



SKOGSMÄSTARPROGRAMMET
Examensarbete 2013:12

Vilken är den teoretiskt optimala toppdiametern på bokmassaved vid motormanuell avverkning?

*What is the theoretically optimal top diameter of
pulpwood from beech at motor manual harvesting?*



Roger Olsson

Vilken är den teoretiskt optimala toppdiametern på bokmassaved vid motormanuell avverkning?

What is the theoretically optimal top diameter of pulpwood from beech at motor manual harvesting?

Roger Olsson

Handledare: Torbjörn Valund

Examinator: Eric Sundstedt

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå med minst 60 hp kurs/er på grundnivå som förkunskapskrav

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kurskod: EX0624

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2013

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

Omslagsbild: Foto Roger Olsson

Nyckelord: sektionskubering, manuellavverkning, bok



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

FÖRORD

Detta examensarbete utgör finalen av min utbildning till skogsmästare på Skogsmästarskolan i Skinnskatteberg och är på C – nivå. Omfattningen är 15 hp vilket motsvarar tio veckors heltidsarbete.

Eftersom mitt intresse för förbättringsarbete och utveckling är stort ville jag utföra ett examensarbete där någonting förändrades till det bättre samt senare även kunde bli användbart i praktiken. Vid kontakt med Stora Enso Bioenergi AB visade det sig att de hade funderat på en sak ett tag. Nämligen var den ekonomiska gränsen går mellan bokmassaved och GROT från bok. Denna fundering lade grunden för examensarbetet för vilket Stora Enso Bioenergi AB var uppdragsgivare.

Önskemålet från uppdragsgivarens sida var att ett praktiskt kalkyleringsverktyg skulle utvecklas. Meningen var att man vid ett visst avverkningstillfälle skulle kunna avgöra den teoretiskt optimala toppdiametern för den sista massavedsbiten i bokskog. Detta skulle vara möjligt även när priser och avverkningskostnader fluktuerar över tiden. En räknesnurra med namnet "*Olssons toppdiametrar för bok (Fagus sylvatica)*" som fyller ovanstående kvalifikationer har därför skapats i detta examensarbete. Även en litteraturstudie om bok (*Fagus sylvatica*) har genomförts.

Många tack riktas till handledaren på Stora Enso Bioenergi AB, Kristofer von Hauswolff Julin, för tips och hjälp under projektets gång.

Viktor Jonsson och Stefan Johnsson som är inköpare respektive manuellhuggare på Sydved visas en stor uppskattning för deras uppoffringar de gjort för att möjliggöra examensarbetet.

Daniel Ågren på Haglöf Sweden AB ska också ha ett stort tack för att ha ställt upp med mjukvara till datorklaven.

Givetvis visas stor tacksamhet även till handledaren på Skogsmästarskolan, Torbjörn Valund, för alla goda synpunkter och idéer han bistått med.

Slutligen vill jag tacka min familj och alla närstående som hjälpt och stöttat mig inte bara under examensarbetet utan under hela min utbildning till skogsmästare.

TACK ska ni ha!

Glimminge, maj 2013

Roger Olsson

INNEHÅLL

FÖRORD	III
INNEHÅLL.....	V
1 ABSTRACT	1
2 INLEDNING	3
2.1 Bokens släktskap.....	3
2.2 Bokens historia och utbredning.....	4
2.3 Bokens användningsområden idag.....	5
2.4 Ståndortskrav	6
2.5 Föryngring.....	7
2.5.1 Naturlig föryngring	8
2.5.2 Sådd.....	12
2.5.3 Plantering.....	13
2.6 Røjning.....	15
2.7 Gallring	18
2.8 Syfte	23
3 MATERIAL OCH METODER	25
3.1 Definition av de tre kvistklasserna	25
3.2 Beståndsdata och lokalisering.....	26
3.3 Avverkningsmetoder.....	26
3.4 Information om och från avverkningspersonal.....	27
3.5 Utrustning vid insamling av fältdata.....	27
3.6 Ingångsfaktorer.....	28
3.7 Omvandlingstal	29
3.8 Beräkningar	30
3.9 Beräkningsexempel.....	33
3.9.1 Från $h(G_{15})$ till $h(G_0)$ och från $kr/h(G_{15})$ till $kr/h(G_0)$	33
3.9.2 Sektionskubering.....	33
3.9.3 Värdeberäkningar	34
3.9.4 Kostnadsberäkningar	35
3.9.5 Beräkningar av nettovärde.....	35

4	RESULTAT	37
4.1	Grafiska illustrationer och regressionsanalys	37
4.2	Eftersträvade och faktiska toppdiametrar.....	38
4.3	Avverkningskostnader	40
4.4	Vid vilken diameter bör då toppen kapas?	40
4.5	Toppdiametern i praktisk produktion.....	41
5	DISKUSSION.....	43
6	SAMMANFATTNING	45
7	REFERENSLISTA.....	47
7.1	Publikationer	47
7.2	Internetdokument	48
8	BILAGOR.....	51

1 ABSTRACT

The bioenergy market has been introduced relatively late in a perspective of the Swedish forestry. Nowadays branches and tops are used more frequently as bioenergy after harvesting. Therefore, it has developed a competitive situation between pulpwood and bioenergy. This situation has even established some questions. Two examples of these are:

- At what top diameter should the final piece of pulpwood be crosscut to get the best economically result?
- Should the top diameter, at the final piece of pulpwood, be crosscut at a thicker or smaller diameter than what is done today?

The purpose of this report is to answer these two questions when the harvesting is made motor manually in beech stands. The principal of this report, Stora Enso Bioenergi AB, even wants to have a product tool for use in the determining of the theoretically optimal top diameter at a given time as the price of pulpwood, bioenergy and even the cost of harvesting is fluctuating. Therefore has even a practical calculation tool in Microsoft Excel been developed in this thesis. To facilitate future calculation when it comes to stands harvested by harvesters the calculation tool even includes the factors necessary for this.

To obtain the essential input factors a field study was preformed. Diameters including bark, bark thickness, length and processing time of the last piece of pulpwood were collected. Thirty pieces of pulpwood were examined. After the field study volumes, harvesting costs and net value were calculated.

During the field study the motor manual feller even emphasized that the chipping method is very important to decide where to make the crosscutting. The logger informed that the last piece of pulpwood was crosscut at a bigger top diameter when the chipping was made inside the stand compared to if a forwarder transported the branches and the tops out from the stand and the chipping occurred afterwards.

By using quadratic regressions for the net value of pulpwood and bioenergy the theoretically optimal top diameter for each individual piece of pulpwood could be calculated. Then the average of these top diameters was estimated. This average turned out to be 6,3 centimetres including bark. The study even shows that the actual average of the top diameter in practically manual harvesting was 16,3 centimetres including bark. This indicates that the top diameter should be crosscut at a smaller diameter than what is done today.

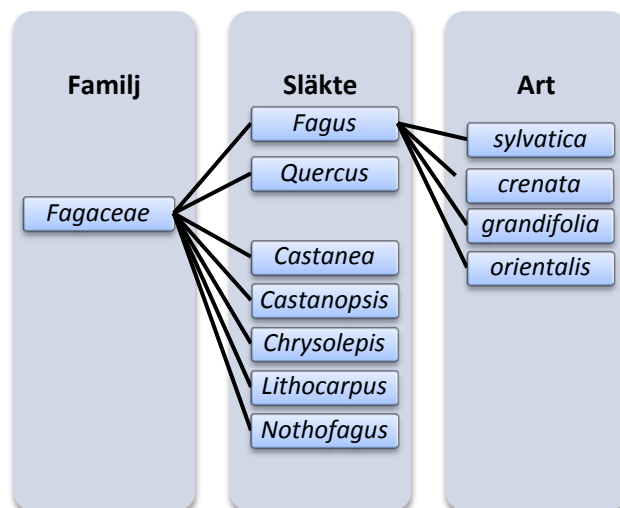
2 INLEDNING

Detta examensarbete kommer att utreda vid vilken toppdiameter den sista massavedsbiten bör kapas vid manuellavverkning i bokskog där man även tar ut biobränsle. Syftet med utredningen är att manuellavverkningarna i bokskog ska ge en så stor ekonomisk vinst som möjligt. Själva undersökningen har inneburit att fältstudier och olika beräkningar gjorts samt att materialet sammanställts för att få ett svar på den teoretiskt optimala toppdiametern på sista massavedsbiten. En mer utförlig beskrivning av syftet med examensarbetet kommer att presenteras i slutet på detta kapitel. För att vidga perspektivet något och för att ge en större förståelse för bland annat bokens släktskap, historia och skötsel kommer nu en mer ingående beskrivning av boken att göras.

2.1 Bokens släktskap

Alla växter och djur är indelade i bland annat familjer, släkten och arter. När det gäller boken som finns i Sverige, den som också kallas rödbok eller vanlig bok (*Fagus sylvatica* L.), ingår den i familjen bokväxter (*Fagaceae*). Enligt Drakenberg (UÅ) består denna familj av cirka 600 olika arter uppdelade på sex olika släkten vilka är spridda över hela jorden. Dock har de sin utbredningstygndpunkt på det norra halvklotet. Numera finns det sju viktiga släkten inom familjen bokväxter och i Sverige förekommer släktena *Fagus* och *Quercus* (Börje Drakenberg, dendrolog, personlig kommunikation 2013 – 03 – 22). Dessa sju släkten presenteras i figur 1. I denna figur illustreras de släkten som finns i Sverige lite avskilt från de övriga släktena. När det gäller nomenklaturen finns det delade meningar och olika källor anger olika antal släkten i familjen bokväxter. För att inte skapa förvirring kommer därför Drakenbergs information (när det gäller antal släkten) att gälla i den fortsatta framställningen. I figur 1 presenteras en något förenklad översikt som illustrerar hur familjen bokväxter grenar in sig i släkten och en del arter. Att endast arter som tillhör släktet *Fagus* tagits med i figur 1 beror på att detta examensarbete inriktar sig på just en art som tillhör detta släktet, nämligen *Fagus sylvatica*. Detta är som tidigare nämnts den art av bok som förekommer i Sverige och är därför mest intressant att behandla i denna studie. Den vanliga boken kommer att presenteras mer ingående medan de övriga arterna som presenteras i figur 1 i stort sett endast kommer att nämnas.

- *Fagus crenata* - förekommer i Japan och är där en mycket viktig art som liknar den vanliga boken.
- *Fagus grandifolia* – är en art som förekommer i Amerika och där är det den enda arten av bok. Den har en egenskap som den vanliga boken saknar, nämligen att skjuta rotskott. Dessutom har den, vilket artnamnet indikerar, betydligt större blad än den vanliga boken.
- *Fagus orientalis* – denna art förekommer i sydöstra Europa och mindre Asien och skiljer sig från den vanliga boken på så sätt att den har en räfflad stam och ett upptvaxande grenverk.



Figur 1. En översikt som visar hur familjen bokväxter fördelar sig på släkten och en del arter.

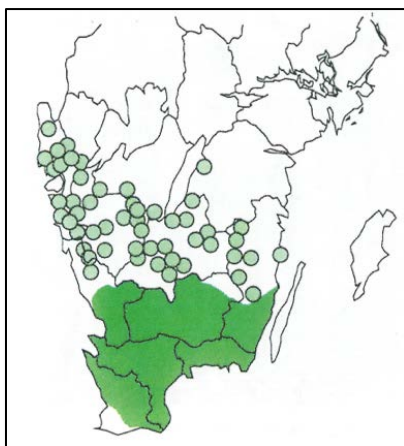
2.2 Bokens historia och utbredning

Sitt inträde hade boken i Sverige för cirka 4 000 år sedan. Den kom från söder och var nästan sist att invandra av våra ädla lövträd. Endast avenboken vandrade in något senare än boken. Etableringen av bok i Sverige gynnades av en klimatförändring som innebar en kallare och fuktigare miljö och så småningom började boken tränga ut eken, asken och linden som hade invandrat tidigare. När människan under den yngre järnåldern (400 – 1050 e.Kr.) mer och mer frångick det extensiva jordbruket och började bli mer bofast spred sig boken snabbt på de marker som tidigare hade blivit betade och utsatts för ett ambulerande åkerbruk. Att man kan finna en hel del kulturminnen som t.ex. odlingsrösen i dagens bokskogar beror till stor del på detta (Almgren m.fl., 2003).

Historiskt har bokskogarna använts till många olika saker. Viktiga saker att nämna är att den använts som betesmark och vedtäkt. Dessutom förekom det en omfattande svinhållning i bokskogar. Denna svinhållning var beroende av en god ollonproduktion som försedde svinen med föda. Svinen fungerade också som en form av markberedare och kunde på så sätt gynna förnygring av bok. Mer om detta i kommande kapitel. Betet som förekom i skogarna medförde att skogen var relativt gles vilket i sin tur medförde att bokskogen dominerades av träd med yviga kronor som gav en riklig ollonproduktion. I de glesa skogarna hade man alltså vad man idag skulle kalla dålig kvalitet. Men då var det förmodligen god kvalitet eftersom den rika ollonproduktionen kunde försörja svinen. Den ofta dåliga kvaliteten i dagens bokskogar beror på att de ofta har sin början i en gles ungskog, men även på en bristande skötsel. Det vi idag kallar kvalitet kommer att behandlas i senare avsnitt. Andra saker man använde boken till som kan nämnas är pottaskeberedning, silltunnetillverkning och framställning av bokollonsoppa. Även tvål och såpa har framställts av bokolja och bakelit var tidigare ett viktigt ämne man tillverkade med hjälp av bokens hartser. Tillsammans med svedjebruket som också förekom är nämnda användningsområden en bidragande orsak till att mycket av skogarna blev

tillbakatränga. Dock hade adeln andra förutsättningar. På godsens kunde man därför i större utsträckning använda bokskogarna som jaktmark och ollonskog vilket är en anledning till att en stor del av dagens bokskogar finns på godsens (Eickhoff & Nilsson, 1995).

Historiskt har naturliga bokskogar funnits ända upp till Mälardalen och även på Gotland och Öland. Denna naturliga utbredning har dock minskat kraftigt bland annat på grund av att bokskogarna har omvandlats till åker- och betesmark. Dessutom har granens resa söderut påverkat och tryckt tillbaka bokskogarna. Denna tillbakagång innebär att dagens utbredning, som illustreras i figur 2, skiljer sig från den historiska utbredningen. År 2003 var den totala arealen bokskog drygt 67 000 hektar. Reduceringen av bokskog i Sverige har lett till att man den sjunde juni 1974 inrättade bokskogslagen för att ge bokskogarna ett areellt skydd (Almgren m.fl., 2003). Numera skyddas boken och alla de andra ädla lövträden av ädellövskogslagen som ersatte bokskogslagen år 1984 (Sveriges Riksdag, 2013, Länk A).



Figur 2. Karta över bokens nuvarande utbredning (Eickhoff & Nilsson, 1995).

