



Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

EcoPlanter

– studie av kranspetsmonterat planteringsaggregat

**Staffan Mattsson, Henrik von Hofsten
Ulf Hallonborg och Paul Granlund**

**Arbetsrapport 339
1996**

**SkogForsk, Glunten, 751 83 UPPSALA
Tel: 018-188500 Fax: 018-188600**

SkogForsk

– Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolagen, skogsägareföreningarna, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd. Forskning och utveckling bedrivs inom fyra huvudområden: råvara och marknad, förädling och förökning, skötsel och miljö samt driftsystem. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien Arbetsrapporter dokumenterar långliggande försök, inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie.

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Sammanfattning	1
Bakgrund	1
Syfte	1
Genomförande	1
Markvärd, maskin och personal	1
Försöksobjekt och studieled	2
Studier.....	3
Inmätningar efter genomförd plantering	3
Resultat.....	4
Omladdningstid	4
Hänsyn till naturlig föryngring.....	4
Markens bearbetningsmotstånd	5
Högsta tekniska prestation.....	5
Kompletterande studie på fastmark	6
Arbetsresultat.....	7
Diskussion	9
Tidsåtgången moment för moment.....	9
Markberedning.....	9
Ställtid, plantering.....	10
Planteringstid	10
Krantid	10
Flyttningstid.....	11
Laddning av aggregatet.....	11
Prestationspåverkande faktorer	11
Markens bearbetningsmotstånd och körteknik	11
Påverkan av antal skärmträd och planteringsförsök	12
Sammanvägning av prestationspåverkande faktorer	13
Känslighetsanalyser	13
Förändringar i krantid	13
Förändringar i laddningstid.....	14
Förändringar i markberedningstid	15
Förändringar i flyttningstid.....	15
Slutsatser	16
Referenser	17
Bilaga 1 Beskrivning av objekt och försöksled	18
Bilaga 2 Inmätningrutin, planteringsresultat.....	20

Sammanfattning

Under sommaren 1996 genomförde SkogForsk en studie av det kranpetsmonterade planteringsaggregatet EcoPlanter. Studiens syfte var att belysa resultatet av tekniska förändringar sedan tidigare studier samt att bedöma ytterligare teknisk utvecklingspotential. Huvudstudien gjordes på en Valmet 911 med MoDo som markvärd. Denna studie kompletterades sedan med en studie av en ÖSA 670 på Hargs Godsförvaltning.

Resultatet av studien bedöms ur rent teknisk synvinkel som gott. Prestationerna varierade vid normalt körsätt mellan 400 och 500 plantor per G₁₅-timme beroende främst på markens bearbetningsmotstånd och i viss mån på antal lämnade skärträd och antal planteringsförsök per arealenhet. När körningen forcerades, bl.a. genom att fräsningen utfördes med fräshjulet konstant i utmatat läge, uppgick prestationen som bäst till ca 540 plantor per G₁₅-timme.

De tre viktigaste och mest tidskrävande momenten under planteringsarbetet var i storleksordning kranarbete, omladdning och markberedning. Av dessa tre bedöms framförallt omladdningen men även markberedningen, med hjälp av tekniska förbättringar kunna påverkas ytterligare i positiv riktning. Krantidens stora betydelse understryker därtill vikten av att välja en bra basmaskin med en stabil och snabb kran samt vikten av skickliga maskinförare.

Bakgrund

EcoPlanter är ett kranpetsmonterat planteringsaggregat under utveckling i samarbete mellan EcoFräsen AB i Fällfors och MoDo Skog AB. Aggregatet har som första prototyp studerats av Åhlund (1995) och en biologisk uppföljning har genomförts av ForeCare AB (Charlesworth m.fl. 1995). Dessa studier visade på en god prestationspotential och ett bra arbetsresultat. Till säsongen 1996 har en del förbättringar genomförts. Dessutom används större basmaskiner än de som redovisats i tidigare studier vilket ger dels längre kranräckvidd, dels större hydrauleffekt.

Syfte

Syftet med de genomförda studierna var att följa upp resultatet av de genomförda förändringarna men framför allt att genom en detaljerad studie av det egentliga planteringsarbetet bedöma ytterligare teknisk utvecklingspotential hos konceptet.

Genomförande

Markvärd, maskin och personal

Studien genomfördes dels på tre objekt belägna på MoDo Skog AB, Länna distrikt, och dels på ett objekt beläget på Hargs Godsförvaltning AB. Maskinen som användes på MoDos marker var en Valmet 911 med kranräckvidd på 9,2 m och bruttolifyftkraft på 142 kNm. På Hargs marker användes en ÖSA 670, en ombyggd fällare-läggare, med en kranräckvidd på 9,5 m och en bruttolifyftkraft på 200 kNm i originalutförande. Förarna av båda maskiner var erfarna maskinförare med vana från både maskinell gallring och maskinell plantering med EcoPlanter och bedömdes som mycket skickliga i kranarbete. Under studien på MoDos marker planterades gran odlade i HiKo V90 med en uppskattad medelhöjd på ca 20 cm. På Hargs marker planterades Swepot 110 med en medelhöjd mellan 20 och 30 cm. Mycket korta plantor sorterades bort vid laddningen av aggregatet.

Försöksobjekt och studieled

Av de fyra objekt som EcoPlanter studerades på låg två på torvmark, ett på åkermark och ett på en sedimentartad fastmark med en blandning av sand och äggstora stenar. På dessa objekt lades olika försöksled ut med syftet att på effektivast möjliga sätt kunna studera olika prestationspåverkande faktorer samt olika arbetsätt. Objekten och försöksleden kan beskrivas enligt följande (för mer ingående data se bilaga 1):

1. Lydinge (MoDo), ett objekt på torvmark med en gles skärmställning och naturlig föryngring av gran. Syftet var att på detta objekt studera hur hänsyn till en naturlig föryngring påverkar prestationen. Här kördes aggregatet på normalt sätt med fram- och återmatning av fräsarna samt i två försöksled, med och utan hänsyn till den naturliga föryngringen. Målsättningen var 2 500 välsatta plantor per hektar, i det ena fallet inklusive naturlig föryngring.
2. Hagby (MoDo), ett objekt på kraftigt gräsbevuxen åkermark med två olika försöksled; mjuk respektive hård mark. Den mjuka åkermarken bedömdes ha ett bearbetningsmotstånd motsvarande en lindrigt stenbunden moränmark medan den hårda åkermarken hade ett mycket högt bearbetningsmotstånd. Syftet var att på detta objekt studera hur variationer i markens bearbetningsmotstånd påverkar tidsåtgången. Målsättningen vid planteringen var även här 2 500 välsatta plantor per hektar.
3. Bromslätt (MoDo), torvmark med två olika skärmtätheter och en kalyta. Studierna inriktades här på att belysa högsta möjliga tekniska prestation med 2 500 utsatta (till skillnad från övriga försöksled med 2 500 **välsatta**) plantor per hektar. På denna lättbearbetade mark kördes aggregatet hela tiden med fräsarna i frammatat läge.
4. Harg, fastmark med två olika marktyper; en frisk och blockfri mark och en fuktig, något blockig mark. På dessa testades också plantering med

respektive utan tilltryckning. Tilltryckningen skedde genom att fräs-hjulen efter fräsning och plantsättning matades in utan att aggregatet lyftes. Syftet med denna delstudie var att komplettera materialet med plantering på mer normal skogsmark.

