



Institutionen för skogsskötsel

Examensarbeten
2006-5

**Markbehandling på boreal skogsmark
med fokus på markberedning
– en litteraturöversikt**

*Site preparation on boreal forest land
with a focus on soil scarification
– a literature review*

Eric Lammi

Examensarbete i ämnet skogshushållning

Handledare: Arne Albrektson

Examinator: Björn Hånell

Institutionen för skogsskötsel
Sveriges lantbruksuniversitet
Umeå 2006

**Markbehandling på boreal skogsmark med fokus på markberedning
– en litteraturoversikt**

*Site preparation on boreal forest land with a focus on soil scarification
– a literature review*

Eric Lammi

Examensarbete i ämnet Skogshushållning

Nivå: D

Omfattning: 20 p

Handledare: Arne Albrektson

Examinator: Björn Hånell

Innehåll

Summary, 4

Sammanfattning, 6

1 Inledning och syfte, 9

2 Material och metoder, 11

3 Litteraturoversikt, 12

3.1 Definitioner av markberedningsprinciper, 12

3.2 Fältförsök med markbehandling för plantering, 13

3.2.1 Markberedning, 13

3.2.2 Hyggesbränning och jämförelser med andra markbehandlingsmetoder, 30

3.2.3 Herbicidbehandling och jämförelser med andra markbehandlingsmetoder, 32

3.2.4 Grönrisplantering, 34

3.2.5 Ångbehandling, 38

3.3 Fältförsök med markbehandling för sådd eller naturlig föryngring, 41

3.4 Försök som visar markeffekter av markbehandling, 51

3.5 Betydelsen av markbehandling för uppkomsten av snytbaggescador, 57

4 Sammanställning av resultaten av markbehandlingsstudierna, 59

5 Slutsatser och reflexioner, 63

6 Luckor i forskning om föryngringseffekter av markbehandling, 67

7 Kritisk granskning av studiens material och metoder, 68

8 Jämförelser med andra översikter och sammanställningar, 69

8.1 Faktorer som påverkas av markbehandling, 69

8.2 Markberedningsstyrka, 70

8.3 Ståndortsanpassad markberedning, 71

8.4 I vilka situationer och under vilka förhållanden är markbehandling motiverad?, 77

8.5 Naturlig föryngring och sådd, 88

9 Praktiska rekommendationer – en sammanfattning, 91

10 Referenser, 94

Summary

The *purpose* of this literature review is to explain advantages and disadvantages with various site preparation methods on boreal forest land, and suggest when and where they should be applied. The methods analysed are ploughing, mounding, disc trenching, screefing, inverting, steam treatment, and micro soil preparation. Planting without site preparation was analysed as well. The mineralization of nutrients as a result of site preparation is also discussed as well as soil scarification for seeding and natural regeneration. The paper is a literature review with analytical components. It is built on references found in data bases. The results of the study have been summarized into practical recommendations.

In 1960, 56000 hectares were mechanically site prepared in Sweden. Since then, the extent of this measure has almost tripled and is at present (2002) about 137000 hectares. During the years 1996–1997 about 87 percent of the site prepared forest land were satisfyingly afforested, according to the Forest Act, while the rate of success on not site prepared land was 65 percent. In the year of 2003 2400 hectares was prescribed burned.

During the 1950s prescribed burning was a common site preparation method. Increasing criticism of prescribed burning in the end of the 1960s made the method much less used. A contributing reason was that appropriate machinery which could pull the scarifiers then had been developed.

It is obvious that site preparation promotes seedling establishment, and increases seedling survival and increment.

This is valid for sowing as well as for natural regeneration and planting. More intensive site preparation generally results in better seedling survival and increment. When natural regeneration and sowing are used the Ae–B horizon should be exposed for successful seedling establishment. If the humus layer is very thin, site preparation may not be needed.

Mechanical site preparation has many favourable effects. The temperature in the mineral soil is raised, thus reducing the risk of frost damage. The vegetation period is extended and the temperature sum increases. Furthermore, the competition regarding light, water, and nutrients is counteracted. Even the attacks by the Large Pine Weevil (*Hylobius abietis*) and damage by voles are reduced as a result of mechanical site preparation. Mounding is more efficient against the Large Pine Weevil than screefing. Site preparation reduces the occurrence of competing vegetation. The risk of suffocation of seedlings is also reduced. Elevated planting spots prevent the seedlings from drowning. In addition, mechanical site preparation reduces mineral soil density as well as allelopathy from certain plants. All this improves seedling survival and increment.

Negative consequences of site preparation are increased frost-heaving of seedlings, and that seedlings on heaps and plant beds shoot earlier in springtime which means increased risk of frost damage, especially for Norway spruce. The risk of erosion and leaching of nutrients are other possible disadvantages of site preparation which also may destroy the advance growth, reduce the amount of reindeer forage, and make an obstacle for recreation, or make the site less attractive from an aesthetical point of view. The nutrient storage in the soil decreases with screefing and other methods where the humus layer or the logging waste is carried away. Soil scarification may damage ancient monuments and increase cleaning costs as a result of

stimulated regeneration of broad-leaved trees. Soil scarification may also result in impaired water quality as a result of nitrate leaching.

Mulch planting can be recommended on mesic soils with coarse texture (sandy till or coarse sand or coarser) and with a thin humus layer (0–3 cm) where the vegetation indicates lichen type, lichen rich type or cowberry type. This is not valid for very humid or extremely humid climatic regions, nor for stable or instable grey brown podzol with the humus types mull or similar moder or on extremely boulder rich sites. Without site preparation seedlings must be given chemical or mechanical protection against *the Large Pine Weevil*.

In southern Sweden site preparation for natural regeneration should to be done immediately after the logging operation, whereas in the northern part of the country it should be carried out before a good seed year. Competing vegetation is a greater problem in southern Sweden, and good seed years occur more seldom in northern Sweden.

Steam treatment is a new site preparation method which can result in improved seedling survival and increment with a minimum of negative effects. Another new site preparation is inverting which influences the humus layer only to a small extent and most often results in higher seedling survival and increment than ploughing.

Micro soil preparation is a method which increases the contact between the seed and the mineral soil, improves the supply of water, and prevent seed predation. This method, and the sowing method which means that soil is raked over the seeds, both promote seedling establishment.

Intensive site preparation should be done (i) where the soil structure is unfavourable, e.g. due to iron pan, or plough pan in old agricultural fields, (ii) where nutrient mineralization is wanted (especially in cold climatic regions where the humus layer is inactive), (iii) in sites where stand establishment is very difficult, for example because of frost, and (iv) where the risk of failures with other methods are great. Intensive site preparation should be avoided in poor sites with a thin humus layer, particularly on dry sites and coarser soils. Ploughing should be avoided where the reindeers are foraging or migrate between winter and summer land.

Whether or not soil scarification results in better seedling survival and increment than controlled burning is unclear. Furthermore, the research on controlled burning in combination with different forms of soil scarification is too limited to allow final conclusions in this respect. This is also true for steam- and herbicide treatments. So far the results indicate that more intervening forms of soil scarification (including inverting) improve seedling survival and increment more than herbicide treatments.

Lodgepole pine is less sensitive to the selection of site preparation method than Norway spruce and pine.

Invigoration gives higher plant establishment only if the seeds are seeded after micro soil preparation. Invigoration and following drying may lead to higher survival. Invigoration and micro soil preparation has no effect on seedling height, shoot length and needle length.

Sammanfattning

Syftet med föreliggande arbete är att utreda några markbehandlingsmetoders för och nackdelar, samt när och var de bör användas. De markbehandlingsmetoder som behandlas är plöjning, högläggning, harvning, fläckmarkberedning, inversmarkberedning, ångbehandling, mikropreparering, nedmyllning av frön samt grönsplantering. Även mineralisering som en följd av markberedning berörs, liksom markberedning för sådd och naturlig föryngring. Uppsatsen behandlar huvudsakligen markbehandling på boreal skogsmark. Resultaten sammanställs i praktiska rekommendationer.

Arbetet har genomförts som en litteraturstudie med analytiska inslag. Den bygger på referenser som funnits i olika databaser.

År 1960 markbereddes 56000 hektar och år 2002 137300 hektar. Markberedda objekt hade 1996–1997 87 % godkänd areal enligt skogsvårdslagen medan ej markberedda objekt hade 65 % godkänd areal. År 2003 hyggesbrändes 2400 hektar.

Under 1950-talet var hyggesbränning en vanlig markbehandlingsmetod. Kritik började växa fram mot metoden och i slutet av 1960-talet var skogsbruket berett att överge den. Till detta bidrog att lämpliga maskiner som kunde dra markberedningsaggregaten nu hade utvecklats.

Markberedning gynnar etableringen, ökar överlevnaden och förbättrar tillväxten av plantor. Detta gäller för såväl sådd som naturlig föryngring och plantering. Ju intensivare markberedningsmetod, desto bättre tillväxt och överlevnad erhålls i allmänhet. Vid naturlig föryngring och sådd bör Ae–B horisonten exponeras för bästa plantbildning. Markberedning behövs också vid sådd och naturlig föryngring i de fall där humustäcket inte är mycket tunt. Tillväxten ökar när humus finns på eller i planteringspunkten.

Markberedning har många gynnsamma effekter. Temperaturen i mineraljorden höjs, frostrisken minskar, vegetationsperioden förlängs och temperatursumman ökar. Vidare motverkas konkurrensen med hyggesvegetationen om ljus, vatten och näring. Även snytbaggeangreppen och sorkskadorna minskas genom mekanisk markberedning. Snytbaggeangreppen blir mindre omfattande efter högläggning jämfört med fläckmarkberedning. Genom att markbereda kan man minska vegetationsförekomsten kring plantan och risken för kvävning minskas också. Vatten- och syrebalansen förbättras vid anpassning till ståndorten. Upphöjda planteringspunkter förhindrar att plantan drunknar. Mekanisk markberedning ger också en luckring av mineraljorden. Markberedning minskar även allelopatiska effekter från vissa växter. Allt detta förbättrar överlevnaden och tillväxten.

En negativ konsekvens av markberedning är att plantan lättare fryser upp. En annan negativ konsekvens av markberedning är att plantor på högar, rabatter och plogtiltor skjuter skott tidigare på våren, vilket innebär ökad risk för vårfrostskador framförallt på gran. Ytterligare negativa konsekvenser av markberedning är att risken för erosion och utlakning av näringsämnen ökar och att markbehandling kan förstöra en redan etablerad beståndsföryngring. Försämrat renbete bör också nämnas liksom att markberedning kan utgöra hinder för rekreation eller av estetiska skäl vara mindre tilltalande. En annan negativ konsekvens av markberedning är att näringsförrådet ibland minskar. Det gäller dock inte vid alla typer av markberedning utan främst vid fläckmarkberedning och andra metoder där humustäcket eller hyggesavfallet borttransporteras i större utsträckning. Markberedning kan

också förstöra fornlämningar och ge förhöjda kostnader vid röjning som en konsekvens av att lövträd gynnas. Markberedning kan genom nitrattlakning ge försämrad vattenkvalitet.

Grönrisplantering innebär att sätta plantan direkt i marken utan markberedning.

På de flesta ståndorter erhålls högre överlevnad och bättre tillväxt om markberedning utförs än om plantering sker utan markberedning. Tillväxten hos grönrisplanterade plantor blir något sämre än hos plantor satta i markberedda fläckar.

Grönrisplantering rekommenderas på följande ståndorter: På frisk mark med grov textur (sandig morän eller grovsand och grövre) och med tunt humuslager (0–3 cm) där markvegetationen indikerar lavtyp, lavrik typ eller lingontyp. Detta gäller ej inom starkt och mycket starkt humid klimatregion och vid grönrisplantering på mark med stabil eller instabil brunjord med humusformerna mull eller mulliknande moder. Inte heller på extremt blockrika ståndorter. För att grönrisplantering skall ge någorlunda hög överlevnad måste plantorna skyddas med kemiskt eller mekaniskt snytbaggskydd.

Markberedning för naturlig föryngring bör i södra Sverige utföras omedelbart efter avverkningen och i norra Sverige strax före ett gott fröår. Detta följer av att inväxningen av vegetation sker snabbare i södra Sverige samtidigt som goda fröår inträffar mer sällan i norra Sverige.

Ångbehandling är en ny markberedningsmetod som kan ge hög överlevnad och tillväxt med minimal påverkan. Likaså är inversmarkberedning en ny metod som påverkar humustäcket i liten utsträckning och kan ge högre överlevnad och tillväxt än hyggesplöjning.

Mekanisk markberedning i form av plöjning, högläggning, inversmarkberedning och harvning ökar mineraliseringen och kan orsaka utlakning av näringsämnen. Därför bör markberedningen inte utföras mer intensivt än vad som är påkallat i det enskilda fallet.

Mikropreparering är en metod som ökar kontakten mellan frö och mineraljord, förbättrar vattentillgången och motverkar predation. Mikropreparering och nedmyllning av frön gynnar plantbildningen.

Kraftig markberedning bör utföras (i) när markstrukturen är ogynnsam, t.ex. vid skenhälla, (ii) i samband med plantering av åkermark där en plogsula utbildats, (iii) när mineralisering av näringsämnen önskas, framförallt i kyliga klimatlägen där humustäcket är inaktivt, (iv) när skogen är mycket svårförnygrad, t.ex. på grund av frost, och där risken för misslyckanden med andra metoder är stor.

Radikal markberedning skall undvikas på näringsfattiga ståndorter med tunt humustäcke, särskilt på torr mark och grövre jordarter. Hyggesplöjning bör undvikas i renbetesland och i renarnas flyttningsstråk mellan sommar- och vinterbete.

Frågan huruvida olika former av markberedning ger bättre överlevnad och tillväxt än hyggesbränning har inte kunnat besvaras, eftersom resultaten är tvetydiga. Vidare är forskningen om hyggesbränning i kombination med olika former av markberedning alltför begränsad för att medge några säkra slutsatser. Detsamma gäller förforskningen om hyggesbränning i kombination med olika former av markberedning. Det är ännu oklart huruvida ångbehandling är ett realistiskt alternativ till andra, mera beprövade former av markberedning vad avser plantors överlevnad och tillväxt. Detsamma gäller för

herbicidbehandling där resultaten hittills antyder att mer intensiva former av markberedning med stor omrörning i markskiktet (inkluderat inversmarkberedning) ger bättre överlevnad och tillväxt än herbicidbehandling. Contortatall reagerar mindre för val av markberedningsmetod än tall och gran.

Frövitalisering leder till högre plantbildning endast om frön sås efter mikropreparering. Frövitalisering och efterföljande torkning kan öka överlevnaden för plantor. Frövitalisering och mikropreparering har ingen effekt på planthöjden, skottlängden och barrlängden.

1 Inledning och syfte

Markberedning definieras som ”bearbetning av skogsmark i avsikt att åstadkomma en gynnsam grobädd för frön eller växtplats för plantor” (Anon., 1994). Markbehandling definieras som ”åtgärder för att skapa goda förutsättningar för frögroning och plantetablering. Markbehandlingen skall också ge varaktigt goda förutsättningar för det uppväxande beståndet. Rätt utförd markbehandling är en garanti för den uthålliga produktionsförmågan på en ståndort. Till markbehandling räknas skyddsdikning, hyggesbränning och markberedning” (Anon., 2000).

År 2002 markbereddes maskinellt i Sverige 137300 hektar, varav staten 1400 hektar, övriga allmänna 7500 hektar, aktiebolag 69600 hektar och privata 58800 hektar. År 1960 markbereddes 56000 hektar maskinellt, varav kronan 19000 hektar, övriga allmänna 3000 hektar, aktiebolag 28000 hektar och privata 7000 hektar. Den föryngringsavverkade arealen för plantering fördelade sig 2001–2003 på markberett 88 procent, ej markberett men behov av markberedning 2 procent och ej markberett utan behov 10 procent. För naturlig föryngring var motsvarande värden: Markberett 69 procent, ej markberett men behov 13 procent och ej markberett inget behov 18 procent. Totalt: Markberett 79 procent, ej markberett men behov 8 procent och ej markberett inget behov 13 procent (Anon., 2004). Efter markberedning (1996–1997) var skogsförnyelsen godkänd på 87 procent av arealen enligt skogsvårdslagen medan endast 65 procent av arealen godkändes där ingen markberedning utförts (Anon., 1998). År 1996 utfördes maskinell markberedning på 140000 hektar i landet, varav hälften hos skogsbolag. Den maskinella markberedningen slog igenom under slutet av 1970-talet och omfattade tio år senare som mest ca 170000 hektar per år. År 2003 hyggesbrändes 2400 hektar (Anon., 2000).

Omkring 1950 förekom mekanisk markberedning enligt Bäckström (1986) främst som manuell fläckhackning. Försök hade tidigare gjorts med hästdragna markberedningsaggregat, dock mindre lyckade, eftersom ett arbete med kraftiga momentana belastningar inte bör utföras med häst. Omkring 1950 arbetade man i ett speciellt projekt för att få fram lämpliga aggregat för traktordrift. I slutet av 1950-talet utvecklade Callin och Troeng (1966) det så kallade SFI-aggregatet (Bäckström 1986) vilket i modernare versioner ännu finns i drift. Mekaniserad markberedning fick dock ingen större omfattning under 1950-talet främst därför att de traktorer som då fanns endast klarade att arbeta i lätt skogsterräng.

Under 1950-talet var därför hyggesbränning en vanlig markbehandlingsmetod (l.c. Bäckström), vid behov kompletterad med manuell fläckhackning. Under 1960-talet började kritik riktas mot hyggesbränning som metod främst från miljövårdshåll. Kritiken ökade och i slutet av 1960-talet var skogsbruket berett att överge hyggesbränningen. Skälen till detta var fyra: Den starka externa kritiken mot metoden, svårigheterna att i modernt skogsbruk planera in den starkt klimatberoende hyggesbränningen samt att metoden är arbetskraftintensiv och arbetskraftskostnaderna steg snabbt. Dessutom hade basmaskiner, som lunnare och skotare med god framkomlighet i terrängen utvecklats. Vid denna tid hade Bärning (1965) enligt Bäckström (1986) visat på de positiva effekter på plantöverlevnaden som en fläckmarkberedning gav. Skogsbruket övergick nu till maskinell markberedning i större skala. De förbättrade metoderna och de ökade kunskaperna om markberedning medförde att den areal som årligen markbereddes ökade från cirka 70000 hektar 1970 till omkring 175000 hektar i början av 1980-talet (Bäckström, 1986).

Markberedning är en allmänt accepterad åtgärd för att få till stånd föryngringar med hög kvalitet och markberedning har förekommit så länge som aktiv skogsforyngring har bedrivits. Ändå saknas det en aktuell och omfattande genomgång av all den praktiska erfarenhet och den forskning som bedrivits kring markberedningsproblemet.

Syftet med föreliggande arbete är att sammanställa några markberedningsmetoders och andra markbehandlingsmetoders för och nackdelar samt att ange när och var de bör användas. De markberedningsmetoder och andra markbehandlingsmetoder som analyseras är plöjning, högläggning, harvning, fläckmarkberedning, inversmarkberedning, ångbehandling, mikropreparering, nedmyllning av frön samt grörisplantering. Syftet är också att sammanfatta resultaten i praktiska rekommendationer.

Sammanställningen har *avgränsats* så att markbehandlingens inverkan på virkeskvaliteten samt tekniska och ekonomiska aspekter inte behandlats. Samband mellan markberedning och skadedjur samt skadesvampar har enbart berörts i några enstaka fall. Inte heller berörs skyddsdikning. Huvudsakligen avser sammanställningen markbehandling på boreal skogsmark.

När jag i uppsatsen använder "frövitalisering" avser jag fukt- och temperaturbehandling, det som på engelska heter "invigoration".

2 Material och metoder

Materialet till denna uppsats grundar sig på de referenser som erhöles vid en sökning på orden "markberedning", "scarification", "soil preparation", "mulch planting", "grönrisplantering", "disk trenching", "harvning", "invertning", "inversmarkberedning", "mounding", "högläggning", "ploughing", "plöjning", "plogning", "steam treatment", "ångbehandling", "patch scarification", "fläckmarkberedning", "soil tilling" och "scalping" på SLU-bibliotekens katalog med namnet LUKAS (<http://lukas.slu.se/f>). Vidare gjordes sökningar i WebSPIRS-databaser (<http://web5s.silverplatter.com/webspirs/start.ws?customer=slu>) där Forest Science Database användes. Sökorden, begränsat till engelska texter, var här "mulch planting", "soil preparation", "scarification", "disk trenching", "invertning", "mounding", "ploughing", "steam treatment", "patch scarification", "soil tilling" och "scalping". Ett urval har sedan gjorts efter bedömd angelägenhetsgrad för att uppfylla syftet med uppsatsen. Metoden är deskriptiv med analytiska inslag.

3 Litteraturoversikt

3.1 Definitioner av markberedningsprinciper

Markberedning kan utformas med flera principiellt olika design. Bäcké m.fl. (1986) har definierat markberedningsprinciper:

Ingen markberedning: Humustäcket opåverkat.

Mineraljordsfläck: Humustäcket avflått på en kvadrat med sidan 0,5 m. Den avflådda torvan läggs intill fläcken. Mineraljorden ej eller föga påverkad.

Mineraljordsspår: Humustäcket avflått i ett spår med bredden 0,5 m. Den avflådda torvan läggs intill spåret. Mineraljorden ej eller föga påverkad.

Mineraljordshög på mineraljord: En mineraljordshög med volymen 15 l läggs i mineraljordsfläcken. Mineraljorden tas från fläcken. Avflåningsgrad motsvarande mineraljordsfläck.

Mineraljordshög på omvänd torva: En mineraljordshög med volymen 15 l läggs på en omvänd torva. Mineraljorden tas från fläcken. Avflåningsgrad motsvarande mineraljordsfläck.

Mäktig mineraljordssträng på omvänd torva (plog): En mäktig mineraljordssträng läggs på var sida om en upplöjd fåra. Strängen läggs på den omvända torvan.

Luckrad mineraljordsfläck: Som mineraljordsfläck, men med luckrad mineraljord i mineraljordsfläcken.

Luckrat mineraljordsspår: Som mineraljordsspår, men med luckrad mineraljord i mineraljordsspåret.

Mineraljordssträng på mineraljord: En mineraljordssträng med samma höjd som mineraljordshögen i mineraljordshög på mineraljord läggs i ett mineraljordsspår. Jorden förutsätts ha hämtats från ena sidan av spåret.

Humusblandad mineraljordshög: Som mineraljordshög på mineraljord, men mineraljorden i högen har blandats med den mängd humus som avflåtts vid fläckupptagningen.

Humusblandad mineraljordssträng: Som mineraljordssträng på mineraljord, men mineraljorden har blandats med den mängd humus som avflåtts vid upptagningen av spåret.

Mineraljordssträng på omvänd torva: Som mineraljordssträng på mineraljord, men mineraljordssträngen har placerats på den omvända torvan. Jorden anses ha hämtats från spåret.

Mäktig mineraljordshög på omvänd torva: En hög med samma höjd som den mäktiga strängen i mäktig mineraljordssträng på omvänd torva har placerats på en omvänd torva.

Fukt- och temperaturhöjande markberedningsprincip: Hypotetisk metod som höjer fuktigheten något och höjer marktemperaturen relativt kraftigt under etableringsfasen. Behandlingen utförs punktvis.

Enligt Anon. (2000) är *Inversplöjning* eller *inversmarkberedning* en ”markbehandlingsmetod som innebär att de underplöjda massorna läggs tillbaka med humustorvan i botten av fåran”.

I refererad litteratur används omväxlande ”hyggesplöjning” och ”hyggesplogning” som synonymer. Eftersom begreppets korrekta benämning enbart är ”hyggesplöjning” (Anon., 2000) så kommer åtgärden alltid att benämnas så i denna text, oavsett vad som står i ursprungsreferensen.

3.2 Fältförsök med markbehandling för plantering

3.2.1 Markberedning

Fläckmarkberedning

Söderström (1976) drar följande slutsatser av ett försök med fläckmarkberedning som i Svealand var koncentrerat till Skinskatteberg och Garpenberg i Bergslagen samt i Norrland till Lycksele: Plantering med fläckmarkberedning har i samtliga fall på frisk mark och på alla hyggesbehandlingarna givit högre överlevnad hos plantor än plantering utan markberedning. Undersökningen omfattade plantering med och utan fläckmarkberedning på marker där hyggesavfallet kvarlämnats, bortförts, och bränts. Vinsten var störst för små tallplantor och minst för stora granplantor. Plantering med markberedning hade lyckats ungefär lika väl med som utan omrörning av mineraljorden. Plantering i omvänd torva provades endast i norra Sverige. För tall (*Pinus sylvestris*) har metoden lyckats bra, men inte för gran (*Picea abies*). Rottillväxten under första vegetationsperioden var genomgående bättre med än utan markberedning. Till en början var rottillväxten avsevärt bättre i de markberedningsfläckar, där omrörning av mineraljorden skett än i de fläckar, där mineraljorden var orörd. Fläckmarkberedningen ökade tillväxten. Snyttbaggeskador och torka drabbade plantor satta utan markberedning i betydligt högre grad än plantor satta efter markberedning. För orten lämpligt plantmaterial av gran och tall användes (Söderström, 1976).

I en studie, utförd i Göteborgs län och Bohus län, där markberedningen utfördes med Leno-aggregat (tidigt fläckmarkberedningsaggregat) noterades: Plantornas två senaste årsskott var på de markberedda objekten i medeltal 23 procent längre än på motsvarande ej markberedda objekt, vilket gällde för gran. Markberedningen hade med andra ord givit upphov till en positiv tillväxteffekt. Att tillväxteffekten inte var större tillskrevs i första hand Leno-aggregatets tendens att skapa gropar. Eftersom vatten och kalluft lätt kunde samlas i dessa gropar kunde plantan till och med få försvårade växtbetingelser genom markberedningen. Med ett modernt markberedningsaggregat av harvtyp uppstår detta problem inte alls i samma utsträckning (Falk, 1985).

I ett försök, utfört i byn Stengårdsholma 9 kilometer SV Orrefors, som syftade till att utröna optimal fläckstorlek vid markberedning för plantering av tall och gran, drogs slutsatsen att såväl överlevnad som längdtillväxt och barrlängd ökade med ökande fläckstorlek. Möjligen kunde man spåra ett optimum för granens längdtillväxt vid 35 kvadratdecimeter fläckstorlek. Två orsaker till den ökade överlevnaden och längdtillväxten med ökande fläckstorlek var att

dels ökade marktemperaturen med större fläckar och dels minskade frostskaorna. Frostskaornas inverkan framgick framförallt av att antalet döda och frostskaade plantor var störst utan markberedning och sedan i stort sett minskade med ökande fläckstorlek. Plantmaterialet var barrot tall (2/1) och barrot gran (2/1) (Söderström, Jonsson & Byfalk, 1979).

Löf (2000) studerade hur bok, ek och gran reagerade på fläckmarkberedning på ett kalhygge och i en skärmställning. Studien utfördes i Tönnersjöhedens försökspark i södra Sverige. Plantmaterialet var bok (3/0), bok (2/0), ek (2/0) och gran (1,5/1,5). I de flesta fall var det ingen signifikant effekt på plantornas längd av fläckmarkberedning. Emellertid för år 1997 ökade fläckmarkberedningen längden för bok planterad 1995 i skärmställningen. Ek planterad 1996 på kalhygget var högre som en följd av fläckmarkberedning 1996. Det var också fallet för gran 1997 i skärmställningen. Insekticidbehandling ökade längden på plantorna och ökade överlevnaden. Överlevnaden hos gran planterad i skärmställningen ökade efter fläckmarkberedning tre år efter planteringen. I övrigt förelåg ingen signifikant effekt på överlevnaden för gran, ek och bok av fläckmarkberedning.

Att överlevnaden inte påverkades av fläckmarkberedning förmodades bero på att nederbörden var normal eller hög när planteringen skedde. En av fläckmarksberedningens positiva effekter var just att ge en säkrare tillgång på vatten. Författaren konkluderade att fläckmarkberedning var av lågt värde för etableringen och tillväxten hos planterade plantor när den utfördes på nyligen kalhuggna områden. När plantering utfördes på äldre kalhyggen eller i skärmställningar med gott om konkurrerande vegetation kunde fläckmarkberedningen kontrollera den konkurrerande vegetationen. Vidare erbjöd fläckmarkberedningen ett visst skydd mot snytbaggen. Den bästa tillväxten erhöles för insekticidbehandlade plantor som växte i det fria på markberedda ytor. Emellertid kunde hög överlevnad nås utan markberedning och insekticider när bok och ek planterades under skärmträd av gran.

Harvning

I en studie i sydöstra Manitoba konstaterades att harvning knappt reducerade dödligheten för *Picea mariana* men signifikant ökade dödligheten för *Picea glauca*. Författarna konkluderade att harvning inte är nödvändigt för plantering av *Picea glauca*. Markberedning hade ingen effekt på planthöjden eller diametertillväxten (Wang m.fl., 2000).

Markberedningseffekten (harvning) på *Picea mariana* i östra Québec (Kanada) studerades av Thiffault, Jobidon och Munson (2003). Plantmaterialet var stora täckrotsplantor (2/0) och stora barrotsplantor (2/2). Tredje årets höjd påverkades inte eller endast svagt av markberedning. Efter tre år var överlevnaden över 97 procent för alla kombinationer av behandlingar. Markberedning påverkade inte tredje årets diameter på en ståndort och på en annan ståndort påverkade markberedning diametern negativt. Markberedning påverkade inte näringsinnehållet i barren efter tre år och förbättrade inte ljusstillgången för planterade plantor. Markberedning ökade temperaturen i jorden i liten utsträckning och fuktighetstillgången förbättrades. Att markberedning inte positivt påverkade etableringen av *Picea mariana* antogs bero på att humustäcket var tunt.

I ett försök med markberedning genom harvning och kalkning, utfört av Lundmark och Nömmik (1984) på kronoparken Torrmyra 25 kilometer NNO Värnamo, visade sig som väntat den anlagda tallkulturen efter fem vegetationsperioder ha såväl högsta överlevnad som

tillväxt inom de markbearbetade parcellerna. Hittills (1984) hade en något högre höjdtillväxt erhållits inom försöksledet kalkstensmjöl plus harvning jämfört med enbart harvning. Det betonades att den snabba tillväxten efter denna radikala markberedning i detta fall på intet sätt var någon garanti för högsta möjliga produktion i ett längre tidsperspektiv. Markbearbetningen medförde en påtaglig förhöjning av mängden mineralkväve jämfört med kontrolleret.

Högläggning

I försök, utfört på lokalen Dänningelanda i södra Sverige, av Örlander, Gemmel & Wilhelmsson (1991) rörande bl.a. högläggning noterades det följande: Mer än 50 procent av de plantor som planterats på normalt planteringsdjup i högar lagda på omvänd torva dog under de första tre åren. Huvudorsaken bedömdes vara torka. Torkskadorna var omfattande också där ingen markberedning utförts. För djupplanterade plantor var skador som en direkt följd av torka nästan obefintliga. Försöket drabbades av omfattande snytbaggeskador trots att plantorna skyddats med insekticider. Snytbaggen angrep främst plantor som planterats utan markberedning eller där humustorvor placerats i närheten av plantorna. Djupplanterade plantor hade genomgående större tillväxt än normaldjupt planterade. Plantering i hög på omvänd torva ansågs i detta försommartorra klimatområde vara en chansartad metod om inte planteringsdjupet samtidigt ökades.

Plantering i hög (hög på mineraljord) gav i de flesta fall högre överlevnad och tillväxt än plantering i fläck eller utan markberedning. Försöket utlades på Dänningelanda, Vithult och Älgult i södra Sverige. Detta berodde främst på reducerade snytbaggeangrepp och mindre vegetationskonkurrens. Den högre marktemperaturen och bättre genomluftning av marken i högarna bidrog förmodligen också till resultatet.

Den högsta överlevnaden och tillväxten erhöles för plantor satta i planteringspunkter i eller över markytanivån. Försöket utfördes i Dänningelanda i södra Sverige. De viktigaste orsakerna till detta var troligen hög marktemperatur och bra genomluftning av marken i dessa punkter. Allra störst var tillväxten för granplantor som beskuggats och satts i hög. De plantor som satts i hög exponerades för starkt solljus vårvintern 1987. Dessa plantor drabbades av omfattande barrskador. Dessa skador var små på beskuggade plantor. Beskuggning medförde en liten men signifikant minskning av frostskadefrekvensen. Överlevnaden var lägre för plantor satta utan markberedning främst beroende på snytbagge- och frostskaador. Plantmaterialet utgjordes på samtliga lokaler av tvåårig gran och ettårig tall odlad som täckrot (Örlander, Gemmel & Wilhelmsson, 1991).

För att inte under år med stark försommartorka riskera att misslyckas med en plantering är det av största vikt att markberedning och plantering utförs så att uttorkning i marken undviks. Plantering i hög på omvänd torva kan ske med säkerhet endast om plantan sätts så djupt att roten når igenom den omvända torvan. Risk för uttorkning föreligger vid högläggning (Bassman, 1989; Örlander, Gemmel & Wilhelmsson, 1991). Örlander, Gemmel & Wilhelmsson (1991) ansåg att det är möjligt att man genom att ”höglägga i en grop” kan erhålla samma fördelar som rapporterats för högläggning på omvänd torva i humida områden utan att uttorkningsrisken blir alltför stor. Genom kraftig markberedning kan frostskaador reduceras. I det försöksled där högen lagts på mineraljord var tillväxten lika bra som i de fall då högen lagts på en torva. Plantor satta på höga punkter fick mindre allvarliga frostskaador

eftersom den kallaste luften bildas nära markytan under frostnätter. Snytbaggeangreppen var mindre omfattande i hög än i fläck, vilket kan bero på att markytan blir varmare och torrare i hög än i fläck eller harvspår. Snytbaggen har i modellförsök visat sig undvika sådana platser. De viktigaste orsakerna till den stora avgången bland plantor satta utan markberedning är snytbaggeangrepp och konkurrens av vegetation. I låga planteringspunkter drabbades plantorna sannolikt av syrebrist, vilket förklarar varför tillväxten och överlevnaden var dålig för dessa plantor

Hyggesplöjning

Söderström (1975) refererar två försök, utfört på Björnbergets kronopark och på Björna skogsförvaltning, beträffande hyggesplöjning. Efter fem respektive tre vegetationsperioder var i båda försöken plantorna på tilta längst och plantorna i markberedda fläckar kortast. Plantor satta i terrasserna intog en mellanställning. Temperatur och fuktighetsmätningar i försöken ger vid handen att det antagligen i första hand varit marktemperaturen som givit utslag i fråga om plantornas tillväxt. Då fårorna lagts i öst-västlig riktning, som i det första försöket, har skillnaden i tillväxt mellan plantor på de båda terrasserna blivit ganska stor. Bäst växte givetvis plantorna på den solbelysta norra terrassen. Plantorna på den södra terrassen växte endast obetydligt bättre än plantorna i markberedningsfläckar. Då fårorna lagts i nord-sydlig riktning har plantorna både på den östra och på den västra terrassen växt betydligt bättre än plantorna i markberedda fläckar. Slutsatsen blir att om det är möjligt bör fårorna läggas i nord-sydlig riktning, eftersom alla plantor i terrasserna då får gynnsamma marktemperaturförhållanden. Plantmaterialet på Björnbergets kronopark var tall (2/1) och på Björna skogsförvaltning tall (1/1), gran (1/2/1) och björk (1/0).

I ett försök konstaterades att överlevnaden blev bättre för planterad tall efter hyggesplöjning i jämförelse med hyggesbränning. Hyggesbränningen gav i sin tur högre överlevnad än obehandlad mark. Ju mindre hårdigt tallplantmaterial som användes desto mer positiv effekt hade plöjningen och hyggesbränningen för överlevnaden. Beroende på plantmaterial var tallarnas medelstamvolym 23 år efter plantering två till fem gånger större på den plöjda ytan än på den obehandlade ytan. Lägst var medelstamvolymen på den brända ytan. På den plöjda ytan var förrådet av kväve och fosfor i markens översta skikt 30–40 procent lägre än på den obehandlade ytan. För den brända ytan var skillnaden i markens näringsinnehåll gentemot den obehandlade ytan obetydligt. Tallbeståndet på den plöjda ytan hade 23 år efter plantering ett tillväxtförsprång gentemot tallbeståndet på den obehandlade ytan med nära tio år. Beståndet på den brända ytan var noll till tre år efter den obehandlade ytan i tillväxt. Inget tydde på att boniteten nämnvärt kommer att förändras inom den närmaste framtiden som en följd av de olika behandlingarna. För den planterade granen hade plöjningen förbättrat överlevnaden och haft kraftigt positiv inverkan på granarnas tillväxt. Den refererade undersökningen utfördes på ett 23 år gammalt markberedningsförsök på en svag tallhed i Västernorrlands län (Tällvattensmon 0,3 kilometer öster om Tällvattnet) (Örlander, Hallsby & Sundkvist, 1990).

I en studie som avsåg mätningar av årsskottstillväxt på provytor i Skillingaryd och Hörle i Jönköpings län konkluderades det följande: De uttalade farhågorna om att tillväxten på sikt skulle avta på hyggesplöjda trakter jämfört med obehandlade hyggen kunde ännu tolv år efter plöjningen inte påvisas (Josefsson & Sundström, 1988). Trots att träden på parcellerna där ingen markberedning utförts börjat komma ifatt träden på de markberedda parcellerna beträffande den årliga toppskottstillväxten är kubikmassan per ha i dagsläget dubbelt så stor

på de behandlade ytorna genom den större överlevnaden i etableringsfasen (Andersson, Andersson & Andersson, 1991).

Inversmarkberedning

Inversmarkberedning innebär att humustorvan placeras upp- och nedvänd i en grop. Ett cirka 10 cm tjockt lager av mineraljord läggs ovanpå. Inversmarkberedning leder till högre planttillväxt och lägre andel skadade plantor och högre överlevnad än de flesta andra markberedningstyper metoden jämförts med (t.ex. högläggning, fläckmarkberedning, hyggesplöjning, harvning, herbicidbehandling och obehandlad mark). Den ökade tillväxten beror på en snabbare etablering för plantor i inversmarkberedningen, bl.a. på grund av ett högt näringsupptag. Det högre näringsupptaget beror dels på en god mineralisering i planteringspunkten och dels på att luckringen möjliggör en god rottillväxt, vilket ger plantans rötter tillgång till en större jordvolym. Inversmarkberedning tycks i de flesta fall ge högre planttillväxt än högläggning trots att man i båda behandlingarna behåller det organiska lagret under ett mineraljordstäck. Detta berodde sannolikt på att markfuktigheten vid högläggning varit begränsande för rottillväxt och mineralisering. Hög rottillväxt och högt näringsupptag hade i studierna hört ihop. Inversmarkberedning ger förutsättningar för hög rottillväxt genom att marken luckras vilket ger ett lägre motstånd för rötterna och en bättre syresättning i rotzonen (Nordborg, Nilsson & Örlander, 2002).

I försök har inversmarkberedning givit den högsta överlevnaden, 84 procent i genomsnitt. Högläggning gav i genomsnitt 69 procent i överlevnad, medan kontrollerna (ingen markberedning) gav cirka 67 procent i överlevnad. Resultat från ett försök i Småland visade att plantor satta efter inversmarkberedning klarade torra betydligt bättre än om plantorna satts i högar på omvänd torva. Höjduvecklingen visade på de flesta lokaler en tydlig trend med bästa tillväxt efter inversmarkberedning, näst bäst efter hög, och sämst för plantor satta utan markberedning. Plantorna behandlades med permetrin före planteringen.

I ett försök i Västerbotten jämfördes inversmarkberedning med plöjning, högläggning, harvning och obehandlad mark. Inversmarkberedningen visade efter tio år den högsta stamvolymproduktionen. Överlevnaden var högst för inversmarkberedningen tillsammans med plöjningen. Jämfört med högläggning eller harvning ökade inversmetoden tillväxten med 35 procent och jämfört med ingen markberedning alls ökade tillväxten med 100 procent. Plantornas positiva svar på inversmarkberedning berodde antagligen på en kombination av god tillgång på vatten och på mineralnäringsämnen. En hög jordtemperatur i kombination med en god tillgång på vatten gynnade en ökad mikrobiell aktivitet vilket gynnade mineraliseringen. Inversmetoden kan också öka antalet dagar som jorden inte är frysen. När jorden fryser minskar mineraliseringen dramatiskt. Teoretiskt kan inversmetoden halvera den bearbetade ytan jämfört med högläggning. Inversmarkberedning fungerade bra på de flesta marker där metoden provats. Metoden har ännu inte prövats på fuktig mark. Där finns en risk för att plantorna hamnar för lågt och att rötterna drabbas av syrebrist (Örlander, 1997a).

Inversmarkberedning ger högläggningsens alla fördelar, som till exempel komposteffekt men inte dess nackdelar som risk för uttorkning, uppfrysning och skador av vårvintersol. Inversmarkberedning ger betydligt mindre påverkad markandel, liksom högre överlevnad och tillväxt hos plantorna, jämfört med vanlig högläggning (Alriksson, 1997).

Örlander m.fl. (1998) jämförde i norra Sverige (Kulbäckslidens försökspark) olika markberedningsmetoders inverkan på contortatall (*Pinus contorta*) och gran. Tvååriga täckrotsplanter av gran och contortatall planterades. Plantorna var skyddade mot snytbagge (permetrin) och betning (Wiltex). Efter tio år erhöles följande resultat för volymproduktionen av stamved avseende båda arterna: Inversmarkberedning > plöjning ≥ högläggning = harvning > ingen markberedning. Inversmarkberedningen förbättrade höjdtillväxten med 35 procent jämfört med högläggning eller harvning och med mer än 100 procent jämfört med ingen markberedning. Hög överlevnad konstaterades också efter inversmarkberedning, men endast behandlingen med ingen markberedning resulterade i en statistiskt signifikant reduktion i överlevnaden (cirka 25 procent) för båda arterna.

Författarna ansåg att plöjning och högläggning hade den nackdelen att uttorkning kunde förekomma, speciellt i områden med låg humiditet under vegetationsperioden. Asymmetrisk utveckling av rötter och reducerad stabilitet hos unga träd observerades efter plöjning. Att plantera i högar kan leda till återhållen rotutveckling, vilket leder till stabilitetsproblem åtminstone på våta ståndorter eller ståndorter med ett kompakt ytmaterial. Den höga ljusintensiteten i höga planteringspunkter kan även göra skador av vår- och sommarfroster allvarligare. Vidare ökade uppfrysningen av exponerad mineraljord. Vidare skall man försöka minska de miljömässiga och rekreativmässiga nackdelarna med markberedning. Man skall också värna fornlämningar. Detta kräver att marken påverkas i mindre grad. Vattentillgången i högar kan också bli begränsande för tillväxt och överlevnad. Teoretiskt erbjuder inversmarkberedning en djup, varm och väl genomluftad miljö för rötterna med god tillgång på vatten och ökad näringstillgång över en vid variation av ståndortsförhållanden (Örlander m.fl., 1998).

Överlevnaden tio vegetationsperioder efter planteringen var hög oberoende av markberedningsmetod, men medelöverlevnaden utan markberedning var 21 procent lägre för contortatall och 27 procent lägre för gran i förhållande till markberedda ytor. Den överlägsna plantetableringen efter inversmarkberedning berodde på god vattentillgång och god tillgång på näringsämnen. Den positiva effekten av plöjning, högläggning och inversmarkberedning kunde tillskrivas den varma och homogena miljön för rötterna. Luckringen av mineraljorden efter plöjning, högläggning och inversmarkberedning gynnade rottillväxten och därmed plantans etablering (Thompson, 1984; Nicou, 1986; Örlander m.fl., 1998).

Örlander m.fl., 1998 angav att jordtemperaturen efter inversmarkberedning var likvärdig med den som erhöles efter plöjning men uppvärmningen av jorden startade tidigare och djupet i uppvärmningen var större för inversmarkberedningen i förhållande till plöjningen. Hög jordtemperatur och god fuktighetstillgång gynnade nedbrytningen av organiska material. Vidare kan inversmarkberedningen öka den tid som det organiska materialet inte är fruset jämfört med plöjning och högläggning. Höga planteringspunkter kan skapa problem med för mycket ljus, vilket framförallt inträffar under våren då marken är frusen och reflekterande snö finns. Vidare kan uteblivet snötäcke under vintern i förhöjda planteringspunkter ge upphov till så låga temperaturer att rötterna skadas. Under sådana förhållanden är inversmarkberedning att föredra framför plöjning och högläggning.

En jämförelse i Lorås av plöjning, högläggning och fläckmarkberedning

En undersökning, utförd strax öster om Lorås, av Rignér & Sundin (1985) visade att hyggesplöjning var en gynnsam metod med tanke på frostrisken. De kallaste nätterna var temperaturen fem till sex °C varmare fem cm ovan tiltan än fem cm ovan gräs. Fläckmarkberedning förmådde höja minimitemperaturen högst ett par grader. Genom att mineraljorden blottläggs ökade värmeupptagningen under dagen och värmeavgivningen under natten i det översta jordlagret. Författarna angav att markytans avkyllning under natten kompenseras genom att markvärme leds upp mot markytan. Värmeavgivningen höjer den marknära lufttemperaturen, vilket får till följd att frostrisken minskar vid markberedning. Det som skiljer de olika markberedningsmetoderna åt, förutom blottlagd mineraljordyta, är också möjligheterna att skapa upphöjda planteringspunkter. En upphöjning av planteringspunkten medför att minimitemperaturen under natten höjs ytterligare. Metoder som högläggning och plöjning var i detta avseende bättre än fläckmarkberedning.