2.3 Bokens användningsområden idag

I och med att trädslaget är tätt, hårt och rakfibrigt har det fått flera olika typer av användningsområden. Inom inredning och möbelindustri är boken ett framträdande träslag och den är också populär att använda till parkettgolv bland annat på grund av sin hårdhet. Att veden från bok varken luktar eller smakar och inte heller drar åt sig fett gör att den även är ett bra material att tillverka hushållsartiklar, glass- och godispinnar av. Drakenberg (UÅ) nämner även att tillverkning av BRIO leksaker görs av bokvirke. Som parkträd har boken en framträdande roll. Även den kända ättikan från Perstorp AB baseras på bokved. Pappersmassa och brännved är också mycket viktiga produkter som bokvirket kan ge oss (Almgren m.fl., 2003). Därför är detta examensarbete nödvändigt för att kunna ta ett så bra beslut som möjligt när det gäller om virket ska användas till massaved eller till bioenergi.

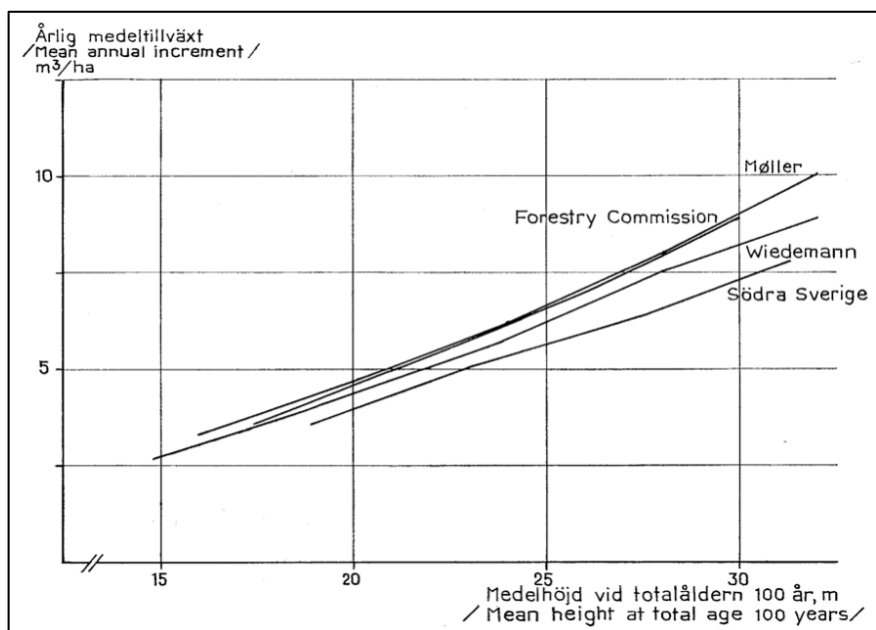
En stor del av förbrukningen av bokvirke anskaffas genom import eftersom det råder en nationell brist på bokvirke i Sverige. Under perioden 2002 – 2004 låg rundvirkesförbrukningen av bok (exklusive virke för energiändamål) på 500 000

– 600 000 m³fub per år i Sverige. Av denna volym stod importandelen för 60 – 75 procent (Göransson, 2006). Eftersom importen är omfattande finns det ett stort intresse för att öka den inhemska delen av virkesanskaffningen. Stora Enso Nymölla AB förbrukar för övrigt 90 procent av den inhemska bokmassaveden. Biobränslemarknaden har expanderat och hur dess utveckling kommer att se ut i framtiden beror till stor del på energipolitiken och energimarknadens utveckling (Linder, 2006).

2.4 Ståndortskrav

Boken är ett sekundärträd som trivs bäst på kalkrika och finjordsrika marker i ett kuperat inlandsklimat med riklig nederbörd. Ett sådant landskap ger en god vattenhushållning och genomströmning av vatten samt därmed en god vittring bland annat på grund av det rörliga markvattnet. Eftersom boken trivs bäst i sluttande terräng kallas den ofta för "sluttningarnas träd". Även i ett maritimt klimat där luftfuktigheten och nederbördsmängden är hög och temperaturskillnaderna inte är för stora mellan årstiderna trivs boken. Om finjordshalten är för hög blir marken för vattenrik, vilket innebär att boken inte trivs. En ståndort med styv lera är alltså inte lämplig för boken (Almgren m.fl., 1984). Även Eickhoff och Nilsson (1995) skriver att marker med styv lera är mindre lämpliga för boken och anger att boken på dessa marker får ytliga rotsystem och därmed lätt kan drabbas av torka.

Genom att studera höjdutvecklingen i ett befintligt bokbestånd eller markvegetationstyper kan man få en uppfattning om hur lämplig ståndorten är för bok. Ser man till markvegetationstyperna är högört med t.ex. gulplister och skogsbingel de lämpligaste bokståndorterna. Almgren m.fl. (1984) anger fyra olika typer av bokskogar. Dessa är kruståteltypen, harsyretypen, gulplistertypen och skogsbingeltypen. För att boken ska kunna producera virke med en god produktion krävs de bättre ståndorterna. På de mindre lämpliga ståndorterna får boken förutom en sämre produktionsförmåga även en sämre kvalitet. Dessutom är det ofta svårare att föryngra boken där, vilket leder till högre föryngringskostnader (Almgren m.fl., 1984). Enligt Eickhoff och Nilsson (1995) kan boken producera 7 – 10 m³sk per hektar och år på de bästa markerna. De skriver också att produktionen sjunker snabbt på marker som är mer näringsfattiga samt på torra marker. Ovanstående information om produktionen på de bästa markerna stämmer överens med de produktionskurvor Carbonnier (1971) redovisar. Däremot att produktionen skulle sjunka snabbt vid lägre boniteter stämmer inte med de produktionskurvor som Carbonnier (1971) redovisar enligt figur 3.



Figur 3. Sambandet mellan årlig medeltillväxt och medelhöjd vid totalåldern 100 år enligt olika produktionstabeller (Carbonnier, 1971).

På de riktigt goda bokståndorterna förekommer det ett mullager som är både djupt och luckert. Bildningen av detta mullager, som bidrar positivt till bokens utveckling, beror på den höga omsättningshastigheten av förnan (Almgren m.fl., 2003). Eickhoff och Nilsson (1995) beskriver att boken är mårbildande på näringsfattiga marker. Att det bildas ett mårager på sådana marker menar de beror på att den nedfallande förnan inte blandas så bra med mineraljorden som den görs i en mulljord. Vid mårbildning blir därför markstrukturen och näringstillgången sämre än hos mulljordar. De sämre egenskaperna hos jorden bidrar till att marken blir mer svårföryngrad. För att motverka mårbildningen och därmed förbättra markens egenskaper för bl.a. föryngringen kan man enligt Eickhoff och Nilsson (1995) bedriva aktiv och regelbunden skötsel av beståndet. Mer om skötsel behandlas i följande kapitel.

Almgren m.fl. (2003) skriver även att bokens stormfasthet, särskilt när avlövnningen skett, är betydligt bättre än granens och att detta är en egenskap man bör ha i åtanke när man väljer ståndort. Dessutom är de svenska bokprovenienser överlag goda och en import av bokollon kan enligt Almgren m.fl. (2003) troligen innebära en marginell ökning av tillväxten, men istället finns det en stor risk för att kvalitetsfel ska uppstå.

2.5 Föryngring

Boken kan liksom andra trädslag föryngras med olika metoder. Den vanligaste metoden är naturlig föryngring och kommer därför behandlas mest i detta avsnitt. Andra föryngringsmetoder som kommer att ges en kortare beskrivning är sådd och plantering.

2.5.1 Naturlig föryngring

När det gäller naturlig föryngring finns det enligt Eickhoff och Nilsson (1995) två metoder. Dessa är traditionell bokföryngring och en metod som kallas ABS-metoden (aktiv bokskogsskötsel). Den senare har tagits fram av Nils Åke Gabrielsson och härstammar från Trolle-Ljungby gods i Skåne. Den kallas därför Trolleljungby modellen.

Att använda sig av naturlig föryngring har både praktiska och ekonomiska fördelar. En lyckad naturlig föryngring ger ett stort plantuppslag vilket innebär att en kvalitetsdaning är möjlig samtidigt som man har ett större urval av individer att välja mellan vid röjning och gallring (Almgren m.fl., 2003). Mer om detta kommer att presenteras i avsnitten om röjning och gallring. Bjerregaard och Carbonnier (1979) beskriver skillnaden mellan ett tätt och ett glest plantbestånd enligt följande:

Resultatet av ett tätt och ett glest plantbestånd blir många gånger inte en kvalitativt god respektive en kvalitativt dålig ungskog, utan en kvalitativt god respektive ingen ungskog.

(Bjerregaard & Carbonnier 1979, s. 31)

För att lyckas med en naturlig föryngring är det bland annat viktigt att hela tiden hålla det gamla beståndet vitalt och välgallrat. I och med detta kommer man att medverka till att bibehålla eller skapa en god omsättning i marken, vilken ger upphov till ett bra marktillstånd. Det är dock viktigt att en gallring aldrig görs för hårt eftersom gräs och annan konkurrerande vegetation då lätt invaderar marken och försvårar en kommande föryngring (Almgren m.fl., 2003).

Vid användande av den traditionella bokföryngringen gäller det att invänta bra ollonår. Normalt infaller ett sådant vid vart fjärde till vart åttonde år, men stora variationer i intervallet kan förekomma. Bjerregaard och Carbonnier (1979) skriver att frösättningen året efter ett rikt ollonår är mycket obetydlig eller helt uteblir. Anledningen menar de beror på att trädet förbrukar mycket näringsreserver vid frösättningen och därför inte har tillräcklig kapacitet att producera mycket ollon två år i rad. När ett gott ollonår med välmatade ollon av god kvalitet infaller beror till stor del på temperaturklimatet under knoppsättningen och blomningen. Ett varmt och torrt klimat under knoppsättningen i juni och juli, en torr period i april det följande året samt en frostfri och vindstilla majmånad på ollonåret är viktigt för att det ska bli ett bra ollonår. När det gäller grobarheten hos ollonen skriver Bjerregaard och Carbonnier (1979) att den kan variera mellan 70 – 80 procent vid rikliga ollonår och att den är lägre vid svagare ollonår. Innan man bestämmer om markberedning bör göras eller inte bör man efter blomningen uppskatta om det finns rikligt med ollonämnen i kronorna. Denna uppskattning görs lämpligen med en kikare någon gång efter mitten av juni. Ollonen faller i oktober och november så innan dess är det viktigt att ha gjort en ordentlig och

kraftig markberedning så att mineraljorden blottläggs. Det finns dock ofta mycket forn- och kulturlämningar i bokskogar och det gäller att se upp så man inte fördärvar dessa när man förbättrar markegenskaperna. Markberedningen görs idag oftast maskinellt men även markberedning med tamsvin förekommer även om det var vanligare förr (Almgren m.fl., 2003).

Ericsson (1987) nämner att även kalkning som görs 20 – 30 år innan föryngringen påbörjas kan förbättra markegenskaperna och därmed bidra till en enklare och bättre föryngring. Vidare hänvisar Ericsson (1987) även till ett försök som anlades i Halland sommaren 1981. I detta försök skedde kalkningen året innan markberedningen och den första ljushuggningen. Resultatet av försöket var att kalkning tycks minska plantuppslaget om den sker nära inpå föryngringsåtgärderna. En studie gjord av Övergaard (2010) visar att kalkning har en negativ inverkan på bokplantors groning de första sex åren men att den därefter har en positiv effekt. Detta är ett resultat som stämmer väl överens med det som Ericsson (1987) nämner om kalkning.

Nedmyllning av ollonen med en harv eller liknande är en viktig åtgärd som bör göras när flertalet ollon har fallit. En väljord markberedning, nedmyllning och kompaktering med traktorhjul från traktorn som drar harven ger bättre mikroklimat för ollonen och groddplantorna. Markberedningen bidrar med ett varmare klimat vilket minskar risken för frost. Samtidigt ger den en förbättrad omsättning av nedfallen förna (vilket leder till mer näring), mindre konkurrens från gräsväxt, övriga växter och kvarvarande träd. Enligt Bjerregaard och Carbonnier (1979) dör groddplantan om temperaturen understiger minus två grader Celsius i mer än tre timmar, vilket talar för att markberedning bör genomföras. Studien som Övergaard m.fl. (2009) gjort ger en indikation på att vegetationskonkurrensen har en negativ inverkan på groningen och överlevnaden av nya bokplantor. Nedmyllningen görs för att skydda ollonen mot djur som har bokollon på sin meny. Sådana djur är t.ex. olika typer av gnagare, rådjur, finkar och andra fåglar. Kompakteringen och nedtryckningen av ollonen som sker av traktorhjul bidrar till bättre vattenförsörjning för ollonen på grund av den bättre kapillariteten som skapas i marken. En god vattenförsörjning är mycket viktig för att groddplantorna ska överleva. Uttorkning av markytan kan lätt ske om humuslagret är tjockt och brynen inte är tillräckligt täta. Därför ska man vid gallringar och utglesningar i föryngringsfasen alltid se till att lämna brynen intakta, särskilt mot ost, syd och väst. Ett intakt och välutformat bryn ger dessutom ett skydd mot frost vilken är en annan faktor som missgynnar föryngringen. Bjerregaard och Carbonnier (1979) anger att uttorkningsskadorna som lätt uppstår vid tjocka löv- och humuslager till stor del beror på att groddplantans rotsystem har svårt att få kontakt med mineraljorden. Övergaard m.fl. (2009) håller med Almgren m.fl. (2003) om att ett bokbestånd måste hållas vitalt och välgallrat så att kronskiktet släpper ner tillräckligt mycket ljus till marken för att få en god mineralisering. Samtidigt nämner de även, i likhet med Bjerregaard och Carbonnier (1979), att ett tjockt humuslager är ogynnsamt för ollonens groning och rotutveckling då det kan orsaka uttorkning och frostsador.

Almgren m.fl. (2003) anger att man redan den första vintern efter ollonfallet bör glesa ut beståndet. Anledningen till det menar de är att marken är full av konkurrerade finrötter från de kvarvarande träden samt att det ofta krävs mer ljusinsläpp till marken. Ett försök som utförts av Övergaard (2010) visar att det största planta/frö förhållandet erhålls när en ljushuggning gjordes vintern efter ollonfallet. Denna ljushuggning innebar en förbättring av gronings- och etableringsförhållandena för nya plantor eftersom konkurrensen minskades både ovan och under jord. Normalt sker denna första utglesning så att en grundyta på mellan 15 – 20 kvadratmeter erhålls. Det motsvarar cirka 80 stammar per hektar. Dock är en avvägning när det gäller styrkan på utglesningen mycket viktig i det enskilda fallet för att balansera ljusinsläpp, frostskydd, vatten- och näringstillgång. För stor utglesning orsakar större etablering av konkurrerande vegetation som t.ex. kruståtel och för svagt frostskydd. En för försiktig utglesning ger däremot för lite ljusgenomsläpp och för stor näringskonkurrens mellan groddplantorna och de kvarvarande träden. Vid en avverkning i beståndet hamnar det också mycket grenar och toppar på marken. Dessa innehåller en hel del energi och bör därför flisas (Almgren m.fl., 2003). Användningen av grenarna och topparna som biobränsle gör att det förekommer en viss konkurrens mellan massaveden och biobränslena. Därför är den studie som kommer att presenteras i detta examensarbete en viktig utredning om förhållandet mellan dessa båda sortiment.