Studier

Studierna på MoDos marker genomfördes parallellt med två olika tidsstudiemetoder. Dels genomfördes en traditionell tidsstudie av en tidsstudieman som mätte realtid för ett antal i förväg bestämda moment, dels genomfördes en tidsstudie med hjälp av automatisk datainsamling, härefter kallat ADI, där en dator kopplad till maskinens egen styrdator löpande noterade vilka moment som utfördes under planteringsarbetet. Momentindelningen vid den manuella tidsstudien var: kranarbete inkl. plantering och markberedning, eventuell ompositionering av aggregat, flyttning mellan uppställningsplats, påfyllning av plantor i aggregatet samt övrigt. Därtill mättes körsträckan vid varje flyttning. Med ADI mättes planteringstid, markberedningstid, flyttningstid samt övrig tid. Med hjälp av den manuella tidsstudien kan sedan krantid och avbrott urskiljas ur övrig tid. Vid studierna på Hargs Godsförvaltning genomfördes studierna som en rent manuell tidsstudie men med en finare uppdelning av momenten än vid den manuella studien på MoDo. Momenten var här krantid, tid för ompositionering av aggregat, markberedning/plantering (p.g.a. planeringsmomentets korta varaktighet har dessa två slagits samman), flytt av maskinen, påfyllning av plantor samt övrigt. I tabell 1 beskrivs de redovisade momenten.

Tabell 1.
Förklaring av momentindelning i kommande figurer.

Moment	Förklaring
Laddning	Omladdning av 240 plantor från plantbärare till aggregat
Flyttning	Flytt av maskinen mellan uppställningsplatser för plantering
Krantid	Positionering och ompositionering av kranen
Plantering (MoDo)	Plantdon ner
Ställtid (MoDo)	Tid mellan markberedning och plantering
Markberedning (MoDo)	Fräsning av hög
Markb/plantering (Harg)	Tid för markberedning och plantering inkl ställtiden

Inmätningar efter genomförd plantering

Planteringsresultatet mättes in med hjälp av systematiskt utlagda cirkelprovytor med 1,78 m radie. För varje planta inom provytan noterades typ av hög (enl. Charlesworth m.fl. 1995), planteringsdjup (enl. von Hofsten, 1994) samt huruvida planteringsdonet skapat en krater runt plantan eller ej. Inom varje yta noterades dessutom antal planteringsförsök, antal ej utnyttjade planteringspunkter samt antal, trädslag och medelhöjd på eventuell naturlig förnyring. Inmätningrutinen beskrivs utförligt i bilaga 2. I samband med planteringsarbetet markerades yttergränserna för varje försöksled med blå märkfärg. Yttergränserna drogs en meter (halva förbandet) utanför de ytters- ta plantorna i varje stråk. När planteringen genomförts mättes yttergränserna

in. På MoDos marker skedde detta med hjälp av GPS medan ytorna på Hargs marker mättes in med kompass och måttband. De inmätta yttergränserna användes sedan för beräkning av arbetsbredder och arealer. Inom försöksled

med skärm klavades och skadeinventerades samtliga skärmträd inom de markerade yttergränserna och den skärmtäthet som presenteras i tabell 2 räknades fram. Slutligen mättes markens bearbetningsmotstånd med en konpenetrometer (resultat i bilaga 1).

Resultat

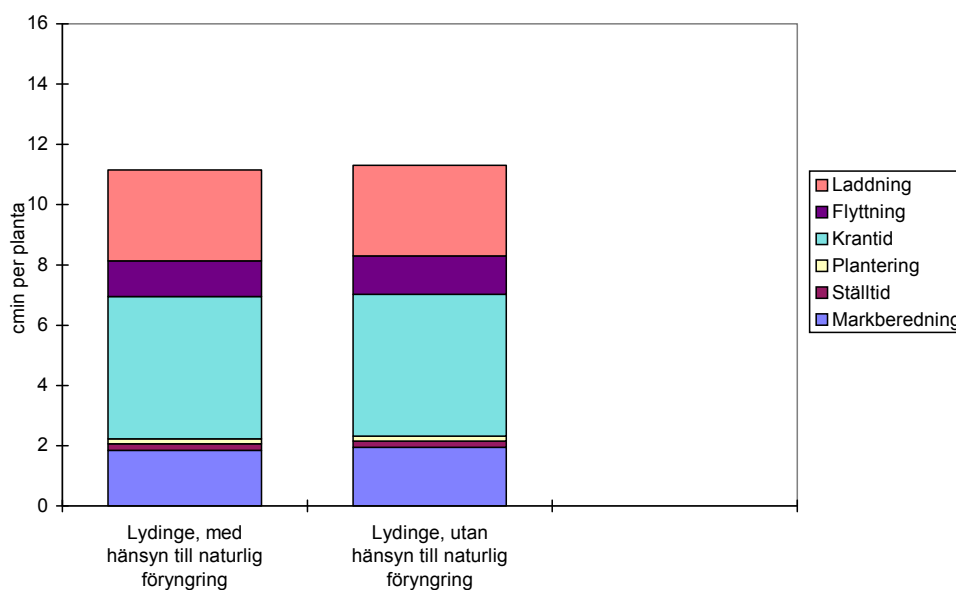
Resultatet redovisas med en figur för respektive objekt. I varje figur är redovisningen uppdelad på försöksleden inom objektet. Omladdningstiden antas vara oberoende av försöksled och redovisas i figurerna som ett totalt medelvärde för dels studien hos MoDo, dels studien på Harg. Tidsåtgången redovisas som tidsåtgång per planteringsförsök. Med planteringsförsök avses en fullföljd planteringscykel, dvs. fräsning har skett och planteringsdonen har gått ner för att sätta en planta. Eventuella omtag räknas alltså ej som planteringsförsök.

Omladdningstid

Omladdningstiden uppmättes under studien hos MoDo till i medeltal 723 cmin (två personer laddade), under studien på Harg till 800 cmin (en laddare) och i den tidigare genomförda studien av Åhlund till 747 cmin (en laddare) per omladdning. Vid varje omladdning laddades 240 plantor från maskinens plantbärare.

Hänsyn till naturlig föryngring

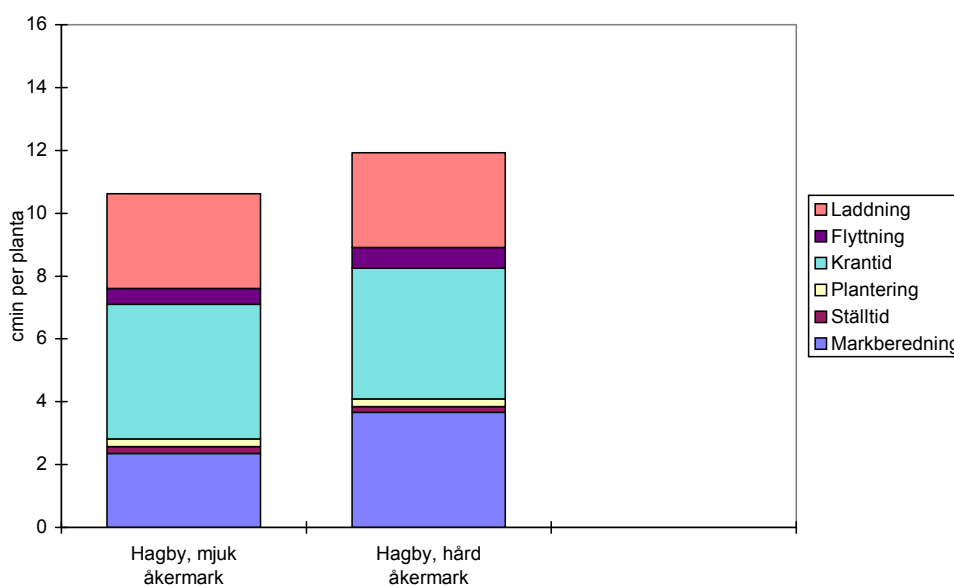
På torvmarksobjektet i Lydinge var syftet att göra en jämförelse mellan plantering med respektive utan hänsyn till den naturliga föryngringen. Vid plantering med hänsyn till beståndsföryngringen gjorde maskinföraren 2 440 planteringsförsök per hektar och när ingen hänsyn togs gjordes 3 040 försök. Som figur 1 visar erhöles inga som helst skillnader i tidsåtgång per planta. Inte heller de enskilda momenten skiljer sig åt på någon punkt.



Figur 1. Tidsåtgång, G₀-tid i cmin per planta för plantsättning och omladdning av aggregatet. Torvmark, med respektive utan hänsyn till naturlig föryngring. Basmaskin Valmet 911.

Markens bearbetningsmotstånd

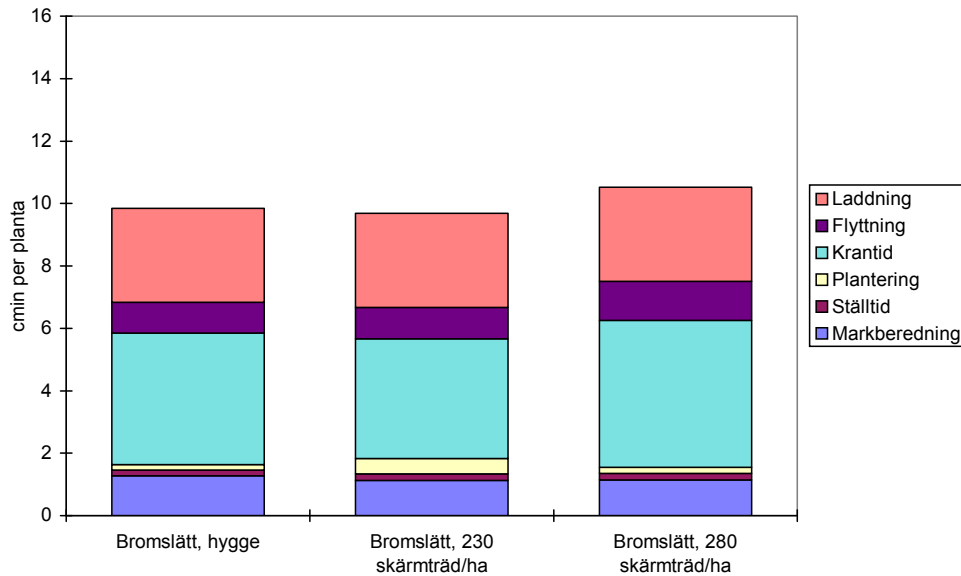
Planteringen på åkermarken i Hagby utfördes med syfte att jämföra två olika markbearbetningsmotstånd. Delstudien utfördes på en kraftigt gräsbevuxen åker belägen i en svag sluttning. I sluttningens nedre del var marken fuktig och erbjöd därmed ett betydligt lägre bearbetningsmotstånd än den torra övre delen, se figur 14 i bilaga 1. Vid planteringen på den mjuka åkermarken erhöles 3 050 planteringsförsök per hektar medan planteringen på den hårda åkermarken gav 3 430 försök. Som figur 2 visar erhöles en högre total tidsåtgång på den torra och hårda marken vilket helt förklaras med en högre tidsåtgång för markberedningen.



Figur 2. Tidsåtgång, G_0 -tid i cm in per planta för plantsättning och omladdning av aggregatet. Hård respektive mjuk åkermark. I båda fall kraftigt gräsbevuxen. Basmaskin Valmet 911.

Högsta tekniska prestation

På Bromslätt var syftet att uppnå högsta möjliga tekniska prestation i olika skärmtätheter. På hyggesdelen gjordes 2 580 planteringsförsök, i den glesare skärmen 2 620 försök och i den tätare skärmen 2 190 försök per hektar. Tidsåtgången var i stort sett samma på hygget som i den glesare skärmen. I den tätare skärmen däremot var tidsåtgången högre. Skillnaden orsakas av en högre krantid och en något högre flyttid (figur 3). Det tål att upprepas att all markberedning i denna delstudie hela tiden utfördes med fräshjulen i framkört läge för att uppnå högsta möjliga tekniska prestation. Detta var möjligt tack vare den mycket lösa torvmark som planteringen utfördes på.



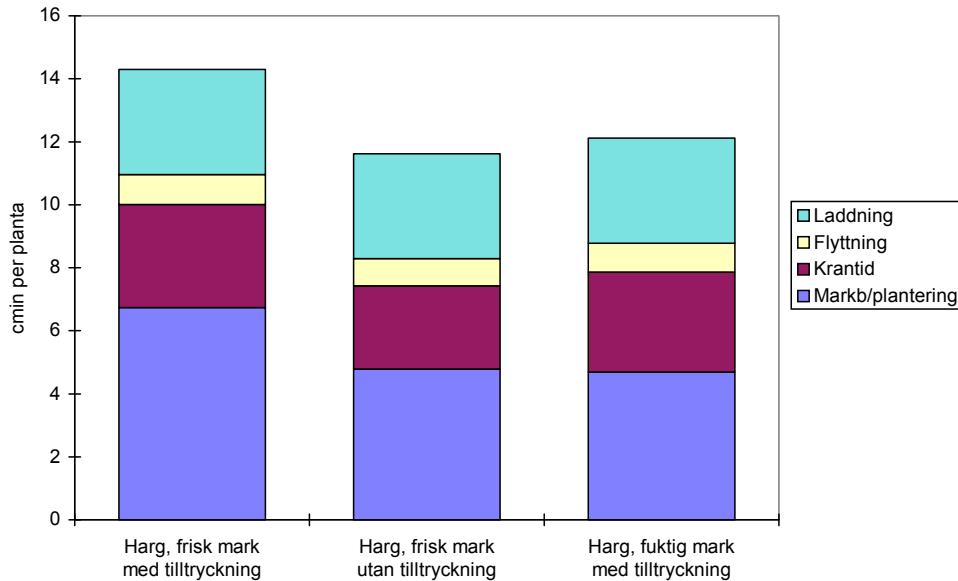
Figur 3. Tidsåtgång vid maximal teknisk prestation, G₀-tid i cmin per planta för plantsättning och omladdning av aggregatet. Torvmark med hygge, tät och medeltät skärm. Basmaskin Valmet 911.

Kompletterande studie på fastmark

Den sista delstudien, som genomfördes på Harg, hade som främsta syfte att belysa plantering på en annan marktyp än torvmark och åkermark. Därtill studerades också plantering med respektive utan tilltryckning.

Tilltryckningen skedde genom att föraren lät fräshjulen gå tillbaka till indraget läge utan att lyfta aggregatet från marken. Eftersom ingen automatisk datainsamling utfördes var det, på grund av planteringsmomentets korta varaktighet, omöjligt att särskilja markberedning och plantering. På den friska marken med tilltryckning gjordes 2 580 planteringsförsök per hektar och på samma mark utan tilltryckning gjordes 3 130 försök. Det sista försöksledet, fuktig mark med tilltryckning, gav 2 550 försök per hektar.

Figur 4 visar att tidsåtgången vid plantering med tilltryckning på den friska marken varit högre än motsvarande utan tilltryckning på samma mark. Skillnaden består främst av en ökning av tiden för markberedning och plantering men också, till en mindre del, av en ökning av krantiden. Plantering på den fuktiga marken utfördes endast med tilltryckning och var då mindre tidskrävande än motsvarande metod på den friska marken. Skillnaden bestod här enbart av en större tidsåtgång för markberedning och plantering på den senare.

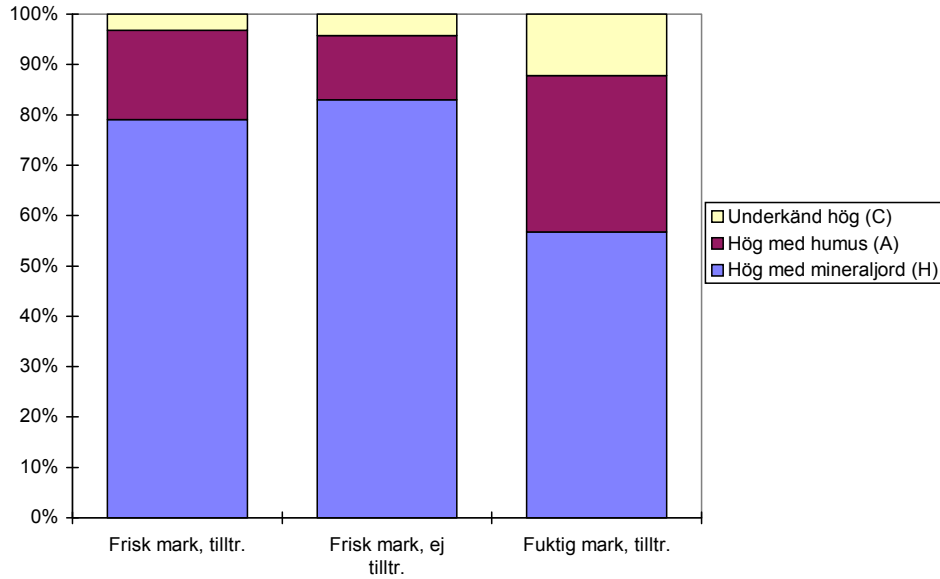


Figur 4.
Tidsåtgång, G₀-tid i cmin per planta för plantsättning och omladdning av aggregatet. Frisk respektive fuktig fastmark samt med respektive utan tilltryckning på den friska marken. Tiden för tilltryckning ingår i markberedning och plantering. Basmaskin ÖSA 670.

Arbetsresultat

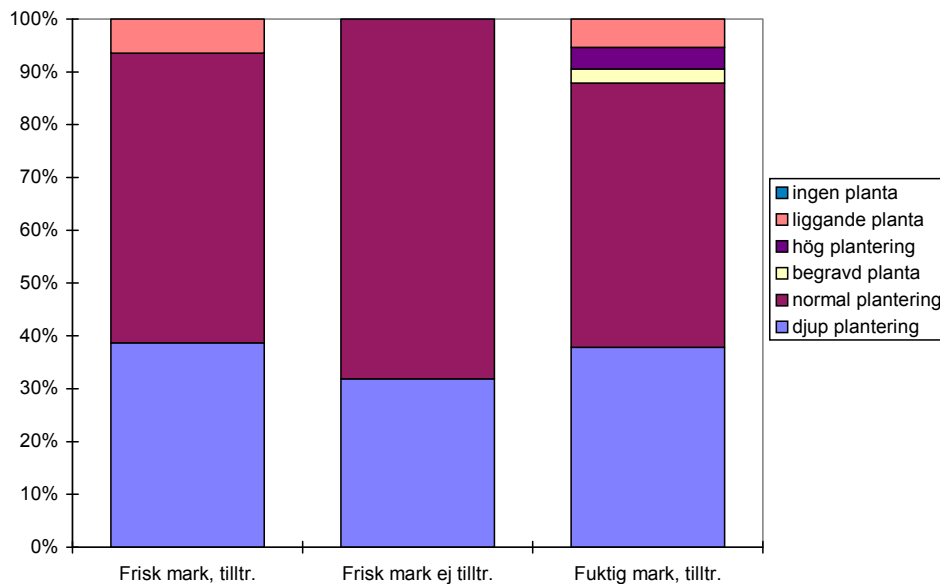
På grund av de speciella och icke representativa objektförhållanden som rådde under huvudstudien (torvmark respektive åkermark) bedöms arbetsresultatet från dessa områden ha mycket ringa värde och redovisas därför ej. Den kompletterande studien på Harg gjordes däremot under mer driftmässiga förhållanden och på normal skogsmark och är därför av större intresse. Resultatredovisningen måste dock inskränkas till en redovisning av planteringsdjup och högkvalitet inmätta i samband med studien. För mer ingående fakta angående planterings- och etableringsresultat hänvisas till pågående, delvis avrapporterade studier (Charlesworth m.fl. 1995). Bedömningskriterierna som använts i figur 5 och 6 redovisas i bilaga 2.

I figur 5 redovisas en bedömning av högkvaliteten enligt Forecare. För samtliga försöksled ligger andelen godkända högar, klass A och H, över 85 % och på den friska marken över 95 %. Tilltryckningen har inte förändrat detta förhållande i någon märkbar omfattning.



Figur 5.
Andel högar i klass H, A och C vid studien på Harg (enligt Charlesworth m.fl. -95).

Planteringsdjupet redovisas uppdelat på sex olika klasser enligt von Hofsten 1994 (bilaga 2) i figur 6. Antalet plantor satta djupt eller normalt, vilket kan klassas som godkänt, varierar mellan drygt 85 % och 100 %. Bäst resultat erhöles utan tilltryckning på frisk mark men skillnaderna är mycket små.



Figur 6.
Planteringsdjup vid studien på Harg (enligt von Hofsten -94).

Diskussion

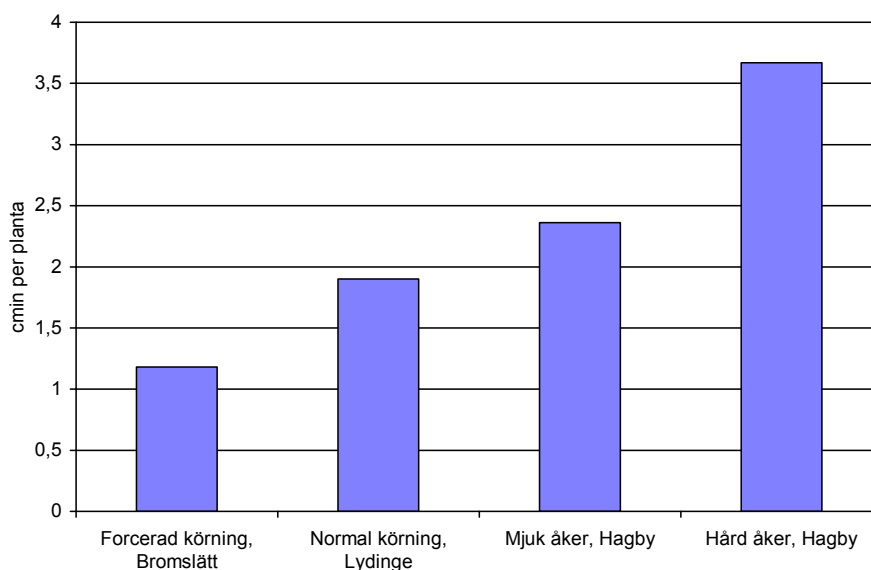
Syftet med denna studie var, som tidigare nämnts, främst att belysa den tekniska utvecklingspotentialen i det studerade maskinkonceptet. Av denna anledning har både resultatredovisningen och diskussionsavsnittet koncentrerats på de rent tekniska prestationsbitarna medan resultatet från uppföljningen av planteringsresultatet fått stå tillbaka något.

Tidsåtgången moment för moment

I följande diskussionsavsnitt behandlas tidsåtgången per planta moment för moment. Vissa moment är oberoende av antalet utsatta plantor per arealenhet och behöver inga särskilda korrektioner. Andra moment, såsom t.ex. flyttningstid och krantid påverkas av antalet plantor som sätts ut. Vissa korrektioner har därför varit nödvändiga. Dessa korrektioner redovisas i de fall de är aktuella. Tidsstudien på Harg ingår ej i beräkningarna utan används som kontroll.

Markberedning

Markberedningstiden per planta är ej beroende av det utsatta antalet plantor per hektar. Genom statistiska analyser av skillnaderna mellan försöksleden kan tidsåtgången för markberedning slås ihop till fyra homogena grupper vilka inte skiljer sig inbördes men där skillnaderna mellan grupperna är signifikanta på 5 % nivå. Grupperna åskådliggörs i figur 7. Som framgår av figuren gick markberedningen snabbast vid forcerad körning på torvmark där fräshjulen hela tiden arbetade i utmatat läge (Bromslätt). När fräshjulen arbetade på normalt sätt, dvs. inifrån och ut, under markberedning på motsvarande mark (Lydinge) ökade tidsåtgången med drygt 0,7 cmin/planta. Ytterligare ökning med ca 0,46 cmin erhöles vid markberedning av den mjuka åkermarken och längst tid tog markberedningen på den hårda åkermarken med en ökning på ca 1,31 cmin till totalt 3,67 cmin per planta.



Figur 7.
Tidsåtgång i cmin per planta för rent markberedningsarbete sorterat efter körningsmetod och bearbetningsmotstånd (uppmätta konpenetrometervärden visas i bilaga 1).

Ställtid, plantering

Den ställtid som redovisas i figurerna 1 till 3 består av den tid som förflyter mellan det att markberedningen avslutats tills planteringsmomentet påbörjats. Ställtiden utgör en mycket liten del av den totala tiden och uppvisar inga skillnader mellan de olika försöksleden. Genomsnittlig ställtid var 0,20 cmin per planta.

Planteringstid

Även planteringstiden motsvarar en mycket liten del av den totala tiden. Den uppvisar, med ett undantag, inga skillnader mellan försöksleden. Undantaget återfinns i den glesare skärmen på Bromslätt, där planteringstiden är dubbelt så stor som i övriga försöksled. Detta kan troligen förklaras med att det var det första försöksled som kördes varför hydraulolja och mekanik fortfarande var kalla vilket orsakade den tidsförlängning som kan ses. Den genomsnittliga planteringstiden var 0,24 cmin per planta.

Krantid

Krantiden är ett av de moment som teoretiskt sett bör påverkas av dels antal planteringsförsök per hektar, dels antal lämnade skärmträd per hektar. En högre skärmtäthet eller ett lägre antal planteringsförsök borde orsaka en ökad krantid per planta. Några sådana tendenser kan dock inte urskiljas i det aktuella materialet varför krantiden fortsättningsvis kommer att behandlas

som oberoende av dessa faktorer. Genomsnittlig krantid per planta var 4,38 cmin.

Flyttningstid

Även flyttningstiden per planta bör teoretiskt sett påverkas av antal skärmträd och antal planteringsförsök per ytenhet. Tester visade att så också var fallet. Med hjälp av multipel regression erhöles följande modell för flyttningstiden:

Flytttid, cmin/pl	=	1,28559 + 0,0015546x - 0,0001818y
x	=	antal skärmträd per hektar
y	=	antal planteringsförsök per hektar
r ²	=	0,69
Totalt medelvärde i studien	=	0,98 cmin/pl

Med anledning av detta kommer flyttningstiden att beräknas enligt denna funktion vid de fortsatta analyser och generaliseringar som här görs.

Laddning av aggregatet

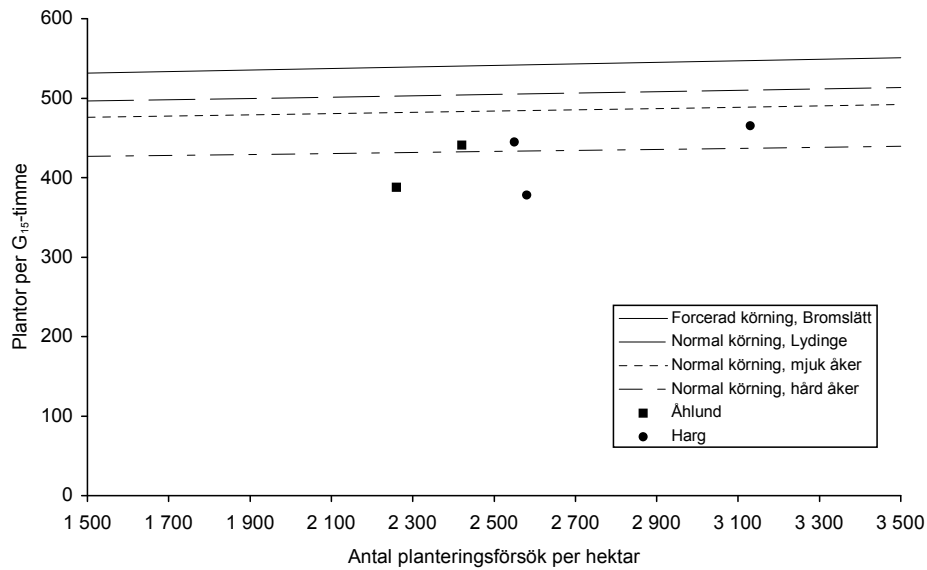
Laddningstiden var i genomsnitt 3,01 cmin per planta under studien på Mo-Do. Laddningen utfördes då av två personer. Under studien på Harg var tidsåtgången per planta 3,33 cmin vid laddning av en person (endast en observation). Åhlund erhöles vid sina studier en genomsnittlig laddningstid per planta på 3,11 cmin med en laddare. Med dessa siffror som grund har laddningstiden i kommande generaliseringar satts till 3,15 cmin per planta.

Prestationspåverkande faktorer

Analysen av de prestationspåverkande faktorerna görs i plantor per G₁₅-timme och hektar med omräkningstal $G_0\text{-tid}/G_{15}\text{-tid} = 0,9$.

Markens bearbetningsmotstånd och körteknik

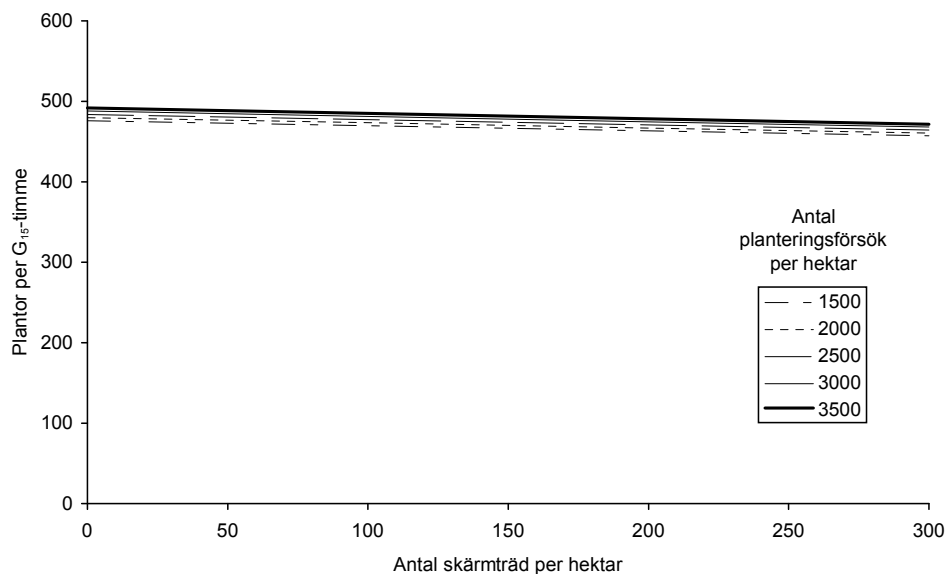
Som tidigare visats påverkar markens bearbetningsmotstånd och körtekniken (fräsning under utmatning eller ej) tidsåtgången för markberedning i stor omfattning. Hur detta påverkar den totala tidsåtgången belyses i figur 8. Som ingångsdata har använts de genomsnittliga värden och funktioner som beskrivits ovan. Markberedningstiden motsvarar den tid som tidigare beskrivits i figur 7. För att göra jämförelsen relevant har tiderna för alla delobjekt räknats ner till att motsvara ett objekt utan skärm. Observera att skillnaderna mellan Bromslätt och Lydinge med all sannolikhet enbart beror på skillnader i körteknik.



Figur 8.
Prestation i plantor per G₁₅-timme vid olika antal planteringsförsök, olika körteknik och olika markbearbetningsmotstånd. Studiedata enligt Åhlund och från studien i Harg är inlagda som kontrollpunkter. Exemplet förutsätter ett objekt utan skärm.

Påverkan av antal skärmträd och planteringsförsök

Figur 9 visar ett exempel på hur antal skärmträd och antal planteringsförsök per hektar påverkat prestationen. I exemplet har den markberedningstid som erhöles på den mjuka åkern använts. Som framgår av denna figur har antalet skärmträd en mycket liten påverkan på tidsåtgången och inte heller antal planteringsförsök per hektar har någon större inverkan, samtliga kurvor ligger mellan 450 och 500 plantor per G₁₅-timme oavsett antal skärmträd och antal planteringsförsök.



Figur 9.

Prestationens beroende av olika skärmtätheter vid varierande antal planteringsförsök per hektar.

Sammanvägning av prestationspåverkande faktorer

I tabell 2 vägs de olika prestationspåverkande faktorerna samman i två olika rutsystem, ett där antalet planteringsförsök per hektar hållits konstant på 2 500 st/ha medan antalet skärnträd varierats och ett med det omvända förhållandet där antalet skärnträd hållits på 150 st/ha medan antalet planteringsförsök varierats. Som framgår av tabellen är variationen i prestation förhållandevis liten, från 505 plantor/G₁₅-timme som bäst till 416 plantor som sämst. Högt bearbetningsmotstånd motsvarar hård åker, normalt motstånd mjuk åker och lågt motstånd motsvarar torvmark. Tabellen förutsätter normal körteknik. Om den teknik som användes i Bromslätt appliceras på nedanstående ingångsvärden ökas den högsta prestationen till 541 plantor vid lågt bearbetningsmotstånd och utan skärm samt till 533 plantor vid lågt bearbetningsmotstånd och 3 000 planteringsförsök.

Tabell 2.

Sammanvägning av de olika prestationspåverkande faktorerna. I vänstra rutan varieras antalet skärnträd medan antal planteringsförsök hålls konstant på 2 500st/ha. Högra rutan visar det motsatta, antalet skärnträd hålls konstant på 150 st/ha.

Markbearbetnings-
motstånd

Högt	433	425	417
Normalt	484	474	464
Lågt	505	494	484
	0	150	300
	Antal skärnträd / ha		

Markbearbetnings-
motstånd

Högt	416	422	428
Normalt	463	470	478
Lågt	482	489	498
	1 000	2 000	3 000
	Antal planteringsförsök/ha		

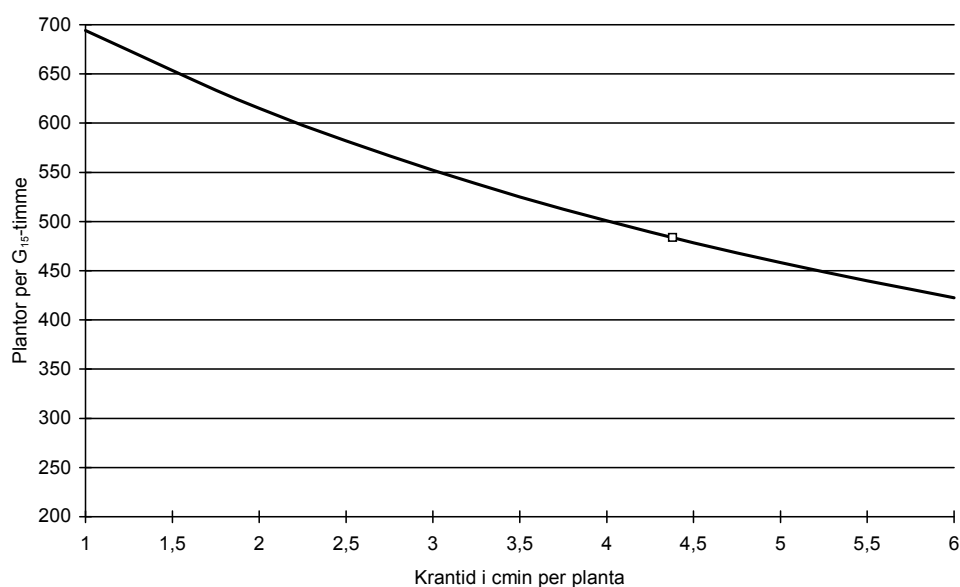
Känslighetsanalyser

Följande känslighetsanalyser på prestationen är gjorda vid 2 500 planteringsförsök per hektar, med ett bearbetningsmotstånd motsvarande normal körning på mjuk åker samt utan skärm. Momentet som är mål för analysen i respektive figur (x-axeln) har varierats inom det omfång som med ledning av studierna ansetts som rimligt. Ingen känslighetsanalys av planterings- och ställtid har gjorts eftersom eventuella tidsbesparingar där är obetydliga i det stora hela.

Förändringar i krantid

Krantiden är, i genomsnitt, det mest tidskrävande momentet. Som tidigare nämnts kan krantiden, även om detta ej framkom i de genomförda studierna, antas påverkas av antal satta plantor per hektar samt av antalet skärnträd per hektar. Vad detta, eller någon form av teknik- eller metodförändring, skulle kunna innebära för den totala tiden redovisas i figur 10. Kurvan i figuren är inte linjär men grovt kan sägas att en minskning av krantiden från 4 till 3 cmin per planta ökar prestationen med ca 50 plantor per G₁₅-timme

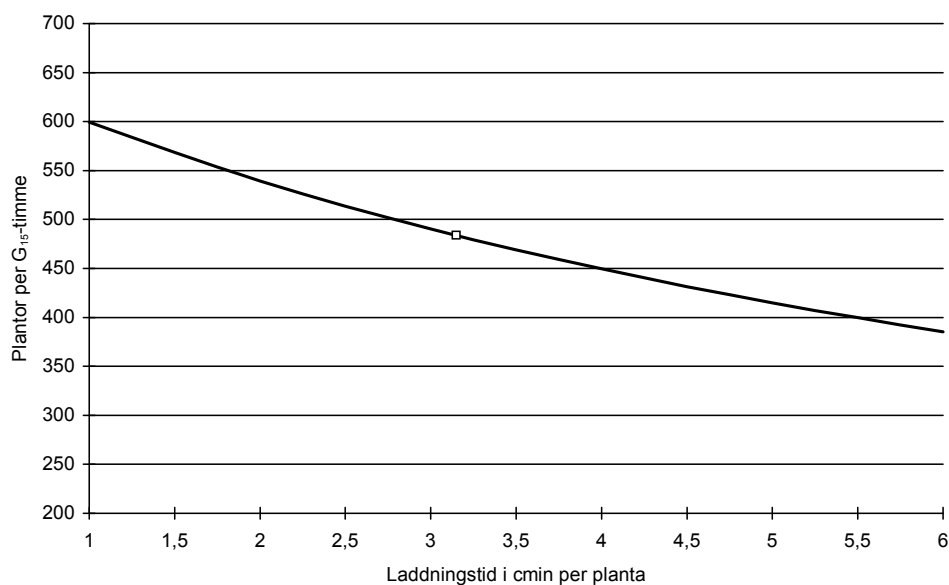
(genomsnittlig krantid i studien var 4,38 cmin per planta och har markerats med en kvadrat i figuren).



Figur 10. Genomsnittlig krantid (punkt) och prestationens beroende av krantiden vid 2 500 planteringsförsök per hektar, mjuk åkermark och ingen skärm.

Förändringar i laddningstid

Laddningstiden är i snitt det näst största momentet. Genom tekniska förändringar eller rationaliseringar kan det vara möjligt att minska tiden för laddning. Hur detta slår på den totala tidsåtgången visas i figur 11. Den genomsnittliga laddningstiden, markerad med en kvadrat i figuren, beräknades i studien till 3,15 cmin per planta. En sänkning från 3 till 2 cmin laddningstid per planta skulle öka prestationen med ca 50 plantor per G₁₅-timme.

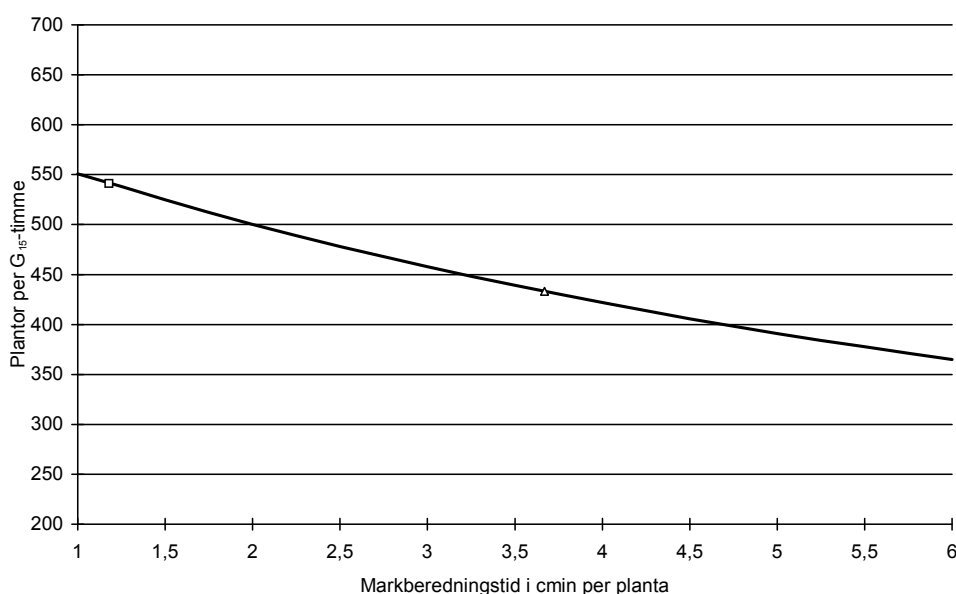


Figur 11.

Genomsnittlig laddningstid (punkt) och prestationens beroende av laddningstiden vid 2 500 planteringsförsök per hektar, mjuk åker och ingen skärm.

Förändringar i markberedningstid

Markberedningstiden varierade i snitt mellan 1,18 cmin (kvadrat i figuren) och 3,67 cmin (triangel i figuren) per planta och kommer därmed som nummer tre på de olika momentens storlekslista. Den är beroende av markens bearbetningsmotstånd men går förmodligen att påverka i någon mån på andra sätt, t.ex. som på Bromslätt genom att köra med fräsarna i utmatat läge. Detta kräver dock vissa tekniska förändringar. Storleken på prestationsvinsterna vid förkortning av markberedningstiden visas i figur 12.

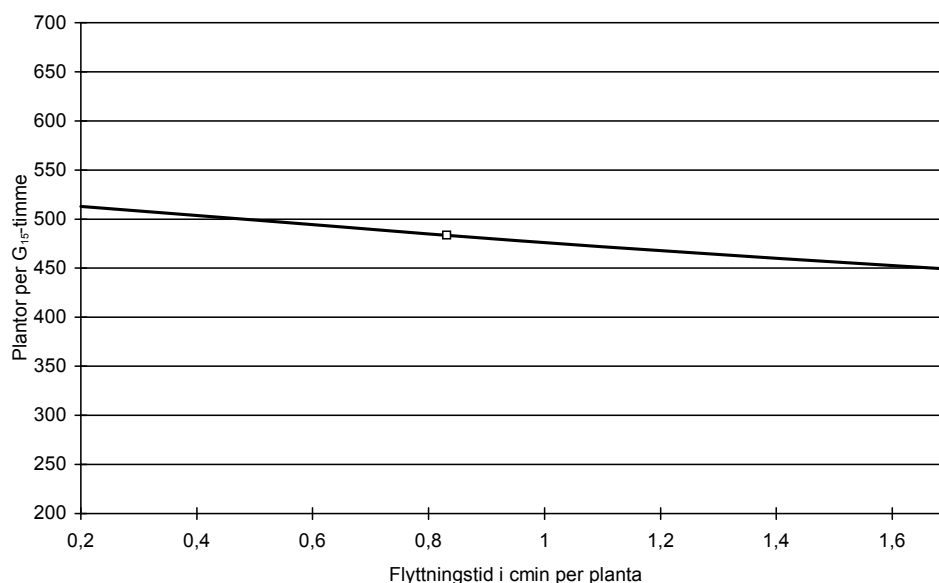


Figur 12.

Max och min markberedningstid (punkter) och prestationens beroende av markberedningstiden förutsatt 2 500 planteringsförsök per hektar och ingen skärm.

Förändringar i flyttningstid

Förändringarna av flyttningstiden är, som tidigare visats, beroende av antal skärmträd och antal planteringsförsök per hektar. Om det med ändrad körteknik, ändrad kranräckvidd eller liknande skulle gå att minska flyttningstiden är den prestationsökning som kan erhållas trots allt förhållandevis liten (figur 13). Den genomsnittliga flyttningstiden, 0,83 cmin per planta markeras med en kvadrat.



Figur 13.
Genomsnittlig flyttningstid (punkt) och prestationens beroende av flyttningstiden vid 2 500 planteringsförsök per hektar, mjuk åker och ingen skärm.

Slutsatser

De största enskilda moment som påverkar prestationen är i storleksordning: kranarbete, laddning av aggregatet samt markberedning. Kranarbetets stora betydelse för tidsåtgången understryker dels vikten av att välja rätt basmaskin (kran), dels förarens stora inverkan på prestationen. Som exempel kan tas skillnaden mellan krantiderna i Harg och i Länna, ca 1 cmin per planta till Hargs fördel. Vad detta kan bero på är naturligtvis svårt att spekulera om men till exempel kan det, förutom skillnader i krankapacitet, bero på skilda körsätt. Föraren i Länna ställde inför varje flytt kranen i körriktningen medan föraren i Harg flyttade maskinen med kranen i den position den hade när planteringen på aktuell uppställningsplats var klar. En möjlig tidsbesparing på hyggen utan skärm?

Laddningen av aggregatet är ett annat moment som bör kunna rationaliseras. Större kapacitet i magasinet på aggregatet, automatiserad omladdning med någon form av kassettsystem eller automatisk plantmatning från odlingskassetter skulle med största sannolikhet kunna minska laddningstiden per planta.

Även markberedningstiderna bör med vissa tekniska förändringar kunna minskas, framför allt på marktyper där metoden med fräsning utan utmatning av fräshjulet kan genomföras. Detta kräver dock förstärkningar av mekanismen för ut- och inmatning eftersom fräshjulen vid denna körteknik får ta stöten vid nedsättningen av aggregatet.

Sammanfattningsvis uppnåddes under studierna en förhållandevis hög prestation vilken med vissa förändringar och förutsatt bra basmaskiner och skickliga förare bör kunna ökas ytterligare något. Med utgångspunkt från de

ingångsvariabler som används i analyserna ovan är den totala genomsnittliga prestationen vid studien ca 480 plantor per G₁₅-timme. Om krantiden kan sänkas från 4,38 till 4 cmin/pl, laddningstiden från 3,15 till 2 cmin/pl och markberedningstiden från 2,36 till 2 cmin per planta skulle det innebära en prestationshöjning från 480 till 580 plantor per G₁₅-timme. Detta antyder att den finns en god utvecklingspotential kvar i systemet.

Referenser

- von Hofsten, H. 1994. Rutiner för uppföljning av arbetsresultat vid maskinell plantering. Stencil 1994-02-07. SkogForsk, Uppsala.
- Charlesworth, E., Fredriksson, M. & Wilhelmsson, O. 1995. EcoPlanter – fysiska och biologiska resultat efter första växtsäsongen. ForeCare AB, Bräcke.
- Åhlund, J. 1995. Mekaniserad plantering med EcoPlanter 2 000 – en prestationsstudie samt systemjämförelse med Silva Nova och manuell plantering. Studentuppsatser nr 29 1995. Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Hallonborg, U. 1996. Studieplan – EcoPlanter, 1996. Stencil 1996-05-09. SkogForsk, Uppsala.

Beskrivning av objekt och försöksled

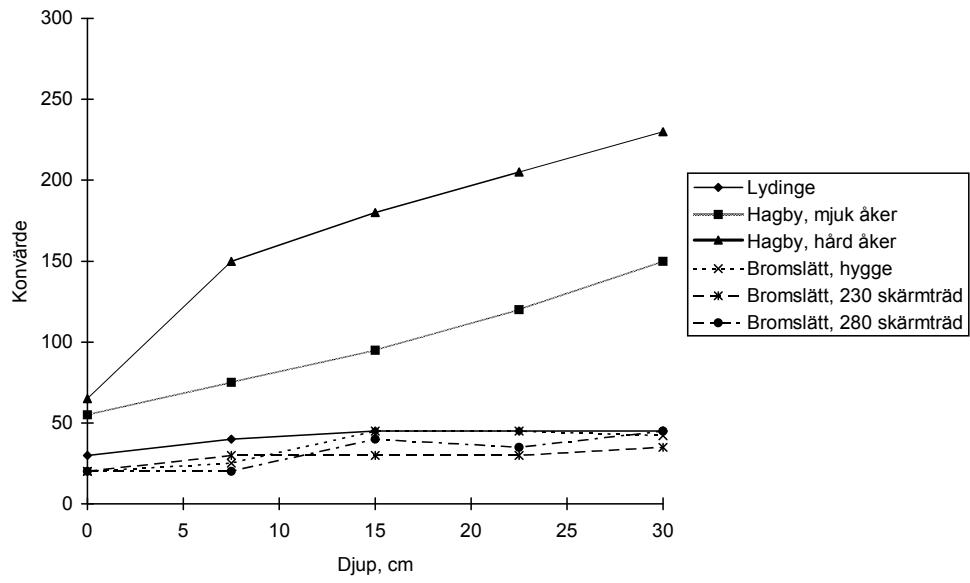
Tabell 3.
Beskrivning av de olika objekten enligt SkogForsks terrängtypsschema

Objekt	Grundförhållanden	Ytstruktur inkl. stubb	Lutning	Blockkvot
Lydinge	4	2	1	1
Hagby	2	1	1	1
Bromslätt	4	3	1	1
Harg, frisk	2	2	1	1
Harg, fuktig	4	4	1	2

Tabell 4.
Beskrivning av de olika försöksleden. De skillnader varje delstudie syftade till att belysa är markerade med fetstil.

Objekt	Markslag	Skärmtät- het st/ha	Hänsyn till nat. förnygr.	Markens bearbet- ningsmotstånd	Tilltryck- ning	Fräsar kon- stant ute?
Lydinge	Torvmark	205	Nej	Lågt	Nej	Nej
- " -	Torvmark	160	Ja	Lågt	Nej	Nej
Hagby	Åkermark	-	-	Medel	Nej	Nej
- " -	Åkermark	-	-	Högt	Nej	Nej
Bromslätt	Torvmark	230	Nej	Lågt	Nej	Ja
- " -	Torvmark	280	Nej	Lågt	Nej	Ja
- " -	Torvmark	0	Nej	Lågt	Nej	Ja
Harg	Morän, frisk	45	Nej	Medel	Ja	Nej
- " -	Morän, frisk	55	Nej	Medel	Nej	Nej
- " -	Morän, fuktig	0	Nej	Medel	Nej	Nej

Figur 14 visar de uppmätta konpenetrometervärdena mot markdjup. Enkelt förklarar innebär ett högt värde ett högt bearbetningsmotstånd. De uppmätta värdena stämmer väl överens med de markberedningstider som erhöles i studien.



Figur 14.
Uppmätta konpenetrometervärden på Bromslätt, Hagby och Lydinge.

Inmätningrutin, planteringsresultat

Typ av hög enl. Charlesworth m.fl.;

1. Typ H. Fräst hög med mineraljord (här även välhumifierad torv) i översta skiktet.
2. Typ A. Fräst hög med enbart humus i översta skiktet.
3. Typ C. Underkänd hög bestående av enbart förna och eller ris.

Planteringsdjup enl. von Hofsten;

1. Liggande planta.
2. Hög plantering, plantans torvklump ovanför marknivån.
3. Normal plantering, torvklumpen i nivå med markytan eller max halva gröndelen begravd.
4. Djup plantering, mer än halva gröndelen begravd men toppen sticker upp.
5. Plantan begravd, hela plantan under marknivå. Ingen del syns.
6. Ingen planta kan återfinnas i högens närhet.

Står plantan i en krater?

1. ja
2. nej

Antal planteringsförsök;
- antal punkter där fräsning skett.

Antal ej utnyttjade planteringspunkter;
- antal punkter där planter borde satts men där inget planteringsförsök skett.

Naturlig föryngring;
- antal, träslag och höjd för befintliga planter med ca 5 cm höjd och uppåt.

Godkänd hög;
- hög av typ 1 eller 2 enligt ovan.

Godkänt planteringsdjup;
- djup i klass 3 eller 4 enligt ovan.