Fläckmarkberedning innebär ofta att gropar uppkommer. På täta moräner i Norrlands höglägen är risken mycket stor att groparna fylls med vatten och att plantorna drunknar, det vill säga dör av syrebrist. Det beror dels på att groparna ofta blir mycket djupa, eftersom humustäcket brukar vara ganska tjockt, dels på att moränerna i höjdlägena vanligen är mycket täta. De djupa groparna medför också risk för gräskvävning.

Hyggesplöjning medför en stor blottlagd mineraljordyta och dessutom en upphöjning av planteringspunkterna vid plantering på tilta. Båda dessa faktorer har en gynnsam effekt på minimitemperaturen under kalla nätter.

Tiltan ger en högre marktemperatur än terrassen, vilket underlättar vatten- och näringsupptagningen. Tiltan är väl-dränerad, vilket ger en bättre syretillgång i marken. En viss risk för uttorkning finns. En hög planteringspunkt motverkar dessutom risken för att gräs och örter kväver plantan. Snytbaggen undviker också planterade på tilta. Tidigare undersökningar i södra Sverige har visat att planterade på tilta skjuter tidigare. Det kan eventuellt leda till ökade skador av vårfrost.

En försöksserie över hela Sverige med jämförelser av plöjning, högläggning och harvning

I en studie, utförd på fyra lokaler norr och söder om Rätanssjön i Jämtlands län cirka 100 kilometer söder om Östersund, över markberedningens inverkan på produktionen drogs följande slutsatser: Träden på de markbehandlade ytorna hade den första 10-årsperioden haft en bättre höjdtillväxt än de på obehandlade ytor. Trenden var också att en kraftigare markbearbetning, som högläggning och plöjning, givit en bättre tillväxt än harvning. Likaså fanns det en tendens till att markbehandlingen var mer överlägsen på de näringsfattiga markerna (Jansson & Näslund 1993).

I ett försök av Sugg (1990) i södra Sverige (Fläda, Hälla och Hagfallet ungefär 20 kilometer nord om Motala, Lindalen ungefär 30 kilometer norr om Linköping samt Lyttersta mer än 100 kilometer norr om Vingåker) användes tre markberedningsmetoder (högläggning, harvning och plöjning) tillsammans med en obehandlad kontroll på fem olika försökslokaler med en unik bonitet för varje lokal. Man planterade täckrotsplantor av gran och tall (2/0). Avgång och skador var lägst för tall på lavtypen, där mindre än 5 procent dödlighet kunde påvisas av alla

ursprungliga plantor under de första fyra växtsäsongerna. För enskilda år översteg skadorna aldrig 20 procent för markbehandlingsmetoderna. De två försökslokalerna med tall uppvisade endast minimala effekter i samband med markbehandling med endast drygt 20 procent avgång på obehandlade ytor på den smalbladiga grästypen. Däremot överskred granavgången på samma bonitet 70 procent på obehandlade ytor på grund av frost. De andra försöksleden med gran, i synnerhet blåbärstyp, hade en betydligt lägre avgång på behandlade ytor.

Generellt var toppskottstillväxten störst med plogbehandling och sämst på obehandlade ytor. De mest anmärkningsvärda resultaten med plogbehandlingen var den kraftiga tillväxten av tall på den torra lavtypen samt av gran på den fuktiga högörttypen.

På lavtypen uppnådde tallplantor en medelhöjd på 115,2 cm på plöjda ytor jämfört med 67,9 cm på obehandlade ytor. Medelhöjden på de plöjda ytorna visade dock ingen signifikant skillnad från övriga behandlingsmetoder som uppnådde drygt 95 cm i medelhöjd. Planthöjdseffekten, i synnerhet med plogen, kunde tänkas bero på ökad marktemperatur och näringsfrigörelse. För tall på smalbladig grästyp var mönstret detsamma men nivån lägre.

På högörttypen uppnådde granplantor en medelhöjd på 81,7 cm på plöjda ytor. Detta skiljde sig med statistisk säkerhet från alla andra behandlingsmetoder (inklusive obehandlade ytor) som hade lika hög medelhöjd och ett gemensamt medelvärde på 60,9 cm. På denna lokal kunde plöjningen tänkas ha haft en positiv påverkan genom att avlägsna humustäcket och öka jordens luftinnehåll mer än de andra metoderna. På den smalbladiga grästypen uppnåddes störst höjdtillväxt med plogbehandling och de sämsta resultaten uppmättes på obehandlade ytor och, som på lågörttypen, kunde inga tydliga skillnader iaktas mellan harvning och högläggning. På lågörttypen var det däremot inga stora skillnader mellan markbehandlingsmetoderna med en spridning av bara 12 cm i höjdskillnad mellan den sämsta (ingen markberedning) respektive den bästa (harvning) behandlingsmetoden. Högörttypen uppvisade lägre höjd på obehandlade och höglagda ytor samt högre höjd med harvning och plöjning som inbördes uppvisade relativt lika resultat.

Slutsatsen av försöket var att markberedning med plog gav en något bättre överlevnad och tillväxt men att mindre radikala metoder (harvning och högläggning) ofta var lika gynnsamma för att åstadkomma tillfredsställande överlevnad och tillväxt av båda träarterna på de olika markboniteterna. Generellt gav obehandlad mark dåliga resultat för överlevnad och toppskottstillväxt i plantetableringsfasen, men det återstår att se om dessa tidiga skillnader står sig (Sugg, 1990).

I en studie av Hunt (1987), utförd på fyra platser (Böle, Rätan, Nätelsildret och Östbodarna) nord och väst om Rätansjön cirka 100 kilometer söder om Östersund, studerades planterad contortatall. Behandlingarna var högläggning, plöjning, harvning och ingen markberedning. Plantmaterialet var täckrotsplantor (Kopparfors, 1/0). Efter fyra till fem år gav högläggning det bästa resultatet (överlevnad x höjd) på medium till näringsrika ståndorter, men skillnaden mellan markberedningsmetoder var inte stor. Den största skillnaden mellan behandlingar uppträdde på den fattiga och torra ståndorten. Plöjning gav den bästa överlevnaden och höjdtillväxten på den ståndorten. Plantor skyddade med PUM (mekaniskt snytbaggesskydd) på ej markberedda områden hade jämförbar överlevnad på sluttande ståndorter där väder (uttorkning, frost) inte var ett allvarligt problem. Plantorna med PUM på ej markberedda områden hade lägre höjdtillväxt i jämförelse med markberedningarna på alla ståndorter utom den rika. Studien indikerar att behandlingar med intensiv störning av jorden (harvning, plöjning) inte är nödvändiga för att erhålla tillräckligt bra etableringsresultat för contortatall

på medium till näringsrika ståndorter. Även en viss del tall och gran ingick i studien. Den bästa överlevnaden och tillväxten för contortatall och tall inträffade efter högläggning. Gran hade den bästa överlevnaden och höjdtillväxten efter plöjning.

Markberedning påverkade stamvolym och stambiomassans avkastning för contortatall (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Engelm.) i ett 17 år gammalt fältförsök i boreala och norra Sverige (Böle, Nästelsildret och övre Rätan). Ettåriga täckrotsplanter planterades utan markberedning med ett fysiskt skydd mot snytbagge. Markberedning (harvning, högläggning och plöjning) resulterade i en avkastning på 3,1 m³sk per ha på näringsfattiga ståndorter och 34,2 m³sk per ha på medelproduktiva ståndorter. Motsvarande värden för ingen markberedning var 0,9 och 16,7 m³sk/ha. I jämförelse med ingen markberedning ökade plöjning volymavkastningen med 500 procent på näringsfattiga ståndorter och 200 procent på intermediära ståndorter. Placeringen med avseende på stamvolym var plöjning > harvning = högläggning ≥ ingen markberedning. Även om det inte var signifikant minskades veddensiteten med 1,6 procent på fattiga ståndorter och med 5,3 procent på intermediära ståndorter. En slutsats var att markberedning signifikant ökade stamvolymproduktionen vid 17 års ålder jämfört med ingen markberedning. Resultaten antydde också att skillnaden mellan plöjning och de andra metoderna, särskilt ingen markberedning, kommer att öka ännu mer i den närmaste framtiden. Volymproduktionen var lägst efter ingen markberedning men inte signifikant lägre än högläggning på den fattiga ståndorten och harvning på den intermediära ståndorten. Ingen signifikant skillnad i volymproduktion konstaterades mellan harvning och högläggning. Markberedning ökade också biomassaproduktionen, eftersom sänkningen i veddensiteten var mycket mindre än ökningen i volymproduktionen (Mattsson & Bergsten, 2002; Mattsson & Bergsten 2003).

Markberedning verkar påverka tillväxten mer på näringsfattiga ståndorter än på intermediära ståndorter. Detta kan bero på förhållandet att efter etableringsfasen verkar näringsupptagning vara den kritiska faktorn och kväve begränsar ofta tillväxten i boreala skogar. Ökningen i tillväxt är högre som en följd av mer intensiva metoder som plöjning jämfört med mindre ingripande metoder (Mattsson & Bergsten, 2003).

I ett arbete, utfört av Mattsson (2002) i mitten av Sveriges boreala skog och i mitten av Finlands boreala skog, studerades markberedningseffekten på 18 år gamla planterade contortatallar. Rankningen med avseende på stamvolymavkastningen var plöjning ≥ harvning = högläggning > ingen markberedning. I jämförelse med ingen markberedning ökade plöjningen avkastningen per hektar med 600 procent på näringsfattiga ståndorter och 300 procent på intermediära ståndorter. Behandling med sandlupin (*Lupinus nootkatensis* L.) resulterade i en ökning med 236 procent för högläggning, 139 procent för harvning och 55 procent (inte signifikant) för plöjning, vilket innebär att den relativa effekten av sandlupin minskade med ökad störd jordyta. Plöjning i jämförelse med fläckmarkberedning ökade signifikant stamvolymavkastningen per hektar med 50 procent för 23, 26 och 28 år gamla tallar i två fältexperiment i boreala Finland. Skillnaden mellan plöjning och andra markberedningsmetoder i tillväxt förväntas öka under den närmaste tiden. Allmänt gäller att ju intensivare störningen i jorden blir desto bättre tillväxt

Försök i Malå med jämförelse av hyggesplöjning och harvning

I ett arbete, utförd på lokaler inom Malå kommun i Västerbottens län (Nybacka, Lövbergsliden och Björnkälen) jämförde Roslund (1986) hyggesplöjning med harvning och fann att plantavgången i de plöjda delarna av avdelningarna hade varit mindre samt att höjdtillväxten överallt varit bättre efter plöjning än efter harvning. Även den avdelning som brändes före markberedningen visade på en sämre ungdomsutveckling än den del som plöjdes, vilket tyder på att plöjning är en bättre markbehandlingsmetod på ifrågavarande mark. Plantering hade på samtliga undersökningslokaler utförts med tall.

Försök i Kosta och Boda med jämförelser av fläckmarkberedning, harvning, liten rabatt och stor rabatt

I en studie, utförd i Kosta och Bräcke, erhöll Berg, Bäcke och Jonsson (1981) följande resultat: En väl utförd markberedning ökade möjligheten till god plantetablering. Plantering i en hög eller rabatt av mineraljord var gynnsam för plantan. Avståndet mellan planta och närmaste humuskant var av stor betydelse för plantöverlevnaden i områden med stor risk för insektsangrepp. Av de tre markberedningsmetoderna fläckmarkberedning, harv, liten rabatt och stor rabatt får den stora rabatten högst överlevnad följt av den lilla rabatten. Den överlägset bästa rottillväxten uppmättes på plantor i de stora rabatterna. Rabatten ger en varm, väl-dränerad och lucker växtplats, vilket återspeglas i rottillväxten. Markberedning gav högre plantöverlevnad än plantering utan markberedning. Det förelåg inga större skillnader vad gäller planttillväxt mellan de olika försöksleden. Plantor satta utan föregående markberedning hade dock haft en något sämre utveckling än plantor satta efter markberedning. Plantering skedde med tall.

Några nordliga och sydliga försök med jämförelser av hyggesplöjning och fläckmarkberedning

Arvidsson m.fl. (1980) studerade planterad gran på ett högläge i norra Sverige (64,3° N, 600 m.ö.h.) efter hyggesplöjning och fläckmarkberedning. Plantorna i försöksledet med plöjning hade etablerat sig utomordentligt bra, avgången var endast sex procent och medelhöjden var nästan den dubbla jämfört med försöksledet med fläckmarkberedning. Den dåliga överlevnaden och tillväxten för försöksledet med fläckmarkberedning tillskrevs konkurrens och låg marktemperatur. På samtliga parceller med hyggesplöjning var överlevnaden cirka 2,5 gånger så hög som på de fläckmarkberedda parcellerna. Planthöjden var dubbelt så stor på det plöjda området. Författarna konkluderade att eftersom risk föreligger för bonitetssänkning på torra samt svaga marker bör hyggesplöjning där användas med stor försiktighet (Arvidsson m.fl., 1980).

Vid en jämförelse mellan hyggesplöjning och fläckmarkberedning framkom att beståndstillväxten efter plöjning, fortfarande 14 år efter planteringen, var högre än efter konventionell fläckmarkberedning. Även i fråga om överlevnaden visade hyggesplöjningen ett bättre resultat, beroende på den stora andelen plantor som avgick under unga år efter fläckmarkberedning (Oja, 1988).

Mattsson, Kubin och Bergsten (2002) fann att plöjning jämfört med fläckmarkberedning signifikant ökade volymen för 26 och 28 år gamla planterade tallar i två finska boreala

fältexperiment (Vengas och Kivesvaara). Plantmaterialet var treåriga resp. tvååriga barrotsplanter av tall. Som ett medel över de två ståndorterna resulterade plöjning och fläckmarkberedning i beståndsvolymer på 84 resp. 56 m³sk/ha. För de planterade träden ökade plöjningen biomassaproduktionen jämfört med fläckmarkberedningen.

I ett försök utvärderades tillväxt, beståndsstruktur, skador och överlevnad efter tio år. Studien utfördes av Örlander, Nordborg och Gemmel (2001) på Trollberget och Degerön i norr, Sandbäcken och Norrekvarn i söder samt Sperlingsholm och Härsängen i sydvästra Sverige. Tillväxten och överlevnaden av planter av gran, tall och contortatall ökade som ett resultat av plöjning ("deep soil cultivation") på sandiga och/eller frostutsatta ståndorter jämfört med fläckmarkberedning. Mjäligen ståndorter utsatta för sommarfroster påverkas också positivt av plöjning, men på dessa ståndorter ökade risken för uppfrysning efter plöjning. Även för björk ökade överlevnaden som en följd av plöjningen. Plöjning reducerade variationen i trädstorlek, eftersom den erbjuder en mer uniform miljö i etableringsfasen. Plöjning minskade skadorna. Den mest uttalade effekten av plöjning på skadorna var reducerade frostsador.

I en studie i finska Lappland konstaterades det att plantering var mer framgångsrik än sådd och att tillväxten hos planterade planter var större på plöjda områden än på fläckmarkberedda områden. Plantmaterialet var både barrotsplanter och täckrotsplanter av tall och gran (Pohtila, 1977).

Några nordliga försök med jämförelser av högläggning och fläckmarkberedning

I en studie, utförd på Knorthöjden på cirka 440 m.ö.h. mellan Gastsjö och Storåsen i östra Jämtland, konstaterades med hjälp av regressionsanalys att högläggning (mineraljordshög i markberedningsfläck) i jämförelse med fläckmarkberedning givit högre tillväxt för gran. Contortatallen hade något sämre tillväxt vid högläggning. Överlevnaden gynnades av högläggning, speciellt för barrotsplanter av gran. Överlevnaden efter högläggning var bättre för alla planttyper jämfört med fläckmarkberedning. En slutsats var att contortatallen var minst känslig för vilken markbehandlingsmetod som använts. Barrotsplanter av contortatall växte bäst på fläckmarkberedda ytor. Täckrotsplanter av contortatall växte sämre på hög än efter andra markbehandlingsmetoder. Försöksytorna planterades med tall, gran och contortatall. Barrotsplanter och täckrotsplanter användes för alla trädslag (Bjändal, 1990).

I ett markberedningsförsök i nordligt klimat, utfört 45 kilometer sydväst om Malmberget, av Fries (1993) jämfördes ingen markberedning (kontroll) med fläckmarkberedning och högläggning på mineraljord. För tall var överlevnaden signifikant lägre för kontrollen jämfört med fläckmarkberedning och högläggning. Överlevnaden var högre för högläggning än för fläckmarkberedning. Höjden var signifikant lägre för kontrollen i förhållande till fläckmarkberedning och signifikant lägre för fläckmarkberedning i förhållande till högläggning. För contortatallen var överlevnaden lägre för kontrollen i förhållande till fläckmarkberedningen och fläckmarkberedningen hade i sin tur lägre överlevnad än högläggningen. Medelhöjden var högre för högläggning i förhållande till fläckmarkberedning och högre för fläckmarkberedning i förhållande till kontrollen. Skillnaden mellan fläckmarkberedningen och högläggningen beträffande contortatallens höjd var inte signifikant. Contortatallen överlevde bättre i kontrollen än tallen. Överlevnaden var icke signifikant tio procentenheter högre för contortatallen i högar och fläckar jämfört med tall.

Höjden var icke signifikant högre för contortatall i högar än för tall i högar. Höjden var signifikant högre för contortatall i fläckar och högar i förhållande till tall i fläckar och högar.

För tall kunde den höga initiala dödligheten förklaras med låg rottillväxt vilket leder till dålig etablering. Man fann sju gånger så många nya rötter efter 55 dagar för högläggning i förhållande till fläckmarkberedning. Skillnaden förklaras förmodligen med en skillnad i jordtemperatur mellan de två behandlingarna. Contortatall etablerade sig bättre utan markberedning än vad tall gör. Höjden var något högre för contortatall i högar än i fläckar, vilket antyder att högläggning befrämjar contortatallens höjdtveckling. För contortatall hade fläckmarkberedning endast ökat överlevnaden lite men höjden var signifikant bättre i förhållande till kontrollen. Resultaten visade att både fläckmarkberedning och högläggning positivt påverkar överlevnad och höjdtillväxt för contortatall och tall i lägen med kärvt klimat. Högläggning resulterade i den högsta medelhöjden för båda arterna. Ingen markberedning leder till signifikant högre överlevnad och tillväxt för contortatall i förhållande till tall (Fries, 1993).

I en studie, utförd i Ainovardo 45 kilometer sydöst om Malmberget i Norrbotten, studerades överlevnad, höjd och hälsostatus för tall och contortatall. Behandlingarna var ingen markberedning (kontroll), fläckmarkberedning och högläggning. För båda arterna var överlevnaden bättre för högläggnings i förhållande till kontrollen. Högläggning reducerade dödligheten förorsakad av *Gremmeniella abietina* på contortatall och dödlighet förorsakad av *Phacidium infestans* på tall. Oavsett art visade högläggnings den största frekvensen träd med brutna toppar. Contortatall var 35 till 45 procent högre i höglagda områden i jämförelse med kontrollen, beroende på planteringsperiod. Högläggning minskade andelen lutande träd för contortatall jämfört med kontrollen. Fläckmarkberedda ytor hade högre överlevnad än kontrollen för tall. Högläggning visade högre överlevnad för contortatall än vad fläckmarkberedning gjorde (Hansson & Karlman, 1997).

I ett arbete, utförd nära Eton i Bullock Township i Great Lakes/St., studerades olika markberedningsmetoder för paperpotplantor och barrotsplantor (2/0). Paperpotplantor behövde mekanisk markberedning mer än barrotsplantorna. Vid slutet av femte året hade positiva reaktioner på överlevnaden och tillväxten konstaterats för högläggning. Storleken på högen hade liten eller ingen effekt på överlevnad och total höjd men medelstamvolymen var signifikant högre på 20 liters högar än på 10 liters högar. Högstorleken påverkade inte överlevnaden för barrotsplantor men paperpotplantorna överlevde bättre på 20 liters högar än på 10 liters högar. Femte årets medelstamvolym var också signifikant högre på hög på humus i jämförelse med hög på mineraljord. Fläckmarkberedning ökade överlevnaden men minskade tillväxten jämfört med ingen markberedning. Fläckmarkberedning hade högre överlevnad än ingen markberedning men lägre överlevnad i jämförelse med högläggning. Fläckmarkberedning gav signifikant lägre total höjd, stamvolym och relativ tillväxthastighet vid fem års ålder än högläggning (Sutton & Weldon, 1993).

Jämförelse av olika markberedningsmetoder vid föryngring av bok och ek

Agestam m.fl. (2003) studerade naturlig föryngring av bok (*Fagus sylvatica*) under olika tätheter i frötrådsställningen och för olika markberedningsmetoder i Skarhults försökspark i södra Sverige. Markberedningen var harvning, hög på humus och ingen markberedning.

Antalet plantor var signifikant högst för harvningen. Vidare var antalet plantor högre i hög på humus i jämförelse med kontrollen för de två frötrådsställningarna men inte för kalhygget. Täckning av fröna med mineraljord ökade signifikant plantbildningen i frötrådsställningarna. Denna effekt var mest uttalad för frön på hög på humus. På kalhygget erhöles en negativ effekt av täckning, förmodligen som en konsekvens av högt stående grundvatten. Nollyteprocenten i de två frötrådsställningarna var högre för obehandlad mark i jämförelse med behandlad mark. Det fanns ingen signifikant skillnad i planthöjd mellan de olika typerna av fröbäddar. Plantantalet var fler efter harvning i jämförelse med hög på humus. Detta förhållande kan förklaras med att högarna på humus torkade ut. Ingen effekt på överlevnad och tillväxt konstaterades för de olika markberedningarna. Markberedning var en förutsättning för lyckad förnygring i detta fall även om man ibland fått en tillräcklig förnygring på andra mer bördiga ståndorter utan markberedning.

Gemmel, Nilsson & Welander (1996) studerade planterad ek och bok under olika skärmtätheter och på kalhyggen under tre år i södra Sverige på Skarhults försökspark. Olika markberedningsmetoder utfördes. Plantering skedde med barrotsplantor (2/1) för bok (*Fagus sylvatica* L.) och ek (*Quercus robur* L.) med svensk proveniens. Markberedningsmetoderna var fläckmarkberedning, hög på mineraljord, hög på humus, djup bearbetning av jorden till 40 cm djup med humuslagret på botten och ingen markberedning. För ek påverkade inte markberedningsmetoderna tillväxten när plantering skedde på färskt kalhygge eller i skärmställningar. Tillväxten hos bok påverkades positivt av högläggning. När plantering skedde på ett år gamla kalhyggen befrämjades tillväxten för ek och bok av markberedning. Ingen signifikant effekt på överlevnaden konstaterades för de olika markberedningsmetoderna. Bokplantor påverkas mer positivt av markberedning än ekplantor, något som kan bero på ekplantors högre motståndskraft mot torka.

En jämförelse i Kanada av harvning, plöjning och "blading"

Markberedningseffekten studerades på boreala områden i Kanada. Markbehandlingarna var harvning, plöjning, "blading" och en ej markberedd kontroll. Plantering skedde med *Picea glauca*. Mekanisk markberedning påverkade inte signifikant överlevnad, höjd eller barrvikt. Det var en icke signifikant trend mot högre barrvikt på markberedda områden i jämförelse med kontrollen. Påverkan på näringsämnen i barren som en följd av markberedning var minimal. Resultaten antydde att markberedning på dessa ståndorter har liten effekt på upptaget av näringsämnen för *Picea glauca* och att markberedning på sikt kan resultera i minskad tillgänglighet av P, K och Mn. Vidare kan behandlingar som "blading", som reducerar det organiska lagret, leda till ökat innehåll i barren av Fe och Al, vilket kan vara skadligt (Macdonald, Schmidt & Rothwell, 1998).

Jämförelse av fläckmarkberedning och rabatt vid plantering av gran, tall och contorta

Martinsson (1985) studerade markberedningseffekten (fläckmarkberedning och rabatt) på tall, gran och contortatall i Sverige. Studien utfördes i Kälarne i östra Jämtland och i Lit i nordöstra Jämtland. Plantmaterialet var barrotsplantor av tall (2/0), gran (2/1) och contortatall (1/1) samt täckrotsplantor av tall (1/0), gran (2/0) och contortatall (1/0). Överlevnaden av barrotsplantor av gran och tall planterade utan markberedning blev mycket låg, 16 procent respektive 18 procent. Barrotsplantor av contorta planterade utan markberedning överlevde

till 54 procent. Överlevnaden av tall och contortatall efter markberedning var hög, 85–95 procent och skillnaderna var små mellan försöksleden. Granens överlevnad blev betydligt sämre efter fläckmarkberedning än efter plantering i rabatter. Barrotsplanterade efter fläckmarkberedning överlevde till 45 procent och täckrotsplanter till 64 procent. Planterad i rabatt överlevde granen till drygt 80 procent med såväl barrots- som täckrotsplanter.

Höjdtutvecklingen blev bättre hos täckrotsplanter än hos barrotsplanter. Högst blev plantorna av alla tre trädslagen med plantering efter fläckmarkberedning med täckrotsplanter.

Täckrotsplantorna planterade i rabatt gav således ett oväntat och sämre resultat.

Markberedning ökade höjdtillväxten under plantornas första sex år med mellan 30 och 50 procent. Mest ökade tallen och minst ökade contortatallen. Markberedningens effekt på överlevnaden var ännu större. Markberedning med rabatt hade i det undersökta materialet inte den positiva effekt som visat sig i andra, liknande försök. Detta berodde dels på att markberedning och plantering utförts samma sommar och dels på att planterade i rabatt blev mer betade av älg.

Båda typerna av markberedning hade positiv effekt på såväl tillväxt som överlevnad.

Tydligast var effekten på överlevnaden av barrotsplanter av tall. Plantorna av contortatall var i genomsnitt cirka 50 procent högre än tall- och granplantorna. Tallplantorna hade dock en ovanligt dålig höjdtutveckling till följd av knäckesjuka. Denna sjukdom drabbade hårdast de tallplanter som växte bäst, det vill säga planterade efter markberedning. Detta stämmer väl med andra undersökningar. Skador av älgbetning var vanligast bland de högsta plantorna, det vill säga planterade av contortatall, i synnerhet då dessa var planterade högre än omgivande terräng, det vill säga på rabatter. Även tallplanterade på rabatt fick betydande betesskador. De skador som förekom på gran var huvudsakligen orsakade av bastborrar, snytbagge och frost. Som väntat var insektsskadorna vanligast på planterade utan markberedning. Rabatterna verkar ha haft en viss, om än liten, effekt som skydd mot frostskaador på gran.

Betraktar man effekterna på tillväxten måste man dock konstatera att rabatterna i allmänhet gav ett dåligt resultat. Det berodde dels på den ovannämnda betningen av älg och dels på att markberedningen hade utförts endast någon dag före planteringen. Detta var till klar nackdel för stabiliteten hos planter i rabatter. Den negativa effekten blev mest kännbar för täckrotsplanter av contorta. Markberedning utförs i normala fall på hösten året före planteringen. Jordhögen får därigenom tillräcklig tid att sätta sig under vintern före planteringen. På försöksytan kunde man se att jordhögarna hade eroderat efter planteringen så att en viss del av rotsystemet kommit fram i och över jordytan (Martinsson, 1985).

En norsk jämförelse av inversmarkberedning och fläckmarkberedning

I sydöstra Norge studerade Granhus m.fl. (2003) dödlighet, skador och höjdtillväxt för planterad gran under sex år. Behandlingarna var skärmar av låg, medium och hög täthet kombinerat med tre markberedningsmetoder (ej markberett, fläckmarkberedning och inversmarkberedning). Inversmarkberedningen bestod av humusblandad mineraljord på en humustorva. Vidare hade man en behandling med ett litet kalhygge. Dödligheten var mycket låg under studietiden och skilde inte signifikant mellan de olika tätheterna i skärmen. Både överlevnad och planthöjd efter sex år förbättrades efter inversmarkberedning medan fläckmarkberedning var i en mellanställning men inte signifikant skild från alternativet med ingen markberedning. Det lilla kalhygget resulterade i de längsta plantorna medan endast små

skillnader i höjdtillväxt konstaterades inom skärmbehandlingarna. Frekvensen skadade plantor efter sex år påverkades inte signifikant av de olika behandlingarna. Den förbättrade plantetableringen efter inversmarkberedning är i överensstämmelse med tidigare studier på kalhyggen.

Plantetableringen och tillväxten förbättras ofta avsevärt av markberedning. Torra inverkar ofta på dödligheten under etableringsfasen medan tillväxten efter denna styrs av tillgången på näringsämnen. Inversmarkberedning verkar kombinera en tillräcklig tillgång på fukt och en gynnsam miljö för mineralisering och rottillväxt i större utsträckning än mer frekvent använda metoder som harvning, högläggning och fläckmarkberedning. Hypotesen om överlägsen tillväxt på det lilla kalhygget och reducerad dödlighet och förbättrad tillväxt efter markberedning bekräftades av studien.

En jämförelse av inversmarkberedning och högläggning för planterad gran

I en studie (studieområden mellan latituderna 57° N och 65° N i Sverige) jämfördes inversmarkberedning med högläggning när gran planterades. Ettåriga täckrotsplantor användes utom på de två sydligaste studieområdena där treåriga barrotsplantor användes. Plantorna var behandlade med permetrin. Fem vegetationsperioder efter plantering med gran konstaterades förbättrad plantöverlevnad för inversmarkberedning (78 procent) i jämförelse med högläggning (65 procent) och ej markberedd kontroll (57 procent). Höjdtillväxten efter inversmarkberedning (46 cm) och högläggning (42 cm) var signifikant högre än för ej markberedd kontroll (32 cm). Efter fem vegetationsperioder hade inversmarkberedning ökat tillväxten med 44 procent och högläggning hade ökat tillväxten med 31 procent jämfört med kontrollen. Skillnaden i höjdtillväxt mellan inversmarkberedning och högläggning var inte statistiskt signifikant men värdena talar till förmån för inversmarkberedningen. Över en vid variation av klimatiska förhållanden verkade inversmarkberedning ge bättre etablering jämfört med högläggning vid plantering av gran. Fem vegetationsperioder efter plantering låg medelhöjden för plantor i högar 0,5–1 vegetationsperioder efter plantor i inversmarkberedning. Inversmarkberedning är ett gott alternativ till högläggning. Förbättrad överlevnad och tillväxt kan förväntas på en majoritet av normala planteringsplatser i den boreala skogen efter inversmarkberedning (Hallsby & Örlander, 2004).

Gamla försök med jämförelser av inversmarkberedning, hackning, harvning och plöjning

I två markförbättringsförsök på tallhedar i Norrland noterades det följande: Markberedningsformerna var lavkrattning och spadvändning ned till 30 centimeters djup. Under femårsperioden, från fyra till nio år efter försöksanläggningen, hade tallplantorna på den spadvända parcellen betydligt längre toppskott än tallplantorna på den orörda jämförelseparcellen. Även de mindre radikala åtgärderna i form av hyggesbränning och lavkrattning hade som synes gynnat plantornas höjdtillväxt. Ungefär 25 år efter försöksanläggningen var toppskottstillväxten på orörd mark av samma storleksordning som på den markförbättringsåtgärdade marken. Med stigande ålder visade sedan tallarna bättre tillväxt på den orörda marken. Att tillväxten avklingade på de markberedda ytorna förmodades bero på utlakning av näringsämnen. Spadvändningen medförde en högre marktemperatur genom att det värmeisolerande ljusa lavtacket bortskaffades. Den blottade sanden blev varm och yttorr. Men under det yttorra skiktet skapades gynnsamma betingelser

för nedbrytning av det nedgrävda organiska materialet. Uppgifter om riklig förekomst av mjölkört under de närmaste åren efter spadvändningen indikerar en påtaglig mineralisering av kväve (Lundmark, 1977).

Mycket talar för att tallplantorna ej kunde tillgodogöra sig allt det kväve som under den första tioårsperioden frigjordes vid det organiska materialets nedbrytning. I samband med kraftiga regn fördes då överskottet av växttillgängligt kväve ned på sådant djup att det blev oåtkomligt för plantornas rötter. Mobiliseringen av ståndortens växttillgängliga kväve inträffade vid en tidpunkt då det saknades bestånd som kunde tillgodogöra sig detta. Den slutliga effekten kunde bedömas som en bonitetsminskning (Lundmark, 1977). Lundmarks tolkning av dessa försök motsägs dock av Egnell m.fl. (1994) och Örlander, Egnell & Albrektson (1996) som på samma ytor inte fann någon tillväxtnedsättning.

Hyggesplöjning innebär en effektiv dränering av marken, som i ett hyggesstadium har ett överskott av vatten inom framförallt de norra delarna av vårt land. En icke oviktig faktor, som förändras till det bättre, är mikroklimatet; marktemperaturen blir högre, frostrisken blir mindre etc. Konkurrensen från annan vegetation elimineras men framförallt blir näringsutbudet av allt att döma stort. Gamla tyska undersökningar bestyrker teorin om ett ökat näringsutbud vid hyggesplöjning. Samtidigt fann man emellertid efter ett antal år en nedgång i tillväxten i de plöjda kulturerna som i vissa fall blev starkare än i de oplöjda jämförelseytorna. Det är rimligt att antaga att de unga plantorna ej förmår taga vara på den frilagda mineraljordens stora näringsutbud, som självfallet kommer att successivt upphöra efter några år. Hyggesplöjning är av allt att döma vida överlägsen andra markberedningsmetoder. Vidare har farhågor uttryckts att dräneringen som uppkommer genom hyggesplöjningen på sikt kan medföra en bonitetssänkning i vissa regioner (Troedsson & Utbult, 1972).

I en undersökning utförd, på latituderna 67° 17' N, 66° 57' N, 66° 56' N, 66° 50' N, 63° 15' N, 61° 38' N, 61° 37' N och 61° 25' N, av Domänverket noterades det följande: Genomsnittliga överlevnaden för plöjda objekt år 1977 var 77 procent och år 1983 75 procent. För konventionellt markberedda jämförelseobjekt (fläckmarkberedning) var den genomsnittliga överlevnaden vid inventeringen år 1977 50 till 52 procent och år 1983 44 till 46 procent. Differensen mellan genomsnittlig toppskottslängd för plöjda och konventionellt markberedda objekt uppgick 1977 till 3,4 cm eller 28 procent av genomsnittlig toppskottslängd för de konventionellt markberedda objekten. År 1983 var motsvarande siffror 6,4 cm eller 39 procent. Det framgick att inte bara de absoluta utan även de relativa toppskottslängderna var större för plöjningarna, vilket innebar att plantorna på de plöjda objekten fortsätter att växa bättre än plantorna på de konventionellt markberedda objekten. Plöjning har givit bättre självföryngring än hyggesbränning och konventionell markberedning (Talts, 1984).

I ett examensarbete, utfört i Y och AC län på mellan 190 och 410 m.ö.h., om hyggesplöjning konkluderades det följande: Plantorna hade, fem till sex år efter plantering, markant högre medelhöjd på plöjda än på intilliggande fläckmarkberedda hyggen. Skillnaden i plantornas toppskottslängd på plöjda och fläckmarkberedda hyggen var störst två till tre år efter plantering och minskade markant efter sex till sju år. Hyggesplöjningens fördelar sammanfattades som följer: Snabbare avrinning av ytvatten, bättre syreförsörjning, minskad frostrisk, ökad näringsomsättning, ökad värmeinstrålning, minskad vegetationskonkurrens, ökad höjdtillväxt i plantstadiet, lägre arbetssvårighet vid plantering, mindre plantor kan

användas vid plantering och tidigare försumpad mark kan omföras till skogsmark. De nackdelar som nämndes är följande: Högre ytstrukturklass på ytsteniga marker, farhågor om minskad tillväxt i framtiden, risk för erosionsskador, risk för bestående och skadlig dränering, risk för ensidig rotutveckling och impopulär hos allmänheten genom bl.a. minskad framkomlighet (Björkdahl & Sandewall, 1977).

Ett kanadensiskt försök med jämförelse av "blading" och "mixing"

I ett arbete studerades plantering av *Picea glauca* under olika skärmtätheter och markberedningar. Studien genomfördes 65 kilometer nordväst om Edson, Alberta, Kanada. Markberedningarna ökade jordtemperaturen, minskade plantdödligheten och förbättrade tillväxten, speciellt diametertillväxten. Markberedning kunde också positivt påverka densiteten i jorden, fuktighetstillgången, gasutväxlingen i jorden, tillgången på näringsämnen och relativ humiditet och lufttemperatur nära markytan. Markberedningsmetoderna var "blading" och "mixing". "Blading" innebär att A horisonten exponeras och "mixing" innebär att det organiska lagret och A horisonten blandades ner till ett djup av 10 till 13 cm. "Mixing" producerade högre höjd och bredare diameter än "blading" förmodligen som en konsekvens av bättre vattenhållande förmåga och näringstillgång för "mixing" i jämförelse med "blading" (Man & Lieffers, 1999).

Jämförelser av olika organiska materials inverkan på markberedningens effekter

Hallsby (1995) studerade inverkan av organiskt material på markberedningens effekter med hjälp av planterade mekaniskt snytbaggesskyddade täckrotsplantor (1/0) av gran. Studien utfördes på en sydsluttande ståndort i norra Sverige på Svartbergets försökspark tillhörande Sveriges lantbruksuniversitet. Behandlingarna var NOSCALP (ingen markberedning, lös förna borttransporterad), CHIPNOS (ingen markberedning, lös förna borttransporterad samt tio liter flisor av hyggesavfall), MINERAL (20 liter mineraljord på mineraljord), HUMSURF (tio liter mineraljord på mineraljord täckt av tio liter humus), CHIPSURF (tio liter mineraljord på mineraljord täckt av tio liter flisor av hyggesavfall), HUMMIX (20 liter blandad hög på mineraljord, 50 procent mineraljord och 50 procent humus) och CHIPMIX (20 liter blandad hög på mineraljord, 50 procent mineraljord och 50 procent flisat hyggesavfall). Två planteringar (P90 och P91) genomfördes.

Vid slutet av tredje vegetationsperioden efter plantering var medelöverlevnaden för alla behandlingar och planteringar 96 procent med ett maximum på 99 procent för CHIPSURF och ett minimum på 90 procent för CHIPNOS. Med undantaget av dålig höjdtillväxt för plantor i CHIPMIX fanns inga statistiskt signifikanta skillnader för plantor i P91. För båda årens planteringar var HUMMIX och HUMSURF bland de tre behandlingar som gav den högsta höjdtillväxten. För P90 överträffades medelhöjden för dessa två behandlingar av plantor i CHIPNOS men skillnaden var inte statistiskt signifikant. För samma planteringsår var höjdtillväxten för CHIPNOS signifikant högre än för MINERAL, CHIPSURF och CHIPMIX. Behandlingarna HUMMIX och HUMSURF resulterade i bättre tillväxt än medel för båda årens plantering medan låg tillväxt var karaktäristiskt för plantor i CHIPMIX. De största plantorna utvecklades i högar som innehöll humus och högar som innehöll flisat hyggesavfall producerade de minsta plantorna. Att blanda flisat hyggesavfall med mineraljord verkar hålla tillbaka planttillväxten. Att lägga humusen på mineraljordshögen producerar

jämförbara resultat med att placera humusen i blandning med mineraljorden. I allmänhet hade humus en positiv effekt på tillväxten och flisat hyggesavfall en negativ effekt på tillväxten i jämförelse med ren mineraljord. För båda åren resulterade en blandning av mineraljord och flisat hyggesavfall i en lägre tillväxt i jämförelse med flisat hyggesavfall på mineraljord. En dålig vattenhållande förmåga för CHIPMIX kunde förklara den dåliga planttillväxten i detta medium. Täckningen av flisat hyggesavfall i CHIPSURF kunde ha minskat evaporationen och följaktligen tillgängligheten av vatten för plantorna. En förmodad negativ kemisk effekt av flisat hyggesavfall, åtminstone för CHIPMIX, kunde inte uteslutas. Konkurrerande vegetation var sparsam och plantorna var skyddade mekaniskt mot snytbagge. Detta kan förklara varför tillväxten i MINERAL inte var överlägsen NOSCALP och CHIPNOS.

3.2.2 Hyggesbränning och jämförelser med andra markbehandlingsmetoder

Hyggesbränning, plöjning, fläckmarkberedning och högläggning

I ett försök (Bengtsson & Petré, 1985) i Anundsjö har en mager tallhed på ett genomsläppligt sandsediment markbehandlats genom helplöjning med en jordbruksplog respektive hyggesbränning. Plöjningen har medfört högst överlevnad och tillväxt på det bestånd som etablerats. Jämfört med plantorna på den obehandlade delen av heden har plantorna på det brända området överlevt i större omfattning men höjdtillväxten är numera lägre. I markprofilens översta 15 cm hade den helplöjda ytan 40 procent större mängd ammoniumkväve och den brända ytan 50 procent mindre ammoniumkväve än den obehandlade ytan. Såväl höjdtillväxt som diametertillväxt har varit störst på den helplöjda ytan och lägst på den brända. Den radikala markberedningen i form av helplöjning hade här inte medfört någon påvisbar utlakning av kväve.

För Naulavägen 50 km SSV Gällivare på en moränmark har högst överlevnad erhållits efter olika former av fläckmarkberedning. Bäst tillväxt hade plantorna som planterats efter plöjning och högläggning. De radikalare markberedningsmetoderna har givit högre värden på såväl ammoniumkväve som nitratkväve.

Hyggesbränningen och helplöjningen har medfört att frekvensen frostnätter varit lägre och dygnstemperaturen högre än på den obehandlade delen. Förutsättningarna vid plantetableringen har således ur temperatursynvinkel varit betydligt gynnsammare på de markberedda ytorna (Bengtsson & Petré, 1985).

I en studie, utförd i Norrland, där hyggesplöjning jämfördes med hyggesbränning drog man följande slutsatser: I medeltal är antalet levande plantor 1 900 st/ha på markberedda hyggen jämfört med 1500 st/ha på brända. Andelen döda plantor ger ett medeltal av tre procent på markberedda hyggen mot 24 procent på brända. Riskerna för katastrofal avgång genom rotmurkla är en realitet på brända hyggen. Riskerna minskar om man väntar med planteringen till två till tre år efter avverkning och hyggesbränning, men även då kan skador av rotmurkla uppträda. Höjdtutvecklingen var något bättre på markberedda hyggen i jämförelse med brända hyggen (Johansson, 1966).

I ett arbete, utfört på lokalen 53° 52' N, 123° 29' V, 850 m.ö.h. i British Columbia, Kanada, studerades planterad contortatall (*Pinus contorta* Dougl var. *latifolia* Engelm.) och dess reaktioner på olika markberedningsmetoder. Täckrotsplantor 1+0 av contortatall planterades.

Allmänt kunde det sägas att ju mer radikal markberedning desto bättre tillväxt i medelhöjd och stamvolym. Bäst tillväxt erhöles efter hyggesbränning följt av plöjning. Överlevnaden var hög och inte signifikant skild mellan behandlingarna. Detta innebär att ej markberedda områden hade lika hög överlevnad som markberedda områden. Efter tio år var gapet mellan årlig höjdtillväxt för de bästa markberedningsmetoderna och ingen markberedning litet och insignifikant. Författarna konkluderade att det inte är nödvändigt att använda radikala markberedningsmetoder för att etablera contortatall på undersökta ståndorter om det inte finns ett behov av att minska omloppstiden med ett år eller två (Bedford & Sutton, 2000).

Hyggesbränning, plöjning, fläckmarkberedning och harvning

I en studie, utförd i södra och centrala Lappland i Finland, påverkade markberedning signifikant överlevnaden på granmarker. Försöket såddes och planterades. Tvååriga barrotsplantor och ettåriga täckrotsplantor användes. Plöjning hade 44 procent överlevnad och harvning hade 23 procent överlevnad för tall på granmarker. Markberedningen påverkade inte signifikant överlevnaden på tallmarker. Effekten av markberedning på medelhöjden var signifikant på tallmarker (hyggesbränning 271 cm > harvning 222 cm) och på granmarker (plöjning 269 cm, hyggesbränning 256 cm > harvning 212 cm). Författaren konkluderade att intensiva markberedningsmetoder som plöjning eller högläggning behövs om tall skall etableras på fuktiga granmarker. Träden på de plöjda och brända områdena var i medeltal 22 procent högre än träden som växte på harvade områden och 11 procent högre än träden som växte på fläckmarkberedda ytor (Mäkitalo, 1999).

Den tidiga utvecklingen av plantor i norra Finland har vanligtvis varit bättre på plöjda områden än på områden behandlade med mindre ingripande metoder som hyggesbränning, fläckmarkberedning eller harvning (Mäkitalo, 1999).

Hyggesbränning, avlägsnande av humustäcke och bränning av högar av hyggesavfall

I ett försök av Piatek, Harrington & DeBell (2003), utfört i Gifford Pinchot National Forest, Skamania County, WA, studerades markberedningseffekterna av avlägsnande av humustäcket, bränning av högar av hyggesavfall (en behandling med manuellt samlande av högar och en behandling med maskinellt samlande av högar), hyggesbränning och ingen markberedning. 20 år efter markberedning visade denna ingen signifikant effekt på överlevnaden. 20 år efter utförda åtgärder var de planterade *Pseudotsuga menziesii* plantorna högre för markberedda områden jämfört med kontrollen. Medeldiametern och medelvolymen var signifikant större för markberedda områden i jämförelse med kontrollen. Avlägsnandet av humustäcket resulterade i 27 procent större medelvolym än hyggesbränning eller den mekaniska uppsamlingen och bränningen av högar och 82 procent större medelvolym än kontrollen. Avlägsnandet av humustäcket gav den bästa tillväxten. Vid åldern 20 år var träden efter avlägsnandet av humustäcket 21 procent högre, 26 procent större i diameter och 82 procent större i volym än kontrollen. Träden i behandlingen med avlägsnandet av humustäcket och mekaniskt samlande i högar och bränning växte bättre än träden i manuellt uppsamlade högar och bränning samt kontrollen. Träden i de manuellt uppsamlade högarna och bränningen växte i sin tur bättre än kontrollen.

Hyggesbränningen och mekanisk markberedning förhindrade återkolonisation av vegetation och ökade därmed plantornas tillgång på fukt och ljus. Vidare skapade behandlingarna en högre jordtemperatur, vilket gynnar rottillväxten. Behandlingarna resulterade också i ökad tillgång på kväve. Behandlingarna förändrade inte signifikant densiteten i jorden. Resultaten antydde att markberedningarna som utfördes inte negativt påverkade skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga.

Hyggesbränning, ruthackning, lavkrattning och spadvändning.

Sonesson m.fl. (1994) studerade ruthackning, lavkrattning, spadvändning och hyggesbränning och det visade sig att den ruthackade parcellen 62 år efter försökets start hade 47 procent högre volym än kontrollen. Försöket utfördes på Andersforsheden cirka 6 kilometer nordost om Fällfors. Den lavkrattade och den spadvända parcellens volymer är i nivå med kontrollens och de brända ytorna cirka 50 till 70 procent lägre. Av de stora skillnaderna i stående volym kunde man konstatera att de brända parcellerna haft en sämre produktion. Det kunde ej uteslutas att den utförda ruthackningen varit en "lagom" kraftig markbehandling som gav de nyetablerade plantorna en god start utan att frigöra större näringsmängder än plantorna omedelbart kunnat tillgodogöra sig. Av skilda förhållanden kunde inte dras den slutsatsen att spadvändningen varit negativ för produktionen (Sonesson m.fl., 1994. Samma försök i Örlander, Egnell & Albrektson, 1996).

Hyggesbränning och harvning i Kanada

I ett försök i östra Ontario, Kanada jämfördes hyggesbränning, harvning och ingen markberedning. Man planterade täckrotsplantor av *Pinus strobus* och *Pinus resinosa*. Högre överlevnad erhöles på brända områden och harvade områden än för den obehandlade kontrollen. Hyggesbränning och harvning ökade plantornas torrsvikt i förhållande till kontrollen. Ingen skillnad beträffande överlevnad och tillväxt konstaterades mellan hyggesbränning och harvning (Weber m.fl., 1995).

3.2.3 Herbicidbehandling och jämförelser med andra markbehandlingsmetoder

Herbicidbehandling, inversmarkberedning och fläckmarkberedning

Nordborg (2001) visade, på grundval av studier i södra och norra Sverige, att inversmarkberedning ökade överlevnaden och tillväxten för plantor av gran jämfört med obehandlad mark, herbicidbehandling och fläckmarkberedning. På frostutsatta ståndorter och ståndorter med mycket vegetation hade plöjning ("deep soil cultivation") högre överlevnad och tillväxt än inversmarkberedning, herbicidbehandling, fläckmarkberedning och obehandlad mark. Markberedningsmetoder som ökar tillväxten motverkar också skador. Högt upptag av kväve befrämjade plantornas tillväxt. Markberedning med humus begravd under mineraljord, som plöjning och inversmarkberedning, ökade upptaget av kväve jämfört med andra markberedningsmetoder i studien. Intensiva markberedningsmetoder ökade inte utlakningen av kväve och kol.

Herbicidbehandling, inversmarkberedning och plöjning

I en studie, utförd ungefär 15 kilometer öst om Falkenberg i sydvästra Sverige, studerades markberedningseffekten på övergiven jordbruksmark. Plantmaterialet var tre år gamla (1,5/1,5) barrotsplanter av gran. Plöjning ökade effektivt plantornas tillväxt och reducerade skadorna under etableringen. Inversmarkberedning och herbicidbehandling ökade inte tillväxten och överlevnaden lika effektivt som plöjning, men hade både högre tillväxt och överlevnad än den obehandlade kontrollen. Markberedning gynnade upptaget av kväve (Nordborg & Nilsson, 2001).

Nordborg & Nilsson (2003) studerade plantering av gran på övergiven jordbruksmark 15 kilometer öst om Falkenberg i sydvästra Sverige. Plantmaterialet var barrotsplanter av gran (1,5/1,5). Intensiv markberedning i form av inversmarkberedning på hela området ökade tillväxten och minskade skadorna under etableringen. Inversmarkberedning i fläckar och herbicidbehandling ökade inte tillväxten och överlevnaden så effektivt som inversmarkberedning över hela området men hade både högre tillväxt och överlevnad än den obehandlade kontrollen. Risken för utlakning av kväve var troligen större för den intensivaste metoden i jämförelse med övriga metoder.

Herbicer, högläggning och fläckmarkberedning i Idaho

I ett arbete utfört i nordvästra Idaho konstaterades att planter av *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* och *Pinus monticola* växte bättre efter högläggning än efter avlägsnande av det organiska materialet. Högläggning med herbicider förbättrade tillväxten ytterligare. Högläggningsresultatet resulterade i mer tillgängligt kväve och fosfor än behandlingen med borttransport av det organiska materialet. Tillväxten hos plantorna i behandlingen med borttransport av det organiska materialet var lägre än i kontrollen. Högläggning tillät det största rotningsdjupet för treåriga planter av båda arterna, vilket var en respons på lägre densitet i jorden, bättre porositet och genomluftning i jorden. Högläggningsresultatet med herbicidapplikation gav den lägsta jorddensiteten, bästa tillväxten och det största rotningsdjupet (Page-Dumroese m.fl., 1997).

Herbicer vid föryngring av ek

Löf m.fl. (1998) studerade sådd av ek (*Quercus robur* L.) med olika markbehandlingar. Studien utfördes i Skarhults försökspark i södra Sverige. Behandlingarna var: (1) herbicider, (2) herbicider och blandning av mineraljord och organiskt material, (3) herbicider och avlägsnande av humuslagret, (4) inversmarkberedning med herbicider samt (5) obehandlad kontroll. Vidare studerades ett kalhygge och en skärmställning. Efter tre år hade de olika markberedningsmetoderna lika bra hindrat återkolonisation av vegetation och befrämjat tillväxten och etableringen. Det enda undantaget härifrån var inversmarkberedningen som inte uppvisade en positiv tillväxteffekt på kalhygget. Kolonisation av vegetation var ett stort problem och den gynnade möss, sorkar och svampar och ökade konkurrensen om vatten, näring och ljus och därigenom påverkades etableringen och tillväxten av ekplanter.

3.2.4 Grönrisplantering

Ett alternativ till att använda markberedning är grönrisplantering, dvs. plantering i det färska hyggesavfallet efter avverkning. Lindman & Nordström (1964) har funnit hög överlevnad och tillväxt för plantor planterade i grönt ris i östra Blekinge. Emellertid förefaller plantorna i deras studie ha varit behandlade med DDT (min slutsats). De framhåller följande fördelar med metoden:

1. Fuktighetsförhållandena är gynnsammast första året efter avverkning.
2. Näringsutbudet från hyggesavfallet är stort på våren efter slutavverkning.
3. Plantorna slipper konkurrens från hyggesvegetation under den första ömtåliga anpassningsperioden.
4. En snabb start för plantorna gör dem motståndskraftiga.
5. För granplantor synes det färska riset skapa ett gynnsamt mikroklimat.
6. Kulturkostnaderna vid plantering i grönt ris blir vanligen lägre än vid andra föryngringssätt. De främsta orsakerna härtill är att markberedningsmomentet och kompletteringsåtgärder efter plantering bortfaller.
7. Med grönrisplantering erhålls en tidsvinst, vilken i pengar kan uttryckas med ränta på markvärdet. Samtidigt sänks omloppstiden.
8. Åtminstone för den mindre skogsägaren medför metoden den fördelen, att kulturutgiften i tiden kommer nära likviden för det sålda virket.
9. Kultur omedelbart efter avverkning skapar bättre ordning i förvaltningen.
10. Tjäderskador uppträder sällan på plantor där ristillgången är god.

De nackdelar med metoden som Lindman & Nordström (1964) nämner är:

1. Grönrismetoden förutsätter plantering på våren.
2. Planteringssäsongen kan något förkortas p.g.a. försenad tjällossning under det färska hyggesavfallet.
3. Tillgång på plantor kan verka begränsande tills eftersläpning inhämtats.
4. Större tillgång på arbetskraft erfordras i jämförelse med självföryngring.
5. Riset utgör stundom ett hinder för plantören.
6. Vissa svårigheter kan föreligga när det gäller att hålla avsett förband.
7. På marker med ringa utbud av mobiliserad näring erfordras en radikal rubbning av marktillståndet. I sådana fall torde grönrisplantering vara mindre lämplig.

Hagner (1995) skriver att vid grönrisplantering sätts plantorna direkt i marken utan markberedning. En nackdel med grönrisplantering är att plantorna blir kraftigt exponerade för insekter och därför måste vara försedda med goda insektsskydd där risken för insektskador är stor. Grönrisplantering tillämpades med gott resultat i Blekinge så länge DDT fick användas. Ett antal vetenskapliga studier i Norden har enligt Hagner (1995) visat att plantöverlevnaden blir god om plantorna förses med insektsskydd. Man kan inte rekommendera grönrisplantering med plantor utan insektsskydd någonstans i Sverige. Grönrisplantering med snytbaggeskydd ger samma överlevnad som konventionell plantering efter markberedning. Grönrisplantering bör utföras första sommaren efter avverkning. Om planteringen sker först andra sommaren finns det risk för att både överlevnaden och tillväxten blir dålig. Som en följd av risken för snytbaggeangrepp bör stora plantor användas i södra Sverige.

Vid grönnisplantering förlorar man enligt Hagner (1995) den tillväxtstimulans som markberedning ger, men vinner å andra sidan tid. Högläggning visar sig i vissa fall ge mycket bättre tillväxt än grönnisplantering. Tillväxtskillnaden uttryckt i år var på örttyp noll år, på frisk blåbärstyp tre år och på torr lavtyp åtta år. Grönnisplantering på mager mark har alltså visat sig komma långt efter dem som satts efter markberedning. Det har visat sig att markberedning ökar insådd av skogsträd så att planteringarna förtätas avsevärt. Problemet är att markberedning också dödar beståndsförnyringen som ofta finns rikligt i den orörda skogen. För att riktigt kunna utnyttja den naturliga förnyringen i form av små plantor och ännu ej mogna träd, bör avverkningen utföras så att skärmeffekten från träden bibehålls. Grönnisplantering kan här öppna nya möjligheter till ett nytt skogsbruk där plantering bara används för att förtäta ett höggallrat bestånd. Markberedningen är negativ ur naturvårds- och rekreationssynpunkt och den kan förstöra fornlämningar (Hagner, 1995). Markberedning innebär också en risk för utlakning av näringsämnen och erosion (Beasley, 1979; Thompson, 1984; Hagner, 1995; Olarieta m.fl., 1999; Alcázar, Rothwell & Woodard, 2002; Shakesby m.fl., 2002). Intermittent framryckande markberedning i jämförelse med kontinuerlig markberedning kan minska risken för erosion. För att hindra erosion bör markberedningen göras så lite ingripande som möjligt (Costantini & Loch, 2002).

Mattsson (1991) fann att avgångarna låg på en nivå som erfarenhetsmässigt är normal för grönnisplantering. För grönnisplantering har 86,8 procent av plantorna överlevt, på det risrensade hygget överlevde 74,9 procent och på det markberedda hygget överlevde 89,8 procent. Skillnaden mellan försöksleden var inte statistiskt säkerställd. Skillnaderna i medeldiameter mellan försöksleden var små och togs ut av spridningen i materialet. Höjdtutvecklingen visade heller ingen skillnad mellan metoderna. Plantorna i studien förefaller att ha varit snytbaggebehandlade (min slutsats). Tidigare erfarenheter pekar åt samma håll som detta försök. De skillnader mellan metoderna som fanns i överlevnad och tillväxt var antagligen små i jämförelse med andra faktorer såsom lokala skillnader i vegetations- och klimatförhållanden, plantvitalitet, plantstorlek, markförhållanden och kvaliteten på planteringsarbetet. Markberedning minskar risken för snytbaggeangrepp men kan inte ses som ett tillfredsställande skydd mot snytbaggen. Vid ett kraftigt snytbaggetryck kan skadorna bli omfattande trots markberedning. Därför krävs ett effektivt kemiskt eller fysikaliskt skydd mot snytbagge vid alla former av plantering utan hyggesvila (Mattsson, 1991).

Rosén & Lundmark-Thelin (1986a) skriver att orsaker till ett eventuellt misslyckande vid grönnisplantering kan ha sin grund i att gräs- och lövuppslag konkurrerar ut plantorna, snytbaggeangreppen blir omfattande och marktemperatur- och markfuktighetsförhållandena blir ogynnsamma för en bra rottillväxt hos plantorna. Hyggesbehandlingen har följdriktigt tagit sikte på att skapa en så bra etableringsmiljö för plantorna som möjligt. En bra etableringsmiljö är alltså en planteringspunkt där konkurrensen från hyggesvegetationen är så liten som möjligt, där risken för snytbaggeangrepp minimeras och där en hög marktemperatur garanterar en bra rottillväxt samtidigt som markfuktigheten är gynnsam. En sådan plats åstadkoms genom att fläka bort humustäcket kring planteringspunkten och sätta plantan i mineraljord, gärna på en upphöjd plats för att undvika risken för att plantan dränks i tillfälliga vattensamlingar på hygget. Det finns alltså många välmotiverade skäl för en markberedning.

Vid ett försök, utfört i Böle, Rätan, Östbodarna och Nästelsildret, med grönsplantering fann Hagner & de Jong (1983): Kontrolltyterna inom försöket hade endast delvis kunnat beskogas. Hård frost har i kombination med insekter allvarligt skadat de lågt liggande försöksytorna. På övriga delar hade plantorna överlevt tämligen väl beroende på att insekterna hindrats av plastskyddet. De oskyddade plantorna hade överlevt till endast 20 till 30 procent i Östbodarna, där de skyddade överlevt till 90 procent. På den frostlanta marken i Böle var det tveksamt om man någonsin kunde skapa ett slutet bestånd utan någon form av högläggning. Plantorna var i huvudsak contortatall odlade i Kopparforskrukur. I ett försök (Östbodarna) ingick även tall och gran som jämförelse.

I en annan studie, utförd på 44 lokaler spridda över hela landet, av grönsplantering noterade Hagner & Hansson (1987): Det mekaniska skyddet mot snytbagge visade sig ha stor effekt. Norr om Dalälven gav de plantor som planterats med plastskyddet en överlevnad ungefär likvärdig med den man erhåller efter markberedning. Tillväxten försenades emellertid med ungefär ett år. En kombination med kemiska insekticider förbättrade överlevnaden. Överlevnaden i Småland var låg i alla försöksled. I södra Norrland var överlevnaden för oskyddade plantor låg, medan skyddade överlevde betydligt bättre. I norra Norrland där överlevnaden generellt var högre var skillnaderna betydligt mindre, men ändå signifikanta. Norr om Dalälven hade 1982 års försöksserie en genomsnittlig överlevnad på 81 procent för skyddade plantor mot 62 procent för oskyddade. För 1983 års serie var motsvarande siffror 80 procent mot 45 procent och för 1984 års serie var överlevnaden 67 procent mot 26 procent. I samtliga försök har rotade plantor (1/0) använts (Hagner & Hansson, 1987).

Försöket visade att plantor som står i markberedd mark var signifikant längre än plantor som står i mossan. En jämförelse visade att utvecklingen i 1982 och 1983 års försöksserie var väl jämförbara med resultaten av konventionell plantering medan 1984 års försöksserie ligger något lägre än dessa. Resultatet i försöket styrker hypotesen om att avgången för skyddade plantor satta i mossan blir ungefär densamma som för oskyddade plantor satta i markberedd mark. Vid plantering utan markberedning rekommenderas kvarlämnandet av en skärm för att mildra frostrisken på flack mark (Hagner & Hansson, 1987).

Att kombinera plastskyddet med giftbehandling ger ökad överlevnad, men den iakttaga ökningen är inte tillräcklig för att ge säker föryngring i sydligaste Sverige. Plantor som står i icke-markberedd mark har haft sämre längdtillväxt än de som står i markberedd mark. Skillnaden motsvarar ungefär ett års tillväxt. Denna tillväxtsättning uppvägs dock mestadels av en förkortad hyggesvila, ty organisering av maskinell markberedning medför som regel att planteringen senareläggs ett eller flera år (Hagner & Hansson, 1987).

Plantering utan föregående markberedning ger ur etableringssynpunkt inte tillräckligt hög marktemperatur i planteringsstället. På de flesta marker uppfylls dessutom inte kravet på dränering. Någon påverkan på markens långsiktiga produktionsförmåga sker inte. Metoden är acceptabel på grova, genomsläppliga jordar med tunt humustäcke. Främst torra marker i södra och mellersta Sverige lämpar sig. Inom områden med försommartorka kan metoden användas i form av grönsplantering. Främst inom områden med försommartorka kan metoden ha sitt berättigande. Plantering sker i form av grönsplantering. Då snytbaggerisken kan vara mycket stor bör stora och behandlade plantor användas. Man kan också tänka sig att metoden är lämplig på marker som på grund av topografi och jordartsklass riskerar att få erosionsproblem eller där även den ringaste markberedning kan skapa kraftigt näringsläckage. Detta torde gälla främst för svagare ståndorter (Borg m.fl., 1988).

Många vetenskapliga studier har enligt Hagner (2003) visat att plantor som planterats i den orörda mossan mellan markberedningsfläckarna klarar sig sämre än plantorna i mineraljordsfläckarna. Plantorna i fläckarna överlever och växer bättre än plantorna i den orörda mossan. Från två försöksserier med plantor, satta i orörd mossan på färsk hyggen som inte markberetts, vet vi nu att överlevnaden kan bli lika bra som efter markberedning, 77 procent levande fyra år efter planteringen. Förutsättningen för att överlevnaden skall bli acceptabel är att plantorna förses med kemiskt skydd eller med något väl fungerande mekaniskt skydd. I södra Sverige, där tätheten av insekter är större än i norr, krävs dessutom att stora omskolade plantor används.

Tillväxten hos grönsplanterade plantor blir enligt Hagner (2003) något sämre än hos plantor satta i markberedda fläckar. På vanlig skogsmark, frisk ristyp, motsvarar denna försening två års höjdtillväxt. Emellertid utförs grönsplantering den första våren efter avverkningen och plantering efter markberedning sker normalt den tredje våren. Det innebär att plantorna satta med de två metoderna får ungefär samma höjd. De vetenskapliga försöken visar att vinsten i tillväxt som man får av markberedning tilltar med avtagande bördighet. På en torr tallhed tycks vinsten vara åtta år, medan vinsten är noll år på en bördig mark. Ett fåtal vetenskapliga studier har genomförts med plantering utan markberedning på hyggen äldre än ett år. De som genomförts tyder på att överlevnad och tillväxt blir mycket sämre än om plantering skett på färskt hygge. Det kanske kan förklaras med att ekosystemet är stört direkt efter avverkningen och att en planta då kan finna näring och vatten utan konkurrens med träd och örter. När ett år gått har resurserna låsts inne av de växter och mikroorganismer som fanns på plats första sommaren. Den skogsägare som försuttit chansen att plantera direkt efter avverkningen måste därför markbereda sitt hygge.

Axelsson (1987) skriver att det är ett välkänt faktum att både hyggesvila och markberedning var för sig ger en minskning av snytbaggeangreppen. Detta underströks också av resultaten från ett försök. För de plantor som planterats utan hyggesvila var överlevnaden efter två år 59 procent jämfört med 90 procent för plantor som planterats på hyggen som haft hyggesvila. Det är viktigt att betona att det var tre och fyra års hyggesvila för de hyggen som ingår i försöket. Den inventering som gjordes av praktiska planteringar indikerade att ett eller två års hyggesvila inte har någon påvisbar effekt på snytbaggeangreppen. Det framgick att överlevnaden efter två år är mycket bra (96 procent) för de plantor som har både mekaniskt och kemiskt skydd och för de plantor som planterats i mineraljordshög och behandlats med kemiskt skyddsmedel. För de plantor som har enbart mekaniskt eller kemiskt skydd var överlevnaden sämre, 84 procent respektive 76 procent. För att få en bra etablering kan man höglägga och plantera stora (2/0) kemikaliebehandlade täckrotsplantor. Man kan även låta bli att markbereda och istället satsa de pengarna på att använda plantor som skyddats med plantstrumpa och som behandlats med kemiskt skyddsmedel (Axelsson, 1987).

I en studie, utförd på 21 platser mellan latituderna 56° N och 64° N, studerades överlevnaden för grönsplanterade plantor med kemiskt och mekaniska skydd. Plantor var av den typ som lokalt rekommenderas för grönsplantering, i söder 3- till 4-årig omskolad gran, och i norr ettårig rotad tall. Det fanns ingen signifikant skillnad i överlevnaden mellan olika skydd. Därför kunde alla dessa plantor sammanföras vid en modellering av den långsiktiga överlevnaden hos skyddade plantor. En modell visade att man bör kunna räkna med en överlevnad vid slutet av fjärde vegetationsperioden på 79 procent för skyddade plantor (kemiskt eller mekaniskt skydd) och 29 procent för oskyddade. Författarna konkluderade att plantering utan markberedning direkt efter avverkning bör kunna förenkla och intensifiera skogsodlingen. Denna typ av plantering kan utföras även under skärmande träd. Naturvården,

kulturminnesvården och mångbruket kan komma att gagnas av ett dylikt skogsbruk. Alla skydd gav en tillfredsställande skyddsverkan och det fanns inga signifikanta skillnader mellan dem. Skyddens skyddsverkan kunde rangordnas sålunda: kemiskt, Strumpan, Beta och Struten. Att plantera oskyddade plantor på färska kalhyggen kunde inte rekommenderas. Den använda metoden i detta experiment förkortade omloppstiden (Hagner & Jonsson, 1994; Hagner & Jonsson, 1995).

I ett arbete av Hagner & Jonsson (1995) planterades tall och gran på våren efter slutavverkning utan föregående avlägsnande av humustäcket. 21 stycken experiment lades ut i Sverige mellan latituderna 56° N och 64° N. I norra Sverige användes ettåriga täckrotsplantor av tall och gran. I södra Sverige användes fyraåriga barrotsplantor av gran. Plantorna skyddades med ett kemiskt skydd (permetrin) och tre mekaniska skydd (Strumpan, Beta och Struten). En modell som baseras på fältobservationer förutsäger att överlevnaden för oskyddade plantor blir 28 procent och överlevnaden för skyddade plantor 77 procent vid slutet av den fjärde vegetationsperioden.

3.2.5 Ångbehandling

En metod som kan förbättra resultatet vid grönsplantering är ångbehandling. Norberg (1998) skriver att markberedning med ånga innebär att hyggesvegetationen besprutas med het vattenånga så att det konkurrerande växttäcket tillfälligt slås ut. Efter behandling med het vattenånga reduceras konkurrensen från hyggesvegetationen under flera år. Fläckvis ångbehandling av markvegetationen ger mindre negativa miljöeffekter än traditionell mekanisk markberedning. Ångbehandling som en alternativ markberedningsmetod har starka positiva effekter på trädplantors tillväxt. Ångbehandling kan i framtiden bli ett miljöanpassat alternativ till traditionell markberedning. Den ökade mineraliseringen efter konventionell markberedning framhålls som negativ för skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga. Konkurrerande vegetation har visat sig ha ett mycket stort negativt inflytande på trädplantors etablering och tillväxt. Att ångbehandlingen har vegetationshämmande effekt avspeglar sig tydligt i tallplantornas tillväxt. I såddförsök har till exempel de små tallplantorna betydligt bättre tillväxt på konkurrensfria ytor där vegetationen dödats med het vattenånga än på kontrolytor med intakt vegetation. Författarna har jämfört effekten av ångbehandling med mekanisk markberedning i flera storskaliga planteringsförsök. Ett av dessa utfördes på blåbärsdominerad mark. Här hade täckrotsplantorna på ångbehandlade ytor efter fyra år växt 25 procent bättre tillväxt än i intakt blåbärsvegetation och 12 procent bättre tillväxt än på traditionellt markerade ytor. En fördel med ångbehandlingen är att plantorna sätts i ett relativt intakt humustäcke. Detta innebär att de kan utveckla sidorötterna ytligt, vilket är viktigt både för näringsupptag och för stabilitet.

Trädplantor som växer snabbt i starten åtnjuter flera fördelar som bidrar till högre överlevnad: De får tidigare ett övertag över den konkurrerande vegetationen och växer snabbare ur känsliga utvecklingsstadiet där de är utsatta för t.ex. snytbaggar och snöskytte. Överlevnaden bland de planterade plantorna i detta försök har varit god: 84 procent i markerade ytor, 70 procent i brända och ångade ytor, 66 procent för plantor planterade i intakt blåbärsvegetation. Det har funnits att aktiviteten hos markens mikroorganismer minskar, men att aktiviteten återgår till det normala redan efter sex veckor trots att den till en början reducerades med 30 procent. Likaså framkom att etableringen och artmångfalden av mykorrhiza på försöksplantorna inte påverkades negativt av ångbehandlingen. Detta tyder också på att

biologiska markprocesser som är viktiga för plantans näringsupptag inte påverkas negativt. Författaren tror att metoden till att börja med kan komma till användning på marker med konkurrenskraftig vegetation och där risk för erosion och uppfrysning finns. Även vid hjälpplantering skulle ångbehandling kunna fungera utmärkt (Norberg, 1998).

I ett arbete, utfört på lokalen 65° 30' N, 18° 30' Ö, 450 m.ö.h., avseende ångbehandling och sådd av tall användes följande behandlingar: (1) ångad vegetation, (2) ångbehandling med tillsats av aktivt kol, (3) ingen ångbehandling och (4) ingen ångbehandling med tillsats av aktivt kol. Aktivt kol tillsattes för att absorbera allelopatiska substanser utsöndrade av *Empetrum hermaphroditum*. Ångbehandling dödade fält- och bottenskiktets arter under de första fem åren efter behandlingen med ånga. Efter fem år var återkolonisationen av vegetation på ångbehandlade ytor mycket låg. Plantbildningen för tall förbättrades mycket för alla fröår när ångbehandling med tillsats av aktivt kol tillämpades. Torrvikten av fem år gamla plantor var 260 procent högre vid ångbehandling i jämförelse med ingen ångbehandling. Plantor i obehandlad vegetation var få. Författarna ansåg att den ökade tillväxten i ångbehandlade ytor beror på reducerad konkurrens från vegetationen och minskad allelopati och den ansågs inte bero på ökad jordtemperatur. Den största skottlängden noterades för plantor som växt i ångbehandlad vegetation med tillsats av aktivt kol. Halten näringsämnen i plantor på ångad vegetation var mycket högre i jämförelse med ej ångad vegetation. Författarna ansåg att ångbehandling ger lika effektiv vegetationskontroll som mekanisk markberedning (Zackrisson m.fl., 1997).

Blåbär (*Vaccinium myrtillus* L.) immobiliserar näringsämnen i ytliga organiska lager och undertrycker tillväxten hos barrträdsplantor i nordliga boreala skogar. På en ståndort som dominerades av denna typ av vegetation prövades en ny markbehandlingsmetod som involverar ånga för att döda markvegetationen och den jämfördes med mekanisk markberedning (avlägsnande av humuslagret) och hyggesbränning. Studien genomfördes i norra Sverige (Skavlidén, Arvidsjaur). Plantmaterialet var ettårig rotad tall. Ångbehandling var lika effektiv som hyggesbränning och mekanisk markberedning i att reducera konkurrerande vegetation. Efter fyra år hade tallplantorna planterade i det brända området och i området behandlat med mekanisk markberedning lägre tillväxt, barrtorrvikt och kväveinnehåll jämfört med plantor planterade i områden behandlade med ånga. Plantor som växte i brända områden var mindre än plantor som växte i mekaniskt markberedda områden men var signifikant större än plantor som växte i den obehandlade kontrollen. Plantöverlevnaden var högst i de mekaniskt markberedda områdena (84 procent) följt av ångbehandling (70 procent), hyggesbränning (69 procent) och obehandlad (66 procent).

Den mikrobiella aktiviteten återhämtade sig snabbt efter ångbehandling, vilket innebär att ångbehandling inte förorsakar en långvarig sterilisering av marken. Författarna tolkar den överlägsna tillväxten i ångade områden som ett resultat av reducerad konkurrens angående resurser och en förbättrad frigörelse av näringsämnen i den bevarade humusen. Författarna konkluderade att ångbehandling har potentialen att bli en effektiv och miljömässigt acceptabel metod för att reducera den skadliga konkurrens som hämmar tillväxten av barrträdsplantor. Den ökade tillväxten i ångbehandlade ytor jämfört med mekaniskt markberedda ytor förklaras av att humuslagret, som innehåller stora mängder lättmineraliserade näringsämnen, inte fanns på de mekaniskt markberedda ytorna. Förlust av skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga och utlakning av näringsämnen från ångbehandlade områden reduceras som en följd av den mindre störningen av marken i jämförelse med mekanisk markberedning. Det krävs mycket energi för ångbehandling. 15 sekunder med cirka 124 gradig ånga leder till

en energiförbrukning som är fyra till sex gånger större än för konventionell markberedning (Norberg m.fl., 1997).

I boreala skogar utgör vegetation av blåbär och mossor ett starkt hinder mot förnyring av tall med frö. I en studie i norra Sverige (Skavliden, Arvidsjaur) utfördes såddexperiment med tall med fyra behandlingar: (1) obehandlad vegetation, (2) obehandlad vegetation med aktivt kol, (3) ångbehandlad vegetation (100 gradig ånga under två minuter), (4) ångbehandlad vegetation med aktivt kol. Aktivt kol applicerades för att absorbera allelopatiska substanser från blåbär. Ånga dödade vegetationen effektivt och återkoloniseringen var långsam. Plantbildningen av tall befrämjades av ångbehandling, särskilt när aktivt kol applicerades. Tolkningen var att det aktiva kolet absorberade substanser som kan motverka frögroningen. Torrvikten av fyraåriga plantor var tre gånger så stor i ångbehandlade områden i jämförelse med obehandlade områden. Tillsats av aktivt kol påverkade inte signifikant torrvikten. Plantornas näringsinnehåll (C, N, P, Mg, S, K, Mn, Ca och Zn) förbättrades också mycket av ångbehandlingen. Plantor som växte i ångbehandlad vegetation hade fler finrötter än plantor i obehandlad vegetation. Den ökade tillväxten i ångbehandlade områden tillskrevs utebliven konkurrens om resurser från markvegetationen. Oavsett behandling koloniserades nästan alla finrötter av mykorrhiza. Ångbehandling påverkade inte rikheten eller mängden av mykorrhiza. Författarna drog den slutsatsen att ångbehandling har potential att vara en effektiv och miljömässigt vänlig metod att reducera negativ påverkan av blåbär på tallplantors etablering och tidiga tillväxt. Ångbehandling tidigt eller sent på sommaren reducerade konkurrerande vegetation lika effektivt (Jäderlund m.fl., 1998).

I en studie undersöktes ångbehandling som en metod att kontrollera ljung (*Calluna vulgaris* (L.) Hull). Tallars etablering och tillväxt mättes i ett såddexperiment och ett planteringsexperiment. Studien genomfördes i centrala Sverige (nära Vallsjön 40 kilometer söder om Sveg). I planteringsexperimentet användes ettåriga täckrotsplantor av tall. Ångbehandling (100 gradig ånga under två minuter) jämfördes med mekanisk markberedning (fläckmarkberedning) och intakt vegetation i planteringsexperimentet och med intakt vegetation i såddexperimentet. Plantmaterialet var ettåriga täckrotsplantor av tall. Resultaten visade att vegetationen avsevärt var reducerad fem år efter ångbehandling. Fem år efter behandling var det ingen signifikant skillnad i vegetation mellan ångbehandlade områden och markberedda områden, förutom den att mossa återkoloniserade ångbehandlad mark långsammare än markberedd mark. Ångbehandling gynnade starkt etableringen och tillväxten av både sådd och planterad tall. Den planterade tallen som växt i ångbehandlade områden hade en torrvikt som var mer än dubbelt så hög som den för planterad tall i mekaniskt markberedda områden och fem gånger högre än plantor i obehandlad mark. För planterade plantor var den ackumulerade dödligheten efter fem vegetationsperioder en procent i ångbehandlade områden, fem procent i markberedda områden och nio procent i intakt vegetation. Höjd och diameter var också högst för plantor som växte i ångbehandlade områden. Plantor planterade i mekanisk markberedning växte inte så bra de första åren som en följd av skador förorsakade av uppfrysning.

Såddförsöket visade en ökad etablering och tillväxt i ångbehandlad vegetation i jämförelse med intakt vegetation. För såddförsöket var plantbildningen mer än tre gånger större för ångbehandlade områden i jämförelse med intakt vegetation. För såddförsöket var både skott- och rottorrbiomassan två gånger så hög för plantor i ångbehandlade områden som de i obehandlad vegetation. Den dåliga tillväxten för planterade plantor på markberedda områden kan bero på skador förorsakade genom uppfrysning. Ångbehandling lämnar humuslagret intakt och förhindrar därmed uppfrysning (Norberg m.fl., 2001).

Tillväxt och överlevnad av planterad gran i ångbehandlade områden jämfördes med planterade i markberedda områden (fläckmarkberedning) och i intakt vegetation. Studien genomfördes i Fänneslunda ungefär 20 kilometer nordöst om Borås i södra och centrala Sverige. Markvegetationen dominerades av kruståtel (*Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.). Plantmaterialet var 1,5 år gamla permetrinbehandlade planter av gran. 100 gradig ånga applicerades under två minuter. Ångbehandling dödade effektivt vegetationen och en behandlingstid på 60 sekunder eller mer med 100 gradig ånga reducerade vegetationen till mindre än 25 procent av den i obehandlade områden under två år. Ångbehandling reducerade vegetationen mer än markberedning. Efter den tredje vegetationsperioden var den totala planthöjden störst för granplanter i ångbehandlade områden och i markberedda områden. Antalet granplanter som attackerades av snytbagge var ungefär detsamma i ångbehandlade områden som i områden med intakt vegetation, emellertid var plantöverlevnaden signifikant lägst i intakt vegetation.

Snytbaggeskador på granplanter som växte i ångbehandlade områden kan ha påverkat tillväxten negativt. Total planthöjd efter den tredje vegetationsperioden var 63,2 cm i markberedda områden och 59,8 cm i ångade områden. Planttillväxten var lägst i de intakta områdena (50,9 cm). Färre planter angreps av snytbagge i de markberedda områdena jämfört med övriga behandlingar. Längre exponering av ånga resulterade i långsammare återhämtning av vegetationen. Slutsatserna var att ångbehandling var mer effektiv när det gäller att kontrollera konkurrerande vegetation som *Deschampsia* än markberedning. Plantornas tillväxt och överlevnad i ångbehandlade områden är ekvivalent med vad som konstaterats för markberedning även om frekvensen snytbaggeskador är högre för de ångbehandlade områdena jämfört med markberedda områden. Snytbaggeskador påverkade inte dödligheten i ångbehandlade områden men kan ha påverkat tillväxten negativt (Norberg & Dolling, 2003).

3.3 Fältförsök med markbehandling för sådd eller naturlig förnygring

Försök som visar positiva resultat av markbehandling

I en studie, utförd i Siljansfors försökspark i centrala Sverige, som rörde markberedning under en fröträdsställning av tall hösten efter ställande av fröträden och före ett dåligt fröfall samt markberedning före ett förväntat gott fröfall konstaterades det följande: Efter sju år var tätheten av planter högst (69000/ha) i den behandling där markberedning föregick ett gott fröfall medan markberedning omedelbart efter ställande av fröträden resulterade i 34000 planter/ha. Nollyteprocenten var fem procent för markberedning före ett gott fröfall och 7,5 procent för markberedning omedelbart efter ställandet av fröträden. Ej markberedd yta visade det sämsta resultatet beträffande antal planter (6000/ha) och nollyteprocent (52,5 %). Det var ingen signifikant skillnad i överlevnad mellan behandlingar. Höjdtillväxten påverkades signifikant positivt av markberedning. Plantbildningen minskade kraftigt med åldern på markberedningen. I studien genomfördes markberedning genom harvning. Markberedning minskade signifikant nollyteprocenten (Kinnunen, 1996; Karlsson & Örlander, 2000).

I ett arbete, utfört i Bråtarna och Lammhultsvägen ungefär 40 kilometer norr om Växjö och i Skällåsvägen och Strömma 25 kilometer öst om Halmstad, av Karlsson, Nilsson & Örlander (2002) undersöktes effekten av högläggning, borttransportering av hyggesavfall och hyggesålder på naturlig förnygring på kalhyggen. Markberedning hade den starkaste effekten

på tätheten av naturligt förnygrade plantor, speciellt för björk, men också för tall och gran. Borttransportering av hyggesavfallet hade en positiv effekt på björkens täthet. Ingen statistiskt signifikant effekt av hygges ålder påvisades. Ingen signifikant interaktion mellan hyggesålder och markberedning eller borttransportering av hyggesavfallet konstaterades. Inväxningen av vegetation var snabbast på ej markberedda ytor, mindre snabb på ytor markberedda på gamla hyggen och långsammast efter markberedning på färsk hyggen. Om man vill ha mycket björk var den bästa behandlingen att ta bort hyggesavfallet och markbereda. I annat fall bör åtgärderna undvikas. Markberedning ledde till ett ökat antal naturligt förnygrade plantor. Markberedning minskade också angreppen av sork. Efter markberedning är plantorna ofta mer jämt spridda i förhållande till där markberedning ej utförts.

Vid studie av naturligt förnygring i södra Sverige var behandlingarna markberedning (fläckmarkberedning eller harvning), ingen markberedning, skärmställning och kalhygge. Skärmarna bestod huvudsakligen av tall. Både markberedning och skärmställning gynnade etableringen av tall medan etableringen av gran påverkades mindre. För björk ökade markberedningen densiteten av björk i skärmställningarna medan markberedning minskade densiteten av björk på kalhyggen. Generellt påverkades inte de mindre vanliga arterna av behandlingarna. Istället verkar frötillgången vara viktigare för framgång med etableringen. Emellertid gynnades densiteten av djurspridda arter av skärmställningar och densiteten av vindspridda arter gynnades av markberedning. Gräsen missgynnades av skärmställningarna och kalhyggen hade följaktligen mer gräs. Vidare ökade markberedning förekomsten av örter. Markberedning ökade signifikant densiteten av tall men ökade inte signifikant densiteten av gran. Skärmställning och markberedning minskade signifikant nollyteprocenten för tall men behandlingarna påverkade inte nollyteprocenten för gran.

Att gran inte påverkades positivt av markberedning förklarades av att goda fröår uteblev under åren efter markberedning. Att markbereda före ett gott fröår är troligen viktigare för gran än för tall eftersom granens goda fröår infaller mer oregelbundet. Att markberedning var negativ för etablering av björk på kalhyggen kan ha fem förklaringar: (1) Markberedning efter kalhuggning kan ge syrebrist på blöta ståndorter. Denna förklaring gäller troligen inte för denna studie. (2) Uppfrysning sker mer frekvent på bar mineraljord på kalhygget än på ostörd mark. Denna förklaring anses av författarna inte gälla i detta fall. (3) Om beståndsförnygring felaktigt klassificerats som nyförnygring kan en positiv effekt på nyförnygring inte ha detekterats, eftersom markberedning kan förstöra beståndsförnygring. Författarna anser att denna förklaring inte håller. (4) Huggningen skedde efter ett gott fröår med goda gröningsbetingelser. Plantor kan därför ha etablerats i det slutna beståndet eller efter huggningen. Dessa plantor förstördes av markberedningen. Detta kan vara en del av förklaringen till den uteblivna positiva effekten av markberedning på kalhyggen. (5) Mellan huggningen och markberedningen kan ett eller flera goda fröfall ha inträffat. Plantorna från detta fröfall förstördes genom markberedningen. Detta förhållande kan vara en del av förklaringen till den uteblivna positiva effekten av markberedning på kalhyggen. Den positiva effekten av markberedning i skärmställningen kan bero på att konkurrerande vegetation motverkades. Den långsammare invaderingen av konkurrerande vegetation i markberedda skärmställningar i jämförelse med markberedda kalhyggen gör marken mottaglig för förnygring av björk under en längre tid. Det är också troligt att björkplantorna överlevde bättre på markberedd mark i skärmställningar i jämförelse med ej markberedd mark i skärmställningar (Karlsson & Nilsson, 2005).

I försök i Sverige i närheten av Umeå och Växjö konstaterades det att radikal markberedning ökade densiteten i naturligt förnygrade bestånd av björk och förbättrade jämnheten i

föryngringen samt gav en snabbare initial utveckling av plantorna på övergiven jordbruksmark (Karlsson m.fl., 1998).

I ett arbete i sydvästra Sverige (Tönnersjöhedens försökspark) studerades naturlig föryngring av tall, gran och björk under olika skärmtätheter av gran. Det konstaterades att markberedning (harvning) ökade plantbildningen av alla arter. Markberedning hade ingen signifikant effekt på överlevnaden av tall och björk. För gran var överlevnaden bättre i mineraljord än i ostörd mark. För gran konstaterades ingen signifikant skillnad i höjd mellan markberedda områden och ej markberedda områden (Nilsson m.fl., 2002).

I en undersökning i Sverige (nio studieområden mellan latituderna 57° 03' N och 64° 13' N) studerades naturlig föryngring och plantering (stora 2/2 barrotsplantor) under skärmar av gran på dränerade torvmarker. Stora mängder naturligt föryngrade gran- och björkplantor erhöles under skärmarna utan markberedning. På kalhygget etablerades endast björk naturligt. Plantering på kalhygget utan högläggning var inte framgångsrik (låg överlevnad och stora skador). Plantor som planterats på högar under skärmträd överlevde bättre (74 procent överlevnad) än plantor som planterats på högar på kalhygge (66 procent överlevnad). Överlevnaden för plantor som planterats utan markberedning på kalhygget var 42 procent (Holgén & Hånell, 2000).

I en studie studerades sådd och naturlig föryngring av glasbjörk (*Betula pubescens* Ehrh.) och vårtbjörk (*Betula pendula* Roth) på övergiven jordbruksmark. Försöken lades ut i Stöcke, Sävar och Asa i Sverige. Plantöverlevnaden och etableringen utan markberedning var nära noll. Den bästa plantöverlevnaden och etableringen erhöles efter avlägsnandet av jordens topplager eller genom djupplöjning (till ett djup av 40 till 50 cm) eller inversmarkberedning. Dessa fröbäddar undertryckte också konkurrerande vegetation bättre än behandlingar med jordens topplager intakt. Den bästa effekten på konkurrerande vegetation hade behandlingen med avlägsnandet av jordens topplager. Plantbildningen efter avlägsnande av jordens topplager, uppgående till 8 procent av sådda gröningsbara frön, var enastående på sandiga jordar men mycket lägre på mjäliga jordar. De högsta dominerande plantorna fanns på fröbäddar med toppjorden inom jordprofilen. Djupplöjning gav ofta den högsta planttillväxten. Den låga planttillväxten efter avlägsnandet av jordens topplager var förmodligen orsakad av: (1) Upprepade skador förorsakade av uppfrysning; (2) brist på organiskt material och följaktligen även näringsämnen i jorden och (3) en fin jordart som är svår för rotspetsarna att penetrera. Tillsats av torv till fröbädden gynnade plantornas etablering. Författaren konkluderade att om både etableringen och tillväxten beaktas är djupplöjning ett intressantare alternativ än avlägsnandet av jordens topplager. Inversmarkberedning verkade kapillärbrytande och minskade följaktligen uppfrysningsrisken.

Författaren hävdade att plantbildningen och initial överlevnad vanligtvis är bäst på fröbäddar med bar mineraljord och i skuggade positioner på grund av bra tillgång till fukt i jorden. Tillväxt och utveckling är å andra sidan bättre på fröbäddar med ett tunt lager av humus på mineraljorden eller på fröbäddar där mineraljorden blandats med organiskt material och i positioner med fullt solljus eller måttfull skugga. Konkurrens från vegetationen är det främsta skälet till rekommendationer att undvika naturlig föryngring eller sådd av björk på nedlagd jordbruksmark. Sorkskador kan begränsas om vegetationen kan kontrolleras. För etableringen är humus att föredra framför förna (Karlsson, 1996a & Karlsson, 1996b).

Författaren konkluderade att fröbäddar med huvudsakligen bar mineraljord vid ytan, där jordens topplager hade förflyttats eller omplacerats genom djupplöjning, kunde undertrycka konkurrerande vegetation. Fröbäddar med huvudsakligen bar mineraljord på ytan resulterade i den högsta överlevnaden och den högsta och mest likformiga plantbildningen. Fröbäddar från vilka jordens topplager avlägsnats hade den högsta plantbildningen på sandiga jordar. Fröbäddar från vilka jordens topplager avlägsnats och fröbäddar med begrävd toppjord hade lika god plantbildning på mjäliga jordar. De högsta plantorna fanns där toppjorden fanns inom jordprofilen. Tillsats av torv till fröbädden gynnade etableringen (Karlsson, 1996a).

Karlsson (1996b) hävdar det följande: Att skapa fröbäddar med naken mineraljord är gynnsamt för sådd och naturlig förnyring men uppfrysningsrisken kan öka. Den nakna mineraljorden ger säker tillgång på fukt. Inversmarkberedning verkar kapillärbrytande och fuktighetstillgången kan då minska men å andra sidan minskar också uppfrysningsrisken. Det verkar som om toppjorden måste avlägsnas eller omplaceras för att erhålla ett skydd mot konkurrerande vegetation.

Mikroreparering

Mikroreparering i harvspår genom omvänt pyramidformade fördjupningar kan fördubbla plantbildningen för tall jämfört med sådd på jämn mineraljordsyta. Mikrorepareringen förbättrar vattentillgången och motverkar predation och uttorkning genom mikroerosion (Bergsten, 1988). I en annan studie, utförd nära Häggsjöleden ungefär 30 kilometer väst om Bjurholm, fann man fem gånger högre plantbildning för mikroreparering i förhållande till ej utförd mikroreparering i harvspår. Efter två växtsäsonger var skillnaden dubbelt så många plantor för mikrorepareringen i förhållande till ej utförd mikroreparering. Förutom en förbättrad fuktillgång och motverkad predation leder mikrorepareringen till att utsattheten för extremt höga temperaturer minskas (Bergman & Bergsten, 1984).

I en studie, utförd i Kulbäcksliden 60 kilometer väst om Umeå i norra Sverige, studerades plantbildning av tall med och utan regnskydd och olika typer av markberedningar. När avlägsnande av det organiska materialet användes som markberedningsmetod var plantbildningen 42,3 procent utan regnskydd och 34,1 med regnskydd. För samma markberedningsmetod var plantbildningen 55,3 procent med mikroreparering och 21,4 procent utan mikroreparering. När det organiska materialet lämnades var plantbildningen 29,4 procent. Malning av det organiska materialet resulterade i plantbildning lika god som vid avlägsnandet av det organiska materialet bara i avsaknad av regnskydd och med mikroreparering. Oberoende av regnskydd eller mikroreparering skapade inversmarkberedningen nästan ingen plantbildning (Winsa, 1995).

Ett finskt försök med jämförelse av olika markberedning

Chantal m.fl. (2003) studerade sådd av tall och gran i Hyytiälä fältstation i Finland som tillhör Helsingfors universitet. Markberedningsmetoderna var exponerad C horisont, hög på humus och exponerad Ae–B horisont. Under en torr vegetationsperiod hade högar och exponerad C horisont negativ effekt på fuktigheten i jorden, vilket ökade dödligheten. Vidare var uppfrysning en viktig dödsorsak på högar och exponerad C horisont medan uppfrysningen var låg på exponerad Ae–B horisont även om fuktigheten i jorden och innehållet av finare

partiklar var högt. Sådderna skedde efter mikropreparering för att öka kontakten mellan jord och frö och för att minska avdunstningen.

Sådd under fuktig vegetationsperiod: För tall som vårsåddes var plantbildningen högst på högar (94 procent) och lägst på exponerad C horisont (81 procent). För sommarsådden hade den exponerade C horisonten den högsta plantbildningen (62 procent). För gran var plantbildningen tre veckor efter sådden lägst på den exponerade C horisonten, men markberedningseffekten var inte signifikant.

Sådd under torr vegetationsperiod: För tall var skillnaden mellan markbehandlingarna liten för vårsådden. För sommarsådden var plantbildningen högre på exponerad C horisont (55 procent) i jämförelse med högar (27 procent) och exponerad Ae–B horisonter (28 procent). För gran var högar mer fördelaktig för plantbildningen i jämförelse med exponerade C och Ae–B horisonter.

Sådd under fuktig vegetationsperiod: För tall var dödligheten på exponerad Ae–B horisonter signifikant lägre än dödligheten på exponerad C horisont och högar. För gran var dödligheten högst på högar intermediär på exponerade C horisonter och lägst på exponerade Ae–B horisonter. För tall under den andra vegetationsperioden var medeldödligheten signifikant högre för högar (48 procent) i jämförelse med exponerade C horisonter (31 procent) och exponerade Ae–B horisonter (29 procent). För gran var dödligheten på exponerade C horisonter högre för sommarsådden (70 procent) i jämförelse med vårsådden (37 procent); på högar och exponerade Ae–B horisonter var skillnaderna mellan sådderna små.

Sådd under den torra vegetationsperioden: Dödligheten för tall var högre på exponerade C horisonter i jämförelse med högar men skilde sig inte signifikant mellan exponerade Ae–B horisonter och de andra två markberedningsprinciperna. För gran påverkades inte dödligheten signifikant av markberedningsmetod.

Sådd under den fuktiga vegetationsperioden: För tall var etableringen lägre på högar i jämförelse med exponerade Ae–B horisonter, medan etableringen på exponerade C horisonter inte skilde sig signifikant från etableringen på högar och exponerade Ae–B horisonter. För gran var etableringen signifikant högst på exponerade Ae–B horisonter, intermediär på exponerade C horisonter och lägst på högar.

Sådd under den torra vegetationsperioden: Etableringen av tall var bäst på högar (16 procent) för vårsådden men var bäst på exponerade C horisonter (19 procent) för sommarsådden. För gran påverkades inte etableringen signifikant av markberedningsmetod.

Exponerade Ae–B horisonter håller mer vatten än högar och exponerade C horisonter. Vatteninnehållet var lägst på C horisonterna, intermediärt på högar och högst på exponerade Ae–B horisonter. Markberedning hade endast en liten effekt på plantbildningen när jorden var fuktig och den relativa luftfuktigheten hög. För den torra vegetationsperioden var dödligheten av tall högst på exponerade C horisonter, vilket är i överensstämmelse med den dåliga vattenhållande förmågan hos C horisonten. Dödligheten på grund av uppfrysning var hög på högar och exponerade C horisonter, speciellt på finare jordarter, medan den var nära noll på exponerade Ae–B horisonter. Den höga vinterdödligheten förorsakad av uppfrysning för plantor på högar är i överensstämmelse med observationen att mer radikala markberedningsmetoder som högläggning och plöjning ökar uppfrysningsrisken. Etableringen

var bäst på exponerad Ae–B horisonter, eftersom Ae–B horisonter är ett bättre substrat för etablering än B och C horisonterna. På fuktiga och fina jordarter gav högläggning ett dåligt resultat för etableringen.

Författarna konkluderade att metoden för markberedning bör exponera Ae–B horisonten när naturlig föryngring eller sådd används, speciellt på fuktiga och fina jordarter. Högläggning och exponering av C horisonten bör undvikas eftersom dessa metoder hade en negativ effekt på fuktighetstillgången under torra perioder, vilket ökade dödligheten. Vidare var högläggning och exponerad C horisont utsatta för uppfrysning, vilket påverkade etableringen negativt, särskilt på fuktiga och fina jordarter.

I en annan studie studerades markberedningens effekter på sådd av tall och gran tre kilometer väst om Hyytiälä fältstation i Finland tillhör Helsingfors universitet. Markberedningarna var exponerad C horisont, hög på humus och exponerad E/B horisont. För tall var plantorna störst efter hög på humus och minst efter exponerad C horisont. För gran påverkade inte markberedningarna morfologin. För tall hade plantor som växte på högar högre kvävekoncentrationer i barren (1,92 procent) än på exponerad C horisont (1,53 procent) och exponerad E/B horisont (1,66 procent). Den vattenhållande förmågan var bättre för exponerad E/B horisont i jämförelse med exponerad C horisont och högar. Mycket kväve i jorden hade en större effekt på tillväxten än mycket vatten i jorden, vilket indikeras av att högar gav den bästa tillväxten för tall. Uppfrysningen var stor för plantor på högar och exponerad C horisont men liten för plantor på exponerad E/B horisont. Vid torra vegetationsperioder föreligger en risk för vattenstress för plantor som växer på högar. Likaså var fuktighetstillgången låg för exponerad C horisont, vilket antyder att försiktighet bör iakttas vid användning av detta substrat framförallt på grovkorniga jordarter. Författarna konkluderade att exponerad E/B horisont är en bra metod för naturlig föryngring och sådd av tall (Chantal m.fl., 2004).

Frövitalisering samt mikroreparering vid sådd i olika såddsubstrat

I en studie studerades mikroreparering för mekanisk sådd av tall. Fyra fältförsök lades ut i norra Sverige mellan latituderna 62° 15' N och 64° 46' N. Användandet av plantagefrö ökade plantbildningen med 41 procent och användandet av mikroreparering ökade plantbildningen med 47 procent efter två år. Det bästa substratet för sådd var OAh-, E- och BC-horisont i nämnd ordning. Användandet av fröplantagefrö jämfört med beståndsfrö ökade medelhöjden med 25 procent efter fyra år. Försöken visade att för att erhålla 5000 stammar per hektar efter fyra år efter sådd behövs det 61000 livsdugliga beståndsfrön eller 41000 plantagefrön per hektar när mikroreparering inte används. Om mikroreparering används kan antalet frön reduceras med 32 procent. Genom att använda mikroreparering och tillse att fröbädden utgörs av OAh- horisont förutses att endast 32000 beståndsfrön eller 22000 plantagefrön behöver användas. Under dessa optimala förhållanden blir det nödvändigt att så sex gröningsbara beståndsfrön eller fyra gröningsbara plantagefrön för att erhålla en planta efter fyra år. Föryngringskostnaden blir då mindre än en tredjedel av den för plantering (Wennström, Bergsten & Nilsson, 1999).

I ett försök av Winsa & Bergsten (1994) studerades mikroreparering av frön med och utan frövitalisering, för olika frökvaliteter på två ståndorter i norra Sverige (Åsarna och Kulbäcksliden). Frömaterialet bestod av tre kvalitetsklasser av tallfrö. Det konstaterades att mikroreparering i form av 2 cm djupa pyramidformade fördjupningar i mineraljorden

förbättrade plantbildningen på två ståndorter med 48 procent och 62 procent jämfört med sådd utan preparering annat än avlägsnandet av humuslagret. Mikropreparering i kombination med frövitalisering, inkuberade i 30 procent fuktinnehåll under sju dagar med temperaturen 15°C, resulterade i en plantbildning på 85 procent för den högsta frökvalitén och 50 procent för den lägsta frökvalitén på båda ståndorterna. Frö som inte undergått frövitalisering och som såtts utan mikropreparering uppnådde 55 procent plantbildning för den högsta frökvalitén och 22 procent på en ståndort och 43 procent på den andra ståndorten för den lägsta frökvalitén. Utan mikropreparering var det ingen eller en negativ effekt av frövitalisering. Plantöverlevnaden efter den första vintern förbättrades signifikant med bättre frökvalité. Överlevnaden var 92 procent och 72 procent på de två ståndorterna och uppfrysning förorsakade den mesta dödligheten.

Plantor från frön som undergått frövitalisering och torkats överlevde bättre än plantor från obehandlade frön. Plantor från frön av den bästa kvaliteten hade högre värden för planthöjden, omkring 35 procent, skottlängd, omkring 60 procent, och barrlängd, omkring 30 procent, efter två vegetationsperioder jämfört med plantor från frön av lägre kvalitet. Frövitalisering och mikropreparering hade ingen effekt på någon av tillväxtvariablerna. Användandet av mikropreparering och frövitalisering av frö från den bästa kvalitetsklassen gjorde det möjligt att erhålla en plantbildning på omkring 85 procent för de två ståndorterna. Även om resultaten för frön av medium till låg kvalitet förbättrades av mikropreparering och frövitalisering var de underlägsna resultaten för den högsta frökvalitén. När mikropreparering används tillsammans med frövitalisering kan antalet frön som behövs för att åstadkomma ett tillräckligt antal plantor reduceras med 50 procent för högkvalitativt frö och med 25 procent för frön med lägre kvalitet. Frövitalisering leder till högre plantbildning endast om de sås efter mikropreparering. Plantbildningen kan förbättras med 50 till 60 procent efter mikropreparering. Mikropreparering tillsammans med frövitalisering av frö kan göra frön av låg kvalitet användbara för sådd.

Det framhölls att avlägsnandet av det organiska materialet ger ökad tillgång på fukt men kan också ge upphov till nackdelar som ökad risk för uppfrysning och erosion, vilket påverkar plantbildningen och överlevnaden. Vidare ökar risken för predation när frön placeras på bar mineraljord. Å andra sidan blir då risken för snytbaggeskador mindre. Mikropreparering ökar kontakten mellan frö och jord och ger därmed säkrare tillgång på fukt. Vid mikropreparering täcks fröna gradvis av jord, vilket minskar risken för predation och erosion. Den säkrare fuktighetstillgången och övertäckningen ger också ett jämnare temperaturklimat (Winsa & Bergsten, 1994).

I ett arbete i norra Sverige (Kulbäcksliden som ligger 60 kilometer väst om Umeå) studerades sådd av tall vid olika tidpunkter och effekten av frövitalisering (inkubation i 30 procent fuktinnehåll under sju dagar vid temperaturen 15°C) och mikropreparering (två cm djupa pyramidformade fördjupningar) studerades även. Plantbildningen, huvudsakligen efter tidig sådd, förbättrades genom frövitalisering när den användes i kombination med mikropreparering. Både överlevnad och tillväxt försämrades genom att senarelägga sådden men påverkades inte signifikant av frövitalisering eller mikropreparering. Det konkluderades att ett förbättrat och mindre varierande föryngringsresultat efter sådd kan uppnås genom att använda frön som undergått frövitalisering i kombination med mikropreparering (Winsa & Sahlén, 2001).

Nedmyllning av frön

I ett arbete utfört i Huntingdon County, Pennsylvania studerades sådd av *Quercus rubra* L. Det konstaterades att plantbildningen var högre när frön blandades i jorden, eftersom detta gav ökat skydd mot predation, förbättrad miljö för övervintring och tidigare groning eftersom fuktighetstillgången var bättre (Zaczek, 2002).

Liknande resultat har rapporterats för *Quercus alba* i södra Illinois. Markberedning som nedmyllade fröna skapade mer än tre gånger så många ekplantor jämfört med ej markberedd mark. Detta indikerar högre groning och överlevnad efter markberedning (Lhotka & Zaczek, 2003a). Markberedning kan förbättra plantbildningen för ek genom att inkorporera frön i jorden, vilket konstaterades i en studie i södra Illinois. Studier har visat att begravnade frön har högre groning än frön på jordytan. Vidare förhindrar en begravning av frön predation. Förutom att minska predationen och förbättra groningsmiljön genom att inkorporera frön i jorden kan markberedning kontrollera konkurrerande vegetation. Markberedning som begravnade frön gav signifikant fler ekplantor jämfört med ingen markberedning. Markberedning ökade groningen av frön. Ekarterna som studerades var ”cherrybark oak” och ”post oak” (*Quercus stellata* Wang.) (Lhotka & Zaczek, 2003b).

I en studie i Huntingdon County, Pennsylvania studerades sådd av *Quercus rubra* L. Markberedning utfördes på en del av försöket där fröna nedmyllades. Markberedda områden hade 16 gånger fler plantor av *Quercus rubra* i jämförelse med ej markberedd mark. Den högre groningen efter markberedning beror på att fröna då övervintrar i ett bättre mikroklimat samtidigt som de skyddas mot predation (Zaczek & Lhotka, 2004).

Markberedning under fröträdsställningar och granskärmar

Groningsprocenten var i ett försök med markberedning under fröträdsställningar enligt Béland m.fl. (2000) signifikant högre för ren mineraljord i förhållande till humusblandad mineraljord och ej markberedd yta. Försöket utfördes i Asa försökspark belägen ungefär 30 kilometer nordöst om Växjö i centrala Sverige. Det var ingen signifikant skillnad i dödlighet mellan olika behandlingar. Markberedning bidrog till framgången i föryngringen under fröträäd. Detta är i överensstämmelse med andra studier som visat att naken mineraljord är ett bättre groningssubstrat än organiskt material som en följd av att naken mineraljord ger säkrare tillgång på vatten. Invandrande vegetation kan ha två negativa effekter på markberedningen och groningen. Dels förhindras kontakten med den nakna mineraljorden och vattentillgången försämras därmed och dels som en effekt av den minskade tillgången på mineralnäringsämnen. Vidare förhindrar vegetationen den mikroerosion som orsakas av regndroppar, vilken täcker fröna och förbättrar fuktighetstillgången ytterligare. Hypotesen att blandad humus och mineraljord skulle befrämja överlevnaden stöds inte av resultaten. Det bättre resultatet för en skärm med 200 st/ha i jämförelse med en på 160 st/ha tillskrivs ett mer omfattande fröfall i den tätare skärmen och det faktum att vegetationen invandrar långsammare i den täta skärmen, vilket tillåter markberedningen att fylla sitt syfte under en längre tid.

I en studie i nordvästra Danmark konstaterades det att det går att markbereda i skärmar med acceptabla stamskador. Författaren konkluderade att markberedning inte bör uteslutas på grund av risken för rotröta. Emellertid bör markberedning under skärmar inte företas på exponerade ståndorter på grund av risken för stabilitetsproblem (Suadiciani, 2003).

Markberedning under skärm, utförd vid rätt tidpunkt, ökar förutsättningarna för en lyckad naturlig föryngring, vilket konstaterades i en studie utförd 40 kilometer norr om Örnsköldsvik. När det gäller grandominerade skärmar har dock farhågorna för att öka risken för rötinfektion och vindfällning gjort att man undvikit markberedning. SkogForsks studier visade dock att även under granskärm är fläckmarkberedning med traktorgrävare av typen Huddig 960 en intressant metod, som har potential att kombinera låg andel skadade träd, gott markberedningsresultat och acceptabla kostnader. Stamskadorna på skärmträden blev inte fler än vad som är normalt vid gallring. Däremot hade 21 procent av skärmträden skador på rötterna efter Huddig 960 och 36 procent efter Bräcke B390 högläggare. Av rotskadorna bedömdes högst fem till sex procent äventyra skärmträdens framtida stabilitet. Eftersom markberedning utförs under en period då träden riskerar att infekteras av röta är det viktigt att hålla skadenivån låg. Stamskadorna i vår studie var få, däremot var skadorna på rötterna för många för att kunna accepteras.

Det är tveksamt om andelen rotskador efter Bräcke B390 kan reduceras särskilt mycket. Däremot trodde författarna att det fanns stora möjligheter att minska andelen rotskador efter Huddig 960. En kontinuerligt framryckande maskin med aggregat av typen Bräcke B390 är inget författarna rekommenderar för regelbundet arbete i markberedning under skärm eftersom skadenivån på rötterna blir alltför hög och arealen blottlagd mineraljord för låg. Den kan dock användas på enstaka objekt med lätt terräng och på plan mark. En intermitterande framryckande maskin av typen Huddig 960 bedömer författarna som ett intressant alternativ vid markberedning under skärm. Det beror på att det är lättare att hålla skadenivån låg och att styra markberedningen, både areal- och utformningsmässigt, med maskiner av typen Huddig 960 än med dragna aggregat (Westberg & von Hofsten, 1996).

Det finns även en studie av naturlig föryngring som belyser långsiktiga produktionseffekter av markberedning. I ett arbete, utfört på kronoparken Åheden vid Vindelälven cirka 5 kilometer SSO Vindeln invid länsväg 363, utfördes markberedningen genom hackning eller ristning med Kolmodin-plog. Utvärderingen gjordes 67 år efter markberedning. Volymproduktionen var något bättre på de behandlade ytorna och behandlingen har haft en gynnsam effekt på övre höjdens utveckling. Samtidigt har behandlingarna förorsakat näringsförlust, samt förlust av organiskt material i jorden. Detta tycks ännu efter 67 år inte ha påverkat produktionen negativt. Höjdtillväxten har under de första åren varit högre på de markberedda ytorna. Överlevnaden har också varit högre på de helhackade ytorna. (Egnell m.fl., 1991).

Undantag från förbättrad etablering genom markbehandling

Mekanisk markberedning har visat sig genom flera studier vara den viktigaste åtgärden i skogsbruket som kan företas för att befrämja etableringen av nya plantor inom föryngringsprogram (Pomeroy, 1949; Hagner, 1962; Haney, 1962; Hagner, 1965; Gilmour, 1966; Johnson, 1968; Weingartner, 1980; McMinn, 1981; Hagner & de Jong, 1982; Cain, 1987; Low, 1988; Perala & Alm, 1989; Perala & Alm, 1990; Hagner, de Jong & Persson, 1994; Jeansson, 1995; Pohtila, 1995; Silfverberg, 1995; Skoklefald, 1995; Prévost, 1997; Burgess, Wetzel & Baldock, 2000; Stewart m.fl., 2000; Burgess & Wetzel, 2002; Zaczek, 2002; Béland, Bergeron & Zarnovican, 2003; Lhotka & Zaczek, 2003a). Ett undantag härifrån är t.ex. föryngring av *Pinus banksiana* på lerjordar. I en studie 50 kilometer nordväst om Rouyn-Noranda (Abitibi, Quebec) innehöll markberedningarna färre plantor än förväntat och

de ej markberedda områdena fler plantor än förväntat. Markberedning förbättrade inte signifikant plantbildningen på leriga jordar (Béland, Bergeron & Zarnovican, 1999). I en annan studie utförd 50 kilometer nordväst om staden Rouyn-Noranda (Abitibi, Quebec) hade markberedning på lerjordar en positiv effekt på plantbildningen av *Pinus banksiana* men inte så stor positiv effekt som på grövre jordar. Skillnaden beror på att temperaturen på lerjordar är lägre än på grövre jordar. Vidare har lerjordar bättre vattenhållande förmåga än grövre jordar (Béland, Bergeron & Zarnovican, 2003).

Ett ytterligare undantag är sådd av ek (*Quercus robur*). Nilsson m.fl. (1996) konstaterade, i en studie utförd på Skarhults försökspark i södra Sverige, att plantbildningen var högst för frön sådda på fem cm djup och lägst för frön sådda på toppen av jorden. Plantbildningen var vidare lägre i områden där humuslagret tagits bort i jämförelse med områden där humuslagret fick vara kvar. Höjden var lägre när humusen tagits bort i jämförelse med när den fick vara kvar. Emellertid var den relativa höjdtillväxten under den andra vegetationsperioden lägre i ostörda områden i jämförelse med störda områden. Behandlingarna var herbicider (H), herbicider och borttagning av humuslagret (RH), Herbicider och blandning av humuslagret med de översta tio centimetrarna av mineraljorden (HM), herbicider och inversmarkberedning (DC) och ostörd kontroll (C).

På kalhygget var plantbildningen högst för behandlingarna H och C när fröna täcktes med jord medan begravda frön (5 och 10 cm) visade det bästa resultatet för behandlingen HM. Frön i behandlingarna DC och RH hade den lägsta plantbildningen. Efter två vegetationsperioder var plantorna högre för behandlingarna H, HM och C i jämförelse behandlingarna DC och RH. När den relativa höjdtillväxten under den andra vegetationsperioden jämfördes konstaterades att den lägsta tillväxten fanns hos plantorna i behandlingen C. Höjdtillväxten var störst för plantorna i behandlingen C under den första vegetationsperioden medan samma plantor visade den lägsta tillväxten under den andra vegetationsperioden. Detta antas bland annat bero på att plantorna under det första året till stor del försörjs av näringen i fröet medan konkurrensen om näring blev påtaglig under det andra året. Författarna konkluderade att ett såddjup på omkring fem cm är optimalt för att förhindra predation och förbättra plantbildningen. Vidare bör metoder som avlägsnar det organiska materialet användas med försiktighet, eftersom lägre plantbildning konstaterades efter en sådan behandling.

Betydelsen av tidpunkt för markbehandling

Huvudresultatet av en studie av Karlsson & Örlander (2000), utförd i Siljansfors försökspark i centrala Sverige, var att markberedning omedelbart före ett gott fröår signifikant ökar plantbildningen. Markberedningen förbättrar framgången med föryngringen på flera sätt: (i) genom att öka gröningsprocenten; (ii) genom att minska nollyteprocenten och (iii) genom att befrämja tillväxten. Markberedning befrämjar snabb etablering av det nya beståndet och det nya beståndet kommer att bestå av relativt få åldersklasser. Således kommer markberedning att medföra, särskilt om den utförs före ett gott fröår, av en reducerad höjdvaryation i det nya beståndet. I jämförelse med äldre markberedning har färskare markberedning högre jordtemperatur och högre fuktighet i ytlagret, vilket gynnar frögroningen. Med tiden ökar vegetationens täckning medan jordytan blir hårdare och täcks i ökande grad av föna, vilket påverkar groningen negativt. Vidare skyddar den nakna mineraljorden mot snytbaggen. Markberedningseffekten på plantbildningen varade i studien i sex till sju år.

Sammanfattningsvis visar studien att markberedning före ett gott fröår leder till ökad plantbildning av tall på marker dominerade av *Vaccinium myrtillus* och *V. vitis-idea* där fröträd används för naturlig föryngring. Experiment på mer bördiga ståndorter behövs innan metoden kan rekommenderas för tallskogar i allmänhet.

3.4 Försök som visar markeffekter av markbehandling

Utlakning

Vad gäller markberedning visade resultaten att utlakningsförlusterna under såväl harv- som plogtiltor är avsevärd. Man får alltså räkna med en hög mineralisering så fort man rör om i humustäcket, oavsett vilken markberedningsmetod som används. Vad som framförallt är av betydelse för växtnäringsförlusterna från ståndorten är arealandelen stort humustäcke. Sannolikt är det möjligt att kompensera kvävebortfallet genom gödsling, men att genom onödigt radikala metoder öka förlusterna måste ses som en misshushållning med produktionsresurser (Rosén & Lundmark-Thelin, 1986a).

I åsarna efter harvning nedbryts granens barr snabbare än på det ej markberedda hygget. Mineraliseringen av näringsämnen var snabbare för barr i åsarna efter harvning i jämförelse med det ej markberedda hygget. Resultaten indikerade att i åsarna efter harvning befrämjas nedbrytningen genom att nedbrytande mikroorganismer gynnas. Den ökade nedbrytningen och mineraliseringen efter radikal markberedning skapar ett överskott på näringsämnen som kan leda till att de inte helt tillgodogörs av vegetationen och plantorna. Utlakningsförluster kan bli följderna samt reducerad produktivitet på svaga ståndorter. Klimatet varierar mycket på det obehandlade kalhygget, vilket motverkar nedbrytningen. Klimatet är stabilare i harvningens åsar, vilket befrämjar nedbrytningen. I harvningens åsar är temperaturen hög men inte för hög, fuktighetstillgången och tillgången på syre är vanligen säkerställd och det finns en stimulerande mix av organiskt material och mineraljord. Dessa faktorer förklarar den högre biologiska aktiviteten i bearbetad jord. Försöket utfördes 100 kilometer sydväst om staden Sundsvall i centrala Sverige (Lundmark-Thelin & Johansson, 1997).

I områden där en upprätthållen eller ökad skogsproduktion kräver att näringsämnena bibehålls är en minimal påverkan av jorden genom markberedning ett alternativ som bör föredras (Lundmark-Thelin & Johansson, 1997; Merino & Edeso, 1999).

Det har konstaterats att mineralisering av kväve är störst i markberedda områden i jämförelse med ett bestånd som inte är avverkat samt att kvävemineraliseringen ökar med intensiteten i markberedningen. Låg kol/kväve kvot och ökad fuktighet och temperatur som en följd av markberedning gynnar mineraliseringen av kväve. Vidare kan markberedning skapa lägre densitet i jorden, ökad porositet, bättre genomluftning och en blandning av mineraljord och humus, vilket stimulerar mineraliseringen av kväve. Ökad mineralisering kan leda till utlakning av kväve, vilket blev fallet i denna studie. Studien genomfördes i övre Piedmont i Patric County, VA. (Fox, Burger & Kreh, 1986).

I ett försök i centrala Sverige (62° 9' N, 14° 9' Ö) drogs den slutsatsen att utlakning av kväve inte påverkades av harvning, eftersom den högre koncentrationen av oorganiskt kväve under högar motverkades av lägre halter av oorganiskt kväve i fårorna. Mängden oorganiskt kväve var emellertid större i högar och underliggande jord än i ostörd markprofil. Det var en

liknande tendens för nitratkväve men denna tendens var inte statistiskt signifikant. Skillnaden beror troligen på ökad mineralisering i högarna. Förklaringen till den ökade mineraliseringen är en mer jämn temperatur och fuktighetstillgång, vilket gynnar den mikrobiella aktiviteten i jämförelse med det intakta humuslagret som är mer exponerat för ljus, nederbörd och vind. En vanlig förklaring är också att vattentillgången är högre och mer optimal i högar. En annan förklaring kan vara att i högen blandas mineraljord med humus, vilket höjer pH och gynnar mineraliseringen (Nohrstedt, 2000).

Efter markberedning blir utlakningen från harv- och plogtiltor mycket stor. Detta gäller i synnerhet nitratkvävet som visar påtagligt höga värden i och under plogtiltorna (Rosén & Lundmark-Thelin, 1986b). Nedbäddat humuslager har betydligt högre mineraliseringstakt än ostört humuslager. Under fjärde vegetationsperioden hade framförallt nitrathalten ökat i det vatten som lämnar plogtiltan (Lundmark-Thelin, 1988).

Näringsfrigörelsen varierar i intensitet med graden av omrörning i markytan, dvs. med hur stor arealandel av humuslagret som dels blandas in i mineraljord, dels slits loss och blivit liggande ovanpå ostörd markyta. I båda fallen ökar mineraliseringen av organiskt bunden växtnäring i jämförelse med intakt, ostört humuslager. Omrörning i markytan resulterar sålunda i ökade utlakningsförluster. Detta gäller framförallt kvävet, eftersom markomrörningen påskyndar bildandet av lättlösliga nitratjoner. Markens förmåga att binda och kvarhålla växtnäringsämnen påverkas också genom att markberedningen på viss arealandel omfördelar eller förstör humuslagrets funktioner. Där humuslagret fläks bort minskar markens förmåga att kvarhålla de lösta närsalterna som tillförs med nederbörd eller med sidledes rörligt markvatten. Ju grövre texturen är, desto allvarligare konsekvenser får störningar av humuslagret för markens möjligheter att hålla kvar den för växterna tillgängliga näringen. Det är framförallt humusämnesskiktet, den undre mera ”finfördelade” delen i mårtäcket, tillsammans med lerpartiklarna i mineraljorden som utgör markekosystemets effektiva jonbytare (Lundmark, 1988).

I en studie i Finland (64° N, 27° E, 198–215 m.ö.h.) konstaterades det att kalhuggning och markberedning (plöjning) ökar utlakningen av näringsämnen. Av alla undersökta element var utlakningen av nitrat störst. Ökningen i utlakning varade i ungefär fem år (Kubin, 1995b).

I en studie av sydsvenska hyggen medförde markberedning genom högläggning inga signifikant förhöjda arealförluster av kväve, medan för flera av de andra studerade ämnena uppmättes förhöjda arealförluster. Detta gäller H, Cl, Na, Al och TOC på hyggena i Halland och Mg och Mn på hyggena i Småland. Försöket var utlagt på fyra lokaler. Två av lokalerna låg i Småland på Asa försökspark och två av lokalerna låg i Halland på och i närheten av Tönnersjöhedens försökspark (Örlander m.fl., 1997).

Nedbrytning av organiskt material

De förhållanden som normalt råder på hyggen innan hyggesvegetationen etablerat sig (stor instrålning med uttorkning av markens förnalager som följd) utgör ogynnsamma förhållanden för de nedbrytande organismerna i förnalagret. Nedbrytningen av det på markytan fritt liggande organiska materialet sker därför relativt långsamt. Detta får till följd att den organiskt bundna näringen också frigörs förhållandevis sakta. Vid markberedning kommer avverkningsresterna i varierande grad att bäddas in under humus och mineraljord beroende på

markberedningsmetod. Det inbäddade materialet kommer att brytas ned under helt andra förhållanden jämfört med på markytan fritt liggande material. I studien markbereddes med mineraljordshög på omvänd torva, harvning och plöjning. På samtliga försökslokaler bröts barren ned betydligt långsammare på kontrolltytor (ej markberett hygge) än på motsvarande markberedda ytor (Johansson, 1987).

Mineralisering

Hyggesavfallet innehåller värdefull mineralnäring. Vad förlusten av avverkningsresternas kväveförråd kan betyda för det nya beståndets framtida produktionsförmåga måste ses i relation till ståndortens totala kväveförråd. På de medelgoda och högproduktiva ståndorterna Råtan och Östbodarna utgjorde avverkningsresternas (barrbiomassans) kväveförråd en mindre del (cirka nio respektive en procent) av humuslagrets totala kväveförråd. Förutsatt att markberedningen inte åstadkommer en drastisk sänkning av humuslagrets kväveförråd kan knappast förlusten av kvävet i avverkningsresterna påverka den framtida skogsproduktionen på dessa lokaler. På den magra tallheden Böle däremot, svarade avverkningsresternas barrbiomassa för cirka 20 procent av lokalens totala förråd av relativt lättomsättbart kväve. På denna lokal kan därför förlusten av avverkningsresternas näringskapital inverka menligt på markens framtida produktionsförmåga (Johansson, 1987).

Markberedning påverkar barrrens nedbrytning. Även de mindre radikala markberedningsmetoderna harvning och högläggning, resulterade oftast i samma kraftiga ökning av barrnedbrytningen som plöjning. Den hastiga nedbrytningen på markberedda ytor resulterade i att större delen av kväveinnehållet frigjorts under nedbrytningens fyra första år. Hyggesplöjning resulterar i den procentuellt största arealpåverkan av marken. Hela 69 procent av avverkningsresterna bäddas på plöjde ytor in under tiltor och utsätts där för hastig omsättning och mineralisering. För harvade och höglagda hyggen var motsvarande värden 54 respektive 35 procent. På de studerade lokalerna minskade kväveförrådet hos barrbiomassan under de fyra första åren med 27 till 60 procent på markberedda hyggen. Motsvarande minskning på hyggen utan markberedning var noll till nio procent. Av undersökningen framgår tydligt att ju radikalare markberedningsmetod som används desto större blir den procentuella minskningen av barrbiomassans kväveförråd. Högläggning på omvänd torva resulterade i den lägsta minskningen (cirka 30 procent) medan harvning och plöjning minskade kväveförrådet med cirka 40 respektive 50 procent (Johansson, 1987).

I en undersökning i centrala Sverige (ungefär 15 kilometer nordväst om Sveg) studerades bland annat effekten av harvning på kvävekoncentrationen och pH i markvattnet. Harvning utfördes i närheten av lysimetrar så att 50 procent av ytan stördes. Harvning påverkade inte signifikant kvävekoncentrationen eller pH i markvattnet på 40–50 cm djup under de första fyra åren efter markberedning (Ring, 1996).

I ett arbete studerades effekten av markberedning på nedbrytning av barr från tall och gran. Markberedningsmetoderna som studerades var plöjning, harvning, högläggning och ej markberedd kontroll. Barren nedbröts och avgav deras innehåll av N och Ca mycket fortare på markberedda områden i jämförelse med kontrollen. För P, Mg och särskilt K konstaterades endast mindre skillnader mellan markberedning i jämförelse med kontrollen. På den blöta ståndorten var nedbrytningen och mineraliseringen av näringsämnen lika för alla tre markberedningsmetoderna. På den torra till friska ståndorten befrämjade högläggning och plöjning nedbrytning och mineralisering mer än harvning.

Att förnan täcks av humus och mineraljord befrämjar nedbrytningen genom att temperaturerna inte blir alltför hög för mikroorganismerna samtidigt som tillgången på fukt är bra. I detta experiment påverkades nedbrytningen av barr i lika hög grad av plöjning, harvning och högläggning. De erhållna resultaten antydde att högläggning och plöjning befrämjar nedbrytningen och mineraliseringen mer än harvning på bördiga torra till friska sandmarker i Södra Sverige. På bördiga, fuktiga och sandiga jordar verkar alla tre markberedningsmetoderna ge upphov till samma effekt. Fuktigheten i marken är därför av vikt för reaktionen efter markberedning. Ur synpunkten att höja marktemperaturen och höja fuktigheten rangordnar sig de tre metoderna i följande ordning med den minst påverkande först: Harvning, högläggning och plöjning. På blöta ståndorter erhålls tillräcklig fuktighet för nedbrytning redan efter en så mild metod som harvning. På torra till friska marker behövs mer intensiva metoder som högläggning och plöjning för att öka nedbrytningen och mineraliseringen.

Radikal markberedning ökar nedbrytningen och mineraliseringen och kan därför äventyra skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga (Johansson, 1994; Costantini & Loch, 2002; Bock & Van Rees, 2002). För att undvika detta bör metoder som skapar bra förhållanden för mikroorganismernas nedbrytning inte tillämpas på fattiga ståndorter där hyggesavfallet ger ett stort bidrag till platsens tillgång på lättmineraliserad näring. Man måste också ta hänsyn till den area som påverkar nedbrytningen eller med andra ord hur stor del av arealen som påverkas av respektive metod. Den yta som påverkas ökar från 35 procent för högläggning till 69 procent för plöjning, med harvning i en intermediär position (54 procent). Fastän harvning på torra till friska ståndorter inte påverkade nedbrytning och mineralisering lika mycket som högläggning gjorde är den påverkade arealen större för harvning. Båda metoderna kan därför vara likvärdiga i deras påverkan på den långsiktiga produktionsförmågan på torra till friska jordar. På fuktiga marker där de tre metoderna gav samma effekt är högläggning att föredra framför harvning och harvning är att föredra framför plöjning. Huruvida radikal markberedning påverkar skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga negativt återstår att se (Johansson, 1994).

I en studie i Michigan, USA avseende våta områden konstaterades ökad nedbrytning av cellulosa med ökad intensitet i markberedningen. De viktigaste ståndortsfaktorerna som kunde förklara den ökade nedbrytningen var förändrad temperatur och fuktighetstillgång (Trettin m.fl., 1996).

I en undersökning, utförd i nedre Piedmont i North Carolina, konstaterades att markberedning ("shear-pile-disk") och speciellt herbicidbehandling orsakade ökad nettomineralisering av kväve och nitrifikation. Särskilt kombinationen av mekanisk markberedning och herbicider ökade nettomineraliseringen av kväve och den tidiga tillväxten hos tall men ökade också den mängd kväve som kan förloras från unga tallplanteringar och utökade den tid under vilket sådana förluster kan uppträda (Vitousek m.fl., 1992).

I en studie, utförd i sydöstra Finland (Kerimäki), konstaterades det att högläggning minskade mineraliseringen av organiskt material i humuslagret men hade liten effekt på skapandet av mineralkväve och nitrifikation. Högre koncentrationer av mineralkväve i markvätskan konstaterades under högar i jämförelse med ostörd mark, vilket förklaras av den dubbla mängden organisk substans i högarna. Mineralkvävekoncentrationerna i markvätskan minskade under två år efter högläggningen, som en följd av invaderande markvegetation. Plantering av björk på högarna ökade mineraliseringen av organiskt material i mineraljorden

på högarna, som en följd av rötternas utsöndring av substanser som gynnade den mikrobiella aktiviteten. Att högläggning inte gynnade mineraliseringen av kväve kunde bero på utebliven rotaktivitet i högarna, vilket kan ha missgynnat mikroorganismerna. Vidare var det möjligt att nedbrytningen av hyggesavfallet begravt i högarna immobiliserade mer näringsämnen jämfört med hyggesavfall som lämnades på den orörda marken. Fastän högläggning inte påverkade nettomineraliseringen av kväve eller nettonitrifikationen ökade mineralkvävet i markvätskan. Detta kan delvis förklaras av skillnader i nedträngande vatten mellan högar och obehandlad mark. Vidare skapade det dubbla organiska materialet i högar dubbelt så mycket mineraliserat kväve som det enkla organiska materialet på obehandlad mark. Det är också så att högarna inledningsvis saknade vegetation som kunde ta upp kvävet (Smolander, Paavolainen & Mälkönen, 2000).

I ett försök i Finland (Janakkala och Tammela) konstaterades det att markberedning påverkade mineraliseringen av det organiska materialet positivt (Palmgren, 1984). I Sverige har det konstaterats att markbearbetning (harvning) medfört påtaglig förhöjning av mängden mineralkväve jämfört med kontrollerat. Då markbearbetningen kombinerats med kalktillförsel erhöles emellertid mindre mängd mineralkväve inom aktuellt markdjup jämfört med försöksledet där enbart markberedning utfördes. En tänkbar förklaring till erhållna skillnader i mängden oorganiskt kväve mellan okalkade och kalkade försöksled var att tillförseln av kalkstensmjöl resulterat i en ökning av markens mikrobbiomassa, en tillväxt som medfört fastläggning av tillgängligt kväve. Denna mikrobiella immobilisering synes varaktig under de fyra år som försöket hittills pågått. Resultaten antydde sålunda på att en tillförsel av kalkstensmjöl kan reducera nettomineraliseringen av kväve och risken för utlakning under hyggesfasen på den aktuella ståndortstypen. Slutsatserna bygger på en studie utförd på kronoparken Torrmyra 25 kilometer NNO Värnamo (Lundmark & Nömmik, 1984). I en studie i Pahalouhi försökspark i mitten av Finlands boreala zon konstaterades det att plöjning ökade nitratkvävekoncentrationerna under fem år i markvattnet varefter de minskade (Kubin, 1995a). I en studie i södra Sverige (fem lokaler mellan latituderna 58° N och 59° N) konstaterades det att harvning ökar nedbrytningen av barr och mineraliseringen av kväve, kalcium, magnesium och fosfor. Författaren konkluderade att harvning kan leda till en produktivitetssänkning på fattiga ståndorter (Johansson, 1992).

I ett arbete utfört i Vance County i USA konstaterades det att nettomineraliseringen av kväve var mycket lägre vid mitten av rotationstiden än vid planterings etablering och att intensiteten i skörden men inte intensiteten i markberedningen påverkade mineraliseringen av kväve vid mitten av omloppstiden. Produktionen av barrbiomassa för *Pinus taeda* är viktig, eftersom det har konstaterats att stamproduktiviteten ökar linjärt med barrbiomassan (Piatek & Allen, 1999). I en annan studie utförd i närheten av Henderson, Vance County, North Carolina konstaterades det att bevis för att borttransport av näring med markberedning vid planterings etablering minskar barrproduktionen vid mitten av omloppstiden saknas (Piatek & Allen, 2000).

Att näringstillgången kan minska efter fläckmarkberedning stöds av en studie där man studerade respirationen av koldioxid i jorden. Studien utfördes ungefär 1 kilometer väst om Eskwanonwatin Lake, Thunder Bay District, Ontario, Kanada. Behandlingarna var: (1) intakt skog, (2) kalhygge utan markberedning, (3) kalhygge med blandad humus och mineraljord samt (4) fläckmarkberedning. Den blandade humusen och mineraljorden hade den högsta respirationen följt av kalhygget och ej huggna områden. Fläckmarkberedda områden hade den

lägsta respirationen. Respirationen på det huggna området var inte signifikant skild från den ej huggna kontrollen (Mallik & Hu, 1997).

Vattenbalansen

Med markberedning har man stora möjligheter att påverka fuktigheten kring plantornas rötter. Målet med åtgärden bör vara att planteringspunkten skall ha en relativt hög, säker fuktighetstillgång utan risk för syrebrist. Ofta blir markfuktigheten i markberedda fläckar så hög att risk för syrebrist föreligger. Detta är speciellt uttalat om fläcken eller harvspåret utförs som en grop eller fåra. Genom att lägga mineraljorden i högar (rabatter) erhålls en god dränering. Om högen läggs på mineraljord blir vattentillgången relativt säker även under torra år. Om mineraljordshögen läggs på en omvänd torva, eller om mineraljordssträngar läggs på tiltor (plöjning), är uttorkningsrisken stor (Örlander & Gemmel, 1989; Mäkitalo & Hyvönen, 2004). Detta beror på att torvan verkar kapillärbrytande, varför vattentransporten från djupare jordlager blir långsam.

På färska hyggen med morän eller finjordshaltiga sediment uppstår ofta syrebrist i markberedda fläckar eller harvspår. För att motverka detta bör man markbereda så att planteringspunkten blir dränerad. Högläggning innebär, förutom att planteringspunkten dräneras, att jorden kring plantornas rötter luckras vilket ytterligare påverkar luftväxlingen positivt. Andelen luftfyllda porer i en fläck är betydligt lägre än i en hög. Genom att blanda humusämnen med mineraljord som i plogtiltor, eller tiltor under mineraljordshögar, kan man få en förhöjd mineraliseringshastighet ("komposteffekt"). I tiltorna får man en förhöjning av den mikrobiologiska aktiviteten beroende på gynnsam temperatur och fuktighet samt tillgången på humusämnen (Örlander & Gemmel, 1989).

Uppfrysning och minimitemperaturen

Vid högläggning kan risken för uppfrysning öka då temperaturfluktuationerna är stora och högen drabbas av fler tillfällen av den frysnings och upptining som är förutsättningen för uppfrysning. I högar lagda på omvänd tilta eller i plogtiltor är ofta uppfrysningen mindre på grund av att markfuktigheten är relativt låg och att vatten kapillärt ej tillförs högen underifrån. Mineraljordens tjocklek har stor betydelse. Om plantering kan utföras så att plantan får kontakt med det nedbäddade humuslagret blir uppfrysningen liten. Ett sätt att minska uppfrysningen är således att plantera djupt. Vid djupplantering blir förutsättningarna för uppfrysning mindre, samtidigt som plantan får en bra förankring i jorden. Genom att låta bli att markbereda eller att täcka marken reduceras uppfrysningen. Detta beror på att temperaturväxlingarna runt 0° C minskar. Flera åtgärder som vidtas i förnygringsarbetet bland annat ställande av skärmar och markberedning bidrar till att höja minimitemperaturen. Det finns två sätt varmed vi kan påverka minimitemperaturen med markberedning, dels genom att avflå det isolerande humus/vegetationstäcket, dels genom att höja planteringspunkten (Örlander & Gemmel, 1989).

3.5 Betydelsen av markbehandling för uppkomsten av snytbaggeskador

Med markberedning kan man som konstaterats minska snytbaggeangreppen. Genom att avlägsna humus och vegetation kan angreppen reduceras väsentligt. Snytbaggeangreppen blir mindre omfattande efter högläggning i förhållande till fläckmarkberedning. Genom att fläckmarkbereda kan man minska vegetationsförekomsten kring plantan. Högläggning eller tiltplöjning minskar vegetationsinväxningen ytterligare (Örlander & Gemmel, 1989).

I ett arbete, där försöken utlokaliseras till södra och centrala Sverige, noterades att snytbaggeskadorna var mindre på de ytor som markberetts det första året efter avverkning i förhållande till ej markberedda ytor. Efter en hyggesviloperiod av två eller fyra år hade markberedningen emellertid ingen effekt på andelen angripna plantor. Överlevnaden för plantor behandlade med insekticider och planterade på markberedd mark utan hyggesvila var nästan 90 procent jämfört med mindre än 70 procent för ej behandlade plantor. Att låta hygget vila i två till fyra år har visat sig leda till minskade angrepp men leder å andra sidan till att konkurrensen från hyggesvegetationen tilltar och omloppstiden förlängs. Markberedning minskar attackerna av snytbagge på hyggen utan hyggesvila. På hyggen med två års hyggesvila skyddade markberedningen fortfarande mot attacker men till en lägre grad. Den positiva effekten av markberedning kunde inte konstateras vid en hyggesviloperiod på fyra år. Markberedning tre till fyra år efter kalhuggningen hade ingen effekt på antalet attackerade plantor eller på fångster i fällor. Därför finns inget stöd för hypotesen att en ökning i flyktiga substanser från exponerade trädrötter efter markberedning lockar till sig fler snytbaggar (von Sydow, 1997).

I en studie i södra och centrala Sverige (Lönsboda, Vissefjärda, Växjö och Asa) studerades snytbaggeskadorna på gran vid olika behandlingar. 1,5 år gamla täckrotsplantor av gran planterades. Behandlingarna var insekticider (permetrin i två appliceringar), fysiskt skydd (Bugstop och Hylostop), markberedning (harvning) och skärmställning (98–148 stammar/ha). Tre år efter plantering var dödligheten hög (88 procent) för ej skyddade plantor på kalhyggen med ingen markberedning. Den skademinskande effekten av skärmställning, markberedning och fysiskt skydd var additiv. När alla tre metoderna samtidigt användes var dödligheten efter tre år mindre än 7 procent. Insekticider var mest effektiva när det gällde att skydda mot snytbagge och sedan kommer markberedning, Bugstop, Hylostop och skärmställning i nämnd ordning. Markberedning minskade snytbaggeskadorna lika väl på kalhygge som i skärmställning. Emellertid var effekten av markberedning mer långvarig i skärmställningar. Under de två första åren efter plantering minskade markberedning signifikant snytbagge-skadorna för alla plantskyddsåtgärder förutom insekticider. När plantorna behandlats med insekticider var dödligheten lägre än tre procent oberoende av huggningsregim eller markbehandling. Effekten av skärmställning och markberedning var additiv för alla plantor utom de som behandlats med insekticider. Markberedning ökade signifikant plantornas höjd tre år efter markberedning. Både insekticider och fysiska skydd ökar plantornas tillväxt.

Resultaten visar att det inte är viktigt med ren mineraljord runt plantan när fysiskt skydd används eller under skärmställning. När fysiskt skydd används vid plantering på kalhygge och i ej markberedd mark blir överlevnaden oacceptabelt låg (46 procent för Bugstop och 57 procent för Hylostop). Användningen av endast markberedning (72 procent) och endast skärmställning (44 procent) gav inte heller tillfredställande överlevnad. Författarna konkluderar att oskyddade plantor eller plantor skyddade med fysiskt skydd kommer att lida oacceptabla skador om de planteras utan markberedning på kalhyggen där risken för

snytbaggescador är stor. Man skall tillse att skärmen är tillräckligt tät samt att plantan planteras i ren mineraljord (Petersson & Örlander, 2003). Man skall emellertid observera att ju längre från humuskanten plantorna står desto kortare toppskottstillväxt får de (Berg, Bäcke & Jonsson, 1988)

4 Sammanställning av resultaten av markbehandlingsstudierna

Vid markberedning kan bland annat marktemperatur, fukt/syrebalans i marken, konkurrens från omgivande vegetation, näringsfrigörelse och hydrologi påverkas. Olika tekniska faktorer, som block och sten samt marklutning, inverkar också på resultatet (Bäcke m.fl., 1986).

Markberedning är vanligen betraktad som en effektiv metod att förbättra förnygringsframgången i boreala skogar. Positiva effekter på överlevnad och tillväxt har rapporterats (Bärring, 1965; Hunt, 1987; Sugg, 1990; Jansson & Näslund, 1993; Örlander m.fl. 1998; Örlander, Nordborg & Gemmel 2001) och kan förklaras av positiva effekter av markberedning på externa tillväxtfaktorer under plantornas etableringsfas: Ökad jordtemperatur (Lundmark, Odin & Söderström, 1978; Kubin & Kemppainen, 1994), bättre ljustillgång, lägre densitet i jorden (Lähde, 1978; Ritari & Lähde, 1978; Mattsson, 2002), bättre vatten och syreförhållanden (Thompson, 1984), ökad mineralisering av näringsämnen (Rosén & Lundmark-Thelin, 1986a; Mälkönen, 1987; Mälkönen, 1989; Örlander, 1995; Mattsson, 2002), minskad konkurrens från vegetation och minskade snytbaggescador (*Hylobius abietis* L.) (Lundmark, 1988; Örlander & Nilsson, 1999; Nordborg, 2001). Markberedning minskar även allelopatiska effekter från vissa växter (Lundmark, 1988). Det existerar lite kunskap om markberedningens långsiktiga påverkan. Även om några studier indikerar uthålligt ökad produktion efter markberedning (Pohtila & Valkonen, 1985; Mälkönen 1987; Örlander, Hallsby & Sundqvist, 1990, Örlander, Egnell & Albrektsson, 1996; Mäkitalo, 1999; Örlander, Nordborg & Gemmel, 2001) finns det indikationer på att förlust av näringsämnen som en följd av markberedning kan resultera i reducerad produktionsförmåga på längre sikt, speciellt på fattiga ståndorter (Lundmark, 1977; Johansson 1987, Lundmark 1988; Johansson, 1991).

Genom markberedning ökar temperaturen i mineraljorden, frostrisken minskar och vegetationsperioden förlängs samt temperatursumman ökar (Appelroth, 1976; Pohtila, 1977; Lundmark, Odin & Söderström, 1978; Lähde, 1978; Ritari & Lähde, 1978; Samuelsson, Larsson & Zylberstein, 1984; Örlander, 1986; Mälkönen, 1987; Lundmark, 1988; Bassman, 1989; Mälkönen, 1989; Tolvanen & Kubin, 1990; Taylor m.fl., 1991; Kubin & Kemppainen, 1994; Burgess m.fl., 1995; McMinn, Grismer & Herring, 1995; Weber m.fl., 1995; Örlander, 1995; Nordborg, 2001; Mattsson, 2002; Simard m.fl., 2003). En förhöjd temperatur gynnar rottillväxten samt vatten- och näringsupptagningen under nordiska förhållanden (Mälkönen, 1989).

Markberedningen förändrar också syre- och vattenbalansen i marken till det positiva vid ståndortsanpassning. På torra ståndorter kan markberedning öka fuktigheten i rotzonen genom att avlägsna vegetationen. På blöta och fuktiga ståndorter kan plöjning och högläggning ge en dränerande effekt. Även en luckring av mineraljorden kan åstadkommas. Vidare kan den volym jord som är tillgänglig för rötterna ökas (Appelroth, 1976; Gent, Ballard & Hassan, 1983; Gent m.fl., 1984; Samuelsson, Larsson & Zylberstein, 1984; Nicou, 1986; Turvey & Cameron, 1986a; Mälkönen, 1987; Lundmark, 1988; Morris & Lowery, 1988; Grossnickle & Heikurinen, 1989; Mälkönen, 1989; Fleming, Black & Eldridge, 1994; Fleming, Black & Adams, 1996; Querejeta m.fl., 2000; Espinoza, 2004; Mäkitalo & Hyvönen, 2004).

Nackdelarna med markberedning är att plantan lättare fryser upp och att näringstillgången ibland minskar (Samuelsson, Larsson & Zylberstein, 1984; Ross m.fl., 1986; Tew m.fl., 1986; Lundmark, 1988; Nordborg, 2001; Simard m.fl., 2003). Uppfrysningen ökar med storleken på

den markberedda fläcken. Högläggning och inversmarkberedning verkar kapillärbrytande och kan reducera uppfrysningen, eftersom humuslagret då hamnar under mineraljorden (Lundmark, 1988; Bergsten m.fl., 2001). Inom områden där man av erfarenhet vet att klimatet ofta skapar förutsättningar för pipkrake bör plantorna sättas i högar eller tiltor på nedbäddad humus. Det är viktigt att vid plantering särskilt undvika den blottlagda rostjorden i fläckar och harvspår (Lundmark, 1988).

I en studie i väst-centrala Alberta, Kanada av markberedningens effekter på kemin i marken konstaterades att mekanisk markberedning reducerade tillgängligheten av kväve och fosfor men ökade pH och basmättnadsgraden (Schmidt, Macdonald & Rothwell, 1996). Markberedning medför en minskning av snytbaggeangreppen, speciellt de metoder som skapar en mineraljordshög att sätta plantan i (Arvidsson & Axelsson, 1987). Det är viktigt att plantan omges av ren mineraljord för att erbjuda ett skydd mot snytbaggen (Wallertz & Petersson, 2002).

Att näringstillgången minskar gäller däremot inte vid alla typer av markberedning utan främst vid fläckmarkberedning och andra metoder där humustäcket eller hyggesavfallet borttransporteras i större utsträckning (Morris, Pritchett & Swindel, 1983; Burger & Pritchett, 1984; Hall, 1984; Vitousek & Matson, 1985; Morris & Lowery, 1988; Taylor m.fl., 1991; Oswald & Brown, 1992; Burgess m.fl., 1995; Page-Dumroese m.fl., 1997; Olarieta m.fl., 1999; Podrázský, Ulbrichová & Moser, 2001). Andra markberedningsmetoder som högläggning på omvänd torva, hyggesplöjning och inversmarkberedning kan åstadkomma en ”komposteffekt” och följaktligen ökad mineralisering (Turvey & Cameron, 1986a; McLaughlin m.fl., 2000).

Orsakerna till förhöjd mineralisering, dvs. de processer som ger komposteffekt, är bl.a. följande:

1. Blottlagd mineraljord resulterar i hög temperatur kring det nedbäddade organiska materialet.
2. Markvätskan som omger nedbäddat organiskt material får på grund av uppblandningen med mineraljord ett högre pH-värde än vad som normalt råder i ostört humuslager.
3. Omrörning och uppluckring resulterar i god tillgång på syre – den stora porvolymen i det nedbäddade humuslagret bidrar till god luftväxling.
4. Nedbäddat humuslager ligger skyddat mot uttorkande vindar samtidigt som det genom lätt hoptryckning får en extra god vattenhållande förmåga beroende på bättre kapillaritet.

Samtliga uppräknade faktorer stimulerar nedbrytarnas aktivitet – resultatet blir förhöjd mineralisering av organiskt material. Denna ”komposteffekt” uppkommer inne i tiltor och mineraljordshögar på omvänd torva (Lundmark, 1988).

Markberedningsmetoder som avlägsnar stora kvantiteter organiskt material kan påverka plantornas näringsupptag och tillväxt negativt (Bock & Van Rees, 2002). Att man skall markbereda i alla lägen är emellertid inte självklart, eftersom markberedning kan ge utlakningsförluster av näringsämnen (Swindel m.fl., 1983; Mätkönen, 1989; Blackburn & Wood, 1990) samtidigt som acceptabla resultat ibland kan åstadkommas utan markberedning.

Det är klart att mekanisk markberedning kan förbättra tillväxten, etableringen och överlevnaden för plantor (Burns & McReynolds, 1972; Burns, 1973; May, Rahman & Worst, 1973; Raulo & Mälkönen, 1976; Pohtila, 1977; Lähde, 1978; Pritchett, 1979; McKimm & Flinn, 1979; Sarigumba & Anderson, 1979; Shiver & Fortson, 1979; Daniels & Sarigumba, 1980; Hatchell, 1981; Schönau, van Themaat & Boden, 1981; Stransky, 1981; Kaunisto, 1982; Haywood, 1983; Barber, 1984; Lundmark & Nömmik, 1984; Pehl, 1984; Pohtila & Valkonen, 1985; Stransky, Roese & Watterston, 1985; Wilhite & McKee, 1985; Nicou, 1986; Ross m.fl., 1986; Turvey & Cameron, 1986a; Turvey & Cameron, 1986b; Wittwer, Dougherty & Cosby, 1986; Chamshama & Hall, 1987; Lantagne & Burger, 1988; Ballard & Hawkes, 1989; Bassman, 1989; Grossnickle & Heikurinen, 1989; Haywood & Burton, 1989; Mälkönen, 1989; Thomson & McMinn, 1989; Ball, 1990; Edwards, 1990; Haywood & Burton, 1990; Perala & Alm, 1990; Shiver, Rheney & Oppenheimer, 1990; Tolvanen & Kubin, 1990; Örländer m.fl., 1990; Taylor m.fl., 1991; Knowe, Shiver & Kline, 1992; Oswald & Brown, 1992; Czapowskyj & Safford, 1993; McNabb, Baker-Katz & Tesch, 1993; Mengel, Davey & Cassel, 1993; Burgess m.fl., 1995; McMinn, Grismer & Herring, 1995; Otsamo m.fl., 1995; Ritari, 1995; Varelides & Kritikos, 1995; Weber m.fl., 1995; Singh, 1996; Macadam & Bedford, 1998; Querejeta m.fl., 1998; Archibold, Acton & Ripley, 2000; Sutherland & Foreman, 2000; Xu m.fl., 2000; Stewart m.fl., 2000; Londo & Mroz, 2001; Nordborg, 2001; Ewing, 2002; Mattsson, 2002; Zaczek, 2002; Béland, Bergeron & Zarnovican, 2003; Lhotka & Zaczek, 2003b; Simard m.fl., 2003; Bocio m.fl., 2004; Miwa m.fl., 2004) och förkorta omloppstiden (Espinoza, 2004). Det finns också fall där mekanisk markberedning inte haft någon signifikant effekt på överlevnad och tillväxt (Haywood, 1983; Pehl, 1983; Mohamed & Hall, 2002; Thiffault, Jobidon & Munson, 2003). Ibland avtar effekten av markberedning med tiden och ibland har en förmodat tillväxtminskning med tiden befarats (Roberge, 1988; Burgess m.fl., 1995). Mekanisk markberedning kan leda till produktivitetstförluster under den andra omloppstiden (Tiarks & Haywood, 1996. Studien utfördes i Rapides Parish, Louisiana i USA). Att frakta bort hyggesavfallet genom mekanisk markberedning kan ge minskad tillväxt (Turvey & Cameron, 1986a; Minore & Weatherly, 1990).

Även herbicider kan förbättra överlevnaden och tillväxten och de kan även kombineras med mekanisk markberedning då tillväxten ytterligare kan förbättras (Sutton, 1975; McGee, 1977; Schönau, van Themaat & Boden, 1981; Dimock, Beebe & Collard, 1983; Barber, 1984; Lanini & Radosevich, 1986; Ross m.fl., 1986; Turvey & Cameron, 1986a; Turvey & Cameron, 1986b; Wittwer, Dougherty & Cosby, 1986; Slay m.fl., 1987; Edwards, 1990; Knowe, Shiver & Kline, 1992; Allen & Wentworth, 1993; Glover & Zutter, 1993; Sutton & Weldon, 1993; Moffat, Armstrong & Collyer, 1994; Burgess m.fl., 1995; Haywood, 1995; Harvey m.fl., 1996; Cogliastro, Gagnon & Bouchard, 1997; McDonald, Abbott & Fiddler, 1999; Sutherland & Foreman, 2000; Shiver & Martin, 2002; Simard m.fl., 2003; Thiffault, Jobidon & Munson, 2003; Espinoza, 2004). Vilken markberedningsmetod som bör föredras påverkas av bland annat jordarten (Haywood & Burton, 1990). Hyggesbränning kan också förbättra överlevnaden och tillväxten (Ballard & Hawkes, 1989; Oswald & Brown, 1992; Stein, 1997). Hyggesbränning kan också resultera i utebliven påverkan på överlevnad och tillväxt (Waldrop, 1997).

Högintensiva markberedningsmetoder kan ge bättre överlevnad och tillväxt än lågintensiva metoder (Schönau, van Themaat & Boden, 1981; Lantagne & Burger, 1988; Edwards, 1990; Haywood & Burton, 1990; Nilsson & Allen, 2003). Mekanisk markberedning kan minska

diversiteten och rikheten i mykorrhiza (svamprot) (Simard m.fl., 2003) eller öka infektionerna av mykorrhiza (Harvey m.fl., 1996; Querejeta m.fl., 1998). Markberedning minskar konkurrensen från hyggesvegetationen om ljus, vatten och näring (Ratliff & Denton, 1991; Taylor m.fl., 1991; Oswald & Brown, 1992; Prévost, 1997; Kateb m.fl., 2004; Miwa m.fl., 2004; Morneault m.fl., 2004). Markberedning kan inkorporeras i modellbyggnad där man märker att olika markberedningar har betydelse för överlevnaden och tillväxten (Knowe & Stein, 1995). Det bör vidare framhållas att mekanisk markberedning kan påverka beståndsstrukturen (Swindel, Conde & Smith, 1984; Harrington & Edwards, 1996). Markberedning kan också förhindra att marken spricker upp och blottar rötterna (von Althen, 1977).

Markberedning (harvning eller fläckmarkberedning) har konstaterats att inte påverka betningen av rådjur (*Capreolus capreolus* L.) på granplantor vare sig under skärm eller på kalhygge (Bergquist, Kullberg & Örlander, 2001). Markberedning påverkar negativt fodertillgången för ren (Eriksson & Raunistola, 1990).

5 Slutsatser och reflexioner

Mekanisk markberedning förbättrar överlevnaden, tillväxten och etableringen. Detta gäller för såväl naturlig föryngring, sådd och plantering. Tillväxten ökar när humus finns på eller i planteringspunkten. I allmänhet gäller att ju kraftigare markberedningsmetod som väljs desto bättre överlevnad och tillväxt erhålls. Ett undantag härifrån är invertermarkberedningen som till och med kan ge högre överlevnad och tillväxt än hyggesplöjningen. Invertermarkberedningen ger liten arealpåverkan i förhållande till andra markberedningsmetoder. Med tanke på ståndortens långsiktiga produktionsförmåga bör inte markberedningen göras kraftigare än nödvändigt. Emellertid är det svårt att hitta konkreta exempel på att kraftig markberedning försämrat skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga. Det bör påpekas att ingen helt accepterad studie på boreal skogsmark (jmf. dock Lundmark, 1977) visar långsiktigt sänkt produktionsförmåga som följd av markberedning. Det är inte desto mindre otvivelaktigt att kraftig markberedning höjer mineraliseringen och ger utlakningsförluster av näringsämnen. Det förefaller som om contortatall är mindre känslig för val av markberedningsmetod än tall och gran.

Markberedning behövs också vid sådd och naturlig föryngring i de fall där humustäcket inte är mycket tunt. Vid sådd förbättrar mikroreparering plantbildningen. Nedmyllning av ekollon förbättrar också plantbildningen. Vid naturlig föryngring och sådd bör Ae–B horisonten exponeras för bästa plantbildning. Vid sådd och naturlig föryngring kan inte lika många markberedningsmetoder tillämpas som vid plantering. Där tillämpas främst fläckmarkberedning och harvning.

Markberedning bör utföras omedelbart efter avverkningen i södra Sverige och inför ett gott fröår i norra Sverige. Detta följer av att inväxningen av vegetation sker snabbare i södra Sverige än i norra Sverige samtidigt som goda fröår inträffar mer sällan i norra Sverige i jämförelse med södra Sverige.

Grönrisplantering innebär att sätta plantan direkt i vegetationen utan markberedning. På de flesta ståndorter erhålls högre överlevnad och bättre tillväxt om markberedning utförs än om plantering sker utan markberedning. Tillväxten hos grönrisplanterade plantor blir något sämre än hos plantor satta i markberedda fläckar. Grönrisplantering kan ske på följande ståndorter: På frisk mark med grov textur (sandig morän eller grovsand och grövre) och med tunt humuslager (0–3 cm) där markvegetationen indikerar lavtyp, lavrik typ eller lingontyp. Gäller ej inom starkt och mycket starkt humid klimatregion och mark med stabil eller instabil brunjord med humusformerna mull eller mulliknande moder och på alla extremt blockrika ståndorter.

Förutsättningen för att överlevnaden skall bli acceptabel vid grönrisplantering är att plantorna förses med kemiskt skydd eller med något väl fungerande mekaniskt skydd. I södra Sverige, där tätheten av insekter är större än i norr, krävs dessutom att stora omskolade plantor används. För att ytterligare minska snytbaggeskadorna kan skärmställning användas.

Markberedning behövs vid plantering i alla de fall där grönrisplantering inte är tänkbar. Emellertid ökar markberedningen tillväxten och överlevnaden i förhållande till grönrisplantering. Man kan därför säga att markberedning i de flesta fall behövs vid plantering om man vill erhålla hög överlevnad och tillväxt. Även vid sådd och självföryngring

ökar tillväxten och överlevnaden med markberedning och sådd utan markberedning är endast tänkbar på marker med mycket svagt utbildat humustäcke.

För att grönrísplantering skall ge någorlunda hög överlevnad måste plantorna skyddas med kemiskt eller mekaniskt snytbaggesskydd. Att plantera plantor med fysiskt skydd kan endast rekommenderas om minst en av åtgärderna markberedning eller skärmställning utförs. Vidare torde grönrísplanteringen föra en tynande tillvaro vid ett eventuellt perimetrinförbud, särskilt vid beaktande av de mekaniska skyddens otillräckliga skyddsverkan.

Som jag konstaterat har markberedning många positiva effekter som tar sig uttryck i högre överlevnad och tillväxt. Markberedningen leder till ökad jordtemperatur, förlängd vegetationsperiod och högre temperatursumma samt lägre frostrisk. De nämnda förhållandena leder till ökad rot- och planttillväxt. Uppfrysningen kan emellertid öka något. Används högläggning bör högen ur uppfrysningssynpunkt läggas på omvänd torva. Emellertid förefaller hög på mineraljord i förhållande till hög på omvänd torva att initialt ge den högsta överlevnaden och tillväxten. Denna tillväxtskillnad försvinner med tiden. Högläggning på omvänd torva rekommenderas därför inte på ståndorter där uttorkning riskeras. Självklart kan markbehandling även förstöra redan etablerad föryngring (Hagner, 1995). En annan negativ konsekvens av markberedning är att plantor på högar, rabatter och plogtiltor skjuter skott tidigare på våren, vilket innebär ökad risk för vårfrostskador framförallt på gran. Ytterligare negativa konsekvenser av markberedning är risken för erosion och utlakning av näringsämnen. Försämrat renbete bör också nämnas liksom att markberedning kan utgöra hinder för rekreation eller annars ur estetisk synvinkel vara mindre tilltalande. En annan negativ konsekvens av markberedning är att näringstillgången ibland minskar. Att näringstillgången minskar gäller däremot inte vid alla typer av markberedning utan främst vid fläckmarkberedning och andra metoder där humustäcket eller hyggesavfallet borttransporteras i större utsträckning. Markberedning kan också förstöra fornlämningar och ge fördyrade kostnader vid röjning som en konsekvens av att lövträd gynnas. Markberedning kan även ge försämrad vattenkvalitet genom nitratutlakning.

Vidare leder markberedningen till en luckring av planteringspunkten, vilket gynnar rotttillväxten. Markberedning minskar även allelopatiska effekter från vissa växter. Markberedningen skapar också bra nedbrytningsbetingelser om den medför att organiskt material hamnar under mineraljorden. Den härav ökade mineraliseringen gynnar plantans tillväxt. Markberedning leder också till att konkurrensen om näring, ljus och vatten mildras.

Markberedning minskar angreppen av sork och snytbagge. Snytbaggeangreppen blir mindre omfattande efter högläggning i förhållande till fläckmarkberedning.

Markberedningen kan också användas för att reglera fuktighets- och syretillgången. Högläggning och plöjning minskar fuktigheten och ökar tillgången på syre. Förhöjda planteringspunkter förhindrar också att plantan dränks.

Vid sådd av ek förefaller det som om plantbildning och tillväxt gynnas om humuslagret får vara kvar. Nedmyllning av frön bör dock genomföras.

Ingen markberedningsmetod har generell tillämpning utan de måste anpassas till ståndorten. Idag anses högläggning vara den mest lämpliga markberedningsmetoden på de flesta ståndorter. Det bör framhållas att markberedning underlättar att få föryngringen godkänd enligt skogsvårdslagens krav.

På grund av risken för rötinfektion och stabilitetsproblem bör försiktighet iakttas vid markberedning under granskärmar. Det går att markbereda i skärmar med acceptabla stamskador. Markberedning bör inte uteslutas på grund av risken för rotröta. Emellertid bör markberedning under skärmar inte företas på exponerade ståndorter på grund av risken för stabilitetsproblem.

Överlevnaden är bättre för plantor planterade på hög på mineraljord än i hög på humus. Detta gäller oberoende av trädslag, planttyp eller planteringstidpunkt. Initialt ger hög på mineraljord den bästa tillväxten men denna tillväxtskillnad försvinner med tiden. Av någon anledning är högläggning på humus idag den vanligaste metoden när det gäller högläggning. Anledningen till detta förhållande är troligen tekniska överväganden. Högläggning på humus bör dock undvikas på torkkänsliga ståndorter.

Kraftig markberedning bör utföras i följande fall: Objekt där markstrukturen är ogynnsam, t.ex. skenhålla. I samband med plantering av åkermark där en plogsula utbildats. Objekt där mineralisering av näringsämnen önskas. Framförallt i kyliga klimatlägen där humustäcket är inaktivt. Objekt som är mycket svårförnygrade, t.ex. på grund av frost, och där risken för misslyckanden med andra metoder är stor. Radikal markberedning skall undvikas i följande fall: På fattiga ståndorter, med tunt humustäcke företrädesvis på torr mark och grövre jordarter. Hyggesplöjning bör undvikas i renbetesland.

Ångbehandling är en ny markberedningsmetod som ger hög överlevnad och tillväxt med minimal påverkan. Detta är fördelaktigt med tanke på utlakning av näringsämnen, rennärningen och friluftslivet.

Markbehandling påverkar tillväxten mer på näringsfattiga ståndorter än på intermediära ståndorter.

När mikroreparering används tillsammans med frövitalisering kan antalet frön som behövs för att åstadkomma ett tillräckligt antal plantor reduceras med 50 procent för högkvalitativt frö och med 25 procent för frön med lägre kvalitet. Frövitalisering leder till högre plantbildning endast om de sås efter mikroreparering. Plantbildningen kan förbättras med 50 till 60 procent efter mikroreparering. Mikroreparering tillsammans med frövitalisering kan göra frön av låg kvalitet användbara för sådd. Frövitalisering och efterföljande torkning kan öka överlevnaden för plantor. Frövitalisering och mikroreparering har ingen effekt på planthöjden, skottlängden och barrlängden.

Inversmarkberedning är en metod som tidigt beskrivits i litteraturen (Wahlgren, 1922) men som rönt förnyat intresse under senare tid. Resultaten är mycket lovande. Det bör därför utvecklas markberedningsaggregat för inversmarkberedning som kan användas i praktisk drift.

Frågan huruvida olika former av markberedning ger bättre tillväxt och överlevnad än hyggesbränning har inte kunnat besvaras, eftersom resultaten är tvetydiga. Vidare är antalet studier där olika former av markberedning kombineras med hyggesbränning alltför fåtaliga för att medge några slutsatser. Det är ännu oklart hur ångbehandling förhåller sig till olika former av markberedning vad avser tillväxt och överlevnad. Detsamma gäller för herbicidbehandling där resultaten hittills antyder att i vart fall mer ingripande former av markberedning (inkluderat inversmarkberedning) ger bättre tillväxt och överlevnad än herbicidbehandling.

Hyggesplöjning är en av de bästa markberedningsmetoderna för att erhålla hög överlevnad och tillväxt. Vid sådant förhållande krävs starka skäl för att förbjuda metoden. Regeringen har i skogsvårdsförordningen stadgat att hyggesplöjning inte får förekomma som markberedningsmetod. Eftersom förbudet är intaget i en förordning finns inga lagförarbeten där skälen för förbudet kan utläsas. Möjliga anledningar till förbudet kan vara hänsyn till friluftslivet, estetiska skäl, ökad utlakning av näringsämnen, långsiktig produktionsminskning, risk för erosion, djupa och långvariga sår i markprofilen, försämrad vattenkvalitet som en följd av nitratutlakning samt hänsyn till rennärningen. Några av dessa skäl kan man motverka genom att anpassa hyggesplöjningen till ståndorten. Det gäller för hänsyn till rennärningen och friluftslivet, utlakning av näringsämnen, försämrad vattenkvalitet genom nitratutlakning samt erosion. Vad beträffar argumentet att hyggesplöjning kan ge långsiktigt försämrad produktion skall det framhållas att ingen studie på boreal skogsmark påvisat en sådan produktionsminskning. Det återstår då argument som estetiska skäl och djupa och långvariga sår i markprofilen. De anförda argumenten gäller också i större eller mindre grad för övriga markberedningsmetoder även om de då gäller i mindre utsträckning. Man kan då fråga sig om inte den mycket goda tillväxten och överlevnaden som en följd av hyggesplöjning inte överväger de återstående nackdelarna. Med hänsyn till det anförda anser jag att det generella förbudet mot hyggesplöjning bör upphävas och ersättas med att skogsvårdsstyrelsen kan ge tillstånd till åtgärden i enskilda fall när det är lämpligt med hänsyn till förhållandena i det enskilda fallet. Regleringen kan utformas så att åtgärden kan tillåtas när det med beaktande av rennärningen, friluftslivet, erosionen, utlakningen av näringsämnen samt försämrad vattenkvalitet är uppenbart att dessa intressen inte väsentligen åsidosättes på ifrågavarande ståndort och då fördelarna med hyggesplöjningens utförande väsentligen överstiger dess nackdelar. Något som kan tala emot förbudets upphävande är att inversmarkberedning, som är en mycket mindre ingripande metod än hyggesplöjning, kan ge högre överlevnad och tillväxt än hyggesplöjning. Det är emellertid oklart under vilka förhållanden inversmarkberedning överträffar hyggesplöjning och tills den frågan är utredd bör det generella förbudet mot hyggesplöjning enligt min mening upphävas.

De administrativa kostnaderna kommer att öka framförallt i början till dess att en praxis utbildats angående när hyggesplöjning är tillåten. Då kommer antagligen också antalet ansökningar att minska i antal. Att göra hyggesplöjning tillståndspliktig ökar visserligen de administrativa kostnaderna men de uppvägs troligen av den optimering av skogsvårdens verktyg som erhålls genom att ståndortsanpassa hyggesplöjningen.

Det kan också invändas att hyggesplöjning rubbar ett naturligt ekosystem, vilket kan upplevas som negativt. Detta argument gäller följaktligen också i större eller mindre utsträckning för övriga markbehandlingsmetoder. Olika former av störningar är emellertid vanliga i ekosystemen. Markberedning kan till viss del efterlikna den naturliga störningsdynamiken, t.ex. i form av rotvältor.

6 Luckor i forskning om föryngringseffekter av markbehandling

Vid en redogörelse över markberedningens effekter vore det till stor hjälp om även det använda plantmaterialets egenskaper analyserades i samma studie. Att så sker är emellertid sällsynt och studier över använt plantmaterial och markberedningens effekter separeras vanligen. Detta leder till att inga interaktionseffekter mellan val av plantmaterial och markberedningsmetod kan studeras (South, Rose & McNabb, 2001).

Den kommande forskningen bör inriktas på att belysa tillväxt och överlevnad på olika ståndorter, särskilt för inversmarkberedning som är en ny markberedningsmetod. Allt för ofta är studierna begränsade till ett litet antal ståndorter. Vidare bör forskningen beakta olika plantmaterial vid forskningen om markberedningens effekter. Ett flertal markberedningsmetoder bör jämföras i samma studie. Allt för ofta redogörs endast för ett fåtal markberedningsmetoder. Forskning om markberedningens långsiktiga effekter är mycket sparsam och äldre försök bör därför utvärderas när tillfälle ges. Nyare försök bör också utvärderas när en lång tid förflutit. Forskning om hur markberedning på boreal skogsmark påverkar tillväxten under den andra omloppstiden saknas. Studier över en sådan påverkan bör därför utföras. Det vore också av stort värde om frågan om olika former av markberedning ger bättre tillväxt och överlevnad än hyggesbränning utförligt utreddes. Hur ångbehandling och herbicidbehandling förhåller sig till varandra och olika former av markberedning vad avser tillväxt och överlevnad bör också utredas. Frågan i vilken omfattning som skogsbruket genom markberedning förstör fornlämningar och vad som kan göras åt problemet bör också underkastas granskning.

Det saknas också till stor del forskning om hur skadedjur och skadesvampar påverkas av markberedning. Studier om markberedning har vanligen en liten variation i mikro- och makromiljön. Företas studier om markberedning bör därför mikro- och makroklimat varieras mer än idag. En nackdel med studierna om markberedning är att de huvudsakligen behandlar tillväxt och överlevnad. Faktorer som uppfrysning, mykorrhiza, vattenbalansen, temperaturförhållanden, utlakning, mineralisering, inverkan på friluftslivet, biodiversitet, skadeinsekter och skadesvampar m.m. behandlas mera sällan. Kort sagt saknas till stor del forskning om markberedningens biologiska verkningar och var respektive markberedningsmetod bör tillämpas. I kommande studier efterlyses därför en mera extensiv behandling av sådana faktorer och sambandet mellan markberedning och plantmaterial (typ och genetik). Det saknas också helt studier om var och hur plantering skall ske vid olika former av markberedningar trots att praktiska rekommendationer finns. Jag efterlyser därför sådana studier i kommande forskning. Det bör också utredas på vilka ståndorter grönriskantering är en lämplig åtgärd och tillväxtskillnader mellan grönriskantering och olika former av markbehandling på olika ståndorter bör också studeras. Det förefaller att saknas statistik över hur vanlig respektive markbehandlingsmetod är och sådan statistik bör därför sammanställas.

7 Kritisk granskning av studiens material och metoder

Den analytiska och deskriptiva metoden är väl lämpad för att sammanfattningsvis belysa de vanligaste markberednings- och markbehandlingsmetoderna. Den är däremot inte lämpad för att komplettera de brister i forskningen och föreliggande kunskaper om markberedning och markbehandling som existerar. För att täcka dessa brister krävs en empirisk metod som alltså inte tillämpats i denna uppsats.

Studien bygger på material som funnits i olika databaser. De väsentligaste studierna för att täcka syftet med uppsatsen har härigenom kunnat behandlas med förbehåll för äldre material som eventuellt inte införts i databaserna och inte kunnat efterforskas genom referenser i funnen litteratur. Det sagda är en brist i litteraturstudien men den har inte kunnat åtgärdas. Studien bygger på både primärt forskningsmaterial och sekundärt material som sammanfattar och kommenterar det primära forskningsmaterialet. Det sekundära materialet är viktigt för att ge alternativa tolkningar av och kommentarer till befintliga forskningsresultat. Det sekundära materialet innehåller också praktiska rekommendationer och slutsatser som bygger på praktiska erfarenheter. Allt material som funnits och som är av intresse för studien har tagits med under arbetets gång. Även examensarbeten och liknande material har behandlats eftersom tillgången på framförallt primärt forskningsmaterial trots allt är begränsad. När material av lägre dignitet använts har en rimlighetsanalys av resultaten företagits mot bakgrund av resultaten i övrigt material.

8 Jämförelser med andra översikter och sammanställningar

8.1 Faktorer som påverkas av markberedning

Vad händer efter markberedningen?

Temperaturen i mineraljorden ökar: Då humustäcket och vegetationen tagits bort faller solens strålar direkt på mineraljorden, som då värms upp. När mineraljorden blir varmare växer plantans rötter bättre och de kan då lättare ta upp vatten och näring.

Frostrisken minskar: Om planteringspunkterna ligger högre än omgivande mark eller om avflåningsytan per hektar är stor, så minskar frostrisken (Samuelsson, Larsson & Zylberstein, 1984; Langvall, Nilsson & Örlander, 2001).

Vad som nedan sägs grundar sig på Samuelsson, Larsson & Zylberstein (1984). *Plantans tillgång på ljus ökar:* När vegetationen närmast plantan är borta, kan solstrålarna falla direkt på plantan, som behöver mycket ljus och värme.

Syre- och vattenbalansen i marken förändras: Färska hyggen och fuktiga marker kan få överskott på vatten och därmed brist på syre i jorden. Genom högläggning eller plöjning får man en dränering som är gynnsam för plantorna. Gräset på äldre hyggen gör att marken under nederbördsfattiga perioder torkar ut. Markberedning minskar den risken.

Snytbaggeangreppen minskar: Snytbaggen gnager av barken på plantans stam, och det leder till att plantans kondition sätts ned eller att den dör. Markberedning minskar risken för snytbaggeangrepp.

Högläggning luckrar mineraljorden: Det har visat sig fördelaktigt för rottillväxten om plantorna sätts i lucker jord, t.ex. som efter högläggning (även drivna harvar ger viss luckring).

Näringstillgången minskar: Humustäcket innehåller betydligt större mängder näringsämnen än mineraljorden. Men trots detta växer plantan bättre efter markberedning. Andra miljöfaktorer än näringstillgången har alltså större betydelse för plantans tillväxt i detta skede.

Plantan fryser lättare upp: En planta kan frysa upp genom att det bildas is i markens allra översta skikt så att markytan lyfts upp. När marken tinar på våren sjunker markytan, men plantan följer inte med. Den växer då ofta sämre och förlorar i sämsta fall helt fotfästet. Uppfrysning är vanligast på finjordsrika jordar. På dessa jordar ökar risken för uppfrysning efter markberedning, om man inte sätter plantorna i tilla eller omvänd torva.

I det följande kommer optimala värden för växtfaktorerna att anges. Det är dessa som skall vara uppfyllda för att ge högsta möjliga överlevnad och tillväxt för plantorna. Materialet grundar sig på Söderström (1974).

Markvärme: Marktemperaturen synes ha betydelse såväl för plantans rotning och rottillväxt som för den ovanjordiska delens tillväxt. Enligt upprepade laboratoriebesök synes optimum ligga omkring 20° C.

Markfuktighet och syre: På en sand torde optimum för vattenhalten ligga vid fältkapacitet eftersom genomluftningen på en sand då är fullt tillräcklig. På en normalmorän är genomluftningen vid fältkapacitet otillräcklig. Optimal vattenhalt ligger antagligen vid en lägre nivå än fältkapacitet, eller vid pF 2,3 till 2,5.

Näring: Det är för närvarande omöjligt att ange lämplig näringskoncentration i marken helt enkelt därför att lämplig metodik härför saknas. Det förefaller dock klart, att markens utbud av näring är av underordnad betydelse för plantornas rotning, men av stor betydelse för den vidare tillväxten.

Värme i luften: Optimum för lufttemperaturen är 20 till 25° C på dagen och 10 till 15° C på natten. Risken för frostsador är stor på många hyggen. Någon större skillnad i frostkänslighet mellan tall och gran synes ej föreligga. Att granen vanligen verkar mer frostöm antas bero på att granbarren börjar växa tidigare och då utsätts för vårfroster.

Ljus: Tallens produktion ökar med ökande ljusstyrka antagligen upp till 100 000 lux. Eftersom ljuset endast undantagsvis når sådan styrka, torde det alltid finnas anledning att plantera tall så ljust som möjligt. Samma gäller antagligen gran.

Nedan följer några andra miljöfaktorer av betydelse för planteringsresultatet.

Fältskikt: Fältskiktsvegetation (gräs och örter) kan inverka på plantorna genom att utöva konkurrens om näring och vatten samt ge låg marktemperatur. Den kan även skugga plantorna samt i vissnat tillstånd utöva tryck på dem.

Snytbagge: Snytbaggen uppträder på hyggen framförallt i södra Sverige. Den angriper såväl tall som gran, men synes sky naken mineraljord.

Snöskytte: Snöskytte uppträder endast i norra Sverige och utvecklas bäst i snö, där avsmältningstiden är lång (Söderström, 1974).

8.2 Markberedningsstyrka

Ett flertal svenska markforskare varnar enligt Örlander & Gemmel (1989) för att en stark markpåverkan som vid hyggesplöjning eller harvning kan utgöra en risk för den framtida näringsförsörjningen. Emellertid är det enligt Lundmark önskvärt, att i marker med kyliga klimatlägen med ogynnsamma humusformer, öka mineraliseringshastigheten utöver vad som sker enbart genom kalhuggningen. Det kan konstateras att de flesta plöjningsförsök hittills uppvisar en uthållig hög produktion. Var är det enligt Örlander & Gemmel (1989) motiverat med kraftig markbehandling?:

1. Objekt där markstrukturen är ogynnsam, t.ex. skenhälla. I samband med plantering av åkermark där en plogsula utbildats.
2. Objekt där mineralisering av näringsämnen önskas. Framförallt i kyliga klimatlägen där humustäcket är inaktivt.
3. Objekt som är mycket svårföryngrade, t.ex. på grund av frost, och där risken för misslyckanden med andra metoder är stor.

Var skall radikal markberedning undvikas?:

1. På fattiga ståndorter med tunt humustäcke företrädesvis på torr mark och grövre jordarter, bör radikal markberedning undvikas.
2. Hyggesplöjning bör undvikas i renbetesland.

I de kyliga klimatområdena bör man på friska och fuktiga ståndorter, enligt Lundmark, som har tjockt inaktivt mårlager tillgripa radikala markberedningsmetoder, exempelvis hyggesbränning eller hyggesplöjning. I båda fallen tillskapar man avsevärt bättre nedbrytningsbetingelser av det organiska materialet. Utöver förhöjd marktemperatur, god dränering och bättre lufttillgång i den omrörda marken resulterar plöjningen i att det nedbäddade humuslagret med ursprungligen lågt pH-värde hamnar i mindre sur miljö. Detta beror på att den överlagrade mineraljorden ger markvätskan inne i tultan ett betydligt högre pH-värde än vad som normalt råder i det opåverkade intakta humuslagret. Resultatet blir en önskvärd förhöjd nedbrytningshastighet (kompostering) som på nämnda ståndortstyper får positiva produktionsekologiska effekter på såväl kort som lång sikt.

På friska "heddegenererade" marker liksom på torrare ståndorter skall man med hänsyn till den långsiktiga produktionsförmågan välja mindre radikala markberedningsmetoder. Även om plantorna under föryngringsfasen inte utvecklas fullt lika bra som efter plöjning kan man på dessa ståndorter med fördel utföra en högläggning i form av mineraljord på omvänd torva. Markanalyser av kväve mineralisering ger stöd för påståendet att högläggningsplöjningens fördelar men ej dess nackdelar. Utan reservation bör man dock tillägga att för markberedning av vissa ståndortstyper (fuktiga marker med tjockt humuslager) har plöjningen från produktionsekologisk synpunkt vissa fördelar som högläggningsplöjning saknar. I försök har tillväxteffekten av hyggesplöjning visat sig bättre än för högläggning. Barranalyser ger mycket tydliga utslag för såväl plöjningens som högläggnings positiva effekter på markens näringsutbud under föryngringsfasen.

8.3 Ståndortsanpassad markberedning

Bäcke m.fl. (1986) skriver att om markberedningen på ett riktigt sätt anpassas till växtplatsens egenskaper är det fullt möjligt att på vissa ståndortstyper uppnå en permanent bonitetshöjning. På samma sätt kan en felaktigt vald metod på sikt förorsaka en nedsättning av ståndortens produktionsförmåga.

Om respektive markberedningsmetod kan följande anföras. *Plantering utan föregående markberedning*: Från etableringssynpunkt ger plantering utan markberedning inte tillräckligt hög marktemperatur i planteringsstället. På de flesta marktyper uppfylls dessutom inte kravet på dränering. Om markberedning inte utförs påverkar detta generellt inte markens långsiktiga produktionsförmåga. Utebliven markberedning kan dock på fuktiga ståndorter med tjockt humuslager och framförallt i kyliga klimatlägen resultera i låg produktion. Om sådana ståndorter inte markbereds permanentas det från produktionssynpunkt dåliga marktillståndet. Metoden är acceptabel på grova, genomsläppliga jordar med tunt humustäcke. Principen är tillämpbar främst på torra marker i södra och mellersta Sverige. Principen är inte tillämpbar på fuktiga marker, ej heller på större delen av den friska marken.

Mineraljordsfläck: Metoden ger från etableringssynpunkt på de flesta ståndorter inte en tillräcklig sänkning av markfuktigheten i planteringsstället och inte heller en tillräcklig temperaturhöjning. Dess påverkan på markens långsiktiga produktionsförmåga bedöms som ringa. Principen är inte lämplig på fuktiga marker eller inom områden med låg temperatursumma. Den lämpar sig bäst på friska marker i södra och mellersta Sverige och främst då i områden med risk för försommartorka.

Mineraljordsspår: Mineraljordsspåret ger en större areal blottlagd mineraljord än mineraljordsfläckar, vilket i sin tur får konsekvenser vad gäller den långsiktiga produktionen. Det innebär att mineraljordsspår är olämpligt att använda på torra marker, framförallt i Norrlands inland. På marker med tjockt, inaktivt humustäcke kan principen ge vissa positiva effekter jämfört med mineraljordsfläcken. Den ökade blottläggningen och omrörningen medför på dessa marker en snabbare nedbrytning av humustäcket och frigörelse av näringsämnen som är nödvändiga för växterna. Principen är lämpligast på friska marker i södra och mellersta Sverige.

Mineraljordshög på mineraljord: Principen höjer marktemperaturen och sänker markfuktigheten i planteringsstället. Den långsiktiga produktionsförmågan påverkas i ringa omfattning. Principen är lämplig på större delen av den friska skogsmarken. För Norrlands inland ger principen troligen inte tillräckligt hög marktemperatur. Principen är inte lämplig på marker där en större avflåning av humustäcket eftersträvas, framförallt på marker med tjockt inaktivt humustäcke. Den är inte heller lämplig på fuktiga marker som kräver en yttäckande dränering. På andra typer av fuktig mark där en sänkning av markfuktigheten i planteringsstället är tillräcklig ger principen ett bra resultat.

Mineraljordshög på omvänd torva: Principen bedöms ge en högre marktemperatur och kraftigare sänkning av markfuktigheten än mineraljordshög på mineraljord. Orsaken är att mineraljordshögen isoleras från underlaget av dubbla humuslager. Det senare har också betydelse från produktionssynpunkt då täckt, begravnad humus bryts ned snabbare och plantan därigenom får tillgång till viktiga näringsämnen. Detta innebär jämfört med mineraljordshög på mineraljord ett ökat användningsområde i Norrlands inland. Principen är lämplig på friska marker utan risk för försommartorka. Den är också lämplig på fuktiga marker där humustäcket inte är alltför tjockt. De dubbla humuslagren gör att risken för att plantan skall skadas genom uppfrysning troligen minskar, varför principen möjligen passar även på finjordsrika marker. På torra marker och i områden med risk för försommartorka är principen mindre lämplig. Detta beror på att de dubbla humuslagren ökar risken för uttorkning av ovanliggande mineraljord.

Mäktig mineraljordssträng på omvänd torva (plog): Principen innebär en kraftig markbearbetning. Den höjer marktemperaturen, sänker markfuktigheten lokalt i planteringsstället och dränerar objektet. Den långsiktiga produktionen påverkas både vad gäller näringstillgång och hydrologi. Den kraftiga markbearbetningen innebär en ökad nedbrytningshastighet i humuslagret och den djupbearbetning som principen medför påverkar hydrologin långsiktigt. Detta gör principen lämplig främst på fuktiga marker i Norrlands inland, men även på all fuktig mark i landet. På övriga marker, torra och friska, innebär principen en betydande risk för framtida produktionsförluster. Detta beror på att den ökade nedbrytningshastigheten i humuslagret kan ge näringsförluster genom utlakning och att brist på vatten kommer att kvarstå under lång tid.

Lämplig markberedningsprincip saknas: Framförallt saknas lämpliga markberedningsprinciper för torra marker i norra Svealand och Norrland. Problemet är att åstadkomma en relativt kraftig höjning av marktemperaturen, samtidigt som vattentillgången inte får minskas, dvs. ingen dränering av planteringsstället får ske. Vidare bör inte humuslagret påverkas i alltför stor utsträckning.

Övriga markberedningsprinciper: Övriga markberedningsprinciper, men som inte alla förekommer i praktisk drift är: Mineraljordssträng på mineraljord, humusblandad mineraljordshög, humusblandad mineraljordssträng, mineraljordssträng på omvänd torva och mäktig mineraljordshög på omvänd torva. Samtliga principer visar sig ha ett relativt stort användningsområde på friska marker. Principerna med mineraljordssträng kan tillämpas även på vissa fuktiga marker.

Dessutom ingår en fukt- och temperaturhöjande markberedningsprincip. Den lämpar sig bäst på torra marker i norra Svealand samt Norrland.

Samuelsson, Larsson & Zylberstein (1984) skriver att högläggning kan ske på mineraljord eller omvänd torva. Om man lägger högen på omvänd torva finns det risk för att plantan torkar ut. Särskilt stor är risken i områden med försommartorka. Fördelen med rabatter och högar är:

1. Väsentlig höjning av marktemperaturen.
2. Lämplig dränering.
3. Lucker mineraljord, vilket innebär god syretillförsel för rötterna.
4. Minskad risk för "kvävning" av gräs och "drunkning"

Högläggning är bäst på friska och fuktiga marker. På finjordsrika marker med risk för uppfrysning bör högar eller rabatter inte ligga på blottlagd mineraljord utan på omvänd torva. Ofta är det bra om högen får ligga till sig en vinter innan plantering.

Med tanke på markens uthålliga produktionsförmåga bör humusfattiga eller torra marker markberedas med försiktighet. Risken för att en kraftig markbehandling skall orsaka näringsförluster är liten på finjordsrika marker i kyliga klimatlägen med tjockt humustäcke. Uppfrysningmarker känns igen på att jordarten är lättlera, mjäla, finmo och de moräner som innehåller mycket finmo och mjäla. På uppfrysningmarker med tjockt humuslager är bästa metoden hyggesplöjning och plantering med stora plantor så nära tiltan som möjligt eller i den. På övriga uppfrysningmarker kan man istället använda fläckmarkberedning och plantering i den omvända torvan eller högläggning och plantering i mineraljord på omvänd torva. Ett alternativ är plantering med stora plantor utan markberedning.

Fuktiga marker karaktäriseras av att grundvattenytan ligger grundare än en meter. I extrema fall syns grundvattenytan i svackor. Sumpmossor, t.ex. vitmossor och björnmossor, kan finnas fläckvis eller i sammanhängande mattor. Träd och stubbar står ofta på upphöjningar. På fuktiga marker kan man välja mellan fläckmarkberedning och plantering i omvänd torva. Högläggning på omvänd torva samt högläggning på mineraljord kan också användas. Hyggesplöjning och plantering intill tiltan kan också komma ifråga. I fuktiga områden i inre Norrland kan det bli nödvändigt att plantera i tiltan. Plantorna skall då sättas där det är gott om mineraljord som har god kontakt med underlaget. Plantera på högt belägna punkter.

Friska marker karaktäriseras av att grundvattenytan ligger på en till två meters djup. Det finns inga vattensamlingar i markytan. Förutom mossor kan här också finnas örter, ris- och gräsarter. I täta bestånd kan markvegetation saknas helt. På äldre hyggen växer vanligen gräs, mjölkört eller hallon. Markbered alltid friska marker, såväl färska som äldre hyggen. Markberedningsmetoder som kan rekommenderas är fläckmarkberedning, harvning eller högläggning.

Torra marker karaktäriseras av att grundvattenytan ligger djupare än två meter. Typiska terrängavsnitt är mäktiga sand- och grusavlagringar, kullar, markerade krön och åsryggar, högt belägna plåtåer och flacka partier med framskymtande hållar eller med grov jordart. Kom ihåg att den lavbevuxna marken inte alltid är torr framförallt inte i Norrland. Undvik radikala metoder på torra marker. Torra marker behöver man i regel inte markbereda. Hyggesplöjning kan behöva tillgripas om marken är mycket frostlänt. Då kan det vara nödvändigt att plantera i tultan.

Fläckmarkberedning, sett ur etableringssynpunkt, ger på de flesta ståndorter (Borg m.fl., 1988) en otillräcklig sänkning av markfuktigheten och ej heller en tillräcklig höjning av temperaturen. Detta innebär att metoden inte är lämplig på kalla, finjordsrika och fuktiga marker samt inom områden med låg temperatursumma. Metoden lämpar sig ej heller på ståndorter med hög stenighetsgrad och blockrikedom. Metoden är ej lämplig på uppfrysningssjor. Metoden anses ge bäst resultat på friska marker i södra och mellersta Sverige. Dock anser Borg m.fl. (1988) att man inom detta område måste beakta vegetations- och snytbaggerisken på grund av fläckens ringa yta. Områden med risk för försommartorka och svagare marker med känsligt humustillstånd bör lämpa sig bäst för metoden.

Harvning ger ett mineraljordsspår som har större areal blottlagd mineraljord än en mineraljordsfläck. Detta medför ur etableringssynpunkt en förbättring av markfuktighets- och temperaturförhållanden i planteringspunkten. Den större arealen blottlagd mineraljord och en ökad mineralisering av organiskt material med utlakning av kväve som följd, får på vissa marker konsekvenser vad gäller markens långsiktiga produktionsförmåga. Metoden anses därför som olämplig på torra och humusfattiga marker, framförallt i Norrlands inland. Inom områden med risk för försommartorka ger metoden en mindre gynnsam etableringsmiljö för plantorna på grund av uttorkningsrisken. Metoden är inte lämplig på uppfrysningssjor.

Under förutsättning att markfuktighetsklassen inte är fuktig eller blöt, kan harvning ge positiva effekter på marker med tjockt, inaktivt humustäcke. Den ökade blottläggningen och omrörningen medför på dessa marker en snabbare nedbrytning av humustäcket och frigörelse av näringsämnen. Metoden får anses lämpligast på friska marker med måttligt tjocka humustäcken i södra och mellersta Sverige. Vegetations- och snytbaggerisken bör även här beaktas. Harvning bör undvikas om man kan befara risk för rikligt lövuppslag, då mineraljordsspåren stimulerar björkens groning och tillväxt.

Principerna mineraljordshög och mineraljordssträng på mineraljord höjer marktemperaturen och sänker markfuktigheten i planteringspunkten betydligt. Detta är synnerligen viktigt ur etableringssynpunkt. Den långsiktiga produktionsförmågan påverkas i ringa omfattning vid mineraljordshög. Vid mineraljordssträng blottläggs en större areal mineraljord, vilket medför en ökad mineralisering och därmed en utlakningseffekt av kväve. På torra och svaga marker med känsligt humustäcke kan metoden få allvarliga konsekvenser för markens långsiktiga produktionsförmåga. Principerna är lämpliga på större delen av den friska skogsmarken. Dock

bör inte mineraljordssträng användas på torra och humusfattiga marker och marker med risk för försommartorka.

Mineraljordshög är inte lämplig på marker där en större avflåning av humustäcket eftersträvas, framförallt på marker med tjockt inaktivt humustäcke. På dessa marker kan mineraljordssträng skapa en snabbare nedbrytning av humustäcket och frigörelse av näringsämnen. För båda principerna gäller dock att de inte är lämpliga på fuktiga marker som kräver en yttäckande dränering. På andra typer av fuktig mark där en sänkning av markfuktigheten i planteringsstället är tillräcklig ger principerna ett bra resultat. För båda principerna gäller att de inte är lämpliga på uppfrysningssjorvar.

Principerna mineraljordshög och mineraljordssträng på omvänd torva ger en högre marktemperatur och kraftigare sänkning av markfuktigheten än tidigare kända högläggingsprinciper. Orsaken är att mineraljordshögen isoleras från underlaget av dubbla humuslager. Detta har också betydelse ur produktionssynpunkt då täckt, begravnad humus bryts ned snabbare, vilket gör att plantan därigenom får tillgång till viktiga näringsämnen. Av denna anledning har mineraljordshög och mineraljordssträng inneburit ett ökat användningsområde i Norrlands inland. Som tidigare nämnts är dock mineraljordssträng ej att rekommendera på torra, svaga och humusfattiga marker. Principerna är lämpliga på friska marker utan risk för försommartorka. De är också lämpliga på fuktiga marker där humuslagret inte är alltför tjockt. De dubbla humuslagren gör att risken för att plantan skall råka ut för uppfrysning troligen minskar, vilket medför att principerna bör passa på finjordsrika uppfrysningssjorvar. På torra marker och i områden med risk för försommartorka är principerna mindre lämpliga. Detta beror på att de dubbla humuslagren ökar risken för uttorkning av ovanliggande mineraljord.

Principen mäktig mineraljordshög på omvänd torva innebär en jämfört med tidigare metoder radikalare markberedning. Då principen ofta kombineras med dikning är den lämplig på fuktiga och blöta marker med tjockt inaktivt humustäcke. Genom mäktig mineraljordshög erhålls på dessa marker en gynnsam etableringsmiljö för plantorna. Principen höjer marktemperaturen, sänker markfuktigheten och genom dikning erhålls en dränering av objektet. Principen är ej lämplig på torra och friska marker, då en radikal markberedning innebär en betydande risk för framtida produktionsförluster. Högläggning är den markberedningsmetod som ger det bästa skyddet mot snyttbagge.

Hyggesplöjning innebär en kraftig markberedning. Den höjer marktemperaturen, sänker markfuktigheten lokalt i planteringsstället och dränerar objektet. Metoden är främst lämplig på försumpningsbenägna ståndorter, samt på ståndorter med extremt tjocka eller extremt inaktiva humustäcken. Speciellt i Norrlands inland hittar vi dessa marker, men även all fuktig mark i landet. Metoden medför att nedbrytningshastigheten i humuslagret ökar och den djupbearbetning som metoden medför påverkar hydrologin långsiktigt. På torra och friska marker innebär principen en betydande risk för framtida produktionsförluster. Detta beror på att den ökade nedbrytningshastigheten i humuslagret kan ge näringsförluster genom utlakning och att brist på vatten kommer att kvarstå under lång tid. Enligt skogsvårdsförordningens 7 § får inte hyggesplöjning användas som markberedningsmetod (Anon., 2001).

Nedan följer en sammanställning från Lundmark, 1988 angående val av lämplig markberedningsmetod. När annat ej sägs avses plantering.

Ingen markberedning (princip 1):

1. Vid självföryngring av torr mark med tunt humuslager (0–3 cm) och där markvegetationen indikerar lavtyp, lavrik typ eller lingontyp. Gäller ej inom extremt kylig temperaturzon.
2. På frisk mark med grov textur (sandig morän eller grovsand och grövre) och med tunt humuslager (0–3 cm) där markvegetationen indikerar lavtyp, lavrik typ eller lingontyp. Gäller ej inom starkt och mycket starkt humid klimatregion.
3. Vid grönsisplantering av mark med stabil eller instabil brunjord med humusformerna mull eller mullliknande moder.
4. På alla extremt blockrika ståndorter.
5. Vid skärmställning på fuktig, näringsrik granmark där markvegetationen indikerar örtyyp och där det finns gott om småplantor av gran i luckor eller inom glesare delar av beståndet.

Fläckmarkberedning (princip 2):

1. I kombination med självföryngring eller plantering av torr mark med sämre markvegetationstyper och humuslager tjockare än 3 cm.
2. På frisk mark med grov textur (sandig morän, grovsand och grövre) och humuslager tjockare än 3 cm.
3. På frisk mark med sandig-moig morän eller mellansand inom sommartorra klimatregioner.

Grund harvning (princip 3):

1. I fröträdsställningar på torr sedimentmark med ristyper och måttligt tjockt humuslager.
2. I kombination med självföryngring av torr mark med ristyper och cirka 6 cm tjockt humuslager.
3. I kombination med självföryngring på frisk mark med kråkbär-ljungtyp och tunt humuslager (risk för allelopati).

Högläggning i fläck (princip 4):

1. På frisk mark med sandig-moig morän inom sommartorra klimatregioner.
2. På frisk mark med tunt humuslager och grov textur (sandig morän eller grovsand och grövre) inom starkt och mycket starkt humida klimatregioner.
3. På frisk mark med sandig morän och tunt humuslager (0–3 cm) inom svagt humid och normalhumid klimatregion.

Normal harvning (princip 5):

1. På frisk mark med sandig-moig morän och humuslager tjockare än 6 cm på blockrika ståndorter eller på ståndorter med stora mängder hyggesrester. Gäller dock inte inom sommartorra klimatregioner och på ståndorter med stark lutning.
2. I kombination med självföryngring av tall på medelgoda boniteter framförallt inom flacka frostlänta terrängavschnitt där avsikten är att åstadkomma ett barrblandbestånd genom att plantera gran under fröträd av tall.

Högläggning på humus (princip 6):

1. Inom alla klimatregioner på frisk mark med sandig-moig morän eller grovmo och där humuslagret är 3–20 cm tjockt. Metoden kan även användas på ståndorter med grövre textur. Inom sommartorr klimatregion krävs dock att plantorna sätts djupt i högen.

2. På fuktig mark i kombination med skyddsdikning på ståndorter med humuslager tunnare än 20 cm.
3. Om möjligt på alla ståndorter med stark lutning (rörligt markvatten under kortare eller längre perioder).

Grund plöjning, djup harvning eller tilläggning med jordbruksplog (princip 7):

1. Inom kyliga temperaturzoner (T-sum lägre än 1100 dygngrader) på frisk och fuktig mark med finkornig textur (moig morän eller finmo och finare) och med humuslager tjockare än 10 cm. Om markfuktighetsklassen är frisk skall humusformen samtidigt vara mindre aktiv mår (mårtyp 1).
2. På nedlagd jordbruksmark samt på fuktig skogsmark med stor risk för frost under vegetationsperioden.

Högläggning med grävskopa (princip 8):

1. I kombination med skyddsdikning av fuktig mark med humuslager tjockare än 20 cm.
2. I övrigt på samma ståndortstyper som under princip 7 och på fuktig mark även på samma ståndorter som under princip 6, men då i kombination med skyddsdikning.

Djup plöjning (princip 9):

1. Inom kyliga temperaturzoner (T-sum lägre än 1100 dygngrader) på plan till svagt lutande fuktig mark med mer än 10 cm tjockt humuslager och där jordartens textur inte är finare än sandig-moig morän eller grovmo.
2. Inom kyliga temperaturzoner på frisk mark med sandig-moig morän eller grovmo och med mer än 20 cm tjockt humuslager. Humusformen skall vara mindre aktiv mår (mårtyp 1).

Hyggesbränning (princip 10):

1. Inom kyliga temperaturzoner (T-sum lägre än 1100 dygngrader) på frisk och fuktig mark med mer än 10 cm tjockt humuslager. Om markfuktighetsklassen är frisk skall humusformen vara mindre aktiv mår (mårtyp 1 = tjockmosstyp).

Som framgår av exemplen är högläggning på humus (princip 6) den markberedningsmetod som från produktionsekologisk synpunkt har störst tillämpning. Rekommendationerna är utarbetade för att ge bra etablering och tillväxt med beaktande av ståndortens långsiktiga produktionsförmåga (Lundmark, 1988).

8.4 I vilka situationer och under vilka förhållanden är markberedning motiverad?

Örlander & Gemmel (1989) skriver att på de flesta ståndorter erhålls högre överlevnad och bättre tillväxt om markberedning utförs än om plantering sker utan markberedning. Genom att använda snytbaggesskydd kan plantering utan markberedning ibland utföras med gott resultat. För att mildra konkurrens-effekten av vegetation bör plantering utan markberedning ske direkt efter hyggesupptagning. Bland de fördelar som observerats vid plantering i ris är att markfuktigheten bevaras, luftfuktigheten kring plantorna blir hög och att plantorna initialt skuggas. Bland nackdelarna kan nämnas risken för snytbaggeskador, låg marktemperatur och kvardröjande tjäle på försommaren. Plantering utan markberedning har sin största tillämpning på marker där maskinell markberedning är svår att utföra, samt på marker med tunna humuslager och lite vegetation. På uppfrysningssmarker kan plantering utan markberedning

vara en lämplig metod. Planteringen bör om möjligt ske omedelbart efter hyggesupptagningen och plantorna måste skyddas mot insektsangrepp. Plantering utan markberedning ställer större krav på plantmaterialet än om markberedning utförs. Därför finns all anledning att använda vitala och stora plantor samt att utföra planteringen väl. Det trädslag som främst bör väljas är gran (Örlander & Gemmel, 1989).

Om man kommer fram till att markberedning ändå behövs bör i första hand följande marktyper (Sennblad, 1997) markberedas:

1. Marker med tjocka råhumustäcken (mer än fem cm).
2. Friska marktyper, främst blåbärsristyp.
3. Marker med mycket gräs och en tjock gräsfilt.
4. Marker med mycket ljung och kråkris även om marktypen är något torr.

Det sistnämnda beroende på att dessa växter har en giftig (allelopatisk) effekt på frö och plantor. Även på hedmarker med ett tjockt lavtäckte bör ibland en lättare markberedning övervägas. Laven tycks på något sätt skapa en miljö som gör att frö och groddplantor inte överlever.

Följande marktyper bör inte markberedas: Torra och skarpa marker med tunt humustäcke och finkorniga uppfrysningjordar. På de senare, oftast ytfuktiga marker, brukar ett tillfredsställande föryngringsresultat erhållas utan markberedning om tillräckligt antal fröträd (skärm) ställs främst för att hålla tillbaka gräsväxten. Om däremot fröträdsantalet är för litet och gräsväxten för kraftig bör dessa marker specialmarkberedas, helst med grävskopa. Planteringen sker sedan i omvänd tilla. Bättre boniteter, örttyper, bör normalt inte föryngras med tall. Om det ändå sker så beror det troligen på att tall står med i en granskärm och en sådan på goda marker bör normalt inte markberedas om inte gräsväxt eller ormbunkar är besvärande.

Hög på mineraljord eller humustäcke

I mitten på 1970-talet ansågs det (Freij & Örlander, 1987) genom försök klarlagt att plantering i mineraljordshög gav både bättre överlevnad och tillväxt än plantering i harvspår och markberedningsfläckar. Man upplevde dock en viss osäkerhet huruvida högen skulle placeras på mineraljord eller på humustäcket. Försök, utförda på nio olika försökslokaler från Lappland i norr till Skåne i söder, för att belysa frågan lades därför ut. Resultaten av försöken visade att överlevnaden var klart högre för plantor planterade i hög på mineraljord än i hög på humus. Detta gällde oberoende av trädslag, planttyp eller planteringstidpunkt. Det var torka som var den dominerande avgångsorsaken och det var torkan som gav den stora skillnaden i plantöverlevnad mellan de olika högtyperna. Frost och uppfrysning spelade också en roll för dödligheten. Tillväxten var något högre för plantor i hög på mineraljord under de första åren efter plantering. Efter ytterligare några år försvann dock denna tillväxtskillnad.

De slutsatser man kan dra av försöket är, att högläggning ovanpå humuslagret är en olämplig markberedningsmetod med det planteringsdjup och de planttyper som utnyttjades i detta försök. I mineraljordshögarna ovanpå humustäcket uppträder ofta en torkstress som ett resultat av den ”fuktspärr” som humus och förnalagret bildar mellan högen och markskiktet.

Efter etableringsfasen får plantorna i hög på humus åtminstone lika bra tillväxt som planterade i hög på mineraljord (Freij & Örlander, 1987).

Fläckmarkberedning och harvning

Söderström (1974) skriver att då fläckmarkberedning utförs på gräsbeväxta marker är fördelarna uppenbara. Marktemperaturen höjs och risken för uttorkning genom gräsets transpiration elimineras. Konkurrensen om näring minskar visserligen, men näringstillgången blir låg i den nakna mineraljorden. Trycket av vissnad fältskiktsvegetation kan bli besvärande för planter i markberedningsfläckar. Fördelen med fläckmarkberedning på färsk hyggen, där markvegetationen ännu ej infunnit sig, är icke lika uppenbar. Dock kan med bestämdhet sägas, att fläckmarkberedning genomgående synes vara en lämplig åtgärd även under sådana förhållanden. Fläckmarkberedning höjer marktemperaturen. Härigenom ökar rottillväxten. Genom ökad rottillväxt förbättras plantans vattenbalans. Överlevnaden kommer därmed att bli högre för planter satta efter fläckmarkberedning än för planter satta utan markberedning. Snytbaggeangreppen blir färre på planter satta efter fläckmarkberedning (Söderström, 1974).

Fläckmarkberedning har visat sig höja den maximala dygnstemperaturen några grader och dessutom förlänga den period under dygnet då temperaturen är någotsånär hög. Fläckmarkberedning har visat sig medföra lämplig uttorkning av marken under torrperioder. Under regnperioder har finjordspartiklarna emellertid slammat igen eventuella luftförande kanaler så kraftigt, att syrebrist blivit följden. Spadvändning, det vill säga luckring av mineraljorden har visat sig nyttig för rottillväxten till en början, men på grund av igenlamning efter regn har den positiva verkan snart försvunnit. Omrörningens långsiktigt positiva effekter har varit rätt svaga. Tallens överlevnad har dock förbättrats något (Söderström, 1976).

Lufttemperaturen ovan markberedningsfläckar under frostnätter är något högre än ovan vegetationsklädd mark. Detta torde innebära lägre frekvens frostskador vid plantering med markberedning än utan. I markberedningsfläcken får plantan mindre näring än om den satts utan markberedning. Fläckmarkberedning ger tillräckligt hög temperaturer för gran i södra Sverige men ej för tall. Fläckmarkberedning ger icke tillräckligt höga temperaturer för någondera trädslaget i Mellansverige och icke heller i norra Sverige. Efter hyggesplöjning blir marktemperaturen i tältorna i norra Sverige nästan optimala för granplanter under varma dagar men fortfarande underoptimala för tallplanter, i terrasser är temperaturerna underoptimala för båda trädslagen. För tallens del bör marktemperaturen höjas avsevärt vid plantering över hela landet. För granen bör man söka göra en kraftig höjning i norra Sverige och en måttlig höjning i södra Sverige (Söderström, 1976).

Fläckmarkberedning och harvning innebär som regel att etableringsmiljön förbättras jämfört med orörd mark. Genom avflåningen av humustäcket erhålls en temperaturhöjning i marken och en säkrare fuktighetstillgång. Fläck eller harvspår ger en liten påverkan på minimitemperaturen i luften ovan mineraljorden och minskar oftast inte frostrisken. Fläckmarkberedning eller harvning innebär oftast att marken inte luckras och ifall den luckras blir effekten som regel kortvarig. Vid fläckmarkberedning eller harvning hamnar planteringspunkten ofta under marknivån. Detta leder till att plantans rötter kan hamna i en syrefattig miljö. Fläckmarkberedning bör väljas på marker där kraftig markberedning bör undvikas, främst torra marker och marker med tunna humustäcken (Örlander & Gemmel, 1989).

Högläggning

Örlander (1995) skriver att högläggning, jämfört med harvning och fläckmarkberedning, har en rad positiva effekter. Positiva biologiska effekter är ökad jordtemperatur, dränering av planteringspunkten, god genomluftning och minskad frostrisk. Om högen placeras på humus förbättras också näringstillgången. Emellertid finns det ett antal nackdelar som är särskilt uttalade om högen placeras på humus. Temperaturamplituden mellan natt och dag är mycket hög i en hög och låga temperaturer kan förväntas på hösten innan snön faller. Torka kan uppstå under torra perioder, speciellt om högen placeras på humus. Uppfrysning och vårfrostsador kan också öka i högar. Idag betraktas högläggning som den mest lämpliga markberedningsmetoden i Sverige. Emellertid är ingen markberedningsmetod universell. På kalla jordar med ett inaktivt humuslager är högläggning inte tillräcklig med avseende på ökning av jordtemperaturen, dränering och mineralisering av näringsämnen. På sådana ståndorter rekommenderas plöjning eller högläggning med grävskopa. För områden med låg sommarnederbörd finns idag ingen lämplig markberedningsmetod. Problemet är mest uttalat på torra jordar (Örlander, 1995).

Hypotetiskt borde en jordhög i en markberedningsfläck bäst motsvara de optimala betingelserna. Tillväxten under första året blev för såväl tall som gran högst i högar på markberedda fläckar. Observeras bör att icke en enda planta satt i hög hade angripits av snytbagge. Det är troligt att högarna även utgör ett utmärkt skydd mot gräs och att de utgör dålig miljö för snöskytte (Söderström, 1974).

Följande krav kan enligt Söderström, 1977 ställas på en god markberedningsmetod:

1. Marktemperaturen bör vara hög.
2. Fuktigheten bör minskas framförallt på moräner.
3. Syretillförseln bör förbättras genom att man omger plantan med lucker jord.
4. Plantorna bör inte stå under markytan. I så fall föreligger risk för ”gräskvävning” eller ”drunkning”.
5. Närmast runt plantan bör det vara naken mineraljord för att minska eller förhindra snytbaggeangrepp.

Genom att fylla upp markberedningsfläckar med mineraljord och sålunda åstadkomma en rabatt i vilken man planterar skulle dessa krav kunna tillgodoseas. Flera jämförbara fältförsök har visat att metoden är överlägsen dagens markberedningsmetoder såväl vad gäller plantöverlevnad som tillväxt. Metodens fördelar synes framförallt vara:

1. Den förhöjda marktemperaturen i kombination med lucker mineraljord och lämplig dränering medför att i första hand plantrötterna och sedan även plantans ovanjordiska delar får en god tillväxt.
2. Snytbaggeangreppen minskar kraftigt, särskilt under det första året. Senare angrepp berör plantorna obetydligt, eftersom de får en mycket god växtkraft.
3. På grund av att plantorna står något högre än omgivningen undviks ”gräskvävning” och ”drunkning”.

Genom fläckmarkberedning kan man höja marktemperaturen, genom hyggesplöjning kan man höja den ytterligare. Kombinerar man kraven på fuktighet, värme och luckerhet bör plantor planterade i tältor växa bättre än i terrasserna och plantor satta i terrasserna bör växa bättre än plantor i markberedningsfläckar. Den goda tillväxten vid plantering efter hyggesplöjning är

en kombinationseffekt av god tillgång på värme, lämplig dränering samt lucker mark (Söderström, 1977).

Man kan åstadkomma ungefär samma effekt genom att i markberedningsfläckarna lägga en jordhög eller rabatt. Den viktigaste effekten av de gynnsamma förhållandena tycks vara att rötterna börjar växa omedelbart och snabbt i rabatterna. Försök visar att dylik högläggning varit helt överlägsen ej markberedda ytor och fläckmarkberedda ytor vad avser höjdtillväxt och överlevnad under fyra vegetationsperioder. Tendensen i materialet tyder på att överlägsenheten för plantering i rabatter kommer att öka ytterligare (Söderström, 1977).

De viktigaste nackdelarna med markberedningsfläckar (respektive harvspår) är enligt Söderström m.fl., 1978:

1. För låg marktemperatur i förhållande till önskvärd (optimal) det vill säga för gran cirka 20° C och för tall cirka 30° C.
2. Ofta, särskilt på täta jordarter, för låg syretillgång förorsakad av höga vattenhalter.
3. Även om man luckrar jorden genom djupbearbetning, slammar jorden snabbt igen. Jorden bör vara porös och porositeten bör vara bestående.
4. Markberedningsfläckarna blir ofta utformade som gropar, vilket kan medföra att plantorna drunknar eller kvävs av gräs, som samlar sig över groparna och täcker plantorna under vinter och vår.

En bra markberedningsmetod bör vara fri från de ovan angivna nackdelarna. Som femte krav kan man begära, att plantan skall vara omgiven av naken mineraljord, vilket erfarenhetsmässigt visat sig minska snytbaggskadorna. Ett sätt att uppfylla dessa krav antogs vara att lägga en hög med mineraljord i en markberedningsfläck eller direkt ovanpå den orörda humusen (Söderström m.fl., 1978).

Högläggning är (Örlander & Gemmel, 1989) en bra markberedningsmetod på de flesta ståndortstyperna. Genom att höglägga höjer man marktemperaturen och jorden i högen dräneras. Jorden luckras varaktigt, speciellt om humusämnen blandas in i eller finns under högen i form av ett omvänt humustäcke. Detta ger plantan en säker syretillgång. Högläggning minskar ofta konkurrensen från vegetation. Den upphöjda planteringspunkten innebär också en fördel eftersom gräs och örter inte faller över plantan när de vissnar. Högläggning minskar risken för snytbaggskador jämfört med fläckmarkberedning eller harvning. Om högen läggs på mineraljord kan detta leda till ökad uppfrysning jämfört med fläckmarkberedning. Även i högar lagda på omvänd torva kan uppfrysningen bli betydande. Högläggning eller tiltplöjning har i försök visat sig minska sorkangreppen.

Högläggning med grävskopa bör reserveras till fuktiga ståndorter med tjockt humustäcke. Studier visar att högar som lagts på omvänd torva kan bli så torra att plantorna drabbas av vattenstress. Högläggning på humus kan ge lägre överlevnad främst som en följd av uttorkning. Den främsta anledningen till plantering på högar som lagts på omvänd torva är den näringsfrigörelse som sker i den nedbäddade humustorvan. Om plantering sker djupare än normalt i högar på omvänd torva kan vattenstressen minskas. Uppfrysningen blir som regel mindre i högar som lagts på omvänd torva jämfört med högar på mineraljord. Högläggning på omvänd torva bör användas främst på fuktig mark och i områden med hög nederbörd. På uppfrysningssmark bör planteringen utföras så att plantan placeras så djupt att dess rot hamnar

neri i det uppvärmda humuslagret. På torra marker och i låghumida områden bör metoden undvikas eller eventuellt kombineras med djupplantering.

Högläggning på mineraljord bör undvikas på all uppfrysningjord och har sin tillämpning främst på friska marker. Fördelen med stora högar jämfört med små kan kortfattat sammanfattas med minskad frostrisk, bättre dränering på längre sikt och i vissa fall minskad konkurrens med markvegetation. Emellertid har de stora högarna också ett antal nackdelar, till exempel ökad risk för uppfrysning och vårvinterskador (Örlander & Gemmel, 1989).

Högläggning används för att undvika högt stående grundvatten och för att höja temperaturen i rotzonen. På blöta ståndorter kan högläggning användas för att öka volymen väl genomluftad jord som blir tillgänglig för den planterade plantan. Den uppvärmningseffekt som åstadkoms genom den upphöjda planteringspunkten är av särskild vikt vid höga latituder och altituder. Högläggning ökar vegetationsperiodens längd. Effekten blir större för högläggning än för fläckmarkberedning. Högläggning på omvänd torva gynnar mineraliseringen i rotzonen. Kvantiteter av totalt kväve, fosfor och tillgängligt kväve har befunnits vara högre efter högläggning i jämförelse med ingen markberedning. Högläggning ökar ljusstillgången och minskar vegetationskonkurrensen. Högläggning på omvänd torva minskar uppfrysningsrisken. Högläggning ökar porositeten och förbättrar genomluftningen av jorden. Högläggning minskar antalet sena froster och skador därav (Sutton, 1993; Londo & Mroz, 2001).

Däremot skjuter plantorna skott tidigare i högar på grund av den tidigare uppvärmningen, vilket kan öka antalet vårfrostskador för gran (Sutton, 1993; Langvall, Nilsson & Örlander, 2001). Högläggning ger också mer jord till rötterna att växa i på grunda jordar. Högläggning kan motverka ett flertal hinder för etableringen. Faktorer som kan motverkas är låg jordtemperatur, för liten mineralisering, för liten rotningsvolym, frost och konkurrens från vegetation (Sutton, 1993; Londo & Mroz, 2001).

Förbättrad överlevnad och tillväxt har rapporterats efter högläggning (Sutton, 1993; Mason m.fl., 1997; Londo & Mroz, 2001; Sutton m.fl., 2001). Framgången med högläggning beror till en del på planteringsdjupet. Djupplantering minskar risken för torka och minskar risken för uppfrysning (Sutton, 1993).

Hög på humus är (Örlander, Hallsby & Sundkvist, 1990) bra för att föryngra fattiga ståndorter eftersom en blandning av mineraljord och organiskt material åstadkoms. Dessa högar rekommenderas också för rika ståndorter med jordar med fin textur och för blöta ståndorter eller områden som får mycket nederbörd. Inkorporeringen av organiskt material i en jordart med fin textur reducerar densiteten och förbättrar genomluftningen och den fukthållande förmågan. Dessa högar rekommenderas inte i områden utsatta för torka. Hög på mineraljord är bäst på kalla ståndorter som är utsatta för torka. Dessa högar rekommenderas inte på näringsfattiga ståndorter på grund av avsaknad av organiskt material i rotningszonen. Även högar med blandad mineraljord och humus förekommer. Dessa högar passar bäst på lätt torkutsatta och näringsfattiga ståndorter. Dessa högar bör undvikas där vegetationskonkurrensen är svår. Man bör också tillse att det organiska materialet inte skapar luftfickor i högen, vilket kan leda till dräneringsproblem och uttorkning av rötter.

Högläggning förmodas idag (Örlander, 1987) vara den mest lämpliga metoden för markberedning i Sverige. Emellertid är ingen markberedningsmetod universell. På kalla

jordart med ett inaktivt humustäcke är högläggning inte tillräcklig för att öka marktemperaturen, för att dränera eller höja mineraliseringshastigheten. På sådana platser rekommenderas plöjning eller högläggning med grävmaskin. På lokaler med låg sommarnederbörd finns ingen ideal markberedningsmetod idag. Problemet är mest framträdande på torra jordar.

Hyggesplöjning

Vid hyggesplöjning tar man med en plog upp en fåra. Mineraljorden blottläggs dessutom på två terrasser, utanför vilka tiltorna läggs. Fuktigheten är i stort sett lägst i tiltan och högst i den markberedda fläcken. Marken är varmest i tiltan och minst varm i den markberedda fläcken. Den västra terrassen är något varmare än den östra. Det synes viktigt att i varje fall i norra Sverige utföra markberedningen så, att marken blir väl-dränerad samtidigt som hög marktemperatur erhålls (Söderström, 1974). Plantering i tiltan är från dessa synpunkter idealisk, men uttorkning av tiltorna kan ske vid extrem torka. Emellertid kan fuktigheten bevaras bra i tiltans undre delar (Söderström, 1974; Querejeta m.fl., 2001).

Framst på grund av råhumusbildning och podsolering har de flesta norrländska skogsmarkens produktionsförmåga avsevärt sjunkit. Läget är särskilt svårt för marker som också besväras av skenhålla. Betydande del av dessa marker kan saneras, åtminstone i viss utsträckning och för en tid framöver. Detta kan ske genom plöjning eller genom någon annan åtgärd varvid marken blir djupt bearbetad. Även i södra Sverige finns marker, med besvärande råhumuslager och intensivt podsolerad mineraljord, som är tacksamma plöjningsobjekt. Vid kostnads kalkylen bör räknas med att en radikal markberedning har två syften: markberedning i vanlig mening och markförbättring. Därav är markförbättring den viktigaste och den har en långvarig positiv verkan på växtplatsens produktionskraft. Markförbättringen åstadkoms bl.a. genom höjning av jordens temperatur, vattenhalt och syretillförsel, genom påskyndandet av den inaktiva råhumusens mineralisering och påskyndandet av andra kemiska processer i jorden samt genom blandning av olika jordlager och utökning av den jordmängd som kan ockuperas av trädrötterna. Vidare åstadkommer plöjningen längre vegetationsperiod och minskad frostrisk (Kohh, 1970).

Råhumus nedsätter markens luftcirkulation, förhindrar mineraljordens uppvärmning, binder en del nederbördsvatten, som vid avdunstning avkyler marken ytterligare. I inaktiva råhumusen låses betydande näringsförråd som i stor utsträckning frånges virkesproduktionen. Här kan framhållas att podsolering brukar påverka beståndets slutenhet och bonitet i negativ riktning. Blottas mineraljorden, t.ex. genom renbete, lavtäckt, markberedning, stig, väg osv., gynnas värmeledningen mellan luft och mineraljord. Därigenom minskas marknära luftens extrempemperaturer och marken får genom instrålningen sammanlagd större värmemängd än om ett värmeisolerande skikt förekommer. Plöjningen ökar temperaturen och minskar antalet frostnätter. Vidare ökar hyggesplöjningen tillväxten och ökar plantöverlevnaden (Kohh, 1970).

På podsolerade svaga marker brukar trädrötterna ockupera förhållandevis liten kvantitet jord. Under sådana förhållanden uppstår trängsel för rötterna och beståndets totalproduktion når inte till den nivå som boniteten anger. I skogar på bättre växtplatser uppstår trängseln först i trädskronorna, medan marken är i stånd att ge näring för överslutna bestånd. Här bör uppmärksamheten främst riktas mot beståndet, med hithörande problem. Med hänsyn till markvegetation och kulturresultat var plöjningens positiva effekt på marken och växtligheten

avsevärt större och varaktigare än vad som blev fallet med ett försöksled med hyggesbränning (Kohh, 1970).

Ehuru man utan tvekan kan konstatera att ökad marktemperatur åstadkommen genom markbehandling har en gynnsam effekt på plantornas utveckling måste man även ta med andra gynnsamma effekter vid bedömningen av markbehandlingens effekter. I undersökningar kan konstateras att såväl tiltor som terrasser är luckrare än markberedningsfläckarna, vilket tydligen medför en bättre rottillväxt. Vidare torde den lokala dränering som åstadkoms vid hyggesplöjning ha en gynnsam effekt på plantutvecklingen (Söderström, 1975; Thompson, 1984).

Med hyggesplöjningens hjälp kan man få ny skog på marker som varit mycket svårföryngrade, ja ibland omöjliga att föryngra. Det gäller framförallt två fall, nämligen höjdområden i det inre av norra Sverige och frostlänta så kallade tallhedsmarker såväl i norra som i södra Sverige.

Det finns anledning att ta hänsyn till plantornas syreförsörjning. Man kan anta att vanlig fläckmarkberedning på nyupptagna moränhyggen medför för hög vattenhalt och förhållandevis låg syretillgång. Terrasserna efter hyggesplöjning bör vara bättre dränerade än markberedningsfläckarna. Allra bäst bör dräneringen vara i tiltorna. Ja, där kan det till och med vara risk för uttorkning. Det är troligt att en högre marktemperatur i första hand befordrar rottillväxten och att en bättre rottillväxt ökar plantans möjligheter att ta upp vatten och näring. Detta i sin tur kan leda till en större produktion (Söderström, 1975).

Tiltorna har (Söderström, 1975) gett de bästa tillväxtbetingelserna därför att:

1. De har haft hög marktemperatur.
2. Frostrisken har varit ringa.
3. Fuktigheten har varit närmare optimum än vid övriga försöksled under större delen av vegetationsperioden.
4. Jorden har varit luckrare och därmed antagligen befordrat rottillväxten.
5. På grund av luckerheten kan plantorna ha tagit upp vatten även vid (tillfälligt) höga vattenhalter i marken.

På motsvarande sätt har markberedningsfläckarna givit de sämsta tillväxtresultaten därför att:

1. Temperaturen varit förhållandevis låg.
2. Fuktigheten varit förhållandevis hög och eftersom jorden varit tillpackad har syretillgången varit förhållandevis dålig.

Goda förhållanden, som normalt i tiltorna, befordrar uppenbarligen plantornas rottillväxt, vilket ger plantorna större motståndskraft och större möjligheter att tillgodogöra sig produktionsfaktorerna. De ökar härigenom sin tillväxt i förhållande till sämre lottade plantor och får en större barmassa, vilket i sin tur ger större möjligheter till produktion. I praktiken kan det vara svårt att plantera i tiltorna därför att plogen inte alltid lägger upp tillräckligt med mineraljord. Dessutom föreligger risk för torka i tiltorna. I nord-västra Sverige torde denna risk vara tämligen liten. Plantering på terrasserna är ett i huvudsak gott alternativ. Fuktigheten blir något lägre i terrasserna än i markberedningsfläckarna, vilket torde vara till nytta för plantorna. Finns möjlighet bör man lägga fårorna i norr-söder och plantera i terrasserna så nära tiltan som möjligt. Hyggesplöjningen bör främst användas på två typer av marker:

frostlänta hedmarker och höglänta friska-fuktiga (och fuktiga) marker i norra Sverige (Söderström, 1975).

Genom hyggesplöjning luckras marken i tiltorna varaktigt. I terrassen är marken däremot ofta för kompakt för ett lyckat planteringsresultat. Luckringen och dräneringen vid tiltplöjning, ger plantorna en god syretillförsel. Efter hyggesplöjningen blir marktemperaturen i tiltan hög. Hyggesplöjning är fördelaktig ur frostskaresynpunkt då minimitemperaturerna ovan mineraljorden blir högre än för andra markberedningsmetoder. Hyggesplöjning ger som regel minskad konkurrens från hyggesvegetation speciellt om plantering sker på tiltan. Uppfrysningen kan vara ett svårt problem vid hyggesplöjning om plantan placeras på terrassen eller i ett tjockt mineraljordlager på tiltan. Snytbaggeangreppen blir små efter hyggesplöjning då en stor andel mineraljord blottlagts. Hyggesplöjning medför att näringsämnen från avverkningsrester och humus frigörs (Thompson, 1984; Örlander & Gemmel, 1989).

De huvudsakliga etableringsproblem som observerats vid hyggesplöjning är torka (plantering på tiltan), tjälbildning i tiltorna och problem med att plantorna tidigt hamnar i en exponerad position för vind och ljus. Hyggesplöjning ger på de flesta marker hög överlevnad och tillväxt. Den ökade mineraliseringen anses positivt för den långsiktiga produktionen om ståndorten är fuktig och/eller har ett tjockt inaktivt humustäcke. Metoden anses olämplig på näringsfattiga och torra ståndorter. På normal skogsmark är det med dagens kunskapsläge ej möjligt att säkert säga om plöjning är negativt för den långsiktiga produktionen. På finjordsmarker, främst mjälamarker bör inte plöjning utföras på grund av risken för jordflytning. Ett problem som observerats i samband med plöjning är ensidig rotutveckling. Detta kan leda till stabilitetsproblem och vindfällning. Plantering bör ske på tiltan (Thompson, 1984; Örlander & Gemmel, 1989).

Johansson (1966) skriver att vid radikal markberedning (hyggesplöjning) avlägsnas och dödas markvegetationen i stor omfattning, vilket innebär att näringskonkurrensen minskar. Genom djupluckring kommer dessutom underliggande, näringsrika mineraljordlager i dagen, vilket bör medföra en positiv effekt på plant- och trädutveckling. Framförallt bör kväveutbudet öka genom att blekjorden blandas med kväverik rostjord. Den radikala markberedningen bör kunna bli ett effektivt medel att förkorta föryngringstiden vid självsådd, särskilt inom områden med begränsad frötillgång. I jämförelse med hyggesbränning har den radikala markberedningen följande fördelar:

1. Säkrare planläggning och genomförande av kulturprogrammet genom att metoden ej är beroende av väderleken.
2. Lägre arbetskraftsåtgång.
3. Inga risker för rotmurkla och andra kalamiteter, som ofta uppträder på brända hyggen.
4. Kalmarkstiden kan förkortas.
5. Billigare planteringskostnader.
6. Ökade möjligheter att tillvarata befintlig föryngring.

Bland nackdelarna kan följande framhållas:

1. Något större risk för uppfrysning på härför känsliga marker.
2. Mera ojämnt förband genom att metoden ej tillåter exakt placering av markberedningsfläckarna.

3. Bränningseffekten går förlorad

Fördelarna bedöms avsevärt uppväga nackdelarna. Vidare kan metoden tillgodoräknas den tillväxteffekt som erhålls genom hyggesplöjningen. Underliggande kväverika mineraljordslager blottläggs, vilket kan komma att varaktigt öka kväveutbudet. Dessutom finns det i humustäcket bundna kvävet kvar och kommer successivt det nya beståndet tillgodo. Vid hyggesbränning aktiveras det i humustäcket bundna kvävet snabbt, men kväveeffekten ebbar ut efter några år. Radikal markberedning utgör ett realistiskt alternativ till hyggesbränning i Norrlands inland (Johansson, 1966).

Plantering i jordrabatter

Rabatternas viktigaste fördel torde vara den relativt höga marktemperaturen, som gör att särskilt tallplantorna får en kraftig rottillväxt redan från början. Härigenom förankras plantorna stadigt, de får en god vattenförsörjning, konsoliderar sig snabbt genom god tillväxt och får således god motståndskraft mot sjukdomar och insektsangrepp. Rabatter, som lagts i markberedningsfläckar får på sandjordar och normala moränjordar en god vattenhushållning. Även i moräner blir jordens porositet bestående. Rabatter, som lagts ovanpå humustäcket torkar lätt ut även vid relativt kortvariga torrperioder, varför de åtminstone tills vidare inte kan rekommenderas ens i humida områden.

Rabatterna har vidare den fördelen att plantorna kommer att stå högt i förhållande till omgivningen, vilket medför minskade risker för gräskvävning och drunkning, ett par vanliga dödsorsaker i markberedningsfläckar (Söderström m.fl., 1978; Sutton m.fl., 2001). Tills vidare kan rabatter icke rekommenderas på täta jordar som leror, mjäla samt leriga och mjäligen moräner. Risken för uttorkning är relativt stor i sådana rabatter även om de lagts i markberedningsfläckar (Söderström m.fl., 1978).

Nackdelarna med rabatterna är: svårare uppfrysning, större risk för tidiga vårfrostskador samt större risk för angrepp av snöskytte och knäcksjuka än i markberedningsfläckar. Samtliga plantslag har genomgående haft större överlevnad och bättre tillväxt i rabatter i markberedningsfläckar än om de planterats direkt i markberedningsfläckar. Jämför man plantering i rabatter med plantering efter hyggesplöjning finner man, att rabatterna ger ett jämnare resultat. Mycket tyder på att rabatter i markberedningsfläckar erbjuder plantorna bättre och jämnare tillväxtbetingelser än någon annan hittills känd markbehandlingsmetod för plantering (Söderström m.fl., 1978).

I de rabatter, som lagts i markberedningsfläckar har en önskad uttorkning erhållits, dock utan risk för att plantorna skulle lida vattenbrist. I de rabatter, som lagts ovanpå humusen har dock uttorkningsrisken varit förhållandevis stor. Uppfrysningen har varit relativt stor i båda typerna av rabatter störst dock i de rabatter som lagts i markberedningsfläckar. Skillnader i fråga om överlevnad mellan plantor satta i terrasser och tiltor efter hyggesplöjning och i rabatter i markberedningsfläckar är mycket små. Plantor satta i rabatter i markberedningsfläckar har dock i medeltal den högsta och jämnaste överlevnaden. Tillväxten följer i stort sett samma mönster som överlevnaden. Under de tre till fyra år som försöken varat har framförallt plantor i rabatter i markberedningsfläckar givit god tillväxt och god överlevnad. Rabatter som lagts ovanpå humustäcke har visat sig vara osäkra växtplatser. Tills vidare bör därför sådana rabatter inte användas för plantering. Slutsatserna grundar sig på försök anlagda i sydöstra

Sverige (Stengårdsholma kronopark, Orrefors) och norra Sverige (Djuplidens kronopark, Lycksele) (Söderström m.fl., 1978).

Om man skall använda sig av rabatter vid plantering, bör dessa läggas i markberedningsfläckar, ej ovanpå humusen, eftersom uttorkningsrisk då föreligger. Till och med i relativt humida lägen i norra Sverige är risken för stor för att man i nuvarande läge skall våga rekommendera att rabatterna läggs ovanpå humusen. Sandjordar och moränjordar kan planteras med rabatter, dock ej gärna lerjordar. De senare är icke närmare undersökta i detta avseende, men ett försök på lerig morän sommaren 1975 gav alltför stark uttorkning till och med i rabatter som lagts i markberedningsfläckar. De plantor, som används vid plantering i rabatter bör icke vara alltför små. Rabatterna blir naturligtvis hårt uttorkade i ytan, varför plantorna måste vara tillräckligt stora för att rötterna skall nå ner en bit i rabatterna (Söderström m.fl., 1978).

Inversmarkberedning

Inversmarkberedning har funnits ge högre överlevnad och tillväxt än fläckmarkberedning, harvning och högläggning. En fördel tycks vara den ökade mineraliseringen av den begravda humusen. Detta är av mindre betydelse vid sådd och självsådd, eftersom det tar tid innan rötterna når ned till den begravda humusen. Markberedning gav en jämnare föryngring. Inversmarkberedningen sänkte hastigheten i inväxningen av vegetation och det gjorde även ökad täthet i beståndet. Kombinationen kalavverkning och inversmarkberedning resulterade i högre nollyteprocent än övriga behandlingar. Detta antyder att fläckmarkberedning är att föredra på kalhyggen. Att anpassa avverkning och markberedning till ett gott fröår är viktigt för en tät föryngring och detta är viktigare för fläckmarkberedning i förhållande till inversmarkberedningen, eftersom fläckmarkberedningen fortare växer igen. Det är möjligt att inversmarkberedningen, som en följd av mineraliseringen av den begravda humusen, med tiden kommer att visa bättre tillväxt än fläckmarkberedningen. Det sagda grundar sig på en studie utförd i sydöstra Norge (Hanssen m.fl., 2003).

Mikropreparering

Enligt Winsa (1995) kan mineraljorden hållas fuktig genom att vatten stiger kapillärt även under torra perioder i regioner med ett humitt klimat. Markberedning ökar tillgången på fukt. Mikropreparering leder till ökad plantbildning som ett resultat av bättre kontakt med mineraljorden och mer stabila temperatur- och fuktighetsförhållanden. Även med mikropreparering och utan regnskydd var resultatet av inversmarkberedning dåligt även om det regnade varje vecka. När vattnet i jorden inte är tillgängligt verkar det som om regn inte kan bereda fukt för tillräckligt långa perioder för att tillåta groning och plantbildning, troligen som ett resultat av dränering och evaporation. För behandlingen där det organiska materialet var borttaget var påverkan av mikropreparering större än påverkan av regnskydd, vilket antyder att mikropreparering av mineraljorden ger tillräcklig fuktighet för plantbildning även om inget regn faller. En slutsats är att groning och plantbildning är beroende av kapillärt vatten från jorden. Det är därför viktigt att använda markberedningsmetoder som skapar god tillgång på kapillärt vatten när sådd används.

8.5 Naturlig föryngring och sådd

Fjeld (1996) konkluderar att det finns skäl för att fördubbla den tidigare tumregeln på 0,7 till 1,0 meters radie runt träden som är fri från markberedning för att undvika rötinfektion i skärmställningar. Följs rekommendationen tar det 10 till 20 år på Vacciniumståndorter och 8 till 15 år på Myrtillusståndorter innan rötan når stammen. Om markberedningen sker under ett gott fröår ligger dessa tidsintervall inom den tidsram som en godtagbar naturlig föryngring tar i anspråk. Om en naturlig föryngring skall ge hög timmerproduktion måste den vara både tät och jämn. För att få en acceptabel timmerproduktion får inte nollyteprocenten överstiga 20 procent. Detta är ungefär ekvivalent med att 80 procent av ytan måste markberedas. Emellertid är ytan som kan markberedas vid höga skärmtätheter mindre än 80 procent vid en skadefri zon på 1,5 till 2 meter. En skadefri zon på 1,5 meter tillåter 200 till 250 stammar per hektar i skärmen och en skadefri zon på 2,0 meter tillåter endast 100 till 150 stammar per hektar i skärmen (Fjeld, 1996).

Det går att markbereda i skärmar med acceptabla stamskador. Markberedning bör inte uteslutas på grund av risken för rotröta. Emellertid bör markberedning under skärmar inte företas på exponerade ståndorter på grund av risken för stabilitetsproblem (Suadiciani, 2003).

Efter markberedning erhålls ofta en god plantbildning vid såväl sådd som naturlig föryngring. På vissa marktyper, främst på marker med tunna humusäckan i goda klimatlägen kan godtagbara resultat erhållas utan markberedning. Marktemperaturen höjs genom markberedning. Den kanske viktigaste effekten av markberedning för frögroning är att markfuktighetsförhållandena förbättras. En slät mineraljordsyta anses vara en god groningsmiljö. Genom att så i tilltryckta fördjupningar i marken kan plantbildningen fördubblas. Avsikten med de små groparna är att vattentillgången förbättras samt att hålet eroderar igen och täcker fröna (Örlander & Gemmel, 1989).

Man bör endast så i ren eller lätt humusblandad mineraljord och undvika fläckar med mineraljord ovanpå humus eller hyggesavfall, där uttorkningsrisken är stor. För sådd utan markberedning är problemet att fröet lätt torkar ut ovanpå humusen. Praktiska försök visar mycket nedslående resultat. Dessutom kan det kalla mikroklimatet som lätt uppstår efter vårfrost på humusrika marker skada fröet. Nackdelen är också att mineraliseringen blir låg på grund av humusskiktets värmeisolering. Fördelen kan vara att näringsutlakningen blir låg. Dessutom är risken för vårfrost liten så länge plantan befinner sig inom vegetationsskiktet (Borg m.fl., 1988).

Markberedning ger med en måttlig investeringskostnad ökad överlevnad för planterade plantor och ger ökad mängd naturlig föryngring inte minst av löv. Markberedning under skärm eller fröträdsställning är ett bra sätt att få naturlig föryngring eller gynna etableringen av planterade plantor. Skärmen minskar frostrisken och snytbaggeangreppen och motverkar utlakning av kväve dels genom att den ger lägre marktemperatur och därmed lägre mineralisering och dels genom trädens upptag av kväve (Örlander, 1998).

En positiv effekt av markberedning under skärm är inte lika självklar som på hygget. Många studier har dock visat att markberedning är nödvändigt på de flesta marker för att erhålla en god nyföryngring av såväl gran som tall. Täta skärmar, fuktig mark och önskan att utnyttja beståndsföryngring är faktorer som talar emot markberedning under skärm. Markberedning förefaller helt olämpligt i granskärmar på grund av rötrisken och de långa föryngringstider som det där blir fråga om (Örlander, 1997b, jmf. Suadiciani, 2003).

Att ställa fröträd i kombination med markberedning har använts i Sverige under en lång tid. Den efterliknar den naturliga branddynamiken som tallen naturligt är underkastad. Markberedningen ersätter brandens skapande av en fröbädd och de kvarstående träden efterliknar de träd som klarade sig från branden. Denna metod har fördelen att skydda plantor från frostsador, snytbaggen och uttorkning. Beskuggningen från en fröträdsställning skyddar också plantorna från uppfrysning. Äldre markberedningar förlorar på grund av invasion av hyggesvegetation sin positiva effekt på plantetableringen. Under en tät fröträdsställning tar denna process med invandring av vegetation längre tid. Slutsatserna grundas på en studie utförd i Asa försökspark belägen ungefär 30 kilometer nordöst om Växjö i södra Sverige. (Béland m.fl., 2000).

Mekanisk markberedning kan vara överflödig efter hyggesbränning (Grant m.fl., 1997).

Plöjning är inte lämplig för sådd som en följd av uttorkningsrisken och risken för uppfrysning (Pohtila, 1977; Pohtila, 1995).

Etablering, överlevnad och höjdtillväxt för sådd och naturligt förnygrade granplantor undersöktes under sex år i sydöstra Norge. Skärmen hade olika täthet och markberedningen var fläckmarkberedning, inversmarkberedning och ej markberedda ytor. Etablering, överlevnad och höjd efter sex år påverkades positivt av markberedning. Signifikanta skillnader mellan inversmarkberedning och fläckmarkberedning observerades inte men tendensen var att överlevnaden och tillväxten var bättre efter fläckmarkberedning. Det kan förklaras med att de små groddarna lättare torkar ut efter inversmarkberedning och att det tar lång tid innan rötterna når ner till den begrävda humusen. Vidare utgjordes inversmarkberedningen av en stor andel B horisont som är mer benägen till uppfrysning än E horisonten. E horisonten utgjorde topplaget i fläckmarkberedningen. Nederbörd kan också skapa erosion i den lösa mineraljorden hos inversmarkberedningen. Naturlig förnygring i ej markberedda ytor var inte framgångsrik efter sex år medan övriga kombinationer av avverkning och markberedning gav ett tillräckligt plantantal.

För gran förbättras vanligen etableringen och överlevnaden genom markberedning. Om fuktighetstillgången är god kan ett tillräckligt antal plantor etableras om ingen markberedning företas. Efter plantering ökar tillväxten och överlevnaden när markberedning företas som ett resultat av ökad jordtemperatur, förbättrad tillgång på näring och vatten och mindre skador förorsakade av snytbaggen (Burgess & Wetzel, 2000; Hanssen m.fl., 2003).

Det är sällsynt att markberedning har en negativ effekt på naturlig förnygring. Markberedning kan emellertid förstöra beståndsförnygringen och producera ett negativt resultat där mycket beståndsförnygring finns. Att ta bort hyggesavfallet kan försvåra naturlig förnygring genom att fuktigheten i humusen sjunker men å andra sidan stiger marktemperaturen, vilket gynnar den naturliga förnygringen. Hyggesavfallet kan också förhindra frön att nå bra gröningsmiljöer och försvåra markberedningen. Om målet är en naturlig förnygring är det viktigt att anpassa avverkningen till ett gott fröår med goda gröningsbetingelser. Med hyggesåldern ökar vegetationen och frögrönningen försvåras. Emellertid blir det mindre viktigt att anpassa avverkningen till ett gott fröår om markberedningen görs före ett gott fröår. Det nu sagda grundar sig på studier utförda i Bråtarna och Lammhultsvägen ungefär 40 kilometer norr om Växjö och i Skällåsvägen och Strömma 25 kilometer öst om Halmstad (Karlsson, Nilsson & Örlander, 2002).

Groningsmiljön kan förbättras genom att använda hyggesbränning eller mekanisk markberedning, vilket konstaterades i en studie utförd i Siljansfors försökspark i centrala Sverige. I jämförelse med obehandlade ytor erbjuder markbehandlade ytor en bättre tillväxtmiljö. Vid markbehandling erhålls högre jordtemperatur, tillgänglighet av jordfuktighet, reducerad konkurrens från vegetation och reducerade skador från snytbagge. I Sverige rekommenderas att markbereda så snart som möjligt efter slutavverkningen så att det nya beståndet kan etableras innan konkurrensen från hyggesvegetationen blir alltför allvarlig. Om fröproduktionen är dålig efter markberedningen kommer endast ett litet antal frön att bilda plantor under den tid som markberedningen har gynnsam effekt på frögroningen. För att minimera detta problem skall beslut om när markberedning bör utföras grundas på en avvägning mellan när ett gott fröår infaller och risken för konkurrerande vegetation på hygget. I södra Sverige på bördiga marker är markberedning omedelbart efter avverkningen förmodligen att föredra eftersom ett tjockt lager av hyggesvegetation vanligen utvecklas inom tre till fyra år. I norra Sverige är hyggesvegetationen vanligen inget problem men frötillgången är vanligen begränsande. Därför kan anpassning av markberedning till ett förväntat gott fröfall vara en god strategi i norra Sverige men inte i södra delarna av landet (Kinnunen, 1996; Karlsson & Örlander, 2000).

Uppfrysningsrisken i hög på humus är lägre än i hög på mineraljord eftersom vattenpotentialen är lägre i en hög på humus. I allmänhet var högläggning framgångsrik i de nedan redovisade två experimenten. I experiment ett var överlevnaden för ingen markberedning 65 procent, 67 procent för fläckmarkberedning och 85 procent för högläggning. I experiment tre var överlevnaden för harvning 78 procent, för högar 89 procent, för terrassplöjning 81 procent och för tiltplöjning 88 procent. Tillväxten påverkades också positivt av högläggning. Effekten var ungefär densamma för högar placerade på humus och högar placerade på mineraljord. I experiment tre visade den plöjda tiltan den bästa tillväxten. Högläggning har många fördelar i förhållande till harvning och fläckmarkberedning. Positiva biologiska effekter är ökad temperatur i jorden, bra dränering av planteringspunkten, god tillgång på syre och minskad frostrisk. Om högarna placeras på humus kommer näringstillgången också att vara fördelaktig. Det finns även nackdelar som blir särskilt framträdande om högarna placeras på humus. Temperaturamplituden mellan dag och natt är mycket hög för högarna och låga temperaturer kan förväntas på hösten innan snön faller. Uttorkning kan uppträda i högarna under torra perioder. Uppfrysning och frostsador under våren kan också öka för högar (Örlander, 1987).

9 Praktiska rekommendationer – en sammanfattning

- Markberedningen förändrar syre- och vattenbalansen i marken till det positiva vid ståndortsanpassat skogsbruk. På torra ståndorter kan markberedning öka fuktigheten i rotzonen genom att avlägsna vegetationen. På blöta och fuktiga ståndorter kan plöjning och högläggning ge en dränerande effekt.
- Uppfrysningen ökar med storleken på den markberedda fläcken. Högläggning och inversmarkberedning verkar kapillärbrytande och kan reducera uppfrysningen, eftersom humuslagret då hamnar under mineraljorden.
- Inom områden där man av erfarenhet vet att klimatet ofta skapar förutsättningar för pipkrake bör plantorna sättas i högar eller tiltor på nedbäddad humus. Det är viktigt att vid plantering särskilt undvika den blottlagda rostjorden i fläckar och harvspår.
- Markberedning medför en minskning av snytbaggeangreppen, speciellt de metoder som skapar en mineraljordshög att sätta plantan i. Det är viktigt att plantan omges av ren mineraljord för att erbjuda ett skydd mot snytbaggen.
- Markberedningsmetoder som avlägsnar stora kvantiteter organiskt material kan påverka plantornas näringsupptag och tillväxt negativt. Att man skall markbereda i alla lägen är emellertid inte självklart, eftersom markberedning kan ge utlakningsförluster av näringsämnen samtidigt som acceptabla resultat ibland kan åstadkommas utan markberedning.
- Ingen markberedningsmetod har generell tillämpning utan de måste anpassas till den aktuella ståndorten. Idag anses högläggning vara den mest lämpliga markberedningsmetoden på de flesta ståndorter.
- Herbicider kan förbättra överlevnaden och tillväxten och de kan även kombineras med mekanisk markberedning då tillväxten ytterligare kan förbättras.
- Ju intensivare markberedningsmetoden är desto bättre överlevnad och tillväxt erhålls i allmänhet. Ett undantag härifrån är inversmarkberedning som kan ge högre överlevnad och tillväxt än hyggesplöjning.
- Med tanke på ståndortens långsiktiga produktionsförmåga bör inte markberedningen göras kraftigare än nödvändigt. Emellertid är det svårt att hitta konkreta exempel på att kraftig markberedning försämrat skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga. Det är inte desto mindre otvivelaktigt att kraftig markberedning höjer mineraliseringen och ger utlakningsförluster av näringsämnen.
- Tillväxten ökar när humus finns på eller i planteringspunkten. Observera emellertid att humus på planteringspunkten ökar snytbaggeskadorna.
- Används högläggning bör högen ur uppfrysningssynpunkt läggas på omvänd torva. Emellertid förefaller hög på mineraljord i förhållande till hög på omvänd torva att initialt ge den högsta överlevnaden och tillväxten. Denna tillväxtskillnad försvinner

med tiden. Högläggning på omvänd torva rekommenderas därför inte på ståndorter där uttorkning riskeras. Högläggning på mineraljord ger den bästa överlevnaden.

- Markberedning behövs också vid sådd och naturlig föryngring i de fall där humustäcket inte är mycket tunt.
- Markberedning gynnar plantbildningen vid sådd och naturlig föryngring.
- Plöjning är inte lämplig för sådd som en följd av uttorkningsrisken och risken för uppfrysning.
- Vid sådd förbättrar mikropreparering plantbildningen. Nedmyllning av ekollon förbättrar också plantbildningen.
- Vid sådd av ek förefaller det som om plantbildning och tillväxt gynnas om humuslagret får vara kvar. Nedmyllning av frön bör dock genomföras.
- Vid naturlig föryngring och sådd bör Ae–B horisonten exponeras för bästa plantbildning.
- Markberedning vid självsådd bör utföras omedelbart efter avverkningen i södra Sverige och inför ett gott fröår i norra Sverige. Detta följer av att inväxningen av vegetation sker snabbare i södra Sverige än i norra Sverige samtidigt som goda fröår inträffar mer sällan i norra Sverige i jämförelse med södra Sverige.
- Grönrisplantering innebär att plantan sätts direkt i vegetationen utan markberedning. På de flesta ståndorter erhålls högre överlevnad och bättre tillväxt om markberedning utförs än om plantering sker utan markberedning. Tillväxten hos grönrisplanterade plantor blir något sämre än hos plantor satta i markberedda fläckar. Grönrisplantering rekommenderas på frisk mark med grov textur (sandig morän eller grovsand och grövre) och med tunt humuslager (0–3 cm) där markvegetationen indikerar lavtyp, lavrik typ eller lingontyp. Undantag är inom starkt och mycket starkt humid klimatregion, mark med stabil eller instabil brunjord med humusformerna mull eller mullliknande moder och alla extremt blockrika ståndorter.
- Förutsättningen för att överlevnaden skall bli acceptabel vid grönrisplantering är att plantorna förses med kemiskt skydd eller med något väl fungerande mekaniskt skydd. I södra Sverige, där tätheten av insekter är större än i norr, krävs dessutom att stora omskolade plantor används. För att ytterligare minska snytbaggeskadorna kan skärmställning användas.
- För att mildra konkurrens-effekten av vegetation bör plantering utan markberedning ske direkt efter hyggesupptagning.
- Markberedning behövs vid plantering i alla de fall där grönrisplantering inte är tänkbar. Emellertid ökar markberedningen tillväxten och överlevnaden i förhållande till grönrisplantering. Man kan därför säga att markberedning i de flesta fall behövs vid plantering om man vill erhålla hög överlevnad och tillväxt. Även vid sådd och självföryngring ökar tillväxten och överlevnaden med markberedning.

- För att grönrисplantering skall ge någorlunda hög överlevnad måste plantorna skyddas med kemiskt eller mekaniskt snytbaggesskydd. Skärmställning ökar överlevnaden ytterligare.
- Beakta renbete, estetik och friluftsliv vid markberedning. Beakta också fornlämningar. Före markberedning bör fornminnesregistret hos länsstyrelsen, skogsstyrelsen, eller länsmuseum (www.vasterbottensmuseum.se/arkeologi) kontrolleras.
- Kraftig markberedning bör utföras i följande fall: Objekt där markstrukturen är ogynnsam, t.ex. skenhälla. I samband med plantering av åkermark där en plogsula utbildats. Objekt där mineralisering av näringsämnen önskas. Framförallt i kyliga klimatlägen där humustäcket är inaktivt. Objekt som är mycket svårförnygrade, t.ex. på grund av frost, och där risken för misslyckanden med andra metoder är stor. Radikal markberedning skall undvikas i följande fall: På fattiga ståndorter, med tunt humustäcke företrädesvis på torr mark och grövre jordarter.
- På grund av risken för rötinfektion och stabilitetsproblem bör försiktighet iakttagas vid markberedning under granskärmar. Det går att markbereda i skärmar med acceptabla stamskador. Markberedning bör inte uteslutas på grund av risken för rotröta. Emellertid bör markberedning under skärmar inte företas på exponerade ståndorter på grund av risken för stabilitetsproblem. Vid mekanisk markberedning kan beståndsförnygringen äventyras om inte försiktighet iaktages.
- Vid val av trädslag bör beaktas att contortatall är mindre känslig för val av markberedningsmetod än tall och gran.
- Vid markbehandling bör det påpekas att den påverkar tillväxten mer på näringsfattiga ståndorter än på intermediära ståndorter.
- Frövitalisering ger högre plantbildning endast om metoden kombineras med mikropreparering.
- Frövitalisering och efterföljande torkning kan öka överlevnaden.
- Frövitalisering och mikropreparering har ingen effekt på planthöjden, skottlängden och barrlängden.

10 Referenser

Litteratur

- Agestam, E., Ekö, P.-M., Nilsson, U. & Welander, N. T. (2003), "The effects of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden." *For. Ecol. Manage.* 176(1/3): 61–73.
- Alcázar, J., Rothwell, R. L. & Woodard, P. M. (2002), "Soil Disturbance and the Potential for Erosion After Mechanical Site Preparation." *North. J. Appl. For.* 19(1): 5–13.
- Allen, H. L. & Wentworth, T. R. (1993), "Vegetation control and site preparation affect patterns of shoot elongation for 3-year-old loblolly pine." *Can. J. For. Res.* 23(10): 2110–2115.
- Alriksson, B.-Å. (1997), "Invers – metoden 2000-talets markberedning." *Skogen* 6/7 97: 13.
- Andersson, B., Andersson, B. & Andersson, B. (1991), "Markbehandlings långsiktiga effekter i Skillingaryd och Hörle." Södra skogsinstitutet. Examensarbete vid Södra skogsinstitutet i ämnet skogsskötsel 1991 nr 135. Värnamo.
- Anon. (1994), "Skogsordlista." Sveriges skogsvårdsförbund. Tekniska nomenklaturcentralen (TNC). Tekniska nomenklaturcentralens publikationer nr 96.
- Anon. (1998), "Beståndsanläggning." Skogsstyrelsen. Meddelande 5. Jönköping.
- Anon. (2000), "Skogencyklopedin." Håkansson, M. (red.). Sveriges skogsvårdsförbund. Stockholm.
- Anon. (2001), "Skogsvårdslagen–handbok." Skogsstyrelsens Förlag. Jönköping.
- Anon. (2004), "Skogsstatistisk årsbok 2004." Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Appelroth, S. E. (1976), "Site Preparation in Scandinavia." *The Forestry Chronicle* 52(3): 133–136.
- Archibold, O. W., Acton, C. & Ripley, A. E. (2000), "Effect of site preparation on soil properties and vegetation cover, and the growth and survival of white spruce (*Picea glauca*) seedlings, in Saskatchewan." *For. Ecol. Manage.* 131(1/3): 127–141.
- Arvidsson, G. & Axelsson, M. (1987), "Snytbaggeangreppens beroende av hyggesvila samt av olika plant- och hyggesbehandlingsmetoder." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Examensarbete i ämnet skogsskötsel 1987–10. Umeå.
- Arvidsson, B., Linder, P., Nilsson, E. & Wellberg, H. (1980), "Jämförelse mellan hyggesplogning och fläckmarkberedning i ett höjdläge." Skogshögskolan. Institutionen för skogsskötsel. Seminariearbete i skogsskötsel 1980.

- Axelsson, M. (1987), "Direktplantering – en möjlighet?" Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift 1987:5–6, 23–26.
- Ball, W. J. (1990), "Site preparation affects white spruce seedling performance after 20 years." Forest Management Note Northwest Region Forestry Canada 47.
- Ballard, T. M. & Hawkes, B. C. (1989), "Effects of burning and mechanical site preparation on growth and nutrition of planted white spruce." Information Report BC-X-309 Pacific and Yukon Region Canada.
- Barber, H. W. (1984), "Effects of Site Preparation on Survival and Moisture Stress of Interior Douglas-Fir Seedlings Planted in Grass." Tree Planters' Notes 35(4): 7–10.
- Bassman, J. H. (1989), "Influence of two site preparation treatments on ecophysiology of planted *Picea engelmannii* x *glauca* seedlings." Can. J. For. Res. 19: 1359–1370.
- Beasley, R. S. (1979), "Intensive Site Preparation and Sediment Losses on Steep Watersheds in the Gulf Coastal Plain." Soil Sci. Soc. Am. J. 43(2): 412–417.
- Bedford, L. & Sutton, R. F. (2000), "Site preparation for establishing lodgepole pine in the sub-boreal spruce zone of interior British Columbia: the Bednesti trial, 10-year results." For. Ecol. Manage. 126(2): 227–238.
- Béland, M., Bergeron, Y. & Zarnovican, R. (1999), "Natural regeneration of jack pine following harvesting and site preparation in the Clay Belt of northwestern Quebec." The forestry chronicle 75(5): 821–831.
- Béland, M., Bergeron, Y. & Zarnovican, R. (2003), "Harvest treatment, scarification and competing vegetation affect jack pine establishment on three soil types of the boreal mixed wood of northwestern Quebec." For. Ecol. Manage. 174(1/3): 477–493.
- Béland, M., Agestam, E., Ekö, P. M., Gemmel, P. & Nilsson, U. (2000), "Scarification and Seedfall effects Natural Regeneration of Scots Pine Under Two Shelterwood Densities and a Clear-cut in Southern Sweden." Scand. J. For. Res. 15(2): 247–255.
- Bengtsson, H. & Petré, E. (1985), "Markbehandlings påverkan på plantetableringen och den långsiktiga skogsproduktionen." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Examensarbete i ämnet skogsskötsel 1985–1. Umeå.
- Berg, B. & Jonsson (1988). I: Lundmark, Jan-Erik, "Skogsmarkens ekologi. Ståndortsanpassat skogsbruk del 2-tillämpning." Skogsstyrelsen, 111. Jönköping.
- Bergman, F. & Bergsten, U. (1984), "Improvement of germination by direct seeding through mechanical soil preparation." I: Perttu, K. L. (red.), *Ecology and management of forest biomass production systems. Papers dedicated to Professor Gustaf Sirén for his contributions in the field of biomass research.* Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för ekologi och miljövärd. Rapport nr 15. Uppsala, 291–307.

- Bergquist, J., Kullberg, Y. & Örlander, G. (2001), "Effects of shelterwood and soil scarification on deer browsing on planted Norway spruce *Picea abies* L. (Karst) seedlings." *Forestry* 74(4): 359–367.
- Bergsten, U. (1988), "Pyramidal Indentations as a Microsite Preparation for Direct Seeding of *Pinus sylvestris* L." *Scand. J. For. Res* 3(4): 493–503.
- Bergsten, U., Goulet, F., Lundmark, T. & Ottosson Löfvenius, M. (2001), "Frost heaving in a boreal soil in relation to soil scarification and snow cover." *Can. J. For. Res.* 31(6): 1084–1092.
- Berg, S., Bäcke, J. & Jonsson, C. (1981), "Markberedningsförsök i Kosta och Bräcke." *Forskningsstiftelsen skogsarbeten redogörelse nr 2*, 1981.
- Bjändal, J. (1990), "Bättre skogsodlingar – teori och praktik." *Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Examensarbete i ämnet skogsskötsel 1990–4*. Umeå.
- Björkdahl, G. & Sandewall, M. (1977), "Plantutveckling efter hyggesplogning." *Examensarbete Skogshögskolan. Stockholm*, 1977.
- Blackburn, W. H. & Wood, J. C. (1990), "Nutrient Export in Stormflow following Forest Harvesting and Site-Preparation in East Texas." *J. Environ. Qual.* 19(3): 402–408.
- Bocio, I., Navarro, F. B., Ripoll, M. A., Jiménez, M. N. & Simón, E. D. (2004), "Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland." *Ann. For. Sci.* 61(2): 171–178.
- Bock, M. D. & Van Rees, K. C. J. (2002), "Mechanical site preparation impacts on soil properties and vegetation communities in the Northwest Territories." *Can. J. For. Res* 32(8): 1381–1392.
- Borg, P., Carlson, H., Landström, G. & Sörvik, B. (1988), "Skogsodling utan hyggesvila – markbehandling." *Skogsmästarskolan. Projektarbete nr 12*, 1988. Skinnskatteberg.
- Burger, J. A. & Pritchett, W. L. (1984), "Effects of Clearfelling and Site Preparation on Nitrogen Mineralization in a Southern Pine Stand." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48(6): 1432–1437.
- Burgess, D., Baldock, J. A., Wetzell, S. & Brand, D. G. (1995), "Scarification, fertilization and herbicide treatment effects on planted conifers and soil fertility." *Plant and Soil* 168/169: 513–522.
- Burgess, D. & Wetzell, S. (2000), "Nutrient availability and regeneration response after partial cutting and site preparation in eastern white pine." *For. Ecol. Manage.* 138(1/3): 249–261.
- Burgess, D. & Wetzell, S. (2002), "Recruitment and early growth of eastern white pine (*Pinus strobus*) regeneration after partial cutting and site preparation." *Forestry* 75(4): 419–423.

- Burgess, D., Wetzel, S. & Baldock, J. (2000), "White/Red Pine Stand Response to Partial Cutting and Site Preparation." *Journal of Sustainable Forestry* 10(3/4): 221–227.
- Burns, R. M. (1973), "Economical site preparation for pine in the sandhills." *Tree Planters' Notes* 24(2): 25–28.
- Burns, R. M. & McReynolds, R. D. (1972), "Scheduling and intensity of site preparation for pine in west Florida sandhills." *Journal of Forestry* 70(12): 737–740.
- Bäcke, J., Larsson, M., Lundmark, J-E. & Örlander, G. (1986), "Ståndortsanpassad markberedning – teoretisk analys av några markberedningsprinciper." *Forskningsstiftelsen skogsarbeten redogörelse nr 3*, 1986.
- Bäckström, P-O. (1986), "Utveckling och forskning om skogsförnyring i Sverige efter 1950." I: *Festskrift till Peder Braathe. Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning* 39, 329–341.
- Bärring, U. (1965), "Om fläckupptagningens betydelse och några andra problem vid plantering av gran och tall." *Stud. For. Suec.* 24: 1–80.
- Cain, M. D. (1987), "Site-Preparation Techniques for Establishing Natural Pine Regeneration on Small Forest Properties." *South. J. Appl. For.* 11(1): 41–45.
- Callin, G. & Troeng, I. (1966), "The SFI-Scarifier. *Stud. For. Suec.* 37.
- Chamshama, S. A. O. & Hall, J. B. (1987), "Effects of Site Preparation and Fertilizer Application at Planting on *Eucalyptus tereticornis* at Morogoro, Tanzania." *For. Ecol. Manage.* 18(2): 103–112.
- Chantal, M. D., Leinonen, K., Ilvesniemi, H. & Westman, C. J. (2003), "Combined effects of site preparation, soil properties, and sowing date on the establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* from seeds." *Can. J. for. Res.* 33(5): 931–945.
- Chantal, M. D., Leinonen, K., Ilvesniemi, H. & Westman, C. J. (2004), "Effects of site preparation on soil properties and on morphology of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings sown at different dates." *New For.* 27: 159–173.
- Cogliastro, A., Gagnon, D. & Bouchard, A. (1997), "Is site preparation necessary for bur oak receiving post-planting weed control? *Ann. Sci. For.* 54(1): 107–116.
- Costantini, A & Loch R. J. (2002), "Effects of site preparation on runoff, erosion, and nutrient losses from *Pinus* plantations established on the coastal lowlands of south-east Queensland, Australia." *Aust. J. Soil Res.* 40(8): 1287–1302.
- Czapowskyj, M. M. & Safford, L. O. (1993), "Site preparation, fertilization, and 10-year yields of hybrid poplar on a clearcut forest site in eastern Maine, USA." *New For.* 7(4): 331–344.

- Daniels, K. R. & Sarigumba, T. I. (1980), "Survival and Height Growth Of Sycamore Following Different Site-Preparation Treatments." *South. J. Appl. For.* 4(4): 185–187.
- Dimock, E. J., Beebe, T. F. & Collard, E. B. (1983), "Planting-Site Preparation with Herbicides to Aid Conifer Reforestation." *Weed Science* 31(2): 215–221.
- Edwards, M. B. (1990), "Five-Year Responses of Piedmont Loblolly Pine to Six Site-Preparation Treatments." *South. J. Appl. For.* 14(1): 3–6.
- Egnell, G., Albrektson, A., Leijon, B., Lundmark, J-E. & Örlander, G. (1994), "Markberedningsförsöket på Ruuttirovaheden 56 år efter spadvändning och bränning." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter nr 83, 1994. Umeå.
- Egnell, G., Albrektson, A., Örlander, G., Jansson, E. & Sjögren, H. (1991), "Hesselmans helhackningsförsök på tallhed i Vindeln – tillväxt och näringsförhållanden 67 år efter markberedning." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter nr 55, 1991. Umeå.
- Eriksson, O. & Raunistola, T. (1990), "Impact of soil scarification on reindeer pastures." *Rangifer* 3, Special Issue: 99–106.
- Espinoza, J. A. (2004), "Site selection, site preparation, and weed control for *Gmelina arborea* in western Venezuela." *New For.* 28: 217–226.
- Ewing, K. (2002), "Mounding as a Technique for Restoration of Prairie on a Capped Landfill in the Puget Sound Lowlands." *Restoration Ecology* 10(2): 289–296.
- Falk, G. (1985), "Markberedning i Göteborgs och Bohus län." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Examensarbete i ämnet skogsskötsel 1985–5. Umeå.
- Fjeld, D. (1996), "Scarification in shelterwood stands—some basic trends for Norwegian conditions." *SkogForsk report no 2*, 48–59.
- Fleming, R. L., Black, T. A. & Adams, R. S. (1996), "Site preparation effects Douglas-fir and lodgepole pine water relations following planting in a pinegrass-dominated clearcut." *For. Ecol. Manage.* 83(1/2): 47–60.
- Fleming, R. L., Black T. A. & Eldridge, N. R. (1994), "Effects of site preparation on root zone water regimes in high-elevation forest clearcuts." *For. Ecol. Manage.* 68(2/3): 173–188.
- Fox, T. R., Burger, J. A. & Kreh, R. E. (1986), "Effects of site preparation on nitrogen dynamics in the southern Piedmont." *For. Ecol. Manage.* 15(4): 241–256.
- Fries, C. (1993), "Development of Planted *Pinus sylvestris* and *P. contorta* after Soil Preparation in a Northern Climate." *Scand. J. For. Res.* 8(1): 73–80.

- Freij, J. & Örlander, G. (1987), "Högläggning på mineraljord eller humustäcke – en försöksserie med olika trädslag, planttyper och planteringstidpunkter." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter nr 19, 1987. Umeå.
- Gemmel, P., Nilsson, U. & Welander, T. (1996), "Development of oak and beech seedlings planted under varying shelterwood densities and with different site preparation methods in southern Sweden." *New For.* 12(2): 141–161.
- Gent, J. A., Ballard, R. & Hassan, A. E. (1983), "The Impact of Harvesting and Site Preparation on the Physical Properties of Lower Coastal Plain Forest Soils." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47(3): 595–598.
- Gent, J. A. Jr., Ballard, R., Hassan, A. E. & Cassel, D. K. (1984), "Impact of Harvesting and Site Preparation on Physical Properties of Piedmont Forest Soils." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48(1): 173–177.
- Gilmour, J. G. (1966), "Winter scarification and white spruce regeneration, Saskatchewan." *The Forestry Chronicle* 42(2): 167–174.
- Glover, G. R. & Zutter, B. R. (1993), "Loblolly pine and mixed hardwood stand dynamics for 27 years following chemical, mechanical, and manual site preparation." *Can. J. For. Res.* 23(10): 2126–2132.
- Granhus, A., Braekke, 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." *Scand. J. For. Res.* 18(3): 237–246.
- Grant, C. D., Loneragan, W. A., Koch, J. M. & Bell, D. T. (1997), "The effect of burning, soil scarification and seeding on the understorey composition of 12 year-old rehabilitated bauxite mines in Western Australia." *Aust. For.* 60(1): 24–28.
- Grossnickle, S. C. & Heikurinen, J. (1989), "Site preparation: Water relations and growth of newly planted jack pine and white spruce." *New For.* 3(2): 99–123.
- Hagner, M. (1995), Grönrisplantering – en praktisk metod på vanliga marker." *Fakta skog* 1995:4.
- Hagner, M. (2003), "Markberedning kan och bör undvikas. Den förstör fornlämningar, renbete, plantbank och förstärker växthuseffekten." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter nr 184, 2003. Umeå.
- Hagner, M. & de Jong, A. (1982), "Radsådd efter harvning." Umeå universitet. Institutionen för skoglig produktionslära. Rapport nr 127.
- Hagner, M. & de Jong, A. (1983), "Plantering utan produktionsbefrämjande markberedning." Umeå universitet. Institutionen för skoglig produktionslära. Slutrapport.

Hagner, M. & Hansson, B. (1987), "Överlevnad och tillväxt hos tallplantor med insekts- och uttorkningsskydd planterade direkt i humustäcket på nyavverkade hyggen." Umeå universitet. Institutionen för skoglig produktionslära. Rapport nr 138, 1987.

Hagner, M. & Jonsson, C. (1994), "Survival after planting without soil preparation for pine and spruce seedling protected from *Hylobius abietis* with physical and chemical shelters." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter nr 77, 1994. Umeå.

Hagner, M. & Jonsson, C. (1995), "Survival after Planting Without Soil Preparation for Pine and Spruce Seedlings Protected from *Hylobius abietis* by Physical and Chemical Shelters." Scand. J. For. Res. 10(3): 225–234.

Hagner, M., de Jong, A. & Persson, B. (1994), "Sådd av tall (*Pinus sylvestris* L.) efter markberedning med harv. Resultat av en försöksserie anlagd 1980-1984." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter nr 89.

Hagner, S. (1962), "Naturlig föryngring under skärm. En analys av föryngringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk." Akademisk avhandling. Stockholm.

Hagner, S. (1965), "Om fröproduktion, fröträdsval och plantuppslag i försök med naturlig föryngring." Stud. For. Suec. 27: 1–43.

Hall, M. (1984), "Establishment of radiata pine on a high altitude second rotation site. 1. Effect of site preparation on nutrient capital." Aust. For. 47(3): 194–198.

Hallsby, G. (1995), "Field performance of outplanted Norway spruce: effects of organic matter amendments and site preparation." Can. J. For. Res. 25(8): 1356–1367.

Hallsby, G. & Örlander, G. (2004), "A comparison of mounding and inverting to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden." Forestry 77(2): 107–117.

Haney, G. P. (1962), "Seedbed Scarification Aids Regeneration of Shortleaf Pine." Journal of Forestry 60(6): 400–402.

Hanssen, K. H., Granhus, A., Braekke, F. H. & Haveraaen, O. (2003), "Performance of Sown and Naturally Regenerated *Picea abies* Seedlings Under Different Scarification and Harvesting Regimens." Scand. J. For. Res. 18(4): 351–361.

Hansson, P. & Karlman, M. (1997), "Survival, Height and Health Status of 20-year-old *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta* after Different Scarification Treatments in a Harsh Boreal Climate." Scand. J. For. Res. 12(4): 340–350.

Harrington, T. B. & Edwards, M. B. (1996), "Structure of mixed pine and hardwood stands 12 years after various methods and intensities of site preparation in the Georgia Piedmont." Can. J. For. Res. 26(8): 1490–1500.

Harvey, A. E., Page-Dumroese, D. S., Jurgensen, M. F., Graham, R. T. & Tonn, J. R. (1996), "Site preparation alters biomass, root and ectomycorrhizal development of outplanted western white pine and Douglas-fir." *New For.* 11(3): 255–270.

Hatchell, G. E. (1981), "Site Preparation and Fertilizer Increase Pine Growth on Soils Compacted in Logging." *South. J. Appl. For.* 5(2): 79–83.

Haywood, J. D. (1983), "Small Topographic Differences Affect Slash Pine Response to Site Preparation and Fertilization." *South. J. Appl. For.* 7(3): 145–148.

Haywood, J. D. (1995), "Responses of Young Slash Pine on Poorly Drained to Somewhat Poorly Drained Silt Loam Soils to Site Preparation and Fertilization Treatments." *Southern Forest Experiment Station Research Note so-379.*

Haywood, J. D. & Burton, J. D. (1989), "Loblolly Pine Plantation Development Is Influenced by Site Preparation and Soils in the West Gulf Coastal Plain." *South. J. Appl. For.* 13(1): 17–21.

Haywood, J. D. & Burton, J. D. (1990), "Phosphorus fertilizer, soils, and site preparation influence loblolly pine productivity." *New For.* 3(4): 275–287.

Holgén, P. & Hånell, B. (2000), "Performance of planted and naturally regenerated seedlings in *Picea abies*-dominated shelterwood stands and clearcuts in Sweden." *For. Ecol. Manage.* 127(1/3): 129–138.

Hunt, J. (1987), "Mechanical site preparation." *Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter nr 21.*

Jansson, E. & Näslund, B.-Å. (1993), "Markberedningens inverkan på produktionen – Data från 10 års-revision av Rätanförsöket." *Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter nr 72, 1993. Umeå.*

Jeansson, E. (1995), "Some aspects on site preparation and natural regeneration in Sweden." I: Ritari, A.; Saarenmaa, H.; Saarela, M. & Poikajärvi, H. (red.), *The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 567.*

Johansson, B. (1966), "Radikal markberedning." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1966:4, 377–401.

Johansson, M-B. (1987), "Radikal markberedning – olämpligt sätt att utnyttja kväveförrådet i avverkningsresterna." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1987:2, 35–41.

Johansson, M-B. (1991); "The influence of soil scarification on the turn-over rate of organic matter and nitrogen release at clear-cut areas in central Sweden." I: Pihlaja, K. (red.), *Proceedings of the third international nordic symposium on humus substances, Aug. 21–23, 1991, Finnish Humus News 1991, 35–40. Turku, Finland.*

Johansson, M-B. (1992), "The influence of disk trenching on the turn-over rate of soil organic matter and nutrient release." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig marklära. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära 66. Uppsala.

Johansson, M-B. (1994), "The Influence of Soil Scarification on the Turn-over Rate of Slash Needles and Nutrient Release." *Scand. J. For. Res.* 9(2): 170–179.

Johnson, H. J. (1968), "Pre-Scarification and Strip Clearcutting to Obtain Lodgepole Pine Regeneration." *The Forestry Chronicle* 44(6): 27–30.

Josefsson, I. & Sundström, M. (1988), "Radikal markberedning positiv på sikt?" Södra skogsinstitutet. Examensarbete vid Södra skogsinstitutet i ämnet beståndsanläggning 1988 nr 14. Värnamo.

Jäderlund, A., Norberg, G., Zackrisson, A., Dahlberg, A., Teketay, D., Dolling A. & Nilsson, M-C. (1998), "Control of bilberry vegetation by steam treatment – effects on seeded Scots pine and associated mycorrhizal fungi." *For. Ecol. Manage.* 108(3): 275–285.

Karlsson, A. (1996a), "Site preparation of abandoned fields and early establishment of naturally and direct-seeded birch in Sweden." *Studia Forestalia Suecica* No. 199.

Karlsson, A. (1996b), "Initial seedling emergence of hairy birch and silver birch on abandoned fields following different site preparation regimes." *New For.* 11(2): 93–123.

Karlsson, A., Albrektson, A., Forsgren, A. & Svensson, L. (1998), "An Analysis of Successful Natural Regeneration of Downy and Silver Birch on Abandoned Farmland in Sweden." *Silva Fennica* 32(3): 229–240.

Karlsson, C. & Örlander, G. (2000), "Soil scarification Shortly before a Rich Sedd Fall Improves Seedling Establishment in Sedd Tree Stands of *Pinus sylvestris*." *Scand. J. For Res* 15(2): 256–266.

Karlsson, M. & Nilsson, U. (2005), "The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden." *For. Ecol. Manage.* 205(1/3): 183–197.

Karlsson, M., Nilsson, U. & Örlander, G. (2002), "Natural Regeneration in Clear-cuts: Effects of Scarification, Slash Removal and Clear-cut Age." *Scand. J. For. Res.* 17(2): 131–138.

Kateb, H. E., Benabdellah, B., Ammer, C. & Mosandl, R. (2004), "Reforestation with native tree species using site preparation techniques for the restoration of woodlands degraded by air pollution in the Erzgebirge, Germany." *European Journal of Forest Research* 123(2): 117–126.

Kaunisto, S. (1982), "Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming." *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 109.

- Kinnunen, K. (1996), "Site preparation and mechanized sowing in the regeneration of Scots pine." SkogForsk report no 2, 71–81.
- Knowe, S. A. & Stein, W. I. (1995), "Predicting the effects of site preparation and protection on development of young Douglas-fir plantations." *Can. J. For. Res.* 25(9): 1538–1545.
- Knowe, S. A., Shiver, B. D. & Kline, W. N. (1992), "Fourth-Year Response of Loblolly Pine Following Chemical and Mechanical Site Preparation in the Georgia Piedmont." *South. J. Appl. For.* 16(2): 99–105.
- Kohh, E. (1970), "Bidrag till frågan om skogsmarksplöjning." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1970:2, 75–106.
- Kubin, E. (1995a), "The effect of clear cutting, waste wood collecting and site preparation on the nutrient leaching to groundwater." I: Nilsson, L. O.; Hüttl, R. F. & Johansson, U. T. (red.), *Nutrient Uptake and Cycling in Forest Ecosystems*. Proceedings of the CEC/IUFRO Symposium NUTRIENT UPTAKE AND CYCLING IN FOREST ECOSYSTEMS Halmstad, Sweden, June, 7–10, 1993. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 661–670.
- Kubin, E. (1995b), "Site preparation and leaching of nutrients." I: Aulis, R.; Saarenmaa, H; Saarela, M. & Poikajärvi, H. (red.), *Northern Silviculture and Management*. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 567, 55–62.
- Kubin, E. & Kemppainen, L. (1994), "Effect of soil preparation of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions in forest regeneration areas." *Acta For. Fenn.* 244: 1–56.
- Langvall, O., Nilsson, U. & Örlander, G. (2001), "Frost damage to planted Norway spruce seedlings – influence of site preparation and seedling type." *For. Ecol. Manage.* 141(3): 223–235.
- Lanini, W. T. & Radosevich, S. R. (1986), "Response of Three Conifer Species to Site Preparation and Shrub Control." *Forest Sci.* 32(1): 61–77.
- Lantagne, D. O. & Burger, J. A. (1988), "Effect of site preparation intensity on the early growth of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) and the incidence of pine tip moth (*Rhyacionia* spp.)." *New For.* 2(4): 219–229.
- Lhotka, J. M. & Zaczek, J. J. (2003a), "Effects of Scarification Disturbance on the Seedling and Midstory Layer in a Successional Mixed-Oak Forest." *North. J. Appl. For.* 20(2): 85–91.
- Lhotka, J. M. & Zaczek, J. J. (2003b), "Soil Scarification Effects on Oak Reproduction in Two Mixed-Oak Bottomland Stands of Southern Illinois." *South. J. Appl. For.* 27(3): 164–171.
- Lindman, B. & Nordström, S. (1964), "Grönrisplantering." Skogshögskolan. Examensarbeten i skogsskötsel.

Londo, A. J. & Mroz, G. D. (2001), "Bucket Mounding as a Mechanical Site Preparation Technique in Wetlands." *North. J. Appl. For.* 18(1): 7–13.

Low, A. J. (1988), "Scarification as an aid to natural regeneration in the glen tanar native pinewood." *Scottish Forestry* 42(1): 15–20.

Lundmark, J-E. (1977), "Marken som del av det skogliga ekosystemet." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1977:2/3, 109–122.

Lundmark, J-E. (1988), "Skogsmarkens ekologi – ståndortsanpassat skogsbruk. Del 2 – tillämpning." Skogsstyrelsen. Jönköping.

Lundmark, J-E., "Markberedning i allmänhet och inom kyliga klimatlägen i synnerhet". I: *Fjällnära skogsbruk. Exkursionsunderlag*. Domänverket, 24–27.

Lundmark, J-E. & Nömmik, H. (1984), "Kalkning och kraftig markberedning av ett kalhygge – effekter på markens kväveomsättning och den unga tallkulturens tillväxt Krp Torrmyra, Värnamo revir." *Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig marklära. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära. Rapport nr 47, 1984. Uppsala.*

Lundmark-Thelin, A. (1988). I: Lundmark, Jan-Erik, "Skogsmarkens ekologi, ståndortsanpassat skogsbruk del 2-tillämpning." Skogsstyrelsen, 109. Jönköping.

Lundmark-Thelin, A. & Johansson, M-B. (1997), "Influence of mechanical site preparation on decomposition and nutrient dynamics of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) needle litter and slash needles." *For. Ecol. Manage.* 96(1/2): 101–110.

Lundmark, T., Odin H. & Söderström V. (1978), "Some studies of the soil temperature in forests near Vindeln Royal College of Forestry." Royal College of Forestry. Department of reforestation. Research Notes 97.

Lähde, E. (1978), "Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings." *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 94.5: 1–59.

Löf, M. (2000), "Influence of patch scarification and insect herbivory on growth and survival in *Fagus sylvatica* L., *Picea abies* L. Karst. and *Quercus robur* L. seedlings following a Norway spruce forest." *For. Ecol. Manage.* 134(1/3): 111–123.

Löf, M., Gemmel, P., Nilsson, U. & Welander, N. T. (1998), "The influence of site preparation on growth in *Quercus robur* L. seedlings in a southern Sweden clear-cut and shelterwood." *For. Ecol. Manage.* 109(1/3): 241–249.

Macadam, A. & Bedford L. (1998), "Mounding in the Sub-boreal Spruce Zone of west-central British Columbia: 8-year results." *The Forestry Chronicle* 74(3): 421–427.

Macdonald, S. E., Schmidt, M. G. & Rothwell, R. L. (1998), "Impact of mechanical site preparation on foliar nutrients of planted white spruce seedlings on mixed-wood boreal forest sites in Alberta." *For. Ecol. Manage.* 110(1/3): 35–48.

McMinn, R. G., Grismer, M. & Herring, L. J. (1995), "Site preparation, stock selection and white spruce seedling performance in western Canada." I: Ritari, A.; Saarenmaa, H.; Saarela, M. & Poikajärvi, H. (red.), *Northern Silviculture and Management*. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 567, 63–68.

Mallik, A.U. & Hu, D. (1997), "Soil respiration following site preparation treatments in boreal mixedwood forest." *For. Ecol. Manage.* 97(3): 265–275.

Man, R. & Lieffers, V. J. (1999), "Effects of shelterwood and site preparation on microclimate and establishment of white spruce seedlings in a boreal mixedwood forest." *The forestry chronicle* 75(5): 837–844.

Martinsson, O. (1985), "Markberedningens inflytande på överlevnad, tillväxt och rot/skott-relation i förnyngingar av tall, gran och contorta." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter nr 15.

Mason, E. G., Whyte, A.G. D., Woollons, R. C. & Richardson, B. (1997), "A model of the growth of juvenile radiata pine in the Central North Island of New Zealand: links with older models and relation-length analyses of the effect of site preparation." *For. Ecol. Manage.* 97(2): 187–195.

Mattsson, S. (1991), "Plantering direkt efter slutavverkning." Forskningsstiftelsen skogsarbeten resultat nr 19, 1991.

Mattsson, S. (2002), "Effects of Site Preparation on Stem Growth and Clear Wood Properties in Boreal *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*." Swedish university of agricultural sciences. *Acta universitatis agriculturae sueciae. Silvestria* 240.

Mattsson, S. & Bergsten, U. (2002), "*Pinus contorta* growth in northern Sweden as affected by site type and soil scarification." I: Mattsson, Stefan, *Effects of Site Preparation on Stem Growth and Clear Wood Properties in Boreal Pinus sylvestris and Pinus contorta*. Swedish university of agricultural sciences. *Acta universitatis agriculturae sueciae. Silvestria* 240.

Mattsson, S. & Bergsten, U. (2003), "*Pinus contorta* growth in northern Sweden as affected by soil scarification." *New For.* 26(3): 217–231.

Mattsson, S., Kubin, E. & Bergsten, U. (2002), "*Pinus sylvestris* growth in northern Finland as affected by different soil scarification." I: Mattsson, Stefan, *Effects of Site Preparation on Stem Growth and Clear Wood Properties in Boreal Pinus sylvestris and Pinus contorta*. Swedish university of agricultural sciences. *Acta universitatis agriculturae sueciae. Silvestria* 240.

May, J. T., Rahman, S. & Worst, R. H. (1973), "Effects of Site Preparation and Spacing On Planted Slash Pine." *Journal of Forestry* 71(6): 333–335.

McDonald, P. M., Abbott, C. S. & Fiddler, G. O. (1999), "Development of a Shrub–Fern–Ponderosa Pine Community Eleven Years After Site Preparation and Release." *West. J. Appl. For.* 14(4): 194–199.

- McGee, C. E. (1977), "Planted yellow-poplar grows well after essential site preparation." *Tree Planters' Notes* 28(1): 5–7, 38.
- McKimm, R. J. & Flinn D. W. (1979), "Eucalypt species, site preparation and fertiliser requirements for reforestation of the Toorongo Plateau in central Victoria." *Aust. For.* 42(2): 117–124.
- McLaughlin, J. W., Gale, M. R., Jurgensen, M. F. & Trettin, C. C. (2000), "Soil organic matter and nitrogen cycling in response to harvesting, mechanical site preparation, and fertilization in a wetland with a mineral substrate." *For. Ecol. Manage.* 129(1/3): 7–23.
- McMinn, J. W. (1981), "Site Preparation for Natural Regeneration of Slash Pine." *South. J. Appl. For.* 5(1): 10–12.
- McNabb, D. H., Baker-Katz, K. & Tesch, S. D. (1993), "Machine Site Preparation Improves Seedling Performance on High-Elevation Site in Southwest Oregon." *West. J. Appl. For.* 8(3): 95–98.
- Mengel, D. L., Davey, C. B. & Cassel, D. K. (1993), "First-year survival and height-growth of red ceiba following various site preparation techniques on vertic soils in northern Colombia." *New For.* 7(4): 287–303.
- Merino, A. & Edeso, J. M. (1999), "Soil fertility rehabilitation in young *Pinus radiata* D. Don. plantations from northern Spain after intensive site preparation." *For. Ecol. Manage.* 116(1/3): 83–91.
- Minore, D. & Weatherly, H. G. (1990), "Effects of Site Preparation on Douglas-Fir Seedling Growth and Survival." *West. J. Appl. For.* 5(2): 49–51.
- Miwa, M., Aust, W. M., Burger, J. A., Patterson, S. C. & Carter, E. A. (2004), "Wet-Weather Timber Harvesting and Site Preparation Effects on Coastal Plain Sites: A Review." *South. J. Appl. For.* 28(3): 137–151.
- Moffat, A. J., Armstrong, A. T. & Collyer, E. L. (1994), "Site preparation for tree establishment on lowland clay soils." *Quarterly Journal of Forestry* 88(1): 35–41.
- Mohamed, A. H. & Hall, J. B. (2002), "Effect of compound fertiliser and soil mounding on natural stand bamboos of *Gigantochloa scortechinii* in Pinisular Malaysia." *Journal of Tropical Forest Science* 14(3): 401–411.
- Morneault, A. E., Naylor, B. J., Schaeffer, L. S. & Othmer, D. C. (2004), "The effect of shelterwood harvesting and site preparation on eastern red-backed salamanders in white pine stands." *For. Ecol. Manage.* 199: 1–10.
- Morris, L. A. & Lowery, R. F. (1988), "Influence of Site Preparation on Soil Conditions Affecting Stand Establishment and Tree Growth." *South. J. Appl. For.* 12(3): 170–178.

- Morris, L. A., Pritchett, W. L. & Swindel, B. F. (1983), "Displacement of Nutrients into Windrows during Site Preparation of a Flatwood Forest." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47(3): 591–594.
- Mäkitalo, K. (1999), "Effect of Site Preparation and Reforestation Method on Survival and Height Growth of Scots Pine." *Scand. J. For. Res.* 14(6): 512–525.
- Mäkitalo, K. & Hyvönen, J. (2004), "Late-summer soil water content on clear-cut reforestation areas two decades after site preparation in Finnish Lapland." *Forest Ecology and Management* 189: 57–75.
- Mälkönen, E. (1987), "A review of soil preparation in Finland." IUFRO Working Party S1.05-12. Grand Prairie and Dawson Creek, Canada.
- Mälkönen, E. (1989), "Improvement of Site Factors Through Soil Tilling Under Nordic Conditions." I: Menzies, M. I.; Parrott, G. E. & Whitehouse, L. J (red.), *Efficiency of Stand Establishment Operations*. Proceedings of a IUFRO Symposium held at Rotorua New Zealand 11–15 September 1989. FRI Bulletin 156, 196–203.
- Nicou, R. (1986), "Influence of Soil Ploughing on Soil Physical Properties and Growth of Annual Crops in Semiarid West Africa: Relevance to Tree Planting." *For. Ecol. Manage.* 16(1/4): 103–115.
- Nilsson, U. & Allen, H. L. (2003), "Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine." *For. Ecol. Manage.* 175: 367–377.
- Nilsson, U., Gemmel, P., Löf, M. & Welander, T. (1996), "Germination and early growth of sown *Quercus robur* L. in relation to soil preparation, sowing depths and prevention against predation." *New For.* 12(1): 69–86.
- Nilsson, U., Gemmel, P., Johansson, U., Karlsson, M. & Welander, T. (2002), "Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden." *For. Ecol. Manage.* 161(1/3): 133–145.
- Nohrstedt, H-Ö. (2000), "Effects of Soil Scarification and Previous N Fertilisation on Pools of Inorganic N in Soil after Clear-Felling of a *Pinus sylvestris* (L.) Stand." *Silva Fennica* 34(3): 195–204.
- Nordborg, F. (2001), "Effects of Site Preparation on Soil Properties and on Growth, Damage and Nitrogen Uptake in Planted Seedlings." Swedish university of agricultural sciences. *Acta universitatis agriculturae sueciae. Silvestria* 195.
- Nordborg, F. & Nilsson, U. (2001), "Growth, damage and net nitrogen uptake in *Picea abies* (L.) Karst. seedlings, effect of site preparation and fertilisation." I: Nordborg, Fredrik, *Effects of Site Preparation on Soil Properties and on Growth, Damage and Nitrogen Uptake in Planted Seedlings*. Swedish university of agricultural sciences. *Acta universitatis agriculturae sueciae. Silvestria* 195.

Nordborg, F. & Nilsson, U. (2003), "Growth, damage and net nitrogen uptake in *Picea abies* (L.) Karst. seedlings, effects of site preparation and fertilisation." *Ann. For. Sci.* 60(7): 657–666.

Nordborg, F., Nilsson, U. & Örländer, G. (2002), "Inversmarkberedning – snabbare plantetablering och mer näring till plantan." *Fakta skog* 2002:9.

Norberg, G. (1998), "Ångbehandling – ett alternativ till markberedning." *Fakta skog* nr 2 1998.

Norberg, G. & Dolling, A. (2003), "Steam treatment as a vegetation management method on a grass-dominated clearcut." *For. Ecol. Manage.* 174(1/3): 213–219.

Norberg, G., Dolling, A., Jäderlund, A., Nilsson, M-C. & Zackrisson, O. (2001), "Control of heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) by steam treatment: Effects on establishment and early growth of Scots pine." *New For.* 21(2): 187–198.

Norberg, G., Jäderlund, A., Zackrisson, O., Nordfjell, T., Wardle, D. A., Nilsson, M-C. & Dolling, A. (1997), "Vegetation control by steam treatment in boreal forests: a comparison with burning and soil scarification." *Can. J. For. Res.* 27(12): 2026–2033.

Oja, B. (1988), "Jämförelse mellan hyggesplöjning och fläckmarkberedning." Sveriges lantbruksuniversitet. Norra skogsinstitutet. Examensarbete 1988 nr 19. Bispgården.

Olarieta, J. R., Besga, G., Rodríguez, R., Usón, A., Pinto, M. & Virgel, S. (1999), "Sediment enrichment ratios after mechanical site preparation for *Pinus radiata* plantations in the Basque Country." *Geoderma* 93(3/4): 255–267.

Oswald, E. T. & Brown, B. N. (1992), "Vegetation and Seedling Development Following Site Preparation in the ESSFwm Subzone of Glenogle Creek, Nelson Forest Region, British Columbia: A Case Study." *FRDA Report* Victoria BC 188.

Otsamo, A., Ådjers, G., Hadi, T. S., Kuusipalo, J., Tuomela, K. & Vuokko, R. (1995), "Effect of site preparation and initial fertilization on the establishment and growth of four plantation tree species used in reforestation of *Imperata cylindrica* (L.) Beauv. dominated grasslands." *For. Ecol. Manage.* 73(1/3): 271–277.

Page-Dumroese, D. S., Jurgensen, M. F., Harvey, A. E., Graham, R. T & Tonn, J. R. (1997), "Soil Changes and Tree Seedling Response Associated with Site Preparation in Northern Idaho." *West. J. Appl. For.* 12(3): 81–88.

Palmgren, K. (1984), "Microbiological changes in forest soil following soil preparation and liming." *Folia Forestalia* 603.

Pehl, C. E. (1983), "Site Preparation Influences On Young Loblolly Pine Plantations in East Texas." *South. J. Appl. For.* 7(3): 140–145.

Pehl, C. E. (1984), "Residual effects of site preparation on growth and surface soil properties of *Pinus taeda* L. plantations." *For. Ecol. Manage.* 9(1): 1–11.

- Perala, D. A. & Alm, A. A. (1989), "Regenerating Paper Birch in the Lake States with the Shelterwood Method." *North. J. Appl. For.* 6(4): 151–153.
- Petersson, M. & Örlander, G. (2003), "Effectiveness of combinations of shelterwood, scarification, and feeding barriers to reduce pine weevil damage." *Can. J. For. Res.* 33(1): 64–73.
- Piatek, K. B. & Allen, H. L. (1999), "Nitrogen Mineralization in a Pine Plantation Fifteen Years After Harvesting and Site Preparation." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63(4): 990–998.
- Piatek, K. B. & Allen, H. L. (2000), "Site preparation effects on foliar N and P use, retranslocation, and transfer to litter in 15-years old *Pinus taeda*." *For. Ecol. Manage.* 129(1/3): 143–152.
- Piatek, K. B., Harrington, C. A. & DeBell, D. S. (2003), "Site Preparation Effects on 20 Year Survival and Growth of Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii*) and on Selected Soil Properties." *West. J. Appl. For.* 18(1): 44–51.
- Podrázský, V., Ulbrichová, I. & Moser, W. K. (2001), "Ecological impact analysis of mechanised site preparation techniques." *Journal of forest science* 47(Special Issue): 146–149.
- Pohtila, E. (1977), "Reforestation of ploughed sites in finnish Lapland." *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91.4.
- Pohtila, E. (1995), "Effect of site preparation on regeneration results in Lapland." I: Ritari, A.; Saarenmaa, H.; Saarela, M. & Poikajärvi, H. (red.), *Northern Silviculture and Management*. The Finnish Research Institute. Research Papers 567, 105–110.
- Pohtila, E. & Valkonen S. (1985), "Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland." *Folia Forestalia* 631: 1–19.
- Pomeroy, K. B. (1949), "The Germination and Initial Establishment of Loblolly Pine Under Various Surface Soil Conditions." *J. For.* 47: 541–543.
- Prévost, M. (1997), "Effects of scarification on seedbed coverage and natural regeneration after a group seed-tree cutting in a black spruce (*Picea mariana*) stand." *For. Ecol. Manage.* 94(1/3): 219–231.
- Pritchett, W. L. (1979), "Site Preparation and Fertilization Of Slash Pine On a Wet Savanna Soil." *South. J. Appl. For.* 3(3): 86–90.
- Querejeta, J. I., Roldán, A., Albaladejo, J. & Castillo, V. (1998), "The Role of Mycorrhizae, Site Preparation, and Organic Amendment in the Afforestation of a Semi-Arid Mediterranean Site with *Pinus halepensis*." *For. Sci.* 43(2): 203–211.

Querejeta, J. I., Roldán, A., Albaladejo, J. & Castillo, V. (2000), "Soil Physical Properties and Moisture Content Affected by Site Preparation in the Afforestation of a Semiarid Rangeland." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64(6): 2087–2096.

Querejeta, J. I., Roldán, A., Albaladejo, J. & Castillo, V. (2001), " Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate." *Forest Ecology and Management* 149(1/3): 115–128.

Ratliff, R. D. & Denton, R. G. (1991), "Site Preparation + 1 Year: Effect on Plant Cover and Soil Properties." *USDA Forest Service Research Note PSW-RN-412*:5.

Raulo, J. & Mälkonen, E. (1976), "Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil." *Folia Forestalia* 252.

Ring, E. (1996), "Effects of Previous N Fertilization on Soil-water pH and N Concentrations after Clear-felling and Soil Scarification at a *Pinus sylvestris* site." *Scand. J. For. Res.* 11(1): 7–16.

Ringnér, P-O. & Sundin, J. (1985), "Hyggesplogningens inverkan på minimitemperaturen nära marken – En fältstudie utförd inom det centraljämtländska kambrosilurområdet." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Examensarbete i ämnet skogsskötsel 1985–7. Umeå.

Ritari, A. (1995), "Effect of site preparation on seedling performance in a *Hylocomium Myrtillus*-stand." I: Ritari, A.; Saarenmaa, H.; Saarela, M. & Poikajärvi, H. (red.), *Northern Silviculture and Management*. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 567, 47–53.

Ritari, A. & Lähde, E. (1978), "Effect of site preparation on physical properties of the soil in a thick-humus spruce stand." *Comm. Inst. For. Fenn.* 92.7.

Roberge, M. R. (1988), "Effects of Thinning, Patch Clearcutting, Site Preparation, and Planting on Development of Yellow Birch in Quebec." *North. J. Appl. For.* 5(4): 248–251.

Rosén, K. & Lundmark-Thelin, A. (1986a), "Hyggesbruket och markvården." *Skogsfakta konferens nr 9, 1986*, 42–49.

Rosén, K. & Lundmark-Thelin, A. (1986b). I: Lundmark, Jan-Erik, "Skogsmarkens ekologi, ståndortsanpassat skogsbruk del 1-grunder." *Skogsstyrelsen*, 132. Jönköping.

Roslund, S. (1986), "Jämförande studie plöjning – harvning." *Skogsmästarskolan. Specialarbete i ämnet skogsskötsel 1986*. Skinskatteberg.

Ross, D. W., Scott, W., Heninger, R. L. & Walstad, J. D. (1986), "Effects of site preparation on ponderosa pine (*Pinus ponderosa*), associated vegetation, and soil properties in south central Oregon." *Can. J. For. Res.* 16(3): 612–618.

Samuelsson, H., Larsson, M. & Zylberstein, M. (1984), "Markberedning." Forskningsstiftelsen skogsarbeten.

Sarigumba, T. I. & Anderson, G. A. (1979), "Response of slash pine to different spacings and site-preparation treatments." South. J. Appl. For. 3(3): 91–94.

Schmidt, M. G., Macdonald, S. E. & Rothwell, R. L. (1996), "Impacts of harvesting and mechanical site preparation on soil chemical properties of mixed-wood boreal forest sites in Alberta." Can. J. Soil Sci. 76(4): 531–540.

Schönau, A. P. G., van Themaat, R. V. & Boden, D. I. (1981), "The Importance of Complete Site Preparation and Fertilising in the Establishment of *Eucalyptus grandis*." South African Forestry Journal 116: 1–10.

Sennblad, G. (1997), "Naturlig förnygring – markberedning." Småskogsnytt 1/97: 6–8.

Shakesby, R. A., Coelho, C. O. A., Ferreira, A. J. D. & Walsh, R. P. D. (2002), "Ground-level changes after wildfire and ploughing in eucalyptus and pine forests, Portugal: Implications for soil microtopographical development and soil longevity." Land Degrad. Develop. 13(2): 111–127.

Shiver, B. D. & Fortson, J. C. (1979), "Effect of Soil Type And Site-Preparation Method On Growth and Yield Of Flatwoods Slash Pine Plantations." South. J. Appl. For. 3(3): 95–100.

Shiver, B. D. & Martin, S. W. (2002), "Twelve-Year Results of a Loblolly Pine Site Preparation Study in the Piedmont and Upper Coastal Plain of South Carolina, Georgia, and Alabama." South. J. Appl. For. 26(1): 32–36.

Shiver, B. D., Rheney, J. W. & Oppenheimer, M. J. (1990), "Site Preparation Method and Early Cultural Treatments Affect Growth of Flatwoods Slash Pine Plantations." South. J. Appl. For. 14(4): 183–188.

Silfverberg, K. (1995), "Forest Regeneration on Nutrient-Poor Peatlands: Effects of Fertilization, Mounding and Sowing." Silva Fennica 29(3): 205–215.

Simard, S. W., Jones, M. D., Durall, D. M., Hope, G. D., Stathers, R. J., Sorensen, N. S. & Zimonick, B. J. (2003), "Chemical and mechanical site preparation: effects on *Pinus contorta* growth, physiology, and microsite quality on grassy, steep forest sites in British Columbia." Can. J. For. Res. 33: 1495–1515.

Singh, G. (1996), "Effects of site preparation techniques on *Prosopis juliflora* in an alkali soil." For. Ecol. Manage. 80(1/3): 267–278.

Skoklefald, S. (1995), "Spot scarification in a mountainous Scots pine forest in Norway." I: Ritari, A.; Saarenmaa, H.; Saarela, M. & Poikajärvi, H. (red.), *Northern Silviculture and Management*. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 567, 85–90.

- Slay, J. M., Lockaby, B. G., Adams, J. C. & Vidrine, C. G. (1987), "Effects of Site Preparation on Soil Physical Properties, Growth of Loblolly Pine, and Competing Vegetation." *South. J. Appl. For.* 11(2): 83–86.
- Smolander, A., Paavolainen, L. & Mälkönen, E. (2000), "C and N transformations in forest soil after mounding for regeneration." *For. Ecol. Manage.* 134(1/3): 17–28.
- Sonesson, J., Albrektson, A., Egnell, G., Lundmark, J-E. & Örlander, G. (1994), "Markbehandlingsförsöket på Andersforsheden – Bestånd, markvegetation och markkemi 62 år efter markberedning och bränning." Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetsrapporter nr 82, 1994. Umeå.
- South, D. B., Rose, R. W. & McNabb, K. L. (2001), "Nursery and site preparation interaction research in the United States." *Mew Forests* 22(1/2): 43–58.
- Stein, W. I. (1997), "Ten-Year Survival and Growth of Planted Douglas-Fir and Western Redcedar After Seven Site-Preparation Treatments." *West. J. Appl. For.* 12(3): 74–80.
- Stewart, J. D., Landhäusser, S. M., Stadt, K. J. & Lieffers, V. J. (2000), "Regeneration of White Spruce Under Aspen Canopies: Seeding, Planting, and Site Preparation." *West. J. Appl. For.* 15(4): 177–182.
- Stransky, J. J. (1981), "Site Preparation Effects on Soil Bulk Density and Pine Seedling Growth." *South. J. Appl. For.* 5(4): 176–180.
- Stransky, J. J., Roese, J. H. & Watterston, K. G. (1985), "Soil Properties and Pine Growth Affected by Site Preparation after Clearcutting." *South. J. Appl. For.* 9(1): 40–43.
- Suadicani, K. (2003), "Site Preparation and Planting in a *Picea abies* Shelterwood Stand." *Scand J. For. Res* 18: 247–259.
- Sugg, A. (1990), "Seedling establishment results from a site preparation study in southern Sweden: The first four years survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* (L.)) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.)." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter nr 31.
- Sutherland, B. & Foreman, F. F. (2000), "Black spruce and vegetation response to chemical and mechanical site preparation on a boreal mixedwood site." *Can. J. For. Res.* 30(10): 1561–1570.
- Sutton, R. F. (1975), "Nutrition and Growth of White Spruce Outplants: Enhancement by Herbicidal Site Preparation." *Can. J. For. Res.* 5(2): 217–223.
- Sutton, R. F. (1993), "Mounding site preparation: A review of European and North American experience." *New For.* 7(2): 151–192.

Sutton, R. F. & Weldon, T. P. (1993), "Jack pine establishment in Ontario: 5-year comparison of stock types \pm bracke scarification, mounding, and chemical site preparation." *The Forestry Chronicle* 69(5): 545–553.

Sutton, R. F., Bedford L., Stordeur, L. & Grismer, M. (2001), "Site Preparation for Establishing Interior Spruce in British Columbia: Trials at Upper Coalmine and Mackenzie." *West. J. Appl. For.* 16(1): 9–17.

Swindel, B. F., Conde, L. F. & Smith, J. E. (1984), "Species diversity: concept, measurement, and response to clearcutting and site-preparation." *For. Ecol. Manage.* 8(1): 11–22.

Swindel, B. F., Marion, W. R., Harris, L. D., Morris, L. A., Pritchett, W. L., Conde, L. F., Riekerk, H. & Sullivan, E. T. (1983), "Multi-Resource Effects of Harvest, Site Preparation, and Planting In Pine Flatwoods." *South. J. Appl. For.* 7(1): 6–15.

Söderström, V. (1974), "Markberedning." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1974:1, 157–166.

Söderström, V. (1975), "Ekologiska verkningar av hyggesplogning." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1975:5, 443–472.

Söderström, V. (1976), "Analys av markberedningseffekterna vid plantering på några färska hyggen." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1976:2/3, 59–333.

Söderström, V. (1977), "Markberedningens inverkan på markegenskaperna." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1977:2/3, 225–232.

Söderström, V., Jonsson, C. & Byfalk, R. (1979), "Optimal fläckstorlek vid markberedning för plantering – ett principförsök." *Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Interna rapporter* 1979–2. Umeå.

Söderström, V., Bäcke, J., Byfalk, R. & Jonsson, C. (1978), "Jämförelse mellan plantering i jordrabatter och efter andra markberedningsmetoder." *Skogshögskolan. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter och uppsatser* nr 11, 1978. Umeå.

Talts, H. (1984), "Uppföljning av hyggesplöjningar." *Domänverket Falun.*

Taylor, S. W., Hawkes, B. C., Silversides, R. H. & Weber, M. G. (1991), "Initial Effects of Prescribed Fire and Mechanical Site Preparation on Seedling Environment and Establishment on a Backlog NSR Site in Central Interior British Columbia." *FRDA-Report* Victoria BC 177.

Tew, D. T., Morris, L. A., Allen, H. L. & Wells, C. G. (1986), "Estimates of nutrient removal, displacement and loss resulting from harvest and site preparation of a *Pinus taeda* plantation in the Piedmont of North Carolina." *For. Ecol. Manage.* 15(4): 257–267.

Thiffault, N., Jobidon, R. & Munson, A. D. (2003), "Performance and physiology of large containerized and bare-root spruce seedlings in relation to scarification and competition in Québec (Canada)." *Ann. For. Sci.* 60(7): 645–655.

- Thomson, A. J. & McMinn, R. G. (1989), "Effects of stock type and site preparation on growth to crown closure of white spruce and lodgepole pine." *Can. J. For. Res.* 19(2): 262–269.
- Thompson, D. A. (1984), "Ploughing of forest soils." Forestry Commission. Leaflet 71: 1–23.
- Tiarks, A. E. & Haywood, J. D. (1996), "Site Preparation and Fertilization Effects on Growth of Slash Pine for Two Rotations." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60(6): 1654–1663.
- Tolvanen, A. & Kubin, E. (1990), "The effect of clear felling and site preparation on microclimate, soil frost and forest regeneration at elevated sites in Kuusamo." *Aquilo Ser. Bot.* 29: 77–86.
- Trettin, C. C., Davidian, M., Jurgensen, M. F. & Lea, R. (1996), "Organic Matter Decomposition following Harvesting and Site Preparation of a Forested Wetland." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60(6): 1994–2003.
- Troedsson, T. & Utbult, K. (1972), "Hyggesplöjning från hydrologisk synpunkt." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1972:5, 477–486.
- Turvey, N. D. & Cameron, J. N. (1986a), "Site Preparation for a Second Rotation of Radiata Pine: Soil and Foliage Chemistry, and Effect on Tree Growth." *Aust. For. Res.* 16(1): 9–19.
- Turvey, N. D. & Cameron, J. N. (1986b), "Site preparation for a second rotation of radiata pine: growing costs and production of wood and kraft pulp." *Aust. For.* 49(3): 160–165.
- Varelides, C. & Kritikos, T. (1995), "Effect of site preparation intensity and fertilization on *Pinus pinaster* survival and height growth on three sites in northern Greece." *For. Ecol. Manage.* 73:111–115.
- Vitousek, P. M. & Matson, P. A. (1985), "Intensive Harvesting and Site Preparation Decrease Soil Nitrogen Availability in Young Plantations." *South. J. Appl. For.* 9(2): 120–125.
- Vitousek, P. M., Andariese, S. W., Matson, P. A., Morris, L. & Sandford, R. L. (1992), "Effects of harvest intensity, site preparation, and herbicide use on soil nitrogen transformations in a young loblolly pine plantation." *For. Ecol. Manage.* 49(3/4): 277–292.
- von Sydow, F. (1997), "Abundance of Pine Weevils (*Hyllobius abietis*) and Damage to Conifer Seedlings in Relation to Silvicultural Practices." *Scand. J. For. Res.* 12: 157–167.
- von Althen, F. W. (1977), "Site Preparation Prevents Re-opening of Planting Slits in Heavy-Textured Soils." *The Forestry Chronicle* 53(3): 166–167.
- Wahlgren, A. (1922), "Skogsskötsel." 2 uppl. P. A. Norstedt & söners förlag. Stockholm.
- Waldrop, T. A. (1997), "Four Site-Preparation Techniques for Regenerating Pine-Hardwood Mixtures in the Piedmont." *South. J. Appl. For.* 21(3): 116–122.

Wallertz, K. & Petersson, M. (2002), "Effekt av plantskydd, planttyp och markberedningsmetod för att minska snytbaggeskador – uppdrag åt Sveaskog förvaltning AB, verksamhet skogsbruk anlagt 2002, resultat efter en säsong." Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 2002 nr 3. Asa försökspark.

Wang, G. G., Siemens, J. A., Keenan, V. & Philippot, D. (2000), "Survival and growth of black and white spruce seedlings in relation to stock type, site preparation and plantation type in southeastern Manitoba." *The forestry chronicle* 76(5): 775–782.

Weber, M. G., McAlpine, R. S., Wotton, B. M., Donnelly, J. G. & Hobbs, M. W. (1995), "Prescribed burning and disk trenching effects on early plantation performance in eastern Ontario, Canada." *For. Ecol. Manage.* 78(1/3): 159–171.

Weingartner, D. H. (1980), "The Effects of Scarification on Trembling Aspen in Northern Ontario." *The Forestry Chronicle* 56(4): 173–175.

Wennström, U., Bergsten, U. & Nilsson, J-E. (1999), "Mechanized microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forests – a way to create desired spacing at low cost." *New For.* 18: 179–198.

Westberg, D. & von Hofsten, H. (1996), "Markberedning under skärm." *SkogForsk resultat nr 8*, 1996.

Wilhite, L. P. & McKee, W. H. (1985), "Site Preparation and Phosphorus Application Alter Early Growth Of Loblolly Pine." *South. J. Appl. For.* 9(2): 103–109.

Winsa, H. (1995), "Influence of Rain Shelter and Site Preparation on Seedling Emergence of *Pinus sylvestris* L. after Direct Seedling." *Scand. J. For. Res.* 10: 167–175.

Winsa, H. & Bergsten, U. (1994), "Direct seeding of *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lots of different quality: 2-year results." *Can. J. For. Res.* 24(1): 77–86.

Winsa, H. & Sahlén, K. (2001), "Effects of Seed Invigoration and Microsite Preparation on Seedling Emergence and Establishment After Direct Sowing of *Pinus sylvestris* L. at Different Dates." *Scand. J. For. Res.* 16(5): 422–428.

Wittwer, R. F., Dougherty, P. M. & Cosby D. (1986), "Effects of Ripping and Herbicide Site Preparation Treatments on Loblolly Pine Seedling Growth and Survival." *South. J. Appl. For.* 10(4): 253–257.

Xu, Y-J., Burger, J. A., Aust, W. M. & Patterson, S. C. (2000), "Responses of surface hydrology and early loblolly pine growth to soil disturbance and site preparation in a lower coastal plain wetland." *New Zealand Journal of Forestry Science* 30(1/2): 250–265.

Zackrisson, O., Norberg, G., Dolling, A., Nilsson, M-C. & Jäderlund, A. (1997), "Site preparation by steam treatment: effects on forest vegetation control and establishment, nutrition, and growth of seeded Scots pine." *Can. J. For. Res.* 27(3): 315–322.

- Zaczek, J. J. (2002), "Composition, diversity, and height of tree regeneration, 3 years after soil scarification in a mixed-oak shelterwood." *For. Ecol. Manage.* 163(1/3): 205–215.
- Zaczek, J. J. & Lhotka, J. M. (2004), "Seedling Reproduction Established with Soil Scarification within an Oak Overwood after Overstory Removal." *North. J. Appl. For.* 21(1): 5–11.
- Örlander, G. (1986), "Effect of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine." *Stud. For. Suec.* No. 173.
- Örlander, G. (1987), "Effects of site preparation on the development of planted seedlings in northern Sweden." Northern forest silviculture and management IUFRO S1.05-12 symposium in Lapland, Finland August 16-22, 1987.
- Örlander, G. (1995), "Effects of site preparation on the development of planted seedlings in northern Sweden." I: Ritari, A.; Saarenmaa, H.; Saarela, M. & Poikajarvi, H. (red.), *Northern Silviculture and Management*. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 567, 39–45.
- Örlander, G. (1997a), "Inversmetoden – framtidens markberedning?" *Fakta skog* 1997:8.
- Örlander, G. (1997b), "Markberedning och plantering." Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996. Skogsstyrelsen. Meddelande 2–1997, 31–36.
- Örlander, G. (1998), "Tallskärm och markberedning – ekonomiska och miljövänliga föryngringsåtgärder." Skogsvårdsstyrelsens årskonferens 1988. Skogsstyrelsen. Meddelande 19–1998, 36–39.
- Örlander, G. & Gemmel, P. (1989), "Markberedning." *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1989:3, 1–53.
- Örlander, G., Egnell, G. & Albrektson, A. (1996), "Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine." *For. Ecol. Manage.* 86(1/3): 27–37.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Hunt, J. (1990), "Site preparation: A Swedish overview. FRDA Rep No. 105. Econ & Regional Dev. Agree. B.C., Canada.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. (1991), "Markberedningsmetodens, planteringsdjupets och planteringspunktens betydelse för plantors etablering i ett område med låg humiditet i södra Sverige." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter nr 33, 1991. Umeå.
- Örlander, G., Hallsby, G. & Sundkvist, H. (1990), "Överlevnad och tillväxt hos tall (*Pinus sylvestris* (L.)) och gran (*Picea abies* (L.) Karst) samt näringsförhållanden 23 år efter plantering på helplöjd respektive bränd hedmark." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter nr 26.
- Örlander, G., Nordborg, F. & Gemmel, P. (2001), "The effect of complete soil cultivation on initial stand development." I: Nordborg, Fredrik, *Effects of Site Preparation on Soil*

Properties and on Growth, Damage and Nitrogen Uptake in Planted Seedlings. Swedish university of agricultural sciences. Acta universitatis agriculturae sueciae. Silvestria 195.

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." Scand. J. For. Res. 13(2): 160–168.

Örlander, G., Langvall, O., Petersson, P. & Westling, O. (1997), "Arealförluster av näringsämnen efter ristäkt och markberedning på sydsvenska hyggen." Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. Arbetsrapport 1997 nr 15. Alnarp.

Internetadresser

Fornminnesregistret (2006); www.vasterbottensmuseum.se/arkeologi. 10 februari 2006.

Lukas (2005); <http://lukas.slu.se/f>. 12 december 2005.

WebSpirs databaser (2005); <http://web5s.silverplatter.com/webspirs/start.ws?customer=slu>. 12 december 2005.

DISTRIBUTION:
Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogsskötsel
901 83 UMEÅ

Tel: 090-786 83 62
Fax: 090- 786 84 14