungefär 644 000 hektar i Sverige med någon hyggesfri brukningsmetod, vilket motsvarar runt 3 procent av den produktiva arealen.

Hyggesfritt är ett bra alternativ när det finns höga natur- eller sociala värden då ingreppet i skogen oftast inte är så påtaglig som vid trakthyggesbruk, men det innebär oftast tätare ingrepp i skogen vilket medför högre risk för skador på mark, föryngring och kvarvarande skog (Andersson & Appelqvist 2020; Dahlberg 2011). Det finns även studier som visar på att virkesproduktionen blir lägre vid hyggesfritt skogsbruk i jämförelse med trakthyggesbruk, och att avverkningskostnaderna blir högre (Andersson & Appelqvist 2020).

Skogsstyrelsen kom år 2021 ut med ett förtydligande om vad som räknas som hyggesfritt skogsbruk. Bland alternativen som räknas som hyggesfria fanns bland annat luckhuggning, överhållen skärm och blädning, men även flera andra metoder (Appelqvist et al. 2021). Mycket kunskap har glömts bort angående hyggesfritt men det finns många erfarenheter att ta del av från det kontinentala Europa, däribland Schweiz och Tyskland, som har bedrivit skogsbruk genom skärmställning och luckhuggning sedan länge (Andersson & Appelqvist 2020).

1.2 Luckhuggning

Eftersom många organisationer har egna definitioner på vad som räknas som en lucka i ett bestånd kom Skogsstyrelsen 2021 fram med riktlinjer för vad som räknas som en lucka innan det klassas som ett kalhygge (Möller et al. 2021; Appelqvist et al. 2021). En lucka får inte överstiga 0,25 hektar och när ett område föryngras med metoden luckhuggning får beståndets genomsnittliga virkesförråd inte gå under kurvan i skogsvårdslagens 5§. Ett undantag från § 5 kurvan är att man får avverka en ny lucka bredvid den gamla luckan när det förra beståndet har nått en medelhöjd på 2,5 meter (Appelqvist et al. 2021).

En lucka kan innebära allt ifrån att ett par träd tas bort till att två – tre trädlängder öppnas upp i ett bestånd (Zielke et al. 1999). Därför finns det inom luckhuggning många olika tillvägagångssätt för hur man utformar luckan eller luckorna i ett bestånd. Man brukar dela upp metoden i oregelbunden och regelbunden utformning. Oregelbunden kan ses som expanderande luckhuggning med flera olika åldersklasser på föryngringen i slutskedet medan regelbunden innebär som exempel schackrutamönster, så kallat Chequered-Gap-Shelterwood-System (CGS-

system) där föryngringen i slutskedet blir i två åldersgrupper (Zielke et al. 1999; Andersson & Appelqvist 2020). Expanderande luckhuggning går ut på att man succesivt expanderar de först avverkade luckorna i beståndet som vid första ingreppet bör vara 2 till 3 trähöjder i diameter. Efter första ingreppet utökas luckan var 5:e till 15:e år med 25 – 30 procent av originalbeståndet tills luckorna möts och bildar ett helt föryngrat bestånd i 3 – 4 olika åldersgrupper (Rosell et al. 2010). Schackrutehuggning är en relativt ny metod och är fortfarande i försöksstadiet. Grunden med metoden är att man kombinerar trakthyggesbruk med hyggesfritt för att få ut en metod som är lika rationell som trakthyggesbruk men beståndet är uppdelat i två åldersgrupper i rektangulära delbestånd i ett schackrutemönster, till exempel i storleken 30 × 45 meter. Då bildas ett mönster där varannan yta är kalavverkad och varannan är trädbevuxen med äldre skog (Erfur 2010). När den avverkade luckan har kommit upp i gallringsmogen skog eller äldre avverkar man sedan de andra schackrutorna alltså de skogspartierna som ej avverkades i förgående avverkning (Appelqvist et al. 202; Erfur 2010).

1.2.1 Föryngringsmetoder i luckor

Något som alla metoder inom luckhuggning har gemensamt är att storleken på luckan spelar stor roll för skötseln av beståndet, eftersom en större lucka är enklare att sköta då många små luckor kräver längre körtid och noggrannare planering vid föryngringsåtgärder (Savill 2004; Zielke et al. 1999). Även valet av trädslag spelar stor roll eftersom ljuskrävande pionjärträdslag såsom tall (*Picea Sylvestris*) kräver mer ljus vilket uppkommer i större luckor och sekundärträdslag såsom gran (*Picea Abies*) klarar skugga och därmed mindre luckor bättre (Andersson & Appelqvist 2020; Arseneault et al. 2011; Erfur 2010). Det lokala klimatet omkring och formen på luckan har en inverkan på förutsättningen för hur mikroklimatet blir i luckan, vilket i sin tur påverkar föryngringen (Savill 2004).

Det finns tre olika föryngringsmetoder inom skogsbruk idag: sådd, plantering och självföryngring (Savill 2004). Inom luckhuggning är självföryngring den vanligaste metoden (Andersson & Appelqvist 2020), men ibland kompletteras den naturliga föryngringen med plantering. Naturlig föryngring har fördelen att återväxtkostnaden blir relativt låg i jämförelse med plantering och sådd (Karlsson et al. 2017). Nackdelen är däremot att etableringen av det nya beståndet tar längre tid eftersom man ibland måste invänta ett bra frö-år för att föryngringen ska bli tillfredställande. Bra fröår påverkas främst av rikligt med solljus och hög värme (Karlsson et al. 2017).

Sådd kan utföras både kontinuerligt i rader och intermittent/riktat i fläckar. Kontinuerlig sådd utförs oftast av skotare som markbereder samtidigt som den sår med en såddapparat monterad på basmaskinen. För fläcksådd används i huvudsak grävmaskin med ett kranspetsmonterat aggregat som markbereder och sår samtidigt (Ersson 2021). Sådd går även att utföra manuellt med såddkanna eller sårör, det ska gärna vara markberett innan så att fröna får goda förutsättningar i gröningsstadiet (Bergsten & Sahlén 2013). Mikroreparering efter markberedning rekommenderas innan sådd för att öka frönas överlevnad (minskar exv. predation) och för att skapa en ideal såbbädd med kapillärt stigande vatten (Bergsten & Sahlén 2013). Vid sådd används för det mesta förädlat material och det resulterar oftast i

fler groddplantor per hektar (Bergsten & Sahlén 2013). Även kostnaden är lägre vid maskinellsådd än vid plantering efter markberedning (Sundqvist 2021).

Majoriteten av planteringen sker för hand i Sverige med antingen täckrotsplanta och planteringsrör eller med barrotsplanta och planteringsborr (Hallsby 2013). Det finns även maskiner som utför både markberedning och plantering och som har stor potential då dessa har en hög produktivitet jämfört med en manuell plantör (Ersson 2014). Plantering är i regel dyrare i jämförelse med sådd och naturlig föryngring, speciellt om det ska planteras stora plantor eftersom det tar längre tid att plantera (Hallsby 2013).

1.2.2 Markberedning i luckhuggning

Syftet med markberedning är att skapa goda förutsättningar för föryngringen i ett tidigt stadium, vare sig det gäller förgroning eller plantans överlevnad och tillväxt (Karlsson et al. 2017). Markberedning rekommenderas då överlevnaden enligt Sikström et al. (2020) bland barrträd ligger på cirka 80 – 90 procent efter en väl utförd maskinell markberedning vilket är 15 – 20 procent högre än ej markberedd plantering.

Inom luckhuggning kan många maskinella markberedningsmetoder som tillämpas inom trakthyggesbruket användas, såsom fläck eller invers med mera (Granhus et al. 2003). Inom luckhuggning ökar även markberedningen antalet självföryngrade plantor jämfört med om man inte gör någon markberedning (Hallkainen et al. 2019). Detta stärks av en studie av Heiding (2020) som visade på att blottläggning av mineraljord efter omkulldragna centrumträd vid luckhuggning i tallskog ökade plantantalet med 36 procent.

1.3 Tidigare studier

En mindre studie av Söderlund (2018) visade att manuell fläckmarkberedning med en fräs kunde konkurrera med maskinell markberedning på en föryngringsyta upp till 0,35 hektar och för den självverksamme upp till runt 2,5 hektar. En studie av Callin & Hansson (1959) visade att fläckmarkberedning och plantering med SFI-hackan var tidseffektivare än att markbereda med Terracut-röjsågsfräsen i Söderlunds studie (2018). Även en studie av Callin (1949) visade på en effektiv fläckmarkberedning med SFI-hacka då det tog ungefär 19,2 s att fläckmarkbereda en fläck på 0,16 m². En kostnadsstudie för plantering under delvis avverkad skog och luckhuggning visade på att tiden för plantering i luckor låg på 14,3 s per planta, plus en gångtid på 5,3 s per planta (Fjeld & Granhus 2008). Under försöket genomfördes även plantering på markberedda ytor efter fläck- och inversmarkberedning, där låg planeringstiden på 7,2 s respektive 9,4 s per planta + förflyttningstiden som tidigare nämnts. Försöket baserades på en tidigare luckföryngringsstudie av Granhus et al. (2003) som syftade till att undersöka hur föryngring med plantering, sådd och naturlig föryngring tog sig.

1.4 Undersökningens nisch

Innebörden av luckhuggning är känd, och vi vet redan att naturlig föryngring inte kräver någon investeringskostnad, samt att det inte blir någon åtgärds tid om man varken markbereder, sår eller planterar. Det är däremot inte tidigare dokumenterat i litteraturen vad olika manuella metoder har för tidsåtgång och hur stor kostnaden därmed blir vid luckhuggning. Då Sveriges skogar till stor del består av tall blir luckhuggning en intressant föryngringsmetod eftersom metoden är relevant för föryngring och produktion av pionjärträdsdrag. Luckhuggning bygger oftast i grunden på naturlig föryngring, men har man virkesförsörjningsansvar vill man kanske inte alltid vänta på ett bra fröår (Karlsson 2022). Det finns ju även andra föryngringsmetoder inom trakthyggesbruket som kan tillämpas i luckhuggning (exv. markberedning, sådd och plantering). Dock saknas det aktuella studier inom området i Sverige. Efterfrågan på information finns därför inom skogssektorn kring tidsåtgång och kostnader på föryngringsåtgärder inom luckhuggning. I den här studien undersöks olika föryngringsmetoder i luckor och ett föryngringsförsök har anlagts i befintliga luckor på Sveaskogs markinnehav i Skinnskatteberg, där man önskade skynda på föryngringen. Fältförsöket ligger till grund för en kostnads kalkyl för manuell föryngring av luckor för att undersöka kostnaden för olika föryngringsåtgärder.

1.5 Syfte & frågeställningar

För att öka kunskapen om hyggesfritt skogsbruk vid svenska förhållanden var syftet med kandidatarbetet att utifrån en fallstudie jämföra tidsåtgången och kostnaden för olika manuella föryngringsmetoder i luckor. Ett delsyfte var även att systematisera bland metoder för föryngring av luckor. Fallstudien anlades som ett fältförsök i Vätteskogen, Skinnskatteberg med målet att i framtiden kunna användas för att undersöka vilken föryngringsmetod som lämpar sig bäst i tallskogsluckor i boreal skog.

För att begränsa arbetet valdes följande frågeställningar att besvaras:

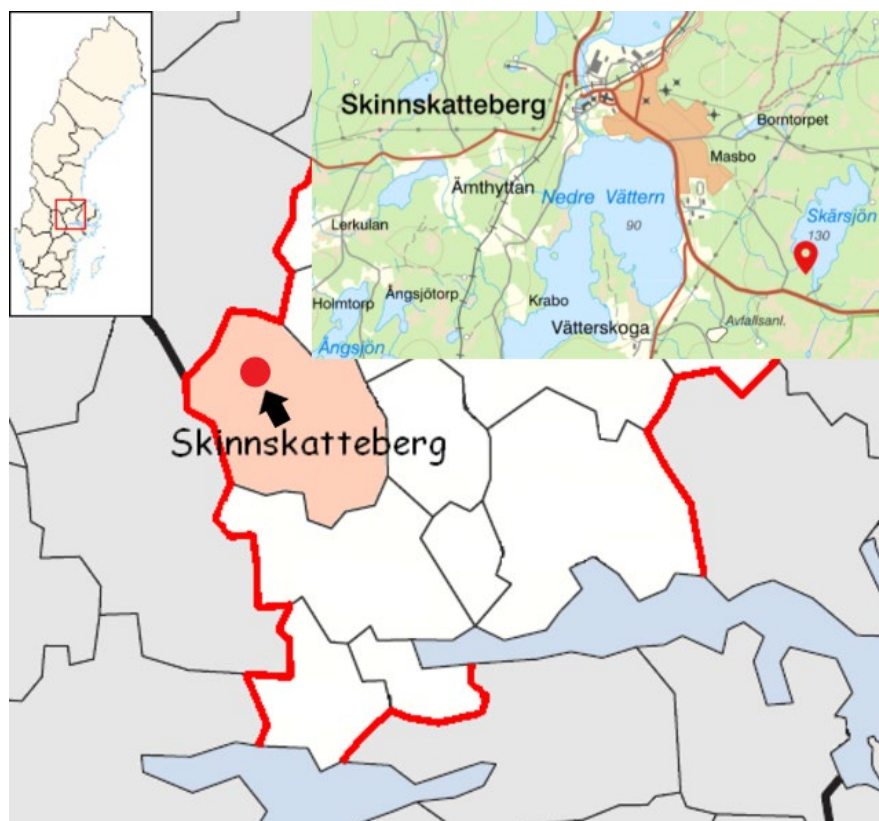
- Vilka lämpliga metoder finns det för föryngring av luckor?
- Vilken prestation har de olika föryngringsåtgärderna i luckhuggning?
- Vilken kostnad har de olika föryngringsåtgärderna i luckhuggning?

2. Material & metoder

Det här examensarbetet är en fallstudie och innehåller två delar, en teoretisk del och en praktisk del. Den teoretiska biten går ut på att systematisera olika förnygringsalternativ i luckor. Den praktiska delen har gått ut på att anlägga ett fältförsök med olika förnygringsmetoder i luckhuggning. I samband med anläggandet av fältförsöket gjordes en tidsstudie för att undersöka kostnaden för de olika förnygringsalternativen.

2.1 Området för försöket

Försöksområdet genomfördes på Sveaskogs markinnehav i Skinnskattebergs kommun strax söder om Skinnskatteberg (Figur 1). Området ligger i Vätteskogen och är en del av ett projekt där Skinnskattebergs kommun, SLU och Sveaskog är aktörer och som handlar om att introducera hyggesfritt skogsbruk i närområdet till Skinnskatteberg. Sveaskog utförde vintern 2021 en hyggesfri åtgärd där beståndet delvis blädades och där det skapades två luckor i beståndet varav den ena var på ungefär 0,3 hektar och den andra 0,1 hektar. Inga frö- eller evighetsträd hade sparats i ytorna, men uppslag av enstaka små granplantor och lövträd var etablerade sedan innan åtgärd.



Figur 1. Översigtskartan visar var Skinnskatteberg är beläget. Röd platsmarkör intill Skärsjön är området för fältförsöket.

Lokalen runt om luckorna bestod av enskiktad äldre talldominerad skog. Enligt Sveaskogs register var beståndet, innan den hyggesfria åtgärden, ca 90 år gammalt med en grundyta på 21,5 m², med 75 procent tall och 25 procent gran. Enligt registret var ståndortsindexet bedömt till T20 och marken var klassad som en grovkornig morän med en fuktighetsklass kategoriserad som torrmark.

2.2 Material för försöket

Vid uppmärkning av parceller och bedömning av GYL och MBT användes utrustning i Rekognoseringsfasen (Tabell 1). Vid anläggandet av fältförsöken och under datainsamlingen användes utrustningen i genomförandefasen (Bilaga 4). För analys av insamlade data från utförandet av fältförsöket användes utrustningen i analysfasen.

Tabell 1. Utrustning som användes vid rekognosering, genomförande och analys av fältstudien.
Förkortningar: m = meter, st = styck, L = liter, mm = millimeter.

Fas	Antal st/L	Utrustning
Rekognosering	1	Jordsond
	1	Måttband 20 m
	1	Spett
	1	Slägga
	9	Centrumpålar
	30	Ytter-markörer
	1	Sprayfärg
Genomförande	1	Husqvarna 545 FXT. Tank volym: 0,9 L
	5	Best fuel 2-takts alkylatbensin
	1	Terracut - fräs
	1	Planteringshacka SFI
	1	Sårör – Skogspodden
	2	Mikropreppskor 14 mm pyramidfördjupningar
	1	Planteringsrör – Pottiputki 49 mm
	400	Plantor – Täckrot, Härkomst; Lilla Istad FP-604 A. Ursprung; okänt. Conniflexbehandlade.
	2500	Frön – Tall, Härkomst; Mosas FP – 602. Ursprung; okänt
1	Tidtagarur	
Analys	1	Microsoft - Excel

2.3 Uppläggning av försöksleden

Försöksleden lades ut i två olika försöksluckorna (Tabell 2): en stor lucka runt 0,3 hektar (Figur 2) och en mindre lucka runt 0,1 hektar (Figur 3). Inom luckorna lades parcellerna (som är försöksleden) ut randomiserat. Parcellerna lades ut med långsidan i östlig – västlig riktning för att få plats med en bra form.

Tabell 2. Försöksleden (F) med respektive åtgärd i stora och lilla luckan. Stora luckan = F1 – F6.
Lilla luckan = F7 – F9.

Parcell	Åtgärder förkortning	Markberedning	Föryngrings metod
Stora luckan			
F1	NF	Nej	Naturlig föryngring
F2	mbRF+NF	Röjsågfräs	Naturlig föryngring
F3	mbHH+pl	Planteringshacka	Plantering
F4	mbRF+pl	Röjsågfräs	Plantering
F5	mbRF+sådd	Röjsågfräs	Sådd med mikroprepp
F6	pl	Nej	Plantering
Lilla luckan			
F7	mbRFH+Sådd	Röjsågfräs/hacka	Sådd med mikroprepp
F8	NF	Nej	Naturlig föryngring
F9	pl	Nej	Plantering



Figur 2. Schematisk skiss över parcellerna F1 – F6 i stora luckan. Norr är åt höger i bilden. Foto: Niclas Segerfur



Figur 3. Schematisk skiss över parcellerna F7 – F9 i lilla luckan. Norr är till höger i bilden. Foto: Niclas Segerfur

Fältstudien började genom att de nio parcellerna placerades ut inom luckorna. En stolpe slogs ner i mitten av den tänkta parcellen och koordinater togs och lades in i en tabell (Bilaga 1). Stolpen märktes sedan med färg och parcell nummer. Därefter mättes parcellerna upp till storleken 25×11 meter i lilla luckan och 10×30 meter i stora luckan. Det motsvarade att parcellerna i lilla luckan blev 275 m² och parcellerna i stora luckan 300 m² stora. Luckornas hela areal användes inte eftersom parcellerna behövde bli lika stora och få plats i respektive lucka som inte var helt jämnt utformad och som innehöll en del hållmark runt om. I kanterna av varje parcell uppfördes ytteravgränsningar med mindre pinnar.

Innan någon åtgärd vidtogs så klassades varje parcell utifrån ”Terrängtypschema för skogsarbete” (Berg 1982) (Tabell 3). Där klassades marken efter grundförhållande, ytstruktur och lutning (GYL). Terrängegenskaperna är en betydande faktor för prestation vid både manuellt och maskinellt arbete inom skogsvårdsåtgärder såsom markberedning (Berg 1982). Grundförhållandet klassades utifrån markfuktighet och jordart. Grundförhållandet är ett mått på hur marken tål terränggående fordon. Klassningen sträcker sig ifrån 1 – 5, där klass 1 innebär mycket bra grundförhållanden medan klass 5 beskriver mycket dåliga grundförhållanden. Ytstrukturen beskriver vilka strukturella hinder som finns i terrängen. Med det menas stenar, block eller jordhögar som är högre än 10 centimeter och hål som är djupare än 20 centimeter. Klasserna sträcker sig ifrån 1 – 5, där klass 1 betyder att markytan räknas som mycket jämn och klass 5 betyder att det är en mycket ojämn markyta. Lutningen beskriver hur mycket området lutar. Klassningen sträcker sig mellan 1 – 5, där klass 1 är plan mark eller svag lutning och klass 5 är stark lutning. Ytstrukturen och lutningen bedömdes okulärt då det var plan mark. Jordarten fanns sedan tidigare i beståndsregistret.

Markens bearbetningsmotstånd undersöktes även på varje parcell (Tabell 3). Där noterades även jordart, fältskikt, förna- och humuslagrens tjocklek, blockkvot och trädrester med stubbar (Berg 1982). Blockkvoten beskriver hur många stenar eller

block som finns i markens ytskikt. För att få fram blockkvoten i parcellerna gick förrättningsmannen över respektive parcell i två led, ett ifrån väst till öst och ett ifrån söder till norr. Där gjordes ett nedstick ner till 20 centimeter med en jordsond varannan meter. Sedan togs antalet nedstick mot hinder dividerat på antalet totala nerstick för att få fram en blockprocent. Blockprocenten gav sedan en klass mellan 1 – 5. Där klass 1 betyder inga hinder i markens ytskikt och 5 betyder extremt många hinder. Mätning utav trädrester gick till genom okulärt se över respektive parcell för att bestämma en terrängklass enligt terrängtypschemat. Markvegetationen i luckorna och utanför bedömdes till blåbärstyp efter boniteringsboken Hägglund & Lundmark (2018) och riset var fortfarande dominerande i stora delar av luckorna.

Tabell 3. Värderna för grundförhållanden (G), ytstruktur (Y), markens bearbetningsmotstånd (M), blockkvot (B) och trädrester (T) inom varje parcell. Lutningen (L) och humustjockleken (Humus) klassades för varje planteringspunkt inom parcellen och redovisas som ett medelvärde för parcellen.

Parcell	G	Y	L	Humus (cm)	M	B	T
Stora luckan							
F1	1	3	1	5 – 15	3	5	2
F2	1	2	1	5 – 15	3	5	3
F3	1	1	1	5 – 15	3	5	2
F4	1	1	1	5 – 15	3	5	2
F5	1	1	1	5 – 15	3	4	2
F6	1	1	1	5 – 15	3	5	2
Medel	1	2	1	5 – 15	3	5	2
Lilla luckan							
F7	1	3	1	5 – 15	3	5	1
F8	1	2	1	5 – 15	3	5	2
F9	1	2	1	5 – 15	3	5	1
Medel	1	2	1	5 – 15	3	5	1

2.4 Utförandet av försöket

Studien grundades på tiden det tog för respektive föryngringsåtgärd. Fältstudien genomfördes under sommaren juli månad 2022. Pauser togs med jämna mellanrum för att prestationen skulle vara så bra som möjligt. Vädret bestod av uppehåll med växlande molnighet och temperaturen låg mellan 15 – 23 grader Celsius.

Målet med markberedningen var att skapa ytor med ett kvadratförband på 2 meter, så att det slutliga antalet fläckar var mellan 2 500 – 3 000 per hektar. Markberedning med röjsågsfräs utfördes med ett fräsaggregat av typen Terracut och fläckarna eftersträvades till att bli minst 10 centimeter i radie med helt blottlagd blekjord för att förhindra snytbaggen att angripa plantorna då luckorna bitvis var kraftigt bevuxna med blåbärsris (Örlander & Nordlander 1998). Vid markberedningen med hacka försökte man skapa en omvänd torva med blekjord uppe på torvan, med en radie på drygt 10 centimeter av samma anledning som för

fläckarna efter fräsen. På grund av blockigheten var det däremot svårt att få fram mineraljord och ytorna bestod i huvudsak endast av blandad humus (Bilaga 2).

Plantering skedde i den markerade fläcken eller mitt uppe på omvända torvan om det var möjligt. I försöksledet där det ej förekom markberedning planterades plantorna med ett kvadratförband likt markberedningen på ungefär 2 meter (Bilaga 2).

Vid sådd användes en mikroprepareringsko för att tillreda en bra såbbädd. Skon skapade 20 styck små våffeljärnsliknande fördjupningar med ett djup på 14 millimeter, och däri såddes 15 – 20 frön med såröret. Vid naturlig föryngring gjordes ingen annan åtgärd än att skapa markberedningspunkterna i de försöksled som skulle ha markberedning (Bilaga 2).

På grund av att fräsen till röjsågen var så uppspliten (och ej längre fungerade effektivt) efter parcell 2, 4 och 5 så beslutades det efter halva parcell 7 att inte fortsätta med röjsåg. Resterande fläckar i parcell 7 markerades med hacka, och parcell 9 ändrades till plantering utan markberedning (Bilaga 3).

2.5 Datainsamling

Vid varje åtgärd mättes tiden med ett stoppur för att sedan antecknas. Tiden räknades från att första punkten började markeras eller planteras tills sista punkt eller planta var färdig i respektive försöksled. Detta för att få fram prestationen per timme utan avbrott ($h_{G(0)}$). Påfyllnad av bensin och hämtning av plant vid parcellkant räknades in i tidtagningen, men vid rast stoppades tidtagningen.

För att få fram ett underlag för antalet markerade fläckar- och planterade plantor lades subjektivt utlagda cirkelytor med en radie på 1,78 meter ut på alla parceller där plantor och markeringspunkter räknades. Även antalet markerade punkter och planterade plantor räknades i varje parcell.

Litteratursökningen för systematiseringen av föryngringsmetoder gick till genom att söka på internet via sökmotorer såsom Google Scholar och SLU:s bibliotek (Primo) för att sedan fyllas i tabellen i Excel. Sökord som användes var exempelvis luckhuggning, föryngring, shelterwood, sådd, markberedning, manual regeneration, osv. Litteratursökningen gjordes under juni, juli och augusti månad år 2022.

2.6 Tidsåtgång- och kostnadsanalys

För analysen av insamlade materialet användes Microsoft Excel. Analysen gick till så att den använda tiden för respektive åtgärd beräknades enligt standardformler (Bilaga 6) för att få fram ett underlag till tabeller.

Hastigheterna vid förflyttning i medelsvår terräng med GYL 222 bestämdes till 16 m/min för grävmaskin (Karlsson 2007). Hastigheten för en skotare med mb-agg i liknande terräng bestämdes till 44 m/min (Håkan Ljungberg, Bracke Forest, VD & Exportförsäljning. pers. komm. 2022-07-15). I brist på källor för förflyttning av

manuella skogsarbetare i medelsvår terräng bestämdes hastigheten för en manuell arbetare till 50 m/min baserat på hastigheten för en vandrare i medelsvår terräng (Turistförening 2022).

En skogsvårdsansvarig kontaktades för att bestämma ett pris på vad en skogsvårdsarbetare kostade. Priset bestämdes till 380 kr/timmen för både röjare (utan kostnad för bränsle) och för annan skogsvård (Jan-Olle Winqvist, Sundins skogsplantor, skogsvårdsansvarig. pers. komm. 2022-07-05).

Eftersom undersökningen inte omfattade något fältförsök för maskinell markberedning eller sådd så kontaktades en markberedningsentreprenör i Bergslagen för att bestämma kostnad för flytt och timme. Flyttkostnad för markberedare och såmaskin beräknades till 4 000 kronor per flytt (Kol-Björn Kindströmer, Kindströmer Skog & Konsult AB, Entreprenör. pers. komm. 2022-08-01). En markberedare med harv beräknades kosta 1 800 kronor i timmen (Kol-Björn Kindströmer, Kindströmer Skog & Konsult AB, Entreprenör. pers. komm. 2022-08-01). Grävmaskin beräknades kosta 3 600 kronor per flytt (Kol-Björn Kindströmer, Kindströmer Skog & Konsult AB, Entreprenör. pers. komm. 2022-08-01). Grävmaskinen beräknades kosta 1 200 kr i timmen. Prestationen för en grävmaskin som markbereder bestämdes till 0,31 ha/h och skotare med harv bestämdes till 0,64 ha/h (Johansson 2016).

Det togs fram ett pris för bensenen Best fuel 2-takts alkylatbensin vilken var 31,2 kr/l exkl. moms (Hyrsum 2022). En Terracutfräs kostade 340 kr/st exkl. moms (PJ Carlsson maskin AB, Ludvika 2022-07-5). Plantorna bestämdes kosta 4 kronor styck med Conniflex plantskydd (Svenska Skogsplantor 2022). Fröna bestämdes kosta 8 000 kronor per kilo.

3.Resultat

3.1 Metoder för föryngring i luckor

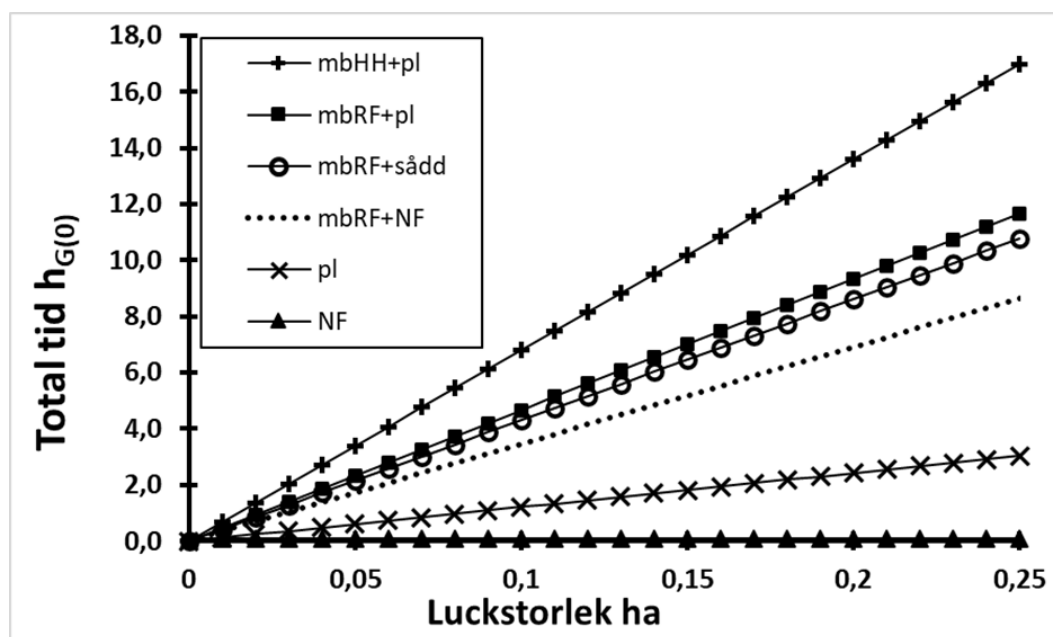
Det finns exempel i litteraturen på flertalet olika föryngringsmetoder som prövats i luckhuggning (Tabell 4). Det går att utläsa ur systematiseringstabellen att gemensamt för naturlig föryngring, sådd och plantering är att det går att utföra markberedning med harv, fläck, invers, manuell fräs eller utan någon markberedning. Variationen i urvalet av föryngringsmetod är större för sådd och plantering i jämförelse med naturlig föryngring. Men alla tre huvudmetoder har valet för en helmaskinell process genom hela föryngringsförloppet. Övriga metoder innefattar plantering av såddpuckar. Det är en relativt ny metod och har inget underlag till hur det fungerar i praktiken vid föryngring av luckor men det är en potentiell metod.

Tabell 4. Använda metoder för föryngring av luckor och potentiella metoder ifrån traktorhyggesbruket för föryngring efter luckhuggning. Nf = Naturlig föryngring. Mb = markberedning. Mek = mekaniserad. Ospec = Ospecificerad metod.

Metod/ system	Naturlig	Markberedningsmetod	Såddmetod	Planteringsmetod	Referens
Naturlig föryngring					
Nf utan mb	Ja	Nej	—	—	Karlsson et al. 2017
Nf med mb	Ja	Harv	—	—	Sarenmark 2016
Nf med mb	Ja	Fläck	—	—	Granhus et al. 2003
Nf med mb	Ja	Invers	—	—	Granhus et al. 2003
Nf med mb	Ja	Manuell - fräs	—	—	
Sådd					
Sådd utan mb	—	Nej	Manuell	—	Granhus et al. 2003
Sådd med mb	—	Manuell -Kultivator	Manuell	—	Erfur 2010
Sådd med mb	—	Harv	Maskinell	—	
Sådd med mb	—	Harv	Manuell	—	
Sådd med mb	—	Manuell - Fräs	Manuell	—	
Sådd med mb	—	Invers	Manuell	—	Granhus et al. 2003
Sådd med mb	—	Fläck - Grävmaskin	Maskinell	—	
Sådd med mb	—	Fläck - Grävmaskin	Manuell	—	Granhus et al. 2003
Plantering					
Plantering utan mb	—	Nej	—	Manuell	Granhus & Fjeld 2007
Plantering utan mb	—	Nej	—	Del-mek -Hevotrac	von Hofsten 1996
Plantering med mb	—	Manuell - ospec	—	Manuell	Erfur 2010
Plantering med mb	—	Fläck - Grävmaskin	—	Manuell	Sarenmark 2016
Plantering med mb	—	Harv	—	Manuell	de Chantal et al. 2007
Plantering med mb	—	Manuell - Fräs	—	Manuell	
Plantering med mb	—	Manuell - hacka	—	Manuell	
Plantering med mb	—	Invers	—	Manuell	Granhus & Fjeld 2007
Plantering med mb	—	Fläck	—	Manuell	Granhus & Fjeld 2007
Plantering med mb	—	Fläck - Grävmaskin	—	Mek - Grävmaskin	
Plantering med mb	—	Harv – Plantma X	—	Mek - Plantma X	
Övriga metoder					
Sådd-puck	—	Nej	—	Manuell	Wennström 2014
Sådd-puck	—	Harv	—	Manuell	Wennström 2014

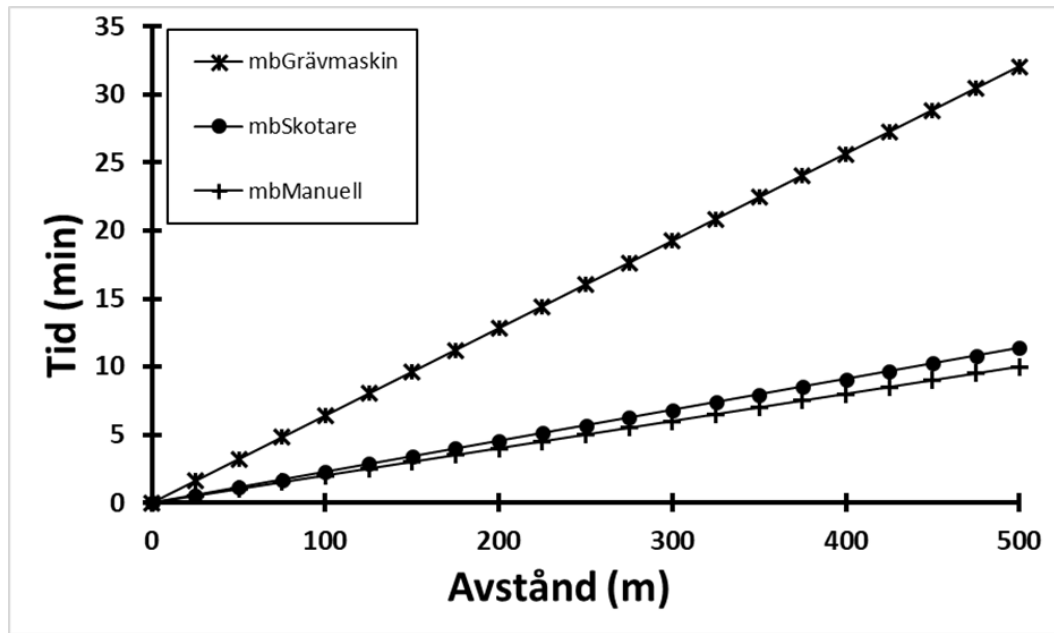
3.2 Tidsstudie föryngring i luckor

På grund av högläggning på stenig mark var markberedning (högläggning) med hacka plus plantering (mbHH+pl) den mest tidskrävande föryngringsåtgärden och tog ungefär 68 $h_{G(0)}/ha$ (Figur 4). MbHH+pl skjuter iväg i jämförelse med markberedningen med röjsågsfräs och plantering (mbRF+pl). Den senare tog närmare 47 $h_{G(0)}/ha$. I jämförelse med mbRF+pl tog mbRF+sådd drygt 43 $h_{G(0)}/ha$ vilket innebar 3 – 4 timmar per ha kortare arbetstid. Den mest tidseffektiva åtgärden var naturlig föryngring utan markberedning (NF) vilken låg på 0 $h_{G(0)}/ha$. Resultatet visade att efter NF var plantering utan markberedning (pl) minst tidskrävande på drygt 12 $h_{G(0)}/ha$ per hektar.



Figur 4. Tidsåtgången för utförd föryngringsåtgärd baserat på luckans storlek och 2 500 fläckar/plantor per hektar. MbHH = markberedning (högläggning) med hacka. Mbrf = markberedning med röjsågsfräs. Pl = plantering. NF = naturlig föryngring.

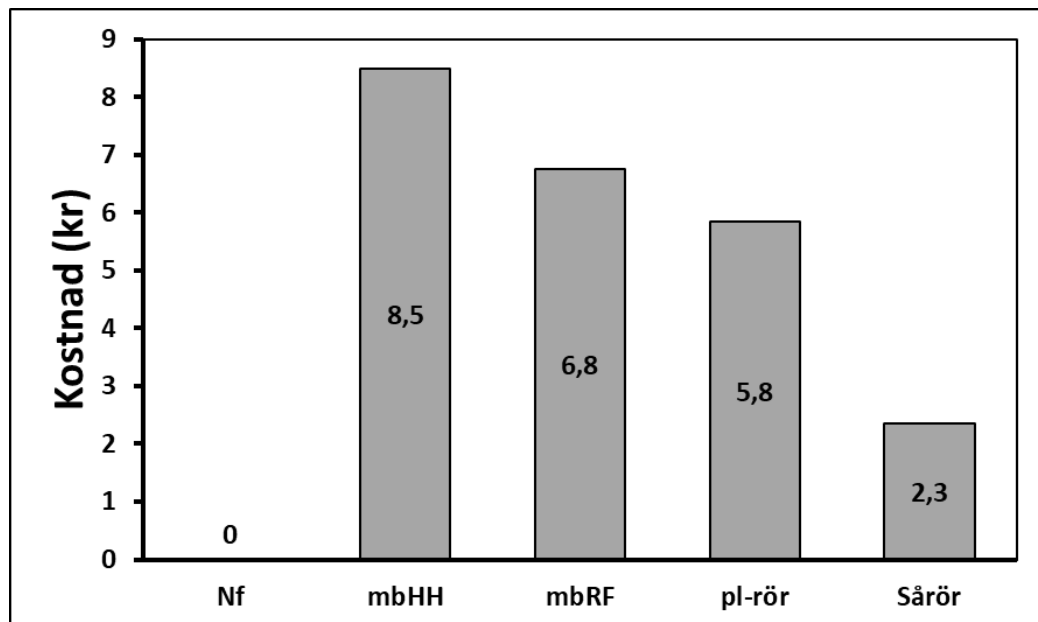
Vid förflyttning (Figur 5) går det att se att grävmaskinen tar längst tid att förflytta i medelsvår terräng i jämförelse med en person och en skotare vilka båda tar sig fram nästan lika snabbt i sådan terräng. Hastigheten är beräknad på medelsvår terräng med ett GYL på 222, dock varierar hastigheten beroende på om terrängen är lättare eller svårare. Men utifrån detta terrängantagande rör sig en skotare och person över 100 procent snabbare än en grävmaskin. Tiden för förflyttning i terräng innebär inte bara mellan luckorna utan även från väg till första föryngringsluckan.



Figur 5. Tidsåtgången för förflyttning mellan luckor baserat på avstånd och hastigheterna 16, 44, och 50 m/min för grävare (mbGrävmaskin), skotare (mbSkotare) respektive människa (mbManuell).

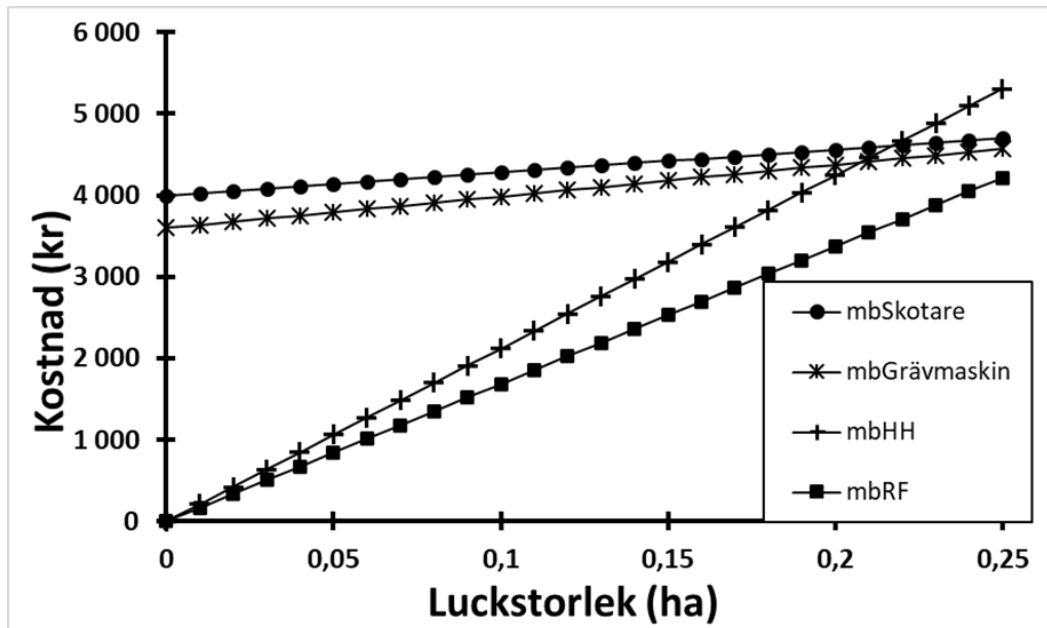
3.3 Kostnad för föryngring i luckor

Kostnaden för enskild åtgärd i fältförsöket (Figur 6) visade sig vara högst för högläggning med hacka vilken var 25 procent dyrare per markberedningspunkt i jämförelse med markberedning med röjsågsfräs. Vid plantering i markberedd med röjsågsfläck kan man konstatera att denna metod nästintill kostar dubbelt så mycket som vad metoden med naturlig föryngring efter markberedning gör (Fig 6; pl-rör vs Nf). Plantering var över 150 procent dyrare än sådd, mycket på grund av att plantmaterial är relativt dyrt och plantkostnaden vid fältförsöket var 4 kronor styck (Figur 6; pl-rör vs sårör). MbRF beräknades att kosta 488 kronor i timmen medräknat personalkostnad, bensinkostnad och förbrukningsmaterial såsom markberedningsklinga. För mbHH blev priset endast 380 kronor i timmen då inget förbrukningsmaterial gick åt. Kostnaden för en markberedd fläck blev 6,8 kronor fläcken för mbRF och 8,5 kronor fläcken för mbHH.



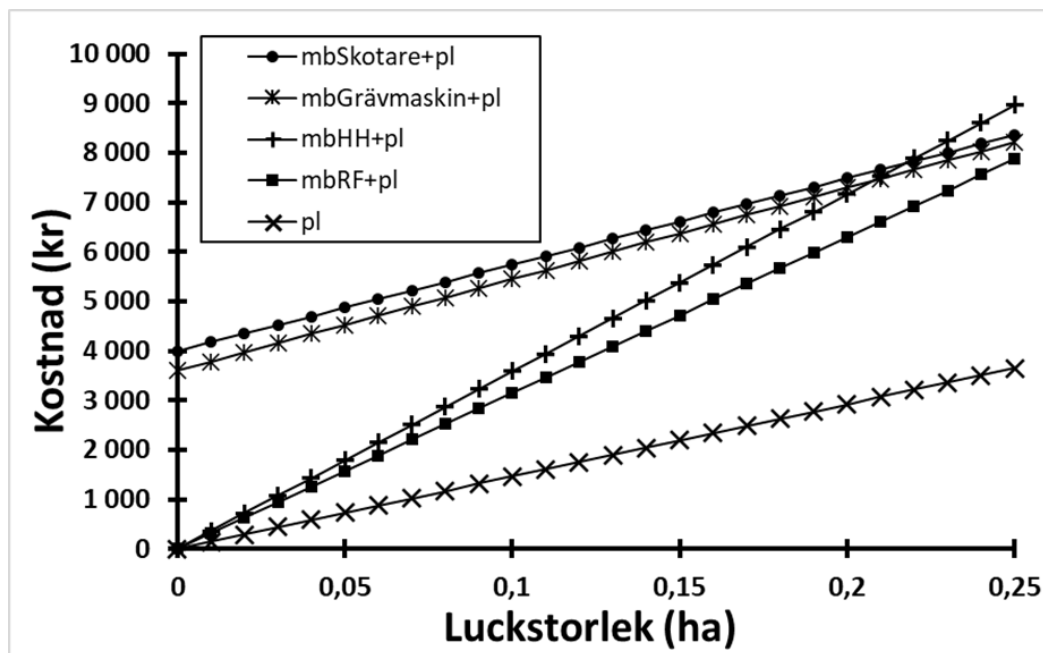
Figur 6. Kostnaden för varje markberedningspunkt, planterad planta och sådd fläck. Nf = naturlig föryngring. MbHH = markberedning (högläggning) med hacka. MbRF = markberedning med röjsågsfräs. PL = plantering.

Kostnaden för de olika markberedningsmetoderna (Figur 7) varierar kraftigt i små luckor men när storleken på luckan närmar sig 0,2 – 0,3 hektar möts de manuella metoderna med de maskinella (trots maskinernas flyttkostnader). Vid endast en lucka under 0,2 ha är det mer kostnadseffektivt att markbereda med någon av de manuella metoderna, men vid flertalet luckor där den totala arealen överstiger 0,3 hektar är det mer lönsamt med maskinell markberedning.



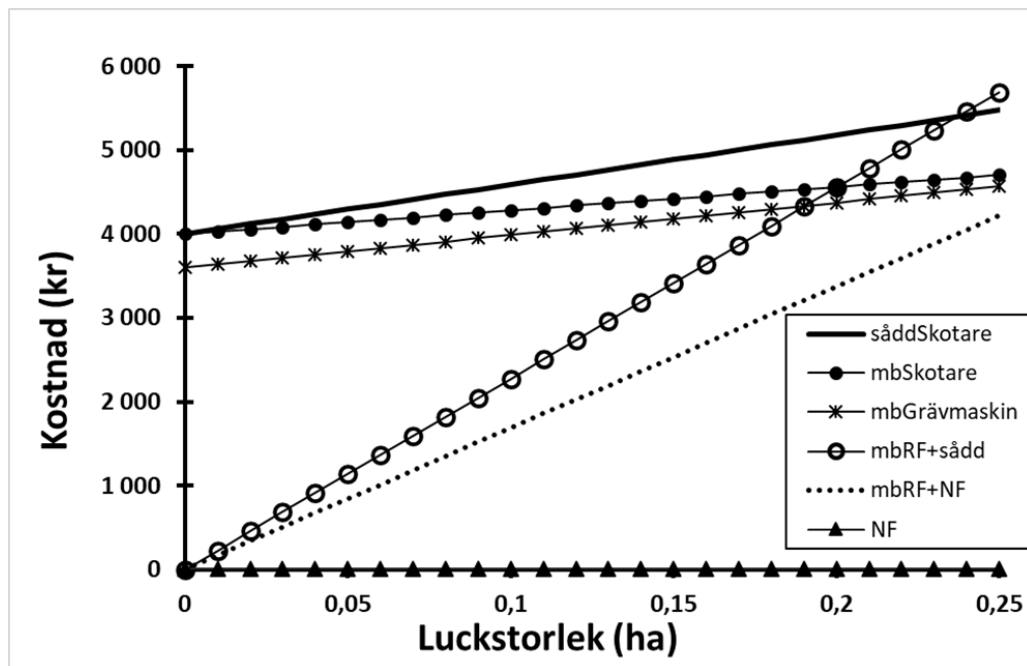
Figur 7. Kostnad för olika markberedningsmetoder i luckor baserat på storleken av luckan, inklusive transportkostnad på 4 000 kr för mbSkotare och 3 600 kr för mbGrävmaskin. Mb = markberedning. MbHH = markberedning (högläggning) med hacka. MbRF = markberedning med röjsågfräs.

Kostnaden för plantering i luckor kombinerat med markberedning (Figur 8) har liknande utveckling som vid markberedning, men plantering utan markberedning är mest kostnadseffektiv. Vid plantering beräknades varje planterad planta kosta 5,8 kronor utan förberedande markberedning. Med förberedande manuell markberedning kostade det för mbHH+pl 14,3 kronor per planterad planta och för mbRF+pl kostade det 12,6 kronor per planterad planta.



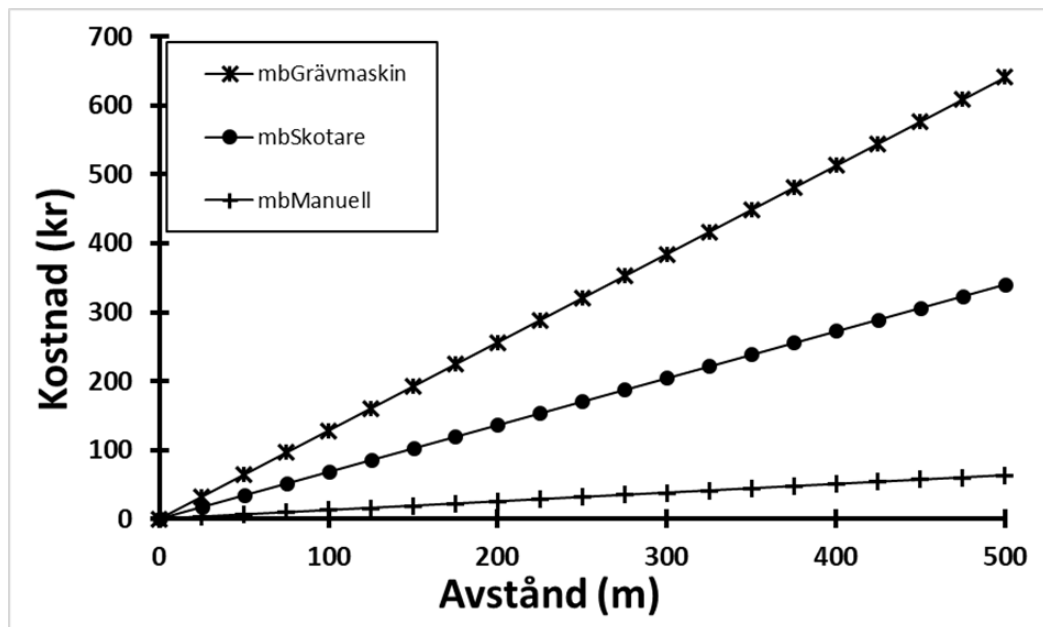
Figur 8. Kostnad för markberedning kombinerat med plantering i luckor, baserat på storleken av luckan, inklusive transportkostnad på 4 000 kr för mbSkotare och 3 600 kr för mbGrävmaskin. Mb = markberedning. MbHH = markberedning (högläggning) med hacka. MbRF = markberedning (fläckmarkberedning) med röjsågfräs. Pl = plantering.

Resultatet visade att NF var den billigaste metoden vid luckhuggning oavsett antalet luckor eller luckstorleken eftersom kostnaden ligger på 0 kronor per hektar (Figur 9). Efter NF var mbRF+NF den billigaste metoden upp till luckstorleken 0,25 – 0,3 hektar då den möter maskinell markberedningen. Vid sådd beräknades varje såddyta kosta cirka 2,3 kronor. mbRF+sådd kostade 9,1 kronor per fläck vilket är betydligt billigare än mbRF+pl.



Figur 9. Kostnad för naturlig föryngring kombinerat med markberedning och sådd kombinerat med markberedning, baserat på storleken på luckan. Inklusiv transportkostnad på 4 000 kr för mbSkotare och 3 600 kr för mbGrävmaskin. Nf = naturlig föryngring. Mb = markberedning. MbRF = markberedning med röjsågfräs

I medelsvår terräng är kostnaden för att förflytta en person är billigast oavsett avstånd (Figur 10) och kostar cirka 127 kr/km vid en timkostnad på 380 kr/h. I jämförelse kostar en skotare i medelsvår terräng 682 kr/km att förflytta och grävmaskin ligger på 1 282 kr/km.



Figur 10. Kostnad för förflyttning mellan luckorna baserat på av timkostnad och avstånd. Hastigheterna 16, 44, och 50 m/min för grävare (mbGrävmaskin), skotare (mbSkotare) respektive människa (mbManuell).

4. Diskussion

4.1 Huvudresultat

Litteraturstudien visar att det finns ett brett urval av olika metoder för att föryngra luckor. Många av metoderna har tillämpats i försök och är beprövade sedan tidigare. Den metod som är vanligast förekommande inom luckhuggning är naturlig föryngring.

Av de föryngringsmetoder som innebär någon form av manuell åtgärd är sådd med sårör utan markberedning den mest tidseffektiva föryngringsåtgärden. Anledningen är att markberedning med högläggning och röjsågfräs är ett tidskrävande moment, vilket leder till att sådd utan markberedning får högst tidseffektivitet av de metoder som prövades i föreliggande studies fältförsök.

Av de föryngringsmetoder som innebär någon form av åtgärd var sådd den mest kostnadseffektiva metoden. Manuell sådd beräknades till 2,3 kr/fläck vid sådd med såddrör. Den mest tidskrävande, och således dyraste, manuella metoden var högläggning med hacka och plantering, vilken gav en sammanlagd kostnad på 14,3 kr/planta.

4.2 Metoder för föryngring i luckor

Enligt Andersson & Appelqvist (2020) är naturlig föryngring med inslag av hjälpanter den vanligaste metoden vid luckhuggning. Det visade sig också finnas försök där man har prövat sådd och plantering i luckhuggning (Erfur 2010; Fjeld & Granhus 2008; Sarenmark 2016). Däremot finns det fler möjligheter att implementera mer maskinella metoder som sådd och plantering med skotare vid schackrutehuggning (dvs. upp till 50 procent i uttag vid första ingreppet) eftersom den har fördelen att det går att utöva metoden mer rationellt. Vid schackrutehuggning blir föryngringsarealen mer strukturerad och redskap/maskiner som används i trakthyggesbruket lämpar sig väl. Därför listades i tabellen för föryngringsalternativ (Tabell 4) även andra potentiella metoder som används inom den skogsskötselmetoden såsom sådd och plantering med skotare eller grävmaskin.

I både plantering och vid sådd bör man ha med sig att vid luckhuggning av tall så kommer det med stor sannolikhet även ett uppslag av naturligt föryngrade tallar. Detta eftersom en frötall effektivt föryngrar sig upp till 30 – 40 meter bort från sin position (Letho 1956). Det ger både en extra säkerhet om inte det förädlade materialet skulle ta sig, men kan även vara en extra kostnad vid röjning om det skulle önskas i luckan.

4.3 Tidsåtgång vid luckföryngring

Röjsågfräsen i den här studien hade lägre prestation än vid Söderlunds studie (2018) men resultatet är ändå snarlikt. Söderlund låg på 82 planteringspunkter/ $h_{G(0)}$ och i den här studien låg snittet på 72 planteringspunkter/ $h_{G(0)}$ med liknande storlek på fläckarna. Även högläggning med SFI-hackan hade lägre prestation än i

Callin & Hanssons (1959) studie om fläckmarkberedning. I deras studie tog en fläck 38 s att utföra för fläckmarkberedning och plantering och i Callins (1949) studie tog det med samma redskap 19,2 s att fläckmarkbereda en fläck på 0,16 m². I föreliggande studie tog det 97,2 s per planta för högläggning och plantering med SFI-hacka, vilket var 400 procent högre tidsåtgång än i Callin & Hanssons (1959) studie. Utförandet skiljer sig för högläggning och fläckmarkberedning då högläggning är mer tidskrävande eftersom en omvänd torva ska skapas i jämförelse vid fläck där målet bara är att blottlägga mineraljord. I den här studien var markens bearbetningsmotstånd hög när det kom till blockighet under förnan (Tabell 3), och detta påverkade tiden för högläggnings eftersom utföraren fick bända sten och skrapa upp mineraljorden som fanns mellan stenarna. Jämförelsen ger ändå en indikation på hur snabb fläckmarkberedning med hacka kan vara vid rätt förhållanden.

Tiden för plantering i föreliggande studie är liknande tidsåtgången som uppmättes i Fjeld & Granhus (2008) studie för plantering i luckhuggning. I Fjeld & Granhus (2008) tog det i snitt 18 s per planterad planta för enbart plantering utan markberedning. I föreliggande studie låg snittet på planteringen på 17,5 s per planta. Båda studiers tidsåtgångar skiljer sig ifrån Delong & Stjernbergs (1990) studie om plantering inom trakthyggesbruk med Pottiputki planteringsrör, där låg snittet på 35 s per planterad planta. Som i föreliggande studie var plantörerna oerfarna användare av planteringsrör men presterade ändå betydligt långsammare. Det kan bero på att i Delong & Stjernberg (1990) upplevdes det svårt att plantera i den hårda leran och även plantförbandet kan spela roll eftersom stamantalet gick upp till 3 000 per/ha i föreliggande studie vilket innebär mindre gångtid.

4.4 Kostnad vid luckföryngring

Kostnaden för att föryngra en lucka påverkas av flera olika faktorer. Framför allt så är det den sammanlagda arealen som ska föryngras som påverkar kostnaden. Föreliggande studie visade att manuella metoder är billigare än maskinella på små ytor, och detta resultat stöds av Ahlms (2019) studie. Även Söderlunds (2018) studie visade att kostnaden för 2 300 planteringspunkter/ha var billigare för röjsågfräs upp till 0,35 ha i jämförelse med maskinell markberedning. I föreliggande studie gick gränsen för röjsågfräs vid drygt 0,3 ha för 2 500 fläck/ha (Figur 9) vilket stämmer väl överens med Söderlunds (2018) studie.

Kostnaden påverkas även av avståndet från väg till första luckan och avståndet mellan luckorna (Figur 10), då det är stor kostnadsskillnad på en person och en maskin som förflyttar sig i terräng. Även om maskinell markberedning blir mer kostnadseffektivt än både högläggning med SFI-hacka och röjsågfräs när föryngringsarealen överstiger 0,2 – 0,3 hektar, bör de manuella metoderna inte uteslutas. Detta eftersom de manuella metoderna kan vara ett bra komplement när terrängen är otjänlig för maskinell markberedning eller när luckorna är små eller ligger långt ifrån väg/varandra.

Den billigaste metoden för föryngring i luckor visade sig inte helt oväntat vara naturlig föryngring (Figur 6), och resultatet stöds av Jonsson et al. (2022) studie. Om man vill använda sig av förädlat material vid föryngring, men eftersträvar en

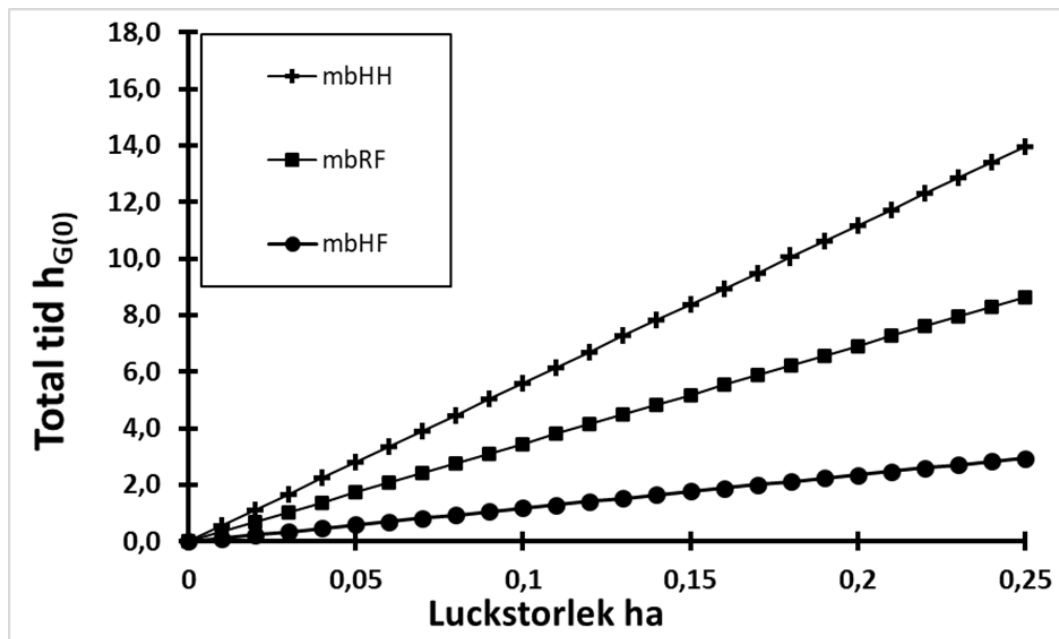
låg anläggningskostnad bör man så manuellt med sårör eller såddkanna utan markberedning. I framtiden skulle sådd med drönare vara ett alternativ eftersom drönarsådd har potential att vara ännu effektivare än både konventionella såddmaskiner och personer i bland annat svårtillgänglig terräng (Novikov & Ersson 2019). Det krävs dock mer forskning på hur metoden tillämpas bäst för att det ska bli en så lyckad förnygring som möjligt (Castro et al. 2022).

4.5 Styrkor & svagheter med studien

Personen som utförde det manuella arbetet är i god form och van vid användning av röjsåg sedan tidigare vilket gav en god grund till att lära sig använda Terracuten. Det var även samma person som utförde alla moment vilket ger en mer pålitlig relation till tidsresultatet mellan de olika momenten som genomfördes under fältförsöket. Alla försök anlades dessutom i samma försöksområde, där alla olika parceller hade liknande förutsättningar när det kommer till GYL och MBT (Tabell 2) vilket gör att tidsuppgifterna får ett starkare samband med varandra. Andra styrkor med studien är att det finns tidigare studier att ta lärdom av angående de manuella metoderna.

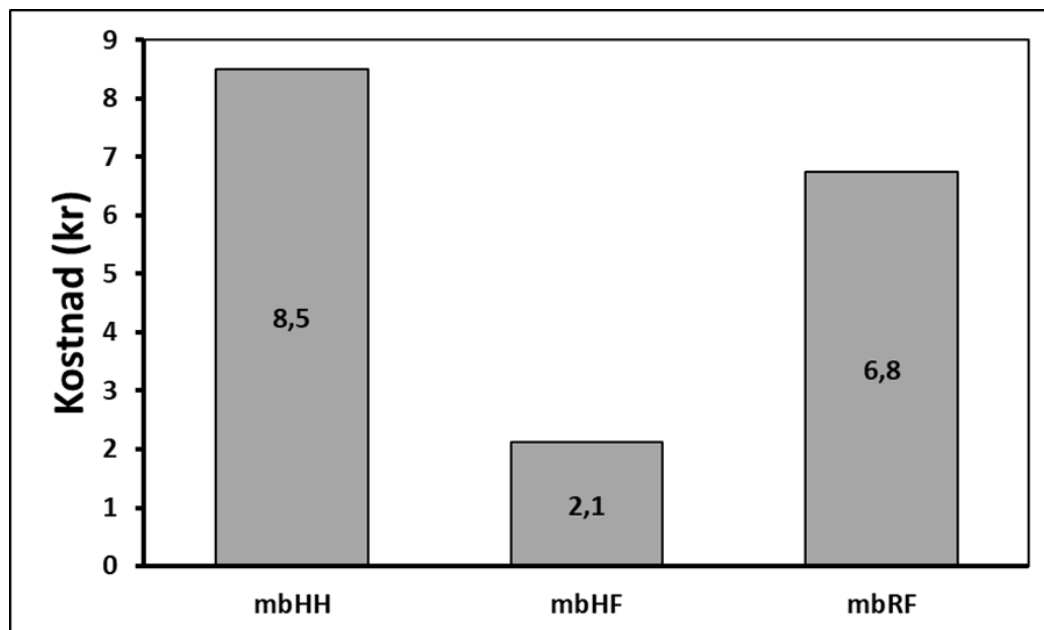
Det finns däremot även svagheter i studien. Visserligen var operatören van vid att använda röjsåg och hade planterat en del med borrh, men operatören hade aldrig använt sig av Terracutfräs, SFI-hacka, Pottiputki planteringsrör eller Skogspodden sårör förut. Därmed blev det en inlärningseffekt under arbetes gång. Inlärningseffektens påverkan på prestationen vid manuellt skogsförnygringsarbete har tidigare rapporterats av DeLong & Stjernbergs (1990).

En annan svaghet med studien var att det blev högläggning i stället för fläckmarkberedning med SFI-hacka. Metoderna skiljer sig mycket åt i utförande och generellt rekommenderas inte högläggning på torr mark. Det blir också svårt att jämföra tidsåtgången mot fläckmarkberedning med röjsågfräs. Men som Callins studie (1949) visade kan fläckmarkberedning med SFI-hacka vara betydligt mer tidseffektiv än högläggning med SFI-hacka och röjsågsfräs (Figur 11). Det resulterar i en mycket lägre anläggningskostnad per markberedd fläck på runt 2 kr fläcken (Figur 12), vilket gör att fläckmarkberedning med SFI-hacka (vid timpriset 380 kr) kan konkurrera med maskinell markberedning upp till ca 2 ha.



Figur 11. Tidsåtgång för mbHH (högläggning med SFI-hacka), mbRF (fläckmarkberedning med röjsågsfräs) och mbHF (fläckmarkberedning med SFI-hacka enligt tidsåtgången i Callins [1949] studie).

Även vädret hade en viss påverkan på försöket, på grund av att arbetet genomfördes mitt under sommaren så började det tidigt på morgonen när temperaturen låg runt 15 grader Celsius och avslutades vid lunch när temperaturen oftast var runt 23 grader Celsius. Ju längre in mot lunch det blev desto mer frekvent behövdes pauser och vätska då arbetet med framför allt röjsåg blev tungt och varmt. Bristen på extra Terracutklingor är en svaghet, då slitaget på klingan blev påtagligt (Bilaga 5) något som i sin tur ledde till att kvalitén på fläckarna blev sämre ju mer klingan slets. Den slitna klingan fick helt enkelt problem med att riva sönder förnan ordentligt, vilket ledde till mer ansträngning för föraren som fick använda mer muskelkraft för att få bort förnan. Det gjorde även att en del parceller fick ändras från röjsågsfräs till andra metoder (F7 blev delvis fläckmarkberedd med hacka och F9 planterades i stället för naturlig förnygring och markberedning med röjsågsfräs).



Figur 12. Kostnad per markberedd fläck för mbHH (högläggning med SFI-hacka), mbHF (fläckmarkberedning med SFI-hacka enligt tidsåtgången i Callins [1949] studie), och mbRF (fläckmarkberedning med röjsågsfräs).

4.6 Framtida studier

I framtiden kommer försöksområdet med de etablerade försöken behöva följas upp för att se hur de olika förnyngningsmetoderna har tagit sig i luckorna. Därför rekommenderas en uppföljningsstudie om cirka 5 – 7 år på hur metoderna har tagit sig och vilken lönsamhet de har.

Det finns studier där man har använt sig av grävmaskin och markberedningsförsedd skotare i luckhuggning (Fjeld & Granhus 2008; Sarenmark 2016). Det finns dock få studier på vilken prestation markberedare har i luckhuggning. Eftersom föreliggande studie konstaterat att förflyttning i terräng mellan luckor är ett tidskrävande moment så borde även storleken och formen på luckan spela roll för den markberedande maskinens prestation. Detta gäller speciellt för grävmaskiner som rör sig långsamt och vid många små luckor skulle behöva förflytta sig ofta vilket tar tid. Även här bör man undersöka vilken lönsamhet valet av maskin har beroende på vilken luckhuggningsmetod som används, expanderande eller schackrutemetoden. Vid valet av maskin bör man även undersöka om mindre maskiner som till exempel Malwa, Vimek osv. kan få en bättre lönsamhet än stora maskiner. Som Savill (2004) noterade så spelar utformningen och storleken på luckan roll för skötseln, och expanderade luckhuggning innebär fler förnyngningsingrepp i ett bestånd jämfört med schackrutemetoden.

Som nämnts ovan om prestation vid markberedningen så bör även en tidsstudie göras på hur planteringsmaskiner och såddmaskiner (maskinell markberedning med såddaggregat) presterar vid luckhuggning beroende på både luckhuggningsmetod (schackrutesystem eller expanderande) och storleken på

luckan. Även plantering av såddpuck skulle kunna vara ett alternativ att ta med i en sådan studie då det är en relativt ny metod med få studier.

4.7 Slutsatser

Slutsatserna av denna studie är följande:

- Eftersom luckhuggning kan ses som ett trakthyggesbruk i miniatyr där man gör flera små hyggen, så finns det möjlighet att använda många olika varianter av markberedning vid kombination med naturlig föryngring, sådd och plantering.
- Avståndet från väg till första luckan och avståndet mellan luckorna spelar roll för hur tidskrävande och dyr markberedningen blir. Grävmaskinen förflyttar sig långsammast i terräng men blir oftast ungefär lika dyr som en markberedningsförsedd skotare. En manuell arbetare blir billigast vid förflyttning mellan luckorna.
- Naturlig föryngring tar minst tid att genomföra och ger även den minsta föryngringskostnaden. Om man vill använda sig av förädlat skogsodlingsmaterial så är manuell sådd utan förberedande markberedning billigast. Därefter följer plantering utan markberedning. Vid manuell markberedning är röjsågfräs i stenig terräng snabbare än högläggning med hacka och kan därför vara mer kostnadseffektiv. Röjsågfräs konkurrerar med maskinell markberedning upp till en total luckareal på drygt 0,3 hektar, därefter blir maskinell markberedning mer kostnadseffektiv än röjsågfräs. Man bör dock inte utesluta manuella metoder eftersom tidigare studier och operativt skogsbruk har visat på betydligt lägre tidsåtgång för manuell fläckmarkberedning än tidsåtgången för högläggning som framkom i föreliggande studie.

Referenser

- Ahlm, J. (2019). *Manuell markberedning med kultivatoraggregat*. (Examensarbete 2019:05). Sveriges lantbruksuniversitet. Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet.
- Andersson, R. Appelqvist, C. (2020) *Hyggesfritt skogsbruk*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Appelqvist, C. Sollander, E. Norman, J. Forsberg, O. & Lundmark, T. (2021). *Hyggesfritt skogsbruk: Skogsstyrelsens definition*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Arseneault, J.E., Saunders, M.R., Seymour, R.S. & Wagner, R.G. (2011). *First decadal response to treatment in a disturbance-based silviculture experiment in Maine*. Forest Ecology and Management, vol. 262 (3): 404–412.
- Berg, S. (1982). *Terrängtypsschema för skogsarbete*. Spånga: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Bergsten, U. Sahlén, K. (2013) *Skötselserien 5, Sådd* – Skogsstyrelsen.
- Callin, G. (1949). *Redogörelse för några markberedningsförsök med häst- och maskindragna redskap* Stockholm: Statens skogsforskningsinstitut. (Arbetsstudie Band 38: Nr 1)
- Callin, G. & Hansson, J-E. (1959). *Plantering av tall och gran*. Stockholm: Statens skogsforskningsinstitut. (Arbetsstudie Band 48: Nr 8)
- Castro, J., Morales-Rueda, F., Alcaraz-Segura, D. & Tabik, S. (2022). *Forest restoration is more than firing seeds from a drone*. Restoration ecology, e13736.
- de Chantal, M., Rita, H., Bergsten, U., Löfvenius, M. & Grip, H. (2009). *Frost heaving of Picea abies seedlings as influenced by soil preparation, planting technique, and location along gap-shelterwood gradients*. Silva Fennica, vol. 43 (1): 39–50.
- Dahlberg, A. (2011) *Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk - Slutrapport för delprojekt naturvärden*. (2011:7) Jönköping: Skogsstyrelsen
- DeLong, D.L. Stjernberg, E. (1990). *Comparing the Pottiputki to the Planting Shovel*. Field note: Silviculture. No.17. Forest Engineering Research Institute of Canada
- Erefur, C. (2010). *Regeneration in continuous cover forestry systems*. Diss. Dept. of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences.

Ersson, B.T. (2014). *Concepts for mechanized tree planting in southern Sweden*. (2014:76) Department of Forest Biomaterials and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences.

Ersson, B.T. (2021). *Mekaniserad skogssådd: goda exempel på bra skogsbruk – sammanställt inom ett EU Erasmus+ projekt*. Net4Forest. O4 output.

Granhus, A. & Fjeld, D. (2007). *Planting etter lukket hogst - tidsforbruk og biologisk resultat*. Foryngelse for et bærekraftig skogbruk

Granhus, A. & Fjeld, D. (2008). *Time consumption of planting after partial harvests*. *Silva Fennica*, vol. 42 (1): 49.

Granhus, A., Brække, F.H., Hanssen, K.H. & Haveraaen, O. (2003). *Effects of partial cutting and scarification on planted Picea abies at mid-elevation sites in south-east Norway*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 18 (3): 237–246.

Hallikainen, V., Hökkä, H., Hyppönen, M., Rautio, P. & Valkonen, S. (2019). *Natural regeneration after gap cutting in Scots pine stands in northern Finland*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 34 (2): 115–125.

Hallsby, B. (2009). *Skogsskötselserien nr 3, Plantering av barrträd* sid 26–35. Skogsstyrelsen; Jönköping.

Heiding, K. (2020). *Studie av förnygringsresultat efter luckhuggning i äldre tallskog – inom Jädraås försökspark*. (Examensarbete 2020:06). Sveriges lantbruksuniversitet. Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet.

Hoffsten Von, H. (1996). *Delmekaniserad plantering med HevoTrac*. (Resultat 1996:12) Skogforsk: Uppsala.

Hyrsum (2022). *Bensin Alkylat, 2-Takt, 5 Liter, Best Fuel*
<https://hyrsam.se/forsaljning/view/bensin-alkylat-2-takt-5-liter-best-fuel1> (2022-07-10)

Johansson, M. (2016). *Markberedning i brant och stenig terräng en jämförande studie mellan markberedning med harv, grävmaskin och spadförsedd skördare*. (Arbetsrapport 2016:14). Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi.

Jonsson, A., Elfving, B., Hjelm, K., Lämås, T. & Nilsson, U. (2022). *Will intensity of forest regeneration measures improve volume production and economy?* *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 37 (3): 200–212.

Karlsson, J. (2007). *Produktivitet vid stubblyftning*. (Arbetsrapport 2007:168) Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi.

Karlsson, C. Sikström, U. Örlander, G. Hannerz, M. Hånell, B. & Fries, C. (2017). *Skogsskötselserien nr 4*, Naturlig förnygring av tall och gran sid 42–49. Skogsstyrelsen; Jönköping.

Lehto, J. (1956). *Studies on the Natural Reproduction of Scots Pine on the Upland Soils of Southern Finland*. Acta For. Fenn. 66:2, 1–106.

Möller, L. Von Essen, M. (2021) *Vad är hyggesfritt skogsbruk? – Resultat av nio fokusgruppsamtal våren 2020*. (2021:1) Umeå; Future Forest. Sveriges lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning

Novikov, A.I. & Ersson, B.T. (2019). *Aerial seeding of forests in Russia: A selected literature analysis*. IOP conference series. Earth and environmental science, vol. 226 (1).

Rosell, S. Magnusson, B. Oleskog, G. (2010). *Omföring av enskiktad granskog till flerskiktad granskog*. Skogsstyrelsen, Projekt hyggesfritt skogsbruk & kontinuitetsskog.

Sarenmark, L, S. (2016). *Alternativa skogsskötselmetoder i Vildmarksriket – ett pilotprojekt*. (2016:4). Skogsstyrelsen; Jönköping.

Savill, P. (2004) *Silviculture, Silvicultural Systems*. Oxford Forestry Institute, Oxford, UK

Sikström U. Hjelm K. Holt Hanssen K. Saksa T. Wallertz K. (2020). *Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts in Fennoscandia – a review*. Silva Fennica vol. 54 (2). article id 10 172.

Sundqvist, H. (2021) *Sveriges Officiella Statistik Statistiska meddelanden - Kostnader i det storskaliga skogsbruket 2020*. Skogsstyrelsen.

Svenska skogsplantor (2022). *Prislista Plantor 2022*.
<https://www.skogsplantor.se/media/suvg0eep/prislista-ssp-2022.pdf>

Svensk turistförening (2022) *Hur långt tid tar det att vandra?*
<https://www.svenskaturistforeningen.se/guider-tips/fjallen/hur-lang-tid-vandra/>
(2022-07-15)

Söderlund, E (2018). *Motormanuell markberedning med Terracut-fräs: prestation och kostnad*. Skinnskatteberg. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. (Projektarbete i kursen Skoglig driftsledning 2018).

Zielke, K. Bancroft, B. & Scott, M. (1999). *Introduction to silvicultural systems*. Victoria, BC, BC Ministry of Forests, Forest Practices Branch.

Wennström, R. (2014). *LandPuck-systemets ekonomiska konkurrenskraft jämfört med tallplantering i norra Sverige*. (Arbetsrapport 2014:15) Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi.

Örlander, G. och Nordlander, G. (1998). *Skärmar, markberedning och andra skogsskötselåtgärder – kan de minska snybaggeskadorna?* Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 137(15), s 59–69

Personlig kommunikation

Kindströmer, Kol-Björn. Entreprenör markberedning. Kindströmer Skog & Konsult AB. (2022-08-01)

Ljungberg, Håkan. VD & exportförsäljning. Bracke forest. (2022-07-15)

Winqvist, Jan-Olle. Skogsvårdsansvarig. Sundins Skogsplantor (2022-07-05)

Bilagor

Bilaga 1. Koordinater för parcellcentrum och fältmarkörer

Bilaga 2. Bilder på föryngringsåtgärderna i fältförsöket

Bilaga 3. Bilder på parceller efter fältförsöket

Bilaga 4. Utrustning som användes vid försöket

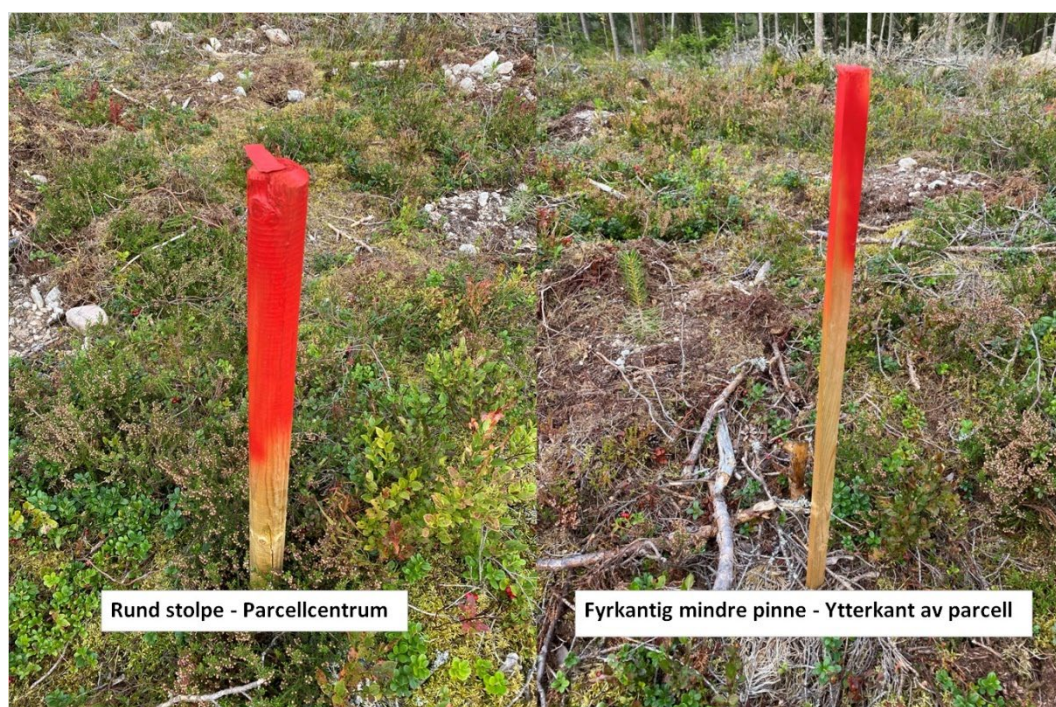
Bilaga 5. Terracutslitage

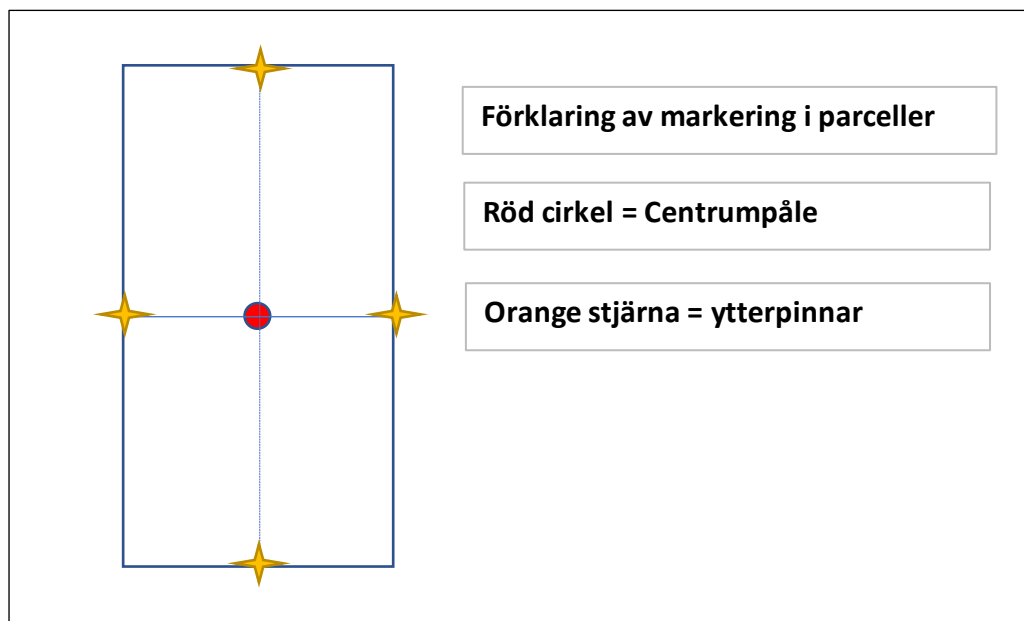
Bilaga 6. Standardformler för analys

Bilaga 1. Koordinater för parcellcentrumen och fältmarkörer

Koordinater SWEREF 99 TM		
Parcell	N	E
F1	6630005	541171
F2	6630012	541175
F3	6630023	541177
F4	6630032	541179
F5	6630042	541182
F6	6630057	541173
F7	6629947	541143
F8	6629938	541140
F9	6629926	541137

Markering av parcellcentrum och ytterkanter.





Bilaga 2. Bilder på föryngringsåtgärderna i fältförsöket



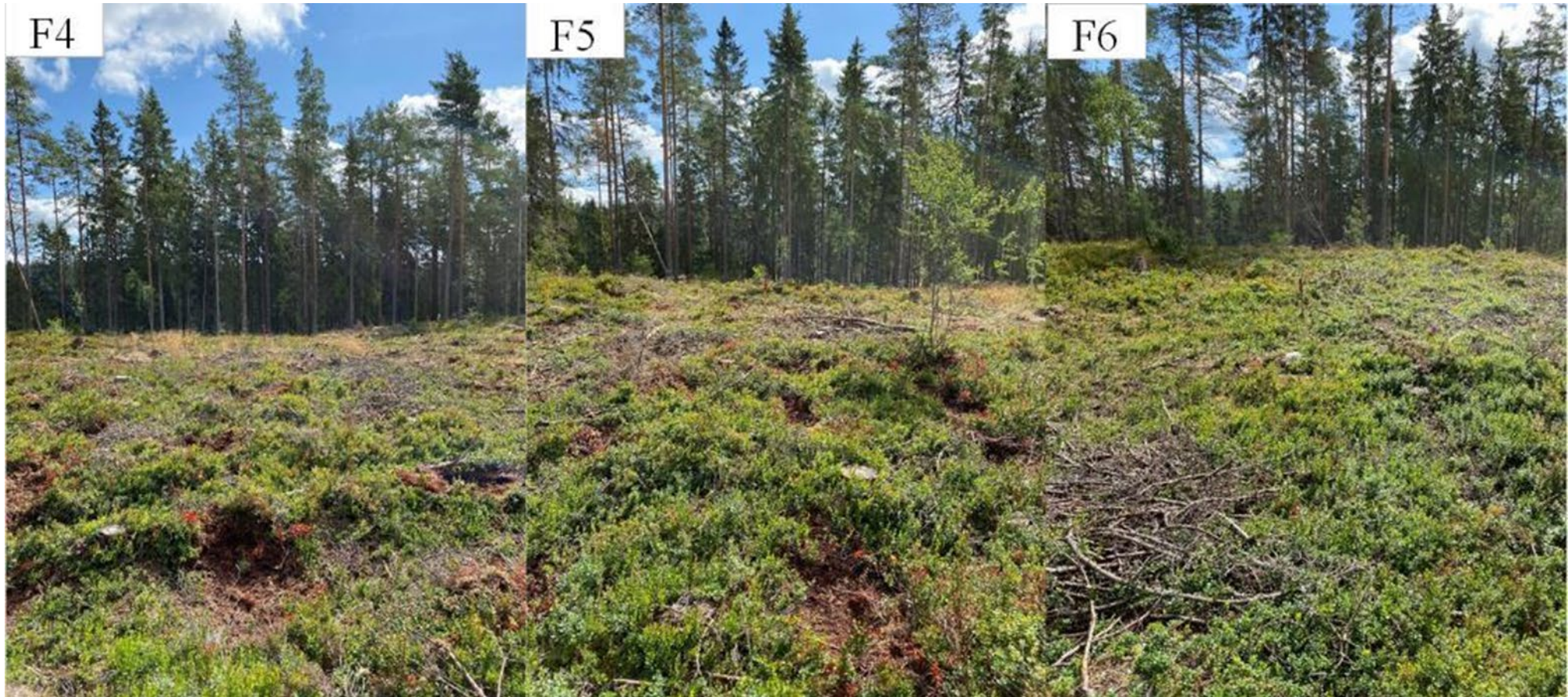


Högläggning & plantering

Markberedning med röjsågsfräs
& plantering

Bilaga 3. Bilder på parceller efter fältförsöket

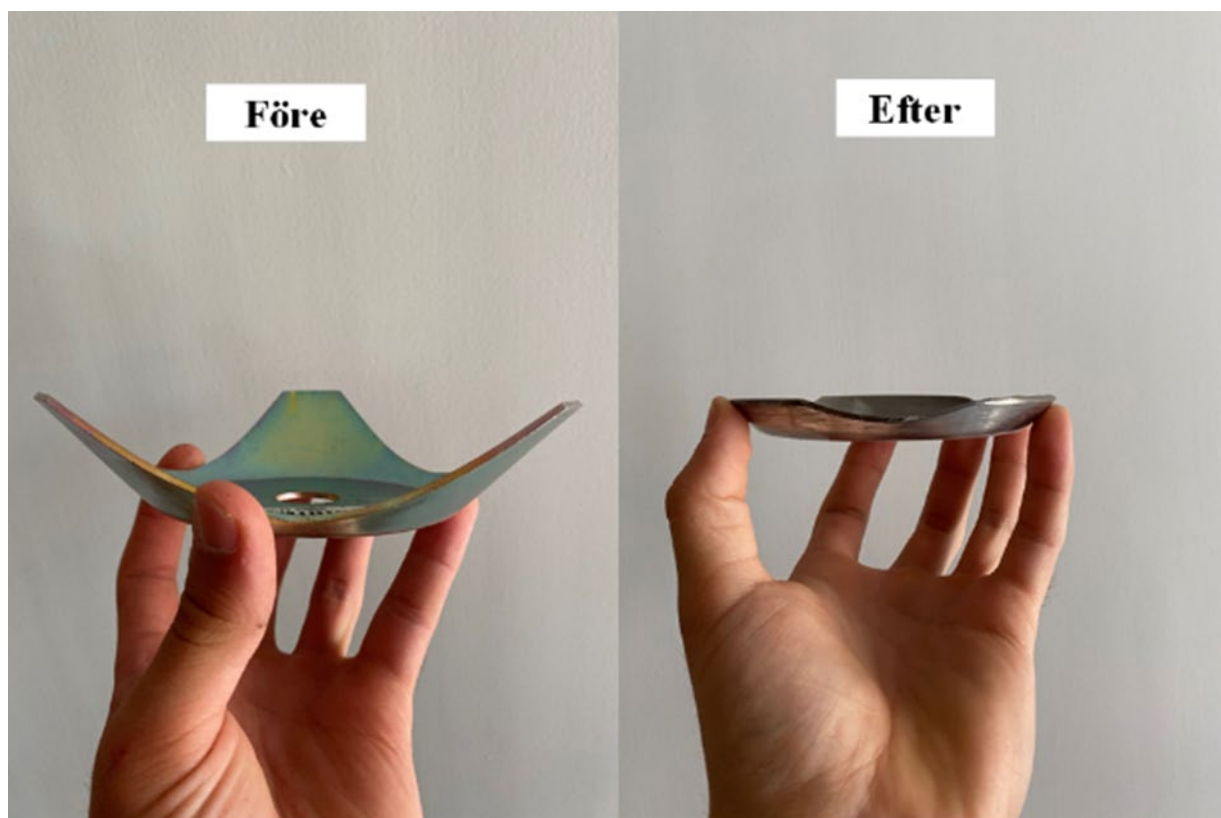




Bilaga 4. Utrustning som användes vid försöket



Bilaga 5. Terracutslitage



Bilaga 6. Standardformler för analys

För markberedning;

- Markberedd areal = Antal planteringspunkter / planteringspunkter/ha
- Omföringstal = 1/Markberedd areal
- Tid/ha = Omföringstal * Faktisk tidsåtgång
- Bränsle/ha = Faktiskt bränsleåtgång * Omföringstal
- Kostnad/tim($h_{G(0)}$) = Arbetskostnad/ $h_{G(0)}$ + bränsle/ $h_{G(0)}$ * bränslepris
- Kostnad/ha = Kostnad/ $h_{G(0)}$ * Tid/ha
- Planteringspunkter/ $h_{G(0)}$ = Antal planteringspunkter / Faktiskt tidsåtgång

För plantering och sådd;

- Planterad- eller sådd areal = Antal planterade- eller sådda ytor / Antal planterade- eller sådda ytor /ha
- Omföringstal = 1/Planterad- eller sådd areal
- Tid/ha = Omföringstal * Faktisk tidsåtgång
- Materialkostnad/ha = omföringstal * pris för respektive material.
- Kostnad/ $h_{G(0)}$ = Arbetskostnad/ $h_{G(0)}$ + materialkostnad/ha
- Kostnad/ha = Kostnad/ $h_{G(0)}$ * Tid/ha
- Planterade- eller sådda punkter/ $h_{G(0)}$ = Antal planterade- eller sådda ytor / Faktisk tidsåtgång

Naturlig föryngring;

- Ingen åtgärd

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

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

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

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

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