När man väl har fått fram en bra föryngring gäller det att vara med och göra utglesningar av beståndet i tid så att plantorna får tillräckligt med ljus, vatten och näring. Normalt sker en gallring av skärmen tre till fyra år efter en godtagbar föryngring. Därefter bör avvecklingen av skärmen göras i två steg till och vid tio till femton år efter den första utglesningen bör skärmen vara helt avvecklad. (Almgren m.fl., 2003). Själva föryngringsstadiet kan enligt Övergaard (2010) bli mer utdraget på marker med ett lägre ståndortsindex i förhållande till bättre marker. Han förklarar det med att ett tjockt humuslager som ofta finns på svaga marker tillsammans med låg näringstillgång och ett lågt pH – värde är faktorer som kan hämma etableringen av nya plantor. Dessutom menar han att plantorna på en svagare mark kan bli ojämnt fördelade med en tydlig variation i höjd eftersom föryngringen etablerar sig i omgångar spritt över olika år.

Den metod som beskrivits ovan med att tajma föryngringen med ett bra ollonår samt att markbereda och mylla ner ollonen är den traditionella metoden för bokföryngring. Enligt Hansen och Larsson (1997) definieras denna naturliga föryngringsmetod som "självföryngring" medan de menar att en naturlig föryngringsmetod *utan* inledande markberedning definieras som "naturföryngring". Trolleljungby modellen, som enligt Hansen och Larsson (1997) är en "naturföryngring", sker lämpligen på friska och mullrika marker där det förekommer en spontan föryngring. Markberedning och nedmyllning används bara ibland som komplement till denna metod och att vänta in ett bra ollonår är inte en nödvändighet vid användandet av Trolleljungby modellen (Almgren m.fl., 2003). Däremot förutsätter metoden ett aktivt

gallringsprogram där bokbestånd på god och medelgod bonitet gallras med fyra till sju års mellanrum, att markförhållandena är de rätta samt att en god lokal kännedom finns. Föryngringsarbetet inleds med en beredningshuggning där man tar bort undervegetation, höjer och öppnar upp krontaket för att få in lämplig mängd ljus som kan vandra runt i beståndet. Den ökade mängden ljus medför en ökad aktivitet i marken och därmed påskyndas mineraliseringen samtidigt som tillgången på vatten och näring ökar. Liksom med den traditionella metoden är det viktigt att inte hugga för hårt eller för försiktigt samt att brynen lämnas intakta. En granskog som gränsar till föryngringsbeståndet fungerar bra som vindskydd och skapar ett bra mikroklimat. I figur 4 kan ett exempel på en sådan skyddande granskog ses. Efter den inledande beredningshuggningen görs ytterligare tre så kallade ljusreglerande gallringar för att successivt glesa ut föryngringsbeståndet. Dessa ljusregleringar sker med ett intervall om cirka fem år och ett uttag görs med cirka 50 – 70 m³sk per hektar. Avvecklingen av moderträden görs cirka fem år efter den sista ljushuggningen eller då föryngringen är manshög (Turesson, 1991). Skötselprogram för bokskogsföryngring enligt Trolleljungby modellen kan ses i bilaga ett.



Figur 4. Här visas ett foto med en lyckad tät föryngring samt med en granskog i väst som ger en vindskyddande verkan för nyetablerade plantor. Notera att det förekommer några så kallade vargar i höger nederkant av bilden. Foto: Roger Olsson.

Ett försök när det gäller bokplantors tillväxt och överlevnad i förhållande till ljusintensitet och markfuktighet har gjorts av Madsen (1994). I detta försök såddes bokollon i 20 liters krukor och en reglering av både ljusintensiteten och markvattnet gjordes. Resultatet som försöket visade var att både rot- och skotttillväxten i stort sett ökade linjärt i förhållande till ljusintensiteten vid en hög markfuktighet. Men rot/skott-kvoten minskade med ljusintensiteten vid

samma fuktighetsförhållande i marken. Försöket visade även att både rot- och skotttillväxten samt rot/skott-kvoten ökade något med ökad ljusintensitet vid en relativt låg markfuktighet. Överlevnaden var hög i försöket. Störst avgång var det bland de plantor som utsattes för en låg ljusintensitet. Där dog 27 procent av plantorna. Detta underbygger det som tidigare har nämnts om att det är viktigt att göra utglesningar och därmed öppna upp i krontaket så att plantorna får tillräckligt med ljus när de väl har etablerat sig. I sitt försök ser alltså Madsen (1994) att den största dödligheten av plantorna beror på för svagt ljus. En hög markfuktighet har enligt Madsen (1994) en större inverkan, när det gäller utvecklingen av en låg rot/skott-kvot, än vad ljuset har. Därför tycker han det är tveksamt att en liten rot i förhållande till skottet på plantan bör ses som en viktig förklaring till den låga överlevnaden och tillväxten i naturliga bokföryngringar som allmänt anges i läroböcker för skogsskötsel. Madsen (1994) hänvisar i detta sammanhang bland annat till Henriksen (1988) som skriver följande:

Umiddelbart kan det undre, at de ved naturligt frøfald udviklede planter – sammenlignet med de i planteskoler kunstigt fremavlede, senere udplantede planter – udviser en så ringe evne til overlevelse. Man må imidlertid erindre, at de planter, der – som det i reglen vil være tilfældet ved naturlig foryngelse – udvikler sig i betydelig skygge, er væsentlig anderledes opbygget end planter, der i en planteskole er opvokset i fuldt lys. Det gælder f.eks. et så væsentligt forhold som rod/topforholdet, som bliver væsentligt mindre ved aftagende lysstyrke (Burschel og Huss 1964). Dette stiller planterne forholdsvis svagt i konkurrencen med anden vegetation.

(Henriksen 1988, s. 164)

Madsen (1994) anger även att stark vind har en negativ inverkan på både utvecklingen och överlevnaden av bokplantorna, vilket stämmer bra med vad både Henriksen (1988) och Almgren m.fl. (2003) skriver.

Oavsett vilken föryngringsmetod man använder sig av finns det många risker. Förutom ett dåligt marktillstånd, frost och torka kan svampinfektioner, insektsskador, sorkar, kaniner, harar, finkar, rådjur och andra djur orsaka stora avgångar i föryngringen (Almgren m.fl., 1984).

2.5.2 Sådd

När det inte finns lämpliga moderträd eller när man vill anlägga nya bokbestånd där det inte redan finns bok kan sådd vara ett alternativ. Vid användning av denna föryngringsmetod är det nödvändigt att använda sig av någon form av skärm. Om det finns äldre skog på platsen för föryngringen och den kan avverkas till en skärm gör man lämpligen det. Finns det däremot ingen möjlighet att avverka till en funktionell högskärm kan man istället använda sig av en lågskärm som man driver upp av något snabbväxande trädslag som t.ex. lärk (Almgren m.fl., 1984). En sådan lågskärm (även kallad förkultur) bidrar till kvalitetsdaningen samtidigt som den ger ett skydd mot frost och vind. Att hålla efter skärmträden i en lågskärm med kvistning och utglesning är mycket viktigt så att boken kan växa rakt upp och därmed inte breda ut sig i sidoutrymmen, vilket den annars lätt gör. Eftersom utbudet på bokollon är dåligt och priset därmed är högt förekommer sådd av bok ganska sällan. Får man tag på ollon

med lämplig proveniens och kvalitet kan man dock vid goda förberedelser och rätt förhållanden få upp en tät plantskog. Mängden ollon som rekommenderas är 150 – 200 liter per hektar, vilket motsvarar 70 – 100 kilogram per hektar. För att slippa avgångar redan på vintern (som skulle ha blivit efter ett naturligt ollonfall) rekommenderas sådd på våren (Almgren m.fl., 2003). Hansen och Larsson (1997) poängterar att en noggrann markberedning är viktig att utföra innan sådden sker och Almgren m.fl. (2003) fyller i att även en nedmyllning av ollonen bör göras efter själva sådden.

2.5.3 Plantering

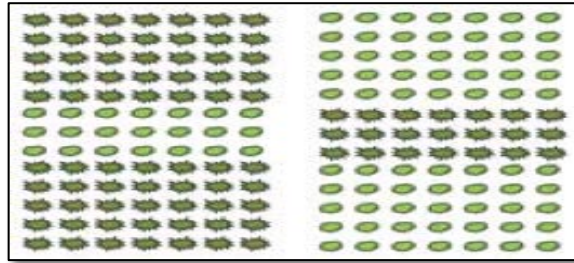
Plantering liksom sådd räknas till kulturföryngring och är den vanligaste bokkulturen i Sverige. Vid plantering använder man sig fördelaktigt av hög- eller lågskärm precis som vid sådd och samma riktlinjer för skärmen (som finns angivna i avsnittet om sådd) gäller oavsett vilken kulturform man väljer (Almgren m.fl., 2003). Bjerregaard och Carbonnier (1979) skriver att plantering av bokplantor på kalmare innebär en stor risk och att man endast bör utföra en sådan plantering om man kan hålla ogräs borta de första fem till tio åren. Om man använder sig av en lågskärm/förkultur anger Eickhoff och Nilsson (1995) att bokplantorna bör planteras när denna är cirka fyra meter hög och att skärmen kan avlägsnas tidigast när boken är 1 – 1,5 meter hög. De anger även att planteringen bör ske tidigt på våren.

Även markberedning bör utföras innan plantering. Eftersom man eftersträvar kvalitet i bokproduktionsskogarna krävs det ett tätt planteringsförband. För att uppnå godtagbar kvalitet rekommenderas att plantera minst 8 000 plantor per hektar vid anläggning av rena bokbestånd. Helst bör man plantera ännu fler, men denna mängd har valts för att begränsa kostnaden. Eickhoff och Nilsson (1995) anger däremot att det krävs minst 6 000 – 7 000 plantor per hektar för att uppnå en tillfredsställande kvalitet, vilket även Liziniewicz (2009) skriver. Den angivna plantmängden per hektar vid plantering kan jämföras med de 100 000 plantor per hektar som eftersträvas vid själv- och naturföryngringar enligt Hansen och Larsson (1997). De plantor som bör användas vid plantering vid bokskogsföryngring är 1/0, 1/1 och 2/0 plantor. För att hålla viltet borta från plantorna rekommenderas att sätta upp ett viltstängsel. Att använda viltrepeller kan också fungera bra (Almgren m.fl., 2003).

Visar det sig att föryngringen inte blir tillräckligt tät och att hjälpplantering måste utföras efter t.ex. en naturlig föryngring så görs denna lämpligen med ett mer snabbväxande trädslag än boken. Anledningen är att boken lätt hamnar för långt efter. Förslagsvis används därför gran eller lärk i hjälpplanteringar. Även stora ekplantor kan i vissa fall användas tillsammans med t.ex. lärk (Almgren m.fl., 1984).

När det gäller plantering av bok tillsammans med amträd finns det olika metoder. Karlsson m.fl. (2009) skriver att man kan plantera ett mer snabbväxande trädslag tillsammans med bokplantorna för att skapa den nödvändiga trängseffekten och även för att få ett ekonomiskt tillskott innan

boken börjar generera intäkter. En studie, som gjorts för olika modeller när det gäller plantering av gran tillsammans med bok, visar enligt Karlsson m.fl. (2009) att det var mest lönsamt att plantera fem rader gran och tre rader bok. Vid studien skedde planteringen under en förkultur av lärk. Två olika modeller som ingick i studien presenteras i figur 5.

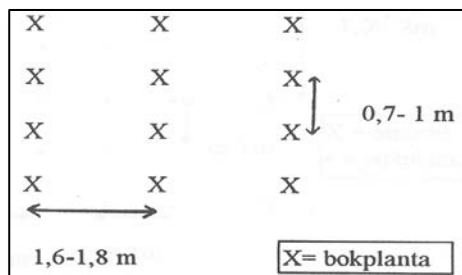


Figur 5. Två olika modeller vid plantering av gran tillsammans med bok. Modellen till vänster med fem rader gran och tre rader bok i ett återkommande mönster gav enligt en studie ett högre nuvärde än den högra modellen med ett mönster av fem rader bok och tre rader gran (Karlsson m.fl., 2009).

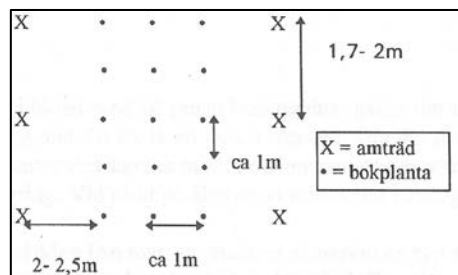
Studien som Liziniewicz (2009) genomförde handlade om att undersöka om skärmställningar påverkar kvaliteten i bokföryngringar och vilka arter i skärmen som skapar de mest gynnsamma förhållandena. Planteringar av bokmonokulturer och blandbestånd av bok och diverse trädarter anlades på Snogeholm år 1994. Dessa planteringar låg till grund för studien och datainsamlingen gjordes år 2005. Planteringarna var alltså inne på sitt elfte år när studien gjordes. Resultatet av studien visar att den största andelen träd med god kvalitet skapas om bok anläggs tillsammans med mer snabbväxande arter som lärk, björk och hybridasp. Liziniewicz (2009) undersökning visar även att en skärm ökar den totala produktionen på ståndorten och Karlsson m.fl. (2009) redovisar att de snabbväxande arterna ger ett ekonomiskt tillskott innan boken börjar ge intäkter. Resultatet av studien visar också att förekomsten av en skärm inte innebär någon signifikant minskning av diameter- och volymtillväxt på boken. Däremot menar Övergaard m.fl. (2009) att höjdtillväxten på plantor påverkas negativt med en ökad täthet på en skärmställning. Den minskade höjdtillväxten beror enligt Övergaard m.fl. (2009) på ett komplext samband mellan beskuggning, vattenbrist, vegetationskonkurrens och andra tillväxthämmande faktorer. Enligt studien som Liziniewicz (2009) gjort visade det sig att en kombination av bok och björk gav den högsta andelen acceptabla huvudstammar medan ett blandbestånd med bok och gran samt en monokultur av bok gav den lägsta andelen acceptabla huvudstammar i försöket. Ett blandbestånd med bok och gran visade sig även vara den kombinationen som gav den största andelen träd med dubbeltoppar. Försöksytan som uppvisade flest träd med krökar var bokmonokulturen. Antalet raka träd var där 35 procent.

Modeller för hur man kan plantera bok både utan och med amträd beskrivs av Hansen och Larsson (1997). Dessa modeller presenteras i figur 6 och 7. De skriver även att avståndet mellan amträd och bokplantor delvis beror på vilket trädslag man väljer som amträd. Dessutom påstår de att antalet bokplantor i

en föryngring med amträd inte bör understiga 4 000 per hektar. Här anger dock Liziniewicz (2009) 2 500 – 5 000 bokplantor per hektar.



Figur 6. Planteringsförband vid anläggning av ett rent bokbestånd (Hansen & Larsson, 1997).



Figur 7. Planteringsförband vid anläggning av ett bokbestånd med amträd (Hansen & Larsson, 1997).

2.6 Røjning

När det gäller røjning finns det flera olika metoder att välja mellan. Det man framförallt ska tänka på oavsett vilken metod man väljer är att *inte* enkelställa stammarna för tidigt utan låta boken använda sin naturliga förmåga att självgallra sig. En allt för tidig enkelställning innebär att kvistrensningen minskar och att risken för utveckling av klykor och tvåstammighet ökar samtidigt som möjligheten att skapa en bättre kvalitet minskar i kommande røjningar och gallringar. Det beror på att urvalet av stammar minskar (Almgren m.fl., 1984).

Ett uttryck som gäller för røjning i bokskog lyder som följer. "Røj med måtta! Utnyttja bokens egen gallringsförmåga." (Eickhoff & Nilsson, 1995, s. 36). Genom detta uttryck betonar Eickhoff och Nilsson (1995) att man ska utnyttja bokens naturliga självgallringsförmåga, vilket stämmer bra överens med vad Almgren m.fl. (1984) återger. Eftersom boken har en god naturlig självgallring vid täta plantuppslag nämner Eickhoff och Nilsson (1995) att det i stort sett räcker att røja bort vargtyper, träd med klykor och andra kvalitetsfel i kronskiktet. En karakteristisk vargtyp visas i figur 8. Liksom Ekö och Pettersson (1992) skriver de även att bortrøjning av stammar i underbeståndet endast bör göras om de skadar huvudstammarna samt att røjning bör utföras i avlövad tillstånd eftersom sikten är bäst då.

Förutsättningarna och tillvägagångssätten skiljer sig mellan naturliga föryngringar och planteringar. I en naturlig föryngring finns det, när den har varit lyckad, flera hundratusen plantor per hektar medan man kanske endast har 8 000 plantor per hektar i en plantering. Eftersom en av de centrala sakerna när det gäller att skapa kvalitet är att ha ett tätt bestånd har man därför en klar fördel av lyckade naturliga föryngringar. Men en stor del av denna fördel måste man betala för i røjningen eftersom det är mer kostsamt att røja tätare bestånd. I ett planterat bestånd kan det lätt skapas vargtyper och dessa bör man hålla tillbaka genom grenkapning. Vid en røjning i ett planterat bestånd bör man dock inte ta bort hela det förväxande trädet

eftersom det då lätt skapas en lucka i beståndet. Träden med sämre kvalitet i en plantering tas istället bort i senare gallringar (Almgren m.fl., 2003).



Figur 8. Här ses ett tydligt exempel på en vargtyp som bör röjas bort vid en röjning för att gynna stammar av bättre kvalitet. Foto: Roger Olsson.

De olika metoderna som Almgren m.fl. (2003) presenterar för röjning i ett naturligt förnygrat bokbestånd är:

- Upprepade lätta röjningsingrepp – I denna metod arbetar man med mindre omfattande och återkommande ingrepp och låter till stor del den naturliga konkurrensen sköta jobbet med att dana kvaliteten. Röjningsingreppet inriktas på vargtyper och andra träd som hindrar en god kvalitativ utveckling. Förutom bortröjningen av nämnda träd bör man göra en utglesning som gynnar stammar av god kvalitet samt skapar stabilitet hos dessa. En kraftigare utglesning görs först när medeldiametern har uppnått gränsen vid vilken gagnvirke kan tas ut.
- Schematisk röjning – Röjningen utförs här genom att man rensar från plantor i stråk och lämnar kvar plantor mellan dessa. Stråken görs 1,5 – 2,0 meter breda och bredden på den plantsträng som lämnas är 0,5 – 1,0 meter bred. Upptagningen av stråken görs vid en beståndshöjd på 1,5 – 2,0 meter. Alltså långt innan den kraftigare utglesningen utförs enligt föregående metod. Främsta syftet med metoden är att skapa en bättre åtkomlighet i kommande selektiva röjningar och gallringar. Genom att selektiva röjningar och gallringar endast behöver göras på

en mindre areal medför metoden även att röjningen blir effektivare och billigare.

- Allmän utglesning vid första röjningsingreppet – Redan vid det första röjningsingreppet görs en allmän utglesning. Det är dock viktigt att *inte* enkelställa plantorna. I motsats till den första metoden ovan försöker man skapa god kvalitet med sågen istället för att låta den naturliga konkurrensen göra jobbet.

Oberoende av vilken metod man väljer bör man enligt Hansen och Larsson (1997) inte bestämma sig för ett visst röjningsprogram och följa det slaviskt. De menar att röjningsbeståndet istället bör synas i fält innan beslut om röjning tas.

Trolleljungbymodellen innebär att man röjer sent den första gången (se bilaga 1). Inte förrän man kan gå fritt under krontaket görs den första röjningen då man röjer till 7 000 – 9 000 stammar per hektar. När det sedan har gått cirka fem år görs nästa röjning. Då till 3 000 – 4 000 stammar per hektar. Denna modell stämmer bäst överens med den metod som presenterades först enligt ovanstående uppställning (Turesson, 1991).

I rapporten som Ekö och Pettersson (1992) skrivit kan man läsa om hur olika behandlingar i röjningsstadiet kan påverka beståndsutvecklingen. Det resultat som presenterades i deras rapport grundar sig på fyra olika behandlingar vilka presenteras nedan.

- T1400 – Röjning till 1 400 stammar per hektar vid en medelhöjd på 4 meter.
- T2500 – Röjning till 2 500 stammar per hektar vid en medelhöjd på 4 meter.
- Änorm – Ett "normalt" röjningsprogram för bok och för andra ädellövträd. Vid en medelhöjd på 5 – 7 meter görs första röjningen då man tar bort så kallade "vargar" och andra träd med dålig kvalitet. Efterföljande röjningsingrepp görs relativt svaga och i form av punktröjningar för att hjälpa utvalda huvudstammar.
- Ämod – Ett modifierat röjningsprogram för bok och andra ädellövträd. Första röjningen utförs på samma sätt som i det "normala" röjningsprogrammet. En andra röjning ned till 1 400 stammar per hektar genomförs när möjligheten för att bedöma kvaliteten på stammens sex nedersta meter är god.

I resultatet som Ekö och Pettersson (1992) kommit fram till kan man läsa att ett bestånd i 35 års ålder, där behandlingen Änorm utförts, har en större mängd klenta träd än bestånd där man använt sig av de andra behandlingarna. När det gäller medeldiameter avviker behandlingen T1400 eftersom den

uppvisar en högre medeldiameter än de övriga behandlingarna. Jämförelsen av totalproduktionen mellan de olika röjningsbehandlingarna visar att behandlingen T1400 medförde en lägre produktion. Dock var sambandet mellan volymproduktion och ståndortsindex starkt och därför menar Ekö och Pettersson (1992) att den lägre volymproduktionen i behandlingen T1400 till stor del beror på att denna försöksyta uppvisade lägst ståndortsindex av alla försöksytor. Även höjdtillväxten på denna försöksyta var lägre än på de övriga ytorna. Försöket visar att en tidig och hård röjning (T1400) ger sämre kvistrensning och kvalitet än en svagare röjning vilket stämmer bra överens med vad som tidigare presenterats.

2.7 Gallring

Vid gallringar i bokskog bör man inte utse huvudstammarna redan från början och sedan hålla kvar vid dessa. Anledningen till det är att boken är mycket föränderlig och kan t.ex. från ett ingreppstillfälle till ett annat ha utvecklats klykor, grova grenar eller andra kvalitetsfel. Därför bör man utse framtidsstammar vid varje gallring (Carbonnier, 1971). Dessa framtidsstammar gynnas genom att ta bort piskare och andra träd som hindrar en god utveckling. Det är dock viktigt att inte hjälpa stammar med god kvalitet från två håll samtidigt. En för omfattande gallring kan, i synnerhet i äldre bestånd, ge en riklig vattskottsbildning och dessutom kan en för kraftig solexponering orsaka så kallad barkbrand. Att stammarna, i framförallt medelålders och äldre bestånd som har stått för tätt, reagerar med en ökad vattskottsbildning vid en för kraftig gallring beror på att den ökade ljusinstrålningen väcker upp adventivknoppar. Trädet som har fått en för liten krona i de täta bestånden har svårt att förnya denna och därför vill det, vid en ökning av tillgången på ljus, näring och vatten, helt enkelt kompensera för detta genom att skjuta ut sina adventivknoppar som då bildar de oönskade vattskotten. Genom att göra ett något hårdare uttag i tidiga gallringar, i förhållande till senare gallringar, kan man bibehålla en god kronutveckling. Anledningen är att höjdtillväxten i unga bestånd är bättre än i äldre bestånd. Dessutom får man även en snabbare diametertillväxt vilket innebär en kortare omloppstid. De tidiga gallringarna bör därför göras med ett intervall på cirka fem år medan de senare gallringarna kan ha ett gallringsintervall på cirka tio år (Almgren m.fl., 2003). När det gäller gallringar i unga bestånd bör man enligt Eickhoff och Nilsson (1995) normalt inte överstiga 20 – 25 procent i uttag av grundytan. I de äldre bestånden menar de att motsvarande siffra inte bör överstiga 15 – 20 procent. En viktig sak när det gäller gallring i bokbestånd är att man bör fortsätta att gallra hela omloppstiden. En regelbunden gallring är alltså även eftersträvad i de äldre bestånden, även om gallringsintervallet är längre där jämfört med vad det är i de yngre bestånden. Detta är Eickhoff och Nilsson (1995), Almgren m.fl. (2003) och Carbonnier (1971) helt överens om. Turesson (1991) anger att ett aktivt gallringsprogram ger såväl vitala och friska bestånd med breda och jämna årsringar som god dimensionsutveckling och gagnvirkesproduktion. Dessutom menar han, liksom tidigare har presenterats, att man genom ett aktivt gallringsprogram skapar goda förnyringsförutsättningar inför framtiden.

Gallringen inriktas på vidkroniga och grovgreniga träd (vargar) samt piskande träd och träd med klykor. Almgren m.fl. (1984) anger dock att man inte bör gallra bort sådana träd så att det skapas för stora luckor i beståndet. De menar att man istället kan kvista och lämna kvar dessa träd till nästa gallring. Huvudstammarna bör utses i kronskiktet och ska ha god kvistkvalitet samt genomgående och rak stam. Förutom huvudstammar bör man även utse hänsynsträd vid de olika gallringsingreppen. Sådana naturvärdesträd bör vara så grova och spärrgreniga som möjligt och lämnas lämpligen i anslutning till kantzoner och gläntor. Därmed bidrar man även till att skapa täta bryn vilket är eftersträfvansvärt i synnerhet inför kommande föryngring. Underbeståndet bör vidare lämnas orört eftersom det skyddar mot en alltför kraftig ljusinstrålning (Eickhoff & Nilsson, 1995).

I ett eftersatt bestånd med upphissade kronor är det bra att göra så kallade vitaliseringsgallringar som inleds cirka tio år innan föryngringsarbetet börjar. Det är gallringar som bör vara mer försiktiga ju mer eftersatt beståndet är. Med hjälp av vitaliseringsgallringar kan man få träden att utveckla sina kronor, bättre tillväxt hos huvudstammarna och även bättre omsättning i marken (Eickhoff & Nilsson, 1995).

När det gäller gallringsprogram och skötselmallar finns det några olika varianter. Nedan görs en presentation av två olika gallringsprogram från Carbonnier (1971) (figur 9 och 10) och en skötselmall från Södra (2008) (figur 11). Dessutom presenteras i figur 12 en jämförelse mellan Skogforsks gallringsrekommendationer och ett av Carbonniers gallringsprogram.

Carbonnier (1971) anger att de publicerade tabellerna för gallringsprogrammen (figur 9 och 10) baseras på att uppgifter om boniteten, utgångsbeståndet i hans undersökning och gallringsprogrammet är givna. Eftersom Carbonnier (1971) använde rådata från 39 fasta försöksytor (som dessutom hade ingått i försöksverksamheten olika länge) använde han sig av ett medelvärde som nu ligger till grund för tabellvärdena. Det är alltså den genomsnittliga beståndsutvecklingen och produktionen som redovisas i tabellen för respektive gallringsprogram. Därför menar Carbonnier (1971) att produktionen i det enskilda beståndet kan avvika från tabellvärdena.

<p>Tabell VIII.3. Bok 28. Gallringsprogram A. Table VIII.3. Beech 28. Thinning program A</p>																
Ålder Age		Beståndet efter gallring Main crop after thinning							Gallringsuttag Yield from thinnings				Årlig tillväxt Annual increment			
													löpande current		medel mean	
t_t	t	h_{dom}	d_{dom}	d_g	h_L	N	G	V	d_g	N	G	V	G	V	G	V
45	35	15,3	18,8	11,8	13,7	1 472	16,2	103	10,8	328	3,0	19				2,73
50	40	16,9	21,2	13,9	15,2	1 152	17,4	122	12,6	320	4,0	28	1,04	9,3		3,38
55	45	18,4	23,6	15,9	16,8	917	18,3	140	14,5	235	3,9	30	0,96	9,6		3,95
60	50	19,8	26,0	18,0	18,2	749	19,1	159	16,4	168	3,6	29	0,87	9,4		4,40
65	55	21,2	28,4	20,1	19,7	623	19,8	177	18,3	126	3,3	29	0,80	9,4		4,79
70	60	22,4	30,6	22,4	21,1	492	19,3	184	20,2	131	4,2	39	0,74	9,4		5,12
75	65	23,6	32,8	24,2	22,1	492	22,6	227	—	—	—	—				
80	70	24,6	34,9	26,6	23,5	370	20,6	219	23,9	122	5,5	56	0,68	9,1		5,61
85	75	25,6	36,8	28,5	24,4	370	23,6	260	—	—	—	—				
90	80	26,5	38,6	31,0	25,5	283	21,4	247	27,8	87	5,2	58	0,60	8,6		5,94
95	85	27,3	40,3	32,9	26,3	283	24,1	287	—	—	—	—				
100	90	28,0	41,8	35,5	27,2	224	22,2	273	31,8	59	4,7	55	0,55	8,1		6,16
105	95	28,6	43,1	37,5	27,7	224	24,7	310	—	—	—	—				
110	100	29,1	44,3	40,2	28,4	178	22,6	292	35,8	46	4,6	56	0,50	7,5		6,28
115	105	29,6	45,2	42,2	28,8	178	24,9	326	—	—	—	—				6,31
120	110	29,9	46,0	44,2	29,2	178	27,3	362	—	—	—	—	0,47	7,0		6,34

Figur 9. Gallringsprogram A för bok med ståndortsindex F 28 enligt H 100 efter Carbonnier (1971).

Gallringsprogram A (figur 9) är enligt Carbonnier (1971) ett standardprogram där gallringsintervallet varierar mellan fem och tio år. Intervallet mellan gallringarna stämmer väl överens med det som tidigare presenterats i detta avsnitt. Gallringsprogram B (figur 10) har cirka dubbelt så stort uttag vid varje gallringstillfälle i förhållande till vad gallringsprogram A har. För att beståndets grundyta i genomsnitt ska ligga på samma nivå som vid användning av program A har även gallringsintervallet i stort sett fördubblats (Carbonnier, 1971).

Carbonnier (1971) betonar även att program B överskrider materialets gränser i ett flertal fall och att beräknad beståndsutveckling därför innehåller en betydelsefull osäkerhet. Därför bör detta program endast ses som ett räkneexempel enligt Carbonnier (1971). Vidare skriver han att den stora gallringsstyrkan även medför en ökad risk för sämre kvalitet, vilket man måste räkna med vid användningen av program B. Resonemanget med en sämre kvalitet vid kraftigare gallringsuttag överensstämmer väl med det som tidigare presenterats.

Karlsson m.fl. (2009) anser att gallringsprogram B numera är standard i praktiken. Anledningen till det säger de är att en stark gallring ger ett större netto per kubikmeter och att bokgallringar ofta blivit eftersatta på grund av olika orsaker.

Tabell VIII.7. Bok 28. Gallringsprogram B																
Table VIII.7. Beech 28. Thinning program B																
Ålder Age		Beståndet efter gallring Main crop after thinning								Gallringsuttag Yield from thinnings				Årlig tillväxt Annual increment		
														löpande current	medel mean	
t_t	t	h_{dom}	d_{dom}	d_g	h_L	N	G	V	d_g	N	G	V	G	V	V	
45	35	15,3	18,8	12,0	13,9	1 298	14,6	94	10,8	502	4,6	30			2,77	
50	40	16,9	21,2	13,8	15,0	1 298	19,4	134	—	—	—	—				
55	45	18,4	23,6	16,4	17,1	720	15,2	118	14,4	578	9,4	74	1,00	9,8	4,05	
60	50	19,8	26,0	18,3	18,3	720	19,0	158	—	—	—	—				
65	55	21,2	28,4	20,2	19,4	720	23,0	203	—	—	—	—				
70	60	22,4	30,6	23,0	21,3	424	17,7	170	20,2	296	9,5	91	0,80	9,5	5,22	
75	65	23,6	32,8	25,0	22,3	424	20,9	211	—	—	—	—				
80	70	24,6	34,9	26,9	23,3	424	24,1	254	—	—	—	—				
85	75	25,6	36,8	29,8	24,6	292	20,3	226	26,4	132	7,2	78	0,65	8,9	5,88	
90	80	26,5	38,6	31,7	25,5	292	23,1	266	—	—	—	—				
95	85	27,3	40,3	33,6	26,2	292	26,0	308	—	—	—	—				
100	90	28,0	41,8	37,2	27,3	184	20,0	248	32,4	108	8,9	107	0,57	8,5	6,28	
105	95	28,6	43,1	39,3	27,9	184	22,4	283	—	—	—	—			6,32	
110	100	29,1	44,3	41,4	28,4	184	24,8	320	—	—	—	—			6,36	
115	105	29,6	45,2	43,4	28,8	184	27,2	356	—	—	—	—			6,41	
120	110	29,9	46,0	45,4	29,2	184	29,7	394	—	—	—	—	0,49	7,3	6,45	

Figur 10. Gallringsprogram B för bok med ståndortsindex F 28 enligt H 100 efter Carbonnier (1971).

Karlsson m.fl. (2009) nämner en studie som har gjorts på de försöksytor som Carbonnier lade ut på 1970 – talet. Denna studie var en jämförelse mellan gallringsprogram A och B och syftade till att undersöka om gallringen hade påverkat antalet klykor och höjden till första klykan. Dessutom undersöktes andra kvalitetsaspekter som vattskott, sprötkvistar, krökar och rotstockens kvalitetsklass. Studiens resultat visade inte någon signifikant skillnad mellan de olika gallringsprogrammen. Därför menar Karlsson m.fl. (2009) att gallringsprogram B inte medför sämre kvalitet i förhållande till gallringsprogram A. Om man däremot sköter ett bokbestånd mer extensivt än gallringsprogram B påverkar det beståndets ekonomi och långsiktiga värde på ett negativt sätt, vilket kan avläsas i tabell 1 (Karlsson m.fl., 2009). För att markvärdet ska bli positivt och för att skogsbruket ska ha en långsiktig vinst måste man därför bedriva en god skötsel enligt Karlsson m.fl. (2009). Almgren m.fl. (2003) skriver, vilket tidigare har presenterats, att det är viktigt att hålla bokbestånd vitala och välgallrade under hela omloppstiden för att bevara eller skapa ett bra marktillstånd och därmed lyckas med en framtida naturlig förnyring. Därför kan man säga att Karlsson m.fl. (2009) och Almgren m.fl. (2003) är helt överens om att en god skötsel är en förutsättning för en god ekonomi.

Tabell 1. Sammanställning av virkesutfall och nettovärde vid förnygringsavverkning för tre olika skötselprogram. Tabellen gäller för bokskog med ståndortsindex F 28. Virkesutfallet är beräknat genom användning av programmet ProdMod. Markvärdet har tagits fram genom att diskontera alla framtida kostnader och intäkter i oändligheten och en kalkylränta på 2 procent har använts (Karlsson m.fl., 2009).

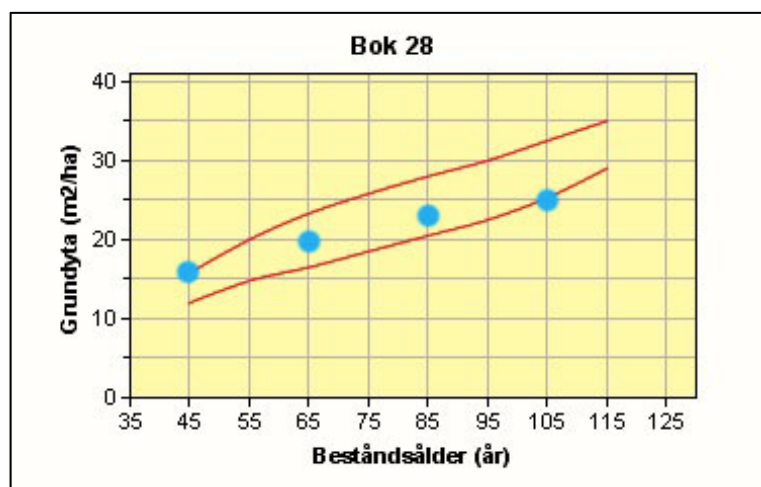
Skötselprogram	1 God kvalitet	2 Extensiv skötsel	3 Eftersatt skötsel
Antal röjningar	2	2	1
Antal gallringar	5	3	2
Totalt virkesuttag m³sk			
Flis	288	169	287
Massaved	281	339	175
Kubb	167	134	147
Timmer	116	54	7
Summa virkesuttag m³sk	852	696	616
Nettovärde vid förnygrings-avverkningen	79 200	63 200	39 400
Markvärde	5 400	-400	-3 100

Södra (2008) använder en skötselmall som presenteras i figur 11. Till skillnad från Carbonnier (1971) har Södra (2008) valt att *inte* särredovisa skötseln för olika boniteter. Enligt mallen kan man se att det sker en röjning ned till 5 000 + stammar per hektar redan vid 2 – 3 meters höjd. I förhållande till Trolleljungbymodellen, där den första röjningen (som tidigare presenterats) görs ned till 7 000 – 9 000 stammar per hektar vid 5 – 8 meters höjd, är detta en tidig och relativt sett hård röjning. Dessutom görs enligt Södra (2008) en röjning mer än hos Trolleljungbymodellen som till större del låter den naturliga konkurrensen utföra en del av jobbet precis som det beskrivits i avsnittet om röjning. Carbonnier (1971) skriver att övre höjden enligt gallringsprogram A ska öka med cirka 1,5 meter mellan de olika gallringsingreppen. Jämför man det med Södras skötselmall i figur 11 märker man att Södra förespråkar en något större ökning av övre höjden mellan gallringarna, vilket även innebär ett något längre gallringsintervall. Enligt gallringsprogram A bör bokbeståndet vid en övre höjd på cirka 15 meter ha runt 1 400 – 1 500 stammar per hektar efter gallring. Vid samma höjd anger Södra att det efter gallring endast bör vara 400 – 600 stammar kvar per hektar. Detta innebär att Södra, enligt vad som tidigare presenterats, använder en metod som ger en större diametertillväxt och en kortare omloppstid.

Skötselmall		
Åtgärd	År/m(ÖH)	Antal stammar/ ha efter åtgärd
Röjning, 10 år	2-3 m	5 000+
Röjning, 15 år	5-6 m	4 000
Röjning/ Gallring	6-7 m	3 000
Gallring	9-10 m	1 500 - 1 800
Gallring	12-13 m	800 - 1 000
Gallring	15-16 m	400 - 600
Gallring	17-18 m	200 - 300
Gallring	20-21 m	150 - 200
Gallring	22-23 m	100 - 150
Slutavverkning, 100-110 år	25-26 m	

Figur 11. Skötselmall för bok enligt Södra (2008).

I den grafiska skildringen i figur 12 visar kurvorna gallringsrekommendationer från Skogforsk (2013, Länk B). Punkterna i samma figur återger uppgifter från gallringsprogram A för bok med ståndortsindex F 28 enligt H 100 efter Carbonnier (1971). Vid denna jämförelse kan man se att Skogforsks rekommendationer är att gallra något kraftigare än gallringsprogram A i de yngre bestånden. Däremot anser de att gallring i äldre bestånd bör göras något försiktigare.



Figur 12. Jämförelse mellan gallringsrekommendationer från Skogforsk (2013, Länk B) och gallringsprogram A för bok med ståndortsindex F 28 enligt H 100 efter Carbonnier (1971).

2.8 Syfte

De frågeställningar som ligger till grund för undersökningen, vilken presenteras i de kommande kapitlen, visas i de tre första punkterna nedan. Ytterligare ett syfte med studien presenteras i punkt nummer fyra.

1. Vid vilken toppdiameter bör manuellhuggare kapa den sista massavedsbiten i bokskog för att råvaran ska ge så stor ekonomisk vinst som möjligt? Med andra ord: Vilken kapdiameter vid

motormanuell avverkning motsvarar den ekonomiska gränsen mellan bokmassaved och GROT från bok?

2. Ska sista massavedsbiten vid motormanuell avverkning i bokskog, där GROT tas ut, kapas vid en grövre eller klenare toppdiameter än den görs idag?
3. Stämmer hypotesen att bokmassaveden vid motormanuell avverkning kvistas onödigt långt, med tanke på att biobränslevärdet vid en viss gräns överstiger nettovärdet för massaveden?
4. Utveckla en räknesnurra i Excel där man genom att fylla i olika ingångsfaktorer får fram en rekommenderad toppdiameter på den sista massavedsbiten vid avverkning i bokskog.

3 MATERIAL OCH METODER

I denna studie klassificerades bokskogar i tre olika kvistklasser enligt nedan. Därefter har en tidsstudie vid motormanuell avverkning gjorts. Denna syftade till att beräkna tidsåtgången för att tillreda den sista massavedsbiten mot toppen i en bok. Fältuppgifter som ligger till grund för beräkning av rekommenderad toppdiameter på den sista massavedsbiten har också samlats in i ett bestånd som representerar kvistklass 3 enligt nedan. Tidsstudien och insamlingen av fältdata utfördes i månadsskiftet april/maj 2013. Vid insamlingen av fältdata ställdes även frågor till manuellhuggaren för att få en del bakomliggande information och därmed få ökad förståelse och möjlighet att föra ett resonemang utifrån en jämförelse mellan den teoretiskt rekommenderade toppdiametern och den praktiska produktionen. För att studien ska kunna upprepas i liknande bestånd har även olika beståndsdata samt beståndets lokalisering beskrivits i tabell 2. En närmare beskrivning av material, metoder och beräkningar samt vilka ingångsfaktorer och omvandlingstal som använts vid beräkningarna ges i följande avsnitt.

3.1 Definition av de tre kvistklasserna

Definitionen för kvistklass 1 – 3 beskrivs nedan (Kristofer von Hausswolff Julin, Produktionsledare, Stora Enso Bioenergi AB, personlig kommunikation 2012 – 12 – 03).

- 1 = Få och/eller klena kvistar. (Kan med fördel maskinavverkas.)
- 2 = Normalt antal kvistar med normala dimensioner. (Går med viss svårighet att maskinavverka.)
- 3 = Många kvistar och/eller mycket grova kvistar. (Kan ej maskinavverkas.)

För att få en bättre uppfattning om hur de olika kvistklasserna ser ut och för att kunna göra en direkt jämförelse mellan dessa visas några illustrerande bilder i figur 13 – 15. Fotograf är Roger Olsson.



Figur 13. Bilden visar hur en typisk bok i kvistklass 1 kan se ut. Lägg märke till de klena kvistarna och den genomgående stammen.



Figur 14. Här visas en bild på en bok som ingår i kvistklass 2. Både skördare och manuellhuggare kan användas vid avverkning.



Figur 15. Här visas en bokkrona som väl illustrerar hur träden i kvistklass 3 kan se ut. Observera de grova klykorna och grenarna.

3.2 Beståndsdata och lokalisering

I tabell 2 ges en presentation av vilka beståndsdata som gällde i det undersökta beståndet innan avverkningen ägde rum.

Tabell 2. Information om det undersökta beståndets data innan åtgärd samt beståndets lokalisering i geografien. Inom parentes står läns-, kommun- och församlingskoderna.

Beståndsdata	
Kvistklass	3
Ålder, år	85
SI	F 28
Grundyta, m ²	17
Volym, m ³ sk	190
D _{gv} , cm	40
H _{gv} , m	24
ÖH, m	27
Stamantal/ha	300
Län	Blekinge (10)
Kommun	Sölvesborg (83)
Församling	Gammalstorp – Ysane (03)

3.3 Avverkningsmetoder

Eftersom rekommenderad toppdiameter eftersträvas för både skördaravverkning och motormanuell avverkning har räknesnuran i Excel (Olssons toppdiametrar för bok) skapats så att ingångsfaktorer för båda dessa avverkningsmetoder kan användas. Anledningen till detta är att det i framtiden lätt ska kunna göras en kompletterande tidsstudie och datainsamling i fält för

att få fram rekommenderade toppdiametrar även för skördaravverkning. Tidsstudier för skördaravverkning och insamling av fältdata i skördaravverkade bestånd har alltså inte utförts i detta examensarbete vilket beror på att det rådde brist på avverkningar i bokskog vid utförandet av denna studie. Därför kommer räknescrann i sin nuvarande version endast ge en rekommenderad toppdiameter för motormanuell avverkning i bestånd som motsvarar kvistklass 3. I det bestånd som ingick i studien skulle GROT skötas till avlägg för att senare flisas vid vältan. Beståndsflysning utfördes alltså inte i samband med denna avverkning.

3.4 Information om och från avverkningspersonal

I samband med tidsstudien och insamlingen av fältuppgifter ställdes några frågor till manuellhuggaren. Nedan presenteras dessa tillsammans med huggarens svar.

1. Hur gammal är du?
Svar: 50 år.
2. Hur många år har du arbetat med avverkning i bokskog?
Svar: 32 år.
3. Vad är det viktigast att tänka på vid avverkning i bokskog?
Svar: Säkerheten. Kolla alltid upp i trädkronor för att se om det hänger kvar klykor eller liknande efter fällning.
4. Hur funderar du när det gäller att kapa sista massavedsbiten i toppen?
Svar: Är det vält- eller beståndsflysning som ska utföras i det aktuella beståndet?
5. Hur underlättar du arbetet för skotning och eventuell beståndsflysning i samband med avverkningen?
Svar: Vid skotning av GROT för vältflysning kapas kortare toppar än vid beståndsflysning. Det beror på skotarkapaciteten. (Max 8 – 9 meter långa toppar).

Anledningen till denna frågeställning var att kunna få en bild av hur erfaren manuellhuggaren var och att dessutom bättre kunna förstå och analysera varför toppen i nuvarande praktisk produktion kapas vid en viss diameter. Den sista frågan togs med för att få en uppfattning om hur avverkningen anpassas för kommande led i produktionskedjan.

3.5 Utrustning vid insamling av fältdata

För att samla in beståndsuppgifter om bestånden innan avverkningarna samt för att utföra tidsstudien och övriga mätningar som behövdes användes olika typer av instrument. Utrustningen som användes i fält visas i figur 16 – 21. Fotograf är Roger Olsson.



Figur 16. Relaskop med fyra räknefaktorer från Haglöf Sweden.



Figur 17. 20 meters huggarmåttband från Bahco.



Figur 18. Höjdmätare från Haglöf Sweden.



Figur 19. Tidtagarur för minuter, sekunder och centisekunder.



Figur 20. Barktjockleksmätare från Haglöf Sweden.



Figur 21. Datorklave från Haglöf Sweden med mjukvaran VM Klave V 1.20.

3.6 Ingångsfaktorer

Eftersom räknescurran ska vara enkel att använda har ingångsfaktorerna delats in i två kategorier. Kategori 1 består av massavedspris ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$), biobränslepris, fritt skog, (kr/MWh), omvandlingstal ($\text{MWh}/\text{m}^3\text{s}$), avverkningskostnad för skördare ($\text{kr}/\text{h}(\text{G}_{15})$), avverkningskostnad för manuellavverkning (kr/h) och kvistklass (1 - 3). Ingångsfaktorer i denna kategori fylls i av användaren till räknescurran. Faktorer som ingår i kategori 1 och som använts i studien presenteras i form av ett skärmlapp i figur 22. I avsnitt 3.9.1 redogörs bland annat för hur omvandlingen av skördarkostnaden från $\text{kr}/\text{h}(\text{G}_{15})$ till $\text{kr}/\text{h}(\text{G}_0)$ utförs i räknescurran. I samband med den redogörelsen hänvisas till skördarkostnaden i figur 22 och trots att studien alltså inte använder sig av denna kostnad för att få fram några resultat finns även denna angiven där. För definition av kvistklasserna se avsnitt 3.1.

Kategori 2 består av diameter (mm) på bark i halvmetersintervall, enkel barktjocklek (mm), massavedsbitens totala längd (m), massavedsbitens toppdiameter (mm) på bark, upparbetningstid per massavedsbit för skördare (min, s, och centisekunder) och upparbetningstid per massavedsbit för manuellhuggare (min, s, och centisekunder). Dessa ingångsfaktorer har i studien lagts in för trettio olika massavedsbitar som kommer från ett bestånd vilket tillhör kvistklass 3. Registreringen av ingångsfaktorerna för dessa olika massavedsbitar, som utgör själva stickprovet, började klockan 9:00 den 30 april

2013 och därefter utfördes registreringen successivt (massavedsbit för massavedsbit) allteftersom avverkningen ägde rum.

INGÅNGSFAKTORER			
SORTIMENTSPRISER			
Massavedspris, kr/m ³ fub	370		
Biobränslepris (fritt skog), kr/MWh	60	=	<div>182 kr/m³fub</div> <div>69 kr/m³s</div>
En m ³ s motsvarar:	1,15	MWh	
AVVERKNINGSKOSTNADER			
Skördare, kr/h(G ₁₅)	1 100	83% TU	
Skördare, kr/h(G ₀)	1 190	77% TU	
Manuellhuggare, kr/h	345		
KVISTSVÅRIGHET			
Kvistklass (1-3):	3		
1= Få och/eller klena kvistar. (Kan med fördel maskinavverkas).			
2= Normalt antal kvistar med normala dimensioner. (Går med viss svårighet att maskinavverka).			
3= Många kvistar och/eller mycket grova kvistar. (Kan ej maskinavverkas).			

Figur 22. En presentation av ingångsfaktorerna i kategori 1 som använts för beräkningarna i studien. Figuren är ett skärmbildsklipp från räkneprogrammet "Olssons toppdiametrar för bok". Rutor som är skuggade och innehåller siffror är de som fylls i av användaren.

De i kategori 2 förekommande ingångsfaktorerna som använts i studien presenteras i form av en fältblankett i bilaga 2. Observera att fältblanketten har utformats så att den ska fungera även för eventuell framtida datainsamling vid skördaravverkning. Dock finns inte ingångsfaktorerna utnyttjad tid per dag vid skördaravverkning (h), grundtid per dag för skördare (h(G₁₅)) och avbrottstid per dag för skördare (≤ 15 min) med i fältblanketten, vilka även de ingår i kategori 2. De senast nämnda ingångsfaktorerna har uppskattats på grund av tidsbegränsningen av studien och de kan ses i figur 24. Samtliga ingångsfaktorer i kategori 2 ligger latent i räkneprogrammet och de enda fallen där användaren dock kan tänkas behöva ändra dessa är om den tekniska utnyttjandegraden för skördaren ändras eller om skördare med olika utnyttjandegrader ska jämföras med varandra.

3.7 Omvandlingstal

För att göra omräkningar mellan olika volymer och mellan volymer och MWh användes omvandlingstalen i figur 23. För att räkna om m³fpb till m³fub och vice versa gjordes en sektionskubering av massavedsbiten där en beräkning för

både $m^3\text{fpb}$ och $m^3\text{fub}$ gjordes enligt beskrivningen som redogörs för i avsnittet om beräkningar. De då erhållna volymernas relation till varandra gav upphov till de omvandlingstal som presenteras i figur 23. Omvandlingstalen från $m^3\text{fpb}$ till $m^3\text{s}$ och från $m^3\text{fub}$ till $m^3\text{s}$ har hämtats från SkogsSverige (SkogsSverige, 2013, Länk C). Omvandlingstalet från $m^3\text{s}$ till MWh för bok är 1,15 (Viktor Jonsson, Virkesinköpare, Sydved, personlig kommunikation 2013 – 04 – 29). Cellen i räknescrannan som innehåller omvandlingstalet från $m^3\text{s}$ till MWh och används för beräkningar ändras beroende på vilket värde användaren väljer som ingångsvärde enligt figur 22. De övriga omvandlingstalen i figur 23 har räknats ut med hjälp av de ovan beskrivna. Omvandlingstalen med fet och kursiv text har alltså tagits direkt från olika källor och har tillsammans med olika ingångsvärden till sektionskuberingen legat till grund för beräkningen av resterande omvandlingstal.

Omvandlingstal - kvistklass 3					
		Till			
		$m^3\text{fpb}$	$m^3\text{fub}$	$m^3\text{s}$	MWh
Från	$m^3\text{fpb}$	1,00	0,92	2,33	2,68
	$m^3\text{fub}$	1,09	1,00	2,64	3,04
	$m^3\text{s}$	0,43	0,38	1,00	1,15
	MWh	0,37	0,33	0,87	1,00

Figur 23. Ett skärmbild från räknescrannan "Olssons toppdiametrar för bok" som visar omvandlingstal mellan volymer och MWh för bok.

3.8 Beräkningar

I detta avsnitt ges en skriftlig redogörelse av de olika beräkningarna som är gjorda i studien medan det i nästkommande avsnitt ges en mer utförlig beskrivning där beräkningsexempel visas och illustreras.

Enligt vad som tidigare har beskrivits har räknescrannan skapats för att även en rekommendation av toppdiametern på den sista massavedsbiten vid skördaravverkning ska kunna ges efter en kompletterande fältstudie. Därför kommer även en redogörelse för beräkningsgången när det gäller skördaravverkning att göras i följande beskrivningar. Eftersom skördarkostnaden anges i $\text{kr}/h(G_{15})$ och upparbetningstiden som fyllts i räknescrannan anges i $h(G_0)$ behövdes en omvandling från $h(G_{15})$ till $h(G_0)$. Denna gjordes genom att grundtid $h(G_{15})$ subtraherades med avbrottstid ≤ 15 min (Larsson, UÅ). Kostnaden i $\text{kr}/h(G_0)$ beräknades sedan genom att multiplicera kostnaden i $\text{kr}/h(G_{15})$ med grundtid $h(G_{15})$ och därefter dividera med grundtid $h(G_0)$. Följande formler användes alltså:

- $h(G_0) = h(G_{15}) - \text{avbrottstid i timmar} \leq 15 \text{ min}$
- $\text{kr}/h(G_0) = \text{kr}/h(G_{15}) * h(G_{15}) / h(G_0)$

För att bestämma volymen på undersökta massavedsbitar nyttjades, som tidigare nämnts, sektionskubering. Vid denna kubering användes diametern (mm) på bark vid längdintervall om en halv meter. I de flesta fall hade massavedsbiten inte en längd av jämna halvmetrar. I sådana fall användes, för volymberäkning på den sista sektionen, toppdiametern (mm) på bark för massavedsbiten, rotdiametern (mm) på bark för den sista sektionen samt längden på den sista sektionen. Volymen i m³fub beräknades genom att subtrahera diametern på bark med dubbla barktjockleken innan formeln för volymberäkningen användes. För volymberäkningarna har formeln för stympad kon använts. Den lyder enligt Stenhag (2010) på följande sätt:

- $V = L * (G_r + G_t + \sqrt{(G_r * G_t)}) / 3$

Där:

V = volymen G_r = grundytan i rot
L = längden G_t = grundytan i topp.

Bruttovärdet för massaveden på varje sektion räknades ut genom att multiplicera, det av användaren angivna, massavedspriset per m³fub enligt figur 22 med respektive sektionens volym i m³fub. Den enskilda sektionens bioenergivärde erhöles genom att först omvandla sektionens volym i m³fub till m³s och vidare till MWh. Därefter multiplicerades, det av användaren angivna, biobränslepriset per MWh enligt figur 22 med respektive sektionens innehåll av MWh. Formeln som använts för att beräkna biobränslevärdet på en sektion lyder alltså:

- $y = a * b * c * z$

Där:

y = biobränslevärdet på sektionen [kr] c = MWh/m³s
a = sektionens volym [m³fub] z = kr/MWh
b = m³s/m³fub

Förenklas ovanstående formel får vi:

- $y = a * d * z$

Där d = MWh/m³fub

I räknesnuran beräknades kostnaden att upparbeta massavedsbiten för skördare och manuellhuggare genom att använda kr/h(G₀) och skördarens upparbetningstid på massavedsbiten respektive kr/h och manuellhuggarens upparbetningstid på massavedsbiten.

Därefter beräknades avverkningskostnaden vid skördaravverkning och motormanuell avverkning i kr/cm för massavedsbiten. Avverkningskostnaden

för respektive sektion räknades ut genom att multiplicera sektionens längd i cm med avverkningskostnaden i kr/cm.

För att få fram massavedens nettovärde för en sektion efter skördaravverkning respektive motormanuell avverkning subtraherades sektionens bruttovärde för massaved med sektionens avverkningskostnad för skördaravverkning respektive motormanuell avverkning. Därefter beräknades sektionens nettovärde i kr/m³fub genom att dividera dess nettovärde med dess volym i m³fub.

En funktion för respektive sektionens massavedsvärde i kr/m³fub efter kapning vid olika toppdiametrar skapades genom att plotta de olika sektionernas toppdiameter (cm på bark) med nettovärdet (kr/m³fub) för motsvarande sektion. På samma sätt (nettovärdet i kr/m³fub för gällande sektion ersattes dock med biobränslevärdet i kr/m³fub) erhöles en funktion av sektionens biobränslevärde. Det utfördes alltså regressionsanalyser för att skapa dessa funktioner. Eftersom nettovärdet per m³fub för massaveden varierar beroende på toppdiametern skapades ett polynom i grad två för detta värde. Däremot utfördes en linjär regression för biobränslevärdet eftersom det är konstant per m³fub. I figur 27 visas en grafisk skildring av dessa funktioner för massavedsbit nummer 24 i kvistklass 3 vilken även utgör basen i exemplet som presenteras i avsnittet beräkningsexempel.

När funktionerna för sektionernas värde för massaveden efter avverkning (kr/m³fub) och biobränslevärde (kr/m³fub) erhöles med hjälp av regressionsanalyser användes målsökningsanalys i Excel för att beräkna vid vilken diameter på bark som massavedsbiten bör kapas. Denna analys användes eftersom den kan visa var kurvan för massavedsvärdet efter avverkning skär kurvan för biobränslevärdet. Om kurvornas skärningspunkt i undersökningen skedde vid en diameter som understeg gräsen i sortimentsbestämmelserna för bokmassaved sattes den rekommenderade toppdiametern till fem centimeter plus dubbla barktjockleken eftersom fem centimeter under bark motsvarar minimikravet på bokmassavedens toppdiameter.

Ovanstående beräkningar har gjorts för varje enskild massavedsbit som inventerats i fält. (I räkneshurran finns det möjlighet att mata in ingångsfaktorer för trettio massavedsbitar i varje kvistklass och avverkningsmetod). Därefter beräknades medelvärde och standardavvikelse för stickprovet. Även en beräkning utfördes av ett konfidensintervall på 95 procent för vid vilken toppdiameter i cm på bark en massavedsbit bör kapas.

Den genomsnittliga faktiska toppdiametern togs också fram genom att beräkna medelvärdet för alla toppdiametrar som ingick i stickprovet. Även den genomsnittliga faktiska avverkningskostnaden, enligt mätdata, beräknades. Det gjordes genom att medelvärdet för avverkningskostnaderna på alla inventerade massavedsbitar togs fram. Slutligen utfördes också en beräkning

av standardavvikelse samt ett konfidensintervall på 95 procent när det gällde de faktiska avverkningskostnaderna.

3.9 Beräkningsexempel

Rubrikerna i detta avsnitt behandlar steg för steg ett beräkningsexempel från undersökningen. Därmed kommer en utförlig beskrivning av de olika beräkningarna som är genomförda i studien att presenteras nedan.

3.9.1 Från $h(G_{15})$ till $h(G_0)$ och från $kr/h(G_{15})$ till $kr/h(G_0)$

För att omvandla $h(G_{15})$ till $h(G_0)$ användes i undersökningen uppgifterna i figur 24 som för övrigt är ett skärmdokument från räknesnurran.

Utnyttjad tid per dag, h	8	
Grundtid per dag, $h(G_{15})$	6,64	83% TU
Avbrottstid per dag ≤ 15 min, h	0,5	
Grundtid $h(G_0)$	6,14	77% TU

Figur 24. Här visas de ingångsfaktorer som användes för att omvandla $h(G_{15})$ till $h(G_0)$. Dessa värden har (som tidigare nämnts) uppskattats på grund av tidsbegränsningen av studien. Den tekniska utnyttjandegraden som visas för $h(G_{15})$ ligger dock i nivå med de värden som Brunberg och Thor (2010) presenterar.

Omvandlingen från $h(G_{15})$ till $h(G_0)$ enligt uppgifter i figur 24 utfördes enligt följande beräkning.

- $6,64 h(G_{15}) - 0,5 h \text{ avbrottstid} \leq 15 \text{ min} = 6,14 h(G_0)$.

För att sedan omvandla skördarkostnaden från $kr/h(G_{15})$ till $kr/h(G_0)$, med utgångspunkt från skördarkostnaden enligt figur 22 och grundtiderna enligt figur 24, gjordes beräkningen nedan.

- $1\,100 \text{ kr}/h(G_{15}) * 6,64 h(G_{15}) / 6,14 h(G_0) \approx 1\,190 \text{ kr}/h(G_0)$

3.9.2 Sektionskubering

I figur 25 redovisas de ingångsfaktorer som samlats in i fält för massavedsbit nummer 24 i kvistsvårighetsklass 3. Figuren är ett skärmdokument från räknesnurran och de skuggade rutorna innehåller de data som samlats in i fält. Uppgifterna om diametrarna i mm under bark som visas i figuren är framräknade genom att subtrahera de motsvarande diametrarna i mm på bark med dubbla barktjockleken i mm. Volymen för respektive sektion har, enligt vad som angivits i avsnittet om beräkningar, bestämts genom sektionskubering med formeln för stympad kon.

Kvistsvårighetsklass:	3	Manuellhuggare används vid avverkning										
Massavedsbit nr.	24											
Diametermått nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Längdmått, m	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Diameter, mm pb.	242	242	230	259	198	189	189	187	173			
Diameter, mm ub.	234	234	222	251	190	181	181	179	165	0	0	0
Enkel barktjocklek, mm	4											
Diametermått nr:	13											
Massavedsbittens totala längd, m:	4,15	Antal diametrar till toppsektionen: 9										
Massavedsbittens toppdiameter, mm pb:	174	Längden till toppsektionens rot, m: 4,0										
Massavedsbittens toppdiameter, mm ub:	166	Diametern vid toppsektionens rot, mm pb: 173										
		Diametern vid toppsektionens rot, mm ub: 165										

Figur 25. Skärmlapp från räknesnurran "Olssons toppdiametrar för bok" som i de skuggade rutorna visar insamlade fältdata från massavedsbit nummer 24 i kvistsvårighetsklass 3.

Nedan redovisas använd beräkningsgång för volymbestämningen av den andra halvmeterssektionen för massavedsbiten i figur 25. Följande beräkningsexempel illustrerar alltså volymbereäkning för sektionen som börjar en halv meter in från massavedsbittens rotända och slutar en meter in på massavedsbiten.

Först beräknades grundytorna på bark och under bark i sektionens rot (G_r) och topp (G_t) enligt följande.

Grundyta på bark:

- $G_r = \pi * 2,42^2 / 4 \approx 4,60 \text{ dm}^2$
- $G_t = \pi * 2,30^2 / 4 \approx 4,15 \text{ dm}^2$

Grundyta under bark:

- $G_r = \pi * 2,34^2 / 4 \approx 4,30 \text{ dm}^2$
- $G_t = \pi * 2,22^2 / 4 \approx 3,87 \text{ dm}^2$

Därefter beräknades volymen på och under bark enligt formeln för stympad kon på följande sätt.

- Volym på bark = $5 * (4,60 + 4,15 + \sqrt{(4,60 * 4,15)}) / 3 \approx 21,87 \text{ dm}^3 \text{fpb}$
- Volym under bark = $5 * (4,30 + 3,87 + \sqrt{(4,30 * 3,87)}) / 3 \approx 20,42 \text{ dm}^3 \text{fub}$

3.9.3 Värdeberäkningar

För att räkna ut bruttovärdet för massaveden på en sektion användes massavedspriset i kr/m³fub från figur 22 och den framräknade volymen i m³fub på den aktuella sektionen. Massavedens bruttovärde på sektionen i exemplet ovan beräknades då så här:

- Bruttovärdet för massaveden i sektionen = $370 \text{ kr/m}^3\text{fub} * 0,02042 \text{ m}^3\text{fub} \approx 7,60 \text{ kr}$

Bioenergivärdet på en sektion beräknades med hjälp av sektionens volym i m^3fub , omvandlingstalet från m^3fub till MWh i figur 23 och biobränslepriset i kr/MWh från figur 22. Följande beräkning gjordes för sektionen i exemplet ovan:

- Bioenergivärde för sektionen = $0,02042 \text{ m}^3\text{fub} * 3,04 \text{ MWh/m}^3\text{fub} * 60 \text{ kr/MWh} \approx 3,72 \text{ kr}$

3.9.4 Kostnadsberäkningar

Beräkningen för att få fram avverkningskostnaden för sektionen gjordes i olika steg. Först beräknades kostnaden för att avverka hela massavedsbiten och därefter avverkningskostnaden för den enskilda sektionen. I figur 26 visas tidsåtgången för att upparbeta massavedsbiten i exemplet ovan. Dessa data tillsammans med timkostnaden för manuellhuggaren enligt figur 22 användes för att räkna ut avverkningskostnaden för hela massavedsbiten. Massavedsbitens totala längd enligt exemplet i figur 25 behövdes sedan för att beräkna avverkningskostnaden i kr/cm och i kr för sektionen.

TIDSÅTGÅNG FÖR SKÖRDARE ALT. MANUELLHUGGARE			
Upparbetningstid för skördare	0 min	0 s	0 centisekunder
Upparbetningstid för manuellhuggare	0 min	47 s	90 centisekunder

Figur 26. Här visas resultatet för tidsstudien från massavedsbiten i figur 25. Figuren är ett skärmdokument från räknesnurren "Olssons toppdiametrar för bok". Eftersom endast manuellhuggare är aktuellt i exemplrets kvistsvårighetsklass är inga data ifyllda när det gäller upparbetningstiden för skördare.

Avverkningskostnaden för hela massavedsbiten beräknades på följande sätt:

- $345 \text{ kr/h} * (47 \text{ s} * 1 \text{ h} / 3\,600 \text{ s} + 90 \text{ centisekunder} * 1 \text{ h} / 360\,000 \text{ centisekunder}) \approx 4,60 \text{ kr}$

Detta innebär att avverkningskostnaden då blev:

- $4,60 \text{ kr} / 415 \text{ cm} \approx 0,011 \text{ kr/cm}$

Avverkningskostnaden för sektionen i exemplet beräknades därefter på följande sätt:

- $0,011 \text{ kr/cm} * 50 \text{ cm} = 0,55 \text{ kr}$

3.9.5 Beräkningar av nettovärde

En sektionens massavedsvärde efter avverkning det vill säga nettovärdet för massaveden beräknades enligt följande:

- Nettovärde för massaveden i sektionen = 7,60 kr i brutto för massaveden i sektionen – 0,55 kr i avverkningskostnad för sektionen ≈ 7,00 kr

Därefter beräknades nettovärdet för massaveden i sektionen i kr/m³fub. Beräkningen skedde så här:

- $7,00 \text{ kr} / 0,02042 \text{ m}^3\text{fub} \approx 343 \text{ kr/m}^3\text{fub}$

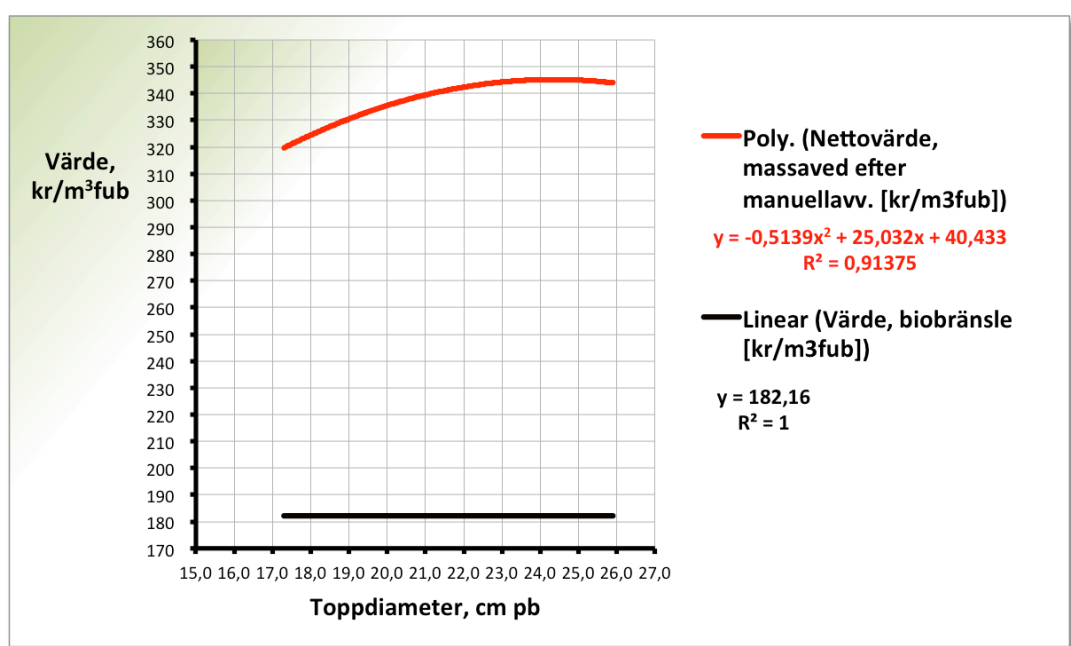
Eftersom bioenergivärdet i kr/m³fub inte förändras med avverkningen bedömdes alla sektioner ha ett biobränslepris som motsvarar det som anges i figur 22. Det vill säga 182 kr/m³fub.

4 RESULTAT

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits i studien. Olika diagram och figurer kommer att illustrera massavedsvärden och bibränslevärde vid olika toppdiametrar, eftersträvade toppdiametrar, faktiska toppdiametrar och avverkningskostnader.

4.1 Grafiska illustrationer och regressionsanalys

När funktionerna för massavedsvärde efter avverkning och bibränslevärde hade skapats enligt beskrivningen i avsnitt 3.8 kunde dessa illustreras i grafisk form vilket visas i figur 27.

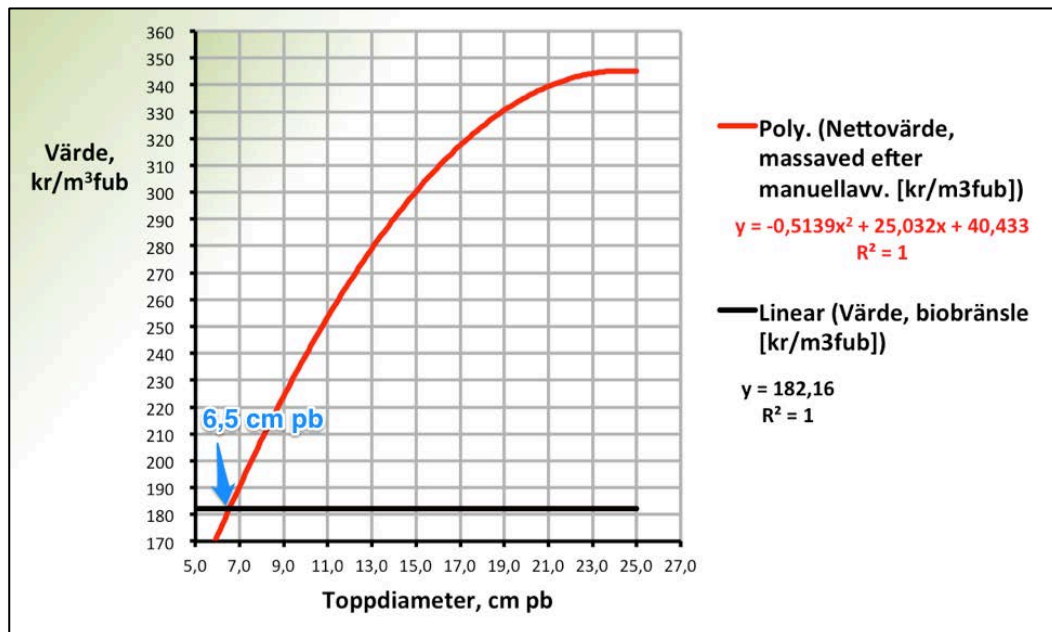


Figur 27. En grafisk illustration av värde på massaved efter manuellavverkning samt värde på bibränsle vid olika toppdiametrar för massavedsbiten som visas i figur 25. Funktionerna har skapats med enbart insamlad fältdata. I detta exempel finns det en stark korrelation mellan toppdiameter och nettovärdet för massaveden vilket ett högt R^2 – värde indikerar.

Att nettovärdet för massavedsvärdet i figur 27 är så pass mycket högre än biobränslepriset beror på olika saker. Dels är bruttovärdet för massaveden, enligt figur 22, så mycket som 188 kr högre per m^3 fub jämfört med biobränslevärdet. I figur 27 kan utläsas att en klenare toppdiameter ger ett lägre nettovärde för massaveden vilket beror på att avverkningskostnaden ökar med den minskande toppdiametern. Graferna i figur 27 har tagits fram genom en tidsstudie och volymberäkning på en relativt grov massavedsbit (som har en rotdiameter på ca 24 cm och en toppdiameter på ca 17 cm) och bidrar alltså också till den stora skillnaden mellan nettovärdet för massaveden och biobränslevärdet i exemplet. Att graferna nästan sträcker sig ända till ca 26 cm beror på att toppdiametern på sektion 3 nästan är 26 cm (se figur 25). Anledningen till detta är att det förekom en grov gren på den tredje sektionen

och att grenen kapades i 90 graders vinkel i förhållande till sin vidare sträckning. En kapning längs stammen skedde alltså inte.

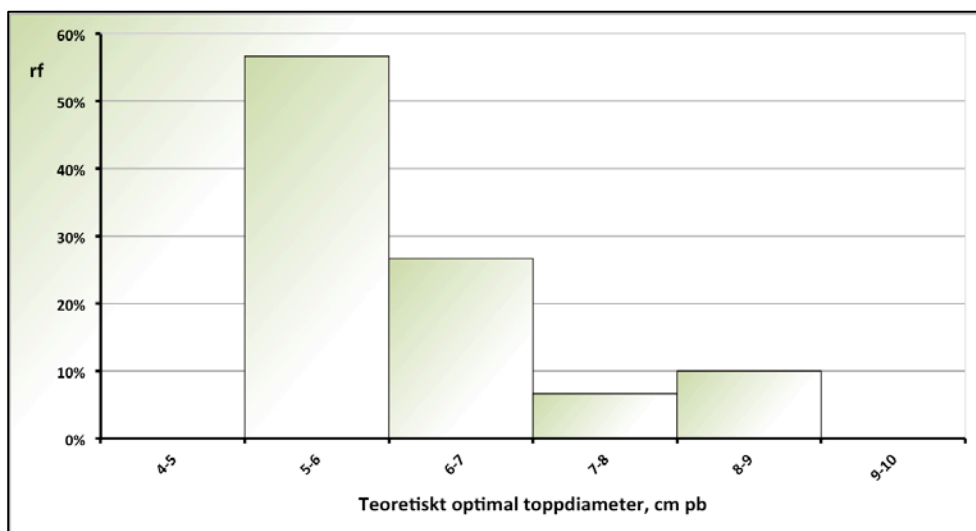
Efter en prolongering av graferna i figur 27 kunde även en grafisk illustration göras för var massavedens nettovärde är lika stort som biobränslevärdet. Denna illustration visas i figur 28 där man kan avläsa att massavedsbiten i exemplet rent teoretiskt borde kapas vid en toppdiameter som är 6,5 cm på bark.



Figur 28. En grafisk illustration som efter en prolongering av graferna i figur 27 visar att massavedens nettovärde är det samma som biobränslevärdet vid en toppdiameter på 6,5 cm på bark.

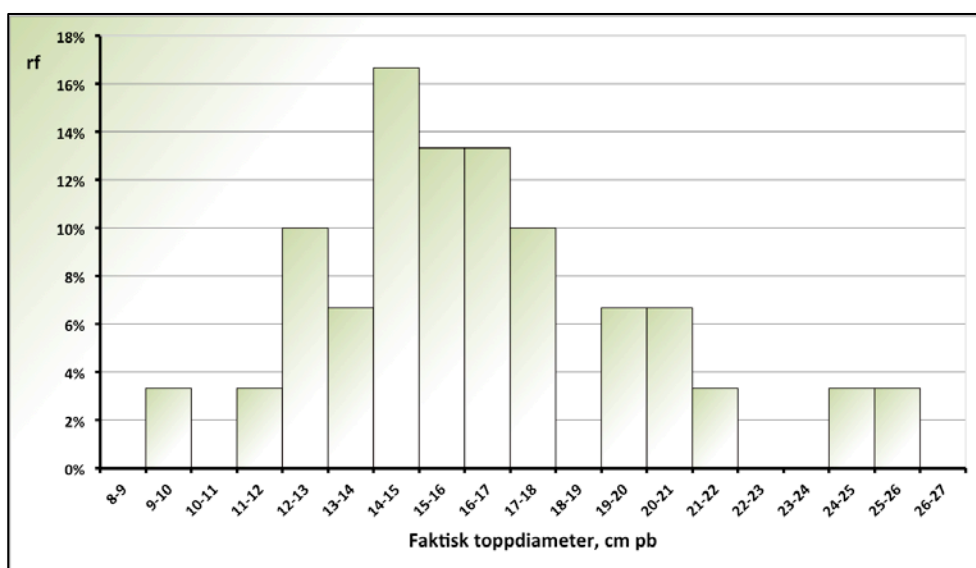
4.2 Eftersträvade och faktiska toppdiametrar

Ett viktigt syfte i studien var att ta reda på vid vilken toppdiameter manuellhuggare bör kapa den sista massavedsbiten för att få så stor ekonomisk vinst som möjligt. Histogrammet i figur 29 visar fördelningen av hur de massavedsbitar som ingick i studien borde kapats för att få största ekonomiska utbyte. Medelvärde för den teoretiskt optimala toppdiametern enligt samma figur är 6,3 cm på bark vilket även kan återfinnas i figur 32. Notera att mer än hälften av alla undersökta massavedsbitar enligt studien borde kapats vid en toppdiameter på mellan fem och sex centimeter.



Figur 29. Histogram som visar fördelningen över de undersökta massavedsbitarnas teoretiskt optimala toppdiameter.

För att lätt kunna göra en jämförelse mellan den teoretiskt optimala toppdiametern och den faktiska toppdiametern redovisas fördelningen av den senare i figur 30. Där kan ses att samtliga av de undersökta massavedsbitarna är kapade vid en toppdiameter som överstiger den teoretiskt optimala toppdiametern enligt figur 29.

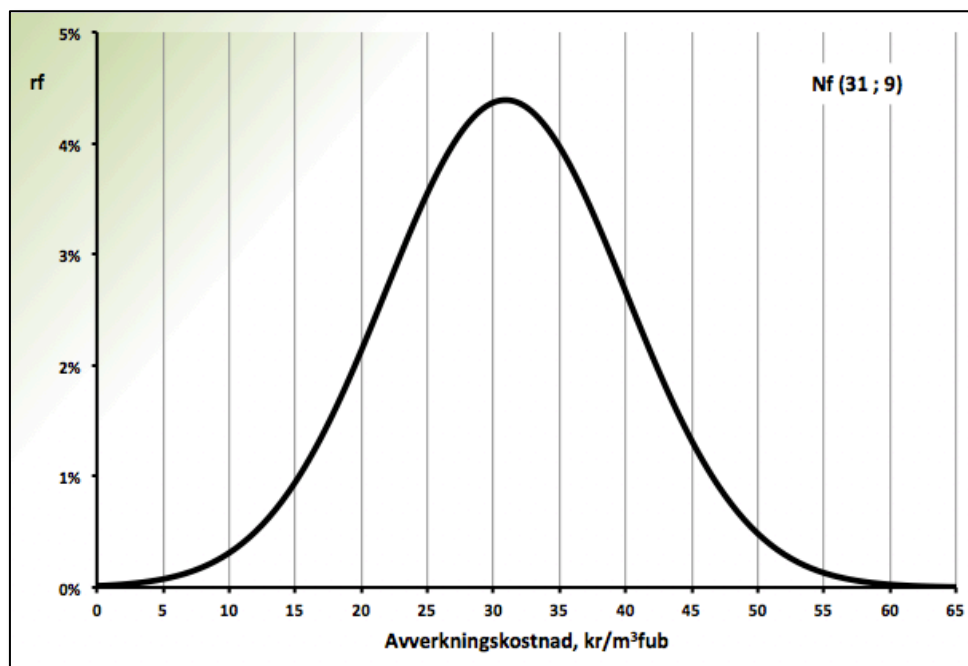


Figur 30. Histogram som visar fördelningen av de undersökta massavedsbitarnas faktiska toppdiameter.

Histogrammen i figur 29 och 30 visar att toppen på den sista massavedsbiten vid motormanuell avverkning i bokskog bör kapas vid en klenare diameter än den görs i den praktiska produktionen idag. Mer om detta redogörs för i avsnittet om toppdiametrar i praktisk produktion.

4.3 Avverkningskostnader

Kostnaden för att tillreda den sista massavedsbiten i en bok påverkar den teoretiskt optimala toppdiametern högst betydligt. Eftersom denna faktor är så pass viktig redovisas resultatet av den i form av en normalfördelningskurva i figur 31. Medelvärde för avverkningskostnaden i studien är 31 kr/m³fub med en standardavvikelse på 9 kr/m³fub vilket även lagt grunden för normalfördelningskurvan i figur 31. Användaren av räknescurran "Olssons toppdiametrar för bok" får dock inte avverkningskostnaden redovisad som en normalfördelningskurva utan istället som figur 32 visar.



Figur 31. Normalfördelningskurva över avverkningskostnaderna i studien. Medelvärdet är 31 kr/m³fub och standardavvikelsen är 9 kr/m³fub.

4.4 Vid vilken diameter bör då toppen kapas?

För att användaren av räknescurran ska få tillgång till ett snabbt resultat när ingångsfaktorerna matats in redovisas den eftersträvar toppdiametern för sista massavedsbiten tillsammans med bland annat avverkningskostnader på ett och samma ställe. Ett skärmbild från denna redovisning i räknescurran visas i figur 32. Där kan man se att de ingångsfaktorer som ligger till grund för denna studie ger ett resultat som anger att man vid manuellavverkning i bokskog bör eftersträva en toppdiameter på 6,3 cm på bark.

RESULTAT

EFTERSTRÄVAD TOPPDIAMETER FÖR SISTA MASSAVEDSBITEN

Skördaravverkning cm pb

(Med 95% säkerhet bör kapdiametern vara mellan
och cm pb).

Manuellavverkning	6,3	cm pb
-------------------	-----	-------

(Med 95% säkerhet bör kapdiametern vara mellan 6,0 och 6,6 cm pb).

Faktisk toppdiameter enligt mätdata

Skördaravverkning: cm pb

Manuellavverkning: 16,3 cm pb

Faktiska avverkningskostnader enligt mätdata

Skördaravverkning: kr/m³fub

(Med 95% säkerhet är avverkningskostnaden mellan
och kr/m³ fub).

Manuellavverkning: 31 kr/m³fub

(Med 95% säkerhet är avverkningskostnaden mellan 28 och 34 kr/m³ fub).

Figur 32. Skärmlapp från räknescrann "Olssons toppdiametrar för bok" som visar vid vilken toppdiameter den sista massavedsbiten bör kapas för att få så stor ekonomisk vinst som möjligt.

Att det inte redovisas några resultat för skördaravverkning i figur 32 beror som tidigare beskrivits på att tidsstudier för skördaravverkning och insamling av fältdata i skördaravverkade bestånd inte utförts i studien. Anledningen till detta är att det rådde brist på avverkningar i bokskog vid studiens utförande.

4.5 Toppdiametern i praktisk produktion

Vid insamlingen av data togs bilden i figur 33. Bilden är illustrativ och talar om att man i praktisk produktion, i alla fall när det gäller manuellavverkning, kapar toppen vid en synnerligen grövre diameter än den eftersträlvade teoretiska diametern.



Figur 33. Här visas en typisk topp som vid manuellhuggning lämnas för skotning och senare vältflisning. (Toppen hade även lämnats vid beståndsflisning). Lägg märke till diametern (24,5 cm på bark) som har fått fram genom korsklavning. Att upparbeta ytterligare en massavedsbit i detta fall innebär ett tidsödande och även riskfyllt arbete. Dessutom hade skotarföraren inte fått ut biobränslet på ett lika rationellt sätt om den var upparbetad. (Stefan Johnsson, Manuellhuggare, Sydved AB, personlig kommunikation 2013 – 04 – 30). Foto: Roger Olsson.

5 DISKUSSION

De skapade funktionerna för massavedsvärde efter avverkning har inte alltid ett högt R^2 -värde. Med andra ord förekommer det inte alltid ett starkt samband mellan toppdiameter och massavedsvärde. Som jag ser det beror detta med stor sannolikhet delvis på att de tillredda massavedsbitarna inte alltid har en successiv avsmalning. Den största orsaken till att massavedsbitarna inte får en successiv avsmalning är att manuellhuggarna inte kapar de grövre grenarna längs stammen utan i 90 graders vinkel i förhållande till grenen. Även klykor kapas på ett liknande sätt vilket även det orsakar en ojämn avsmalning. På grund av detta bör man dock ta det redovisade konfidsensintervallet för den rekommenderade toppdiametern med en nypa salt.

Vältflisning eller beståndsflisning spelar en stor roll för hur manuellhuggare kapar toppen och därmed påverkas den sista massavedsbitens toppdiameter beroende på den flisningsmetod som används. Vid vältflisning dras massaveden ut längre för att skotare saknar kapacitet att klara av längre toppar än 8 – 9 meter. Vid beståndsflisning tillreds vid praktisk produktion längre toppar eftersom beståndsflisaren ska kunna arbeta på ett effektivt sätt med stort utnyttjande av flishuggen. Detta innebär att den sista massavedsbiten idag tillreds så att den får en grövre toppdiameter i bestånd som beståndsflisas än vad den får i bestånd där skotning av GROT sker med följande vältflisning. I dagens produktion verkar därför toppdiametern på den sista massavedsbiten spela mindre roll än vilket flisningssystem som används i den praktiska produktionen. Detta examensarbete har bland annat på grund av tidsbegränsning dock inte räknat med dessa olika flisningssystem, vilket man så här i efterhand kan tycka borde ha gjorts. En ny studie som även inkluderar de olika flisningssystemen borde därför enligt mig genomföras. En liknande studie skulle förmodligen passa bättre för trädslaget gran och eventuellt även för tall eftersom dessa trädslagen i de allra flesta fall kan avverkas med skördare vilket ger massavedsbitarna en mer successiv avsmalning än hos boken. På så sätt skulle man förmodligen få ett högre R^2 -värde på de skapade funktionerna gällande massavedsvärde efter avverkning.

Vid avverkningen gjordes tidsstudien på den sista tillredda massavedsbiten. Detta innebär att den framräknade avverkningskostnaden endast gäller för denna massavedsbit. Eftersom det blir en större avverkningskostnad per kubikmeter när man kvistar toppen längre ut kommer det att innebära att diameterberäkningen i räknesnuran "Olssons toppdiametrar för bok" genererar toppdiametrar som kommer vara klenare än de kanske borde. Detta beror på att en prolongering av kurvan som visar förhållandet mellan toppdiameter och massavedsvärdet efter avverkning har varit nödvändig i undersökningen för att kunna kolla upp var denna kurva skär kurvan för biobränslevärdet. Problemet gäller framförallt vid manuellavverkning och således i bestånd där man idag tar ut mest biobränsle. För att komma till rätta

med problemet skulle man kunna göra en ny undersökning där man gör en tidsstudie på den sista massavedsbiten när man tillreder massaved ända ner till den minsta tillåtna diametern enligt sortimentsbestämmelserna. Detta kommer då att ge avverkningskostnader som genererar en mer exakt teoretisk diameter där massaveden bör skiljas från biobränsle. I praktisk produktion är det för manuellhuggare dessvärre mycket tidsödande och i många fall även farligt att tillreda massaved så långt ut som till minimidiametern. Ska en ny undersökning enligt ovan genomföras måste man avgöra om nyttan väger tyngre än den använda tiden och riskerna som manuellhuggare tar. Dessutom kommer flisentreprenörer (i synnerhet entreprenörer med beståndsflisare) inte bli så värst muntra om man kapar massaveden vid en, enligt dem, för klen diameter. Anledningen är att en klen diameter ger sämre ekonomi för beståndsflisaren. Ett uttag av GROT skulle alltså i stort sett inte vara aktuellt om man skulle tillreda massaved med en toppdiameter som motsvarar minimikraven i sortimentsbestämmelserna. Ytterligare ett problem man har om en ny studie skulle göras enligt beskrivningen ovan är att hitta en markägare som är redo att ta en dyrare avverkningskostnad och ett mindre eller alternativt inget GROT-netto. Vilken markägare skulle vilja detta? Hittar man en markägare som gillar utveckling och att hjälpa till med denna skulle man eventuellt kunna erbjuda honom/henne ekonomisk ersättning för den förlorade intäkten som undersökningen med all sannolikhet skulle innebära.

Enligt studien bör toppen på den sista massavedsbiten vid motormanuell avverkning i bokskog kapas vid en klenare diameter än den görs i den praktiska produktionen idag. Detta resultat faller därmed min inledande hypotes om att bokmassaveden kvistas onödigt långt.

6 SAMMANFATTNING

Biomassan från skogen har börjat konkurrera med massaindustrin om råvaran. Därför har det uppstått frågor som berör den ekonomiska gränsen mellan biomassa och massaved. Var går egentligen denna gräns? Vilken är den teoretiskt optimala toppdiametern för den sista massavedsbiten? Stora Enso Bioenergi AB, som är uppdragsgivare för studien, tar ut en hel del GROT ur bokskogar och vill därför veta var den ekonomiska gränsen går mellan bokmassaved och biobränsle från bokskog. För att reda ut denna fråga skapades en räknescenariomodell i Excel som kompletterades med en fältstudie.

För att man skulle kunna få fram toppdiametrar för olika typer av bestånd indelades bokskogar i tre kvistklasser vilka presenteras nedan.

- 1 = Få och/eller klena kvistar. (Kan med fördel maskinavverkas.)
- 2 = Normalt antal kvistar med normala dimensioner. (Går med viss svårighet att maskinavverka.)
- 3 = Många kvistar och/eller mycket grova kvistar. (Kan ej maskinavverkas.)

Studien begränsades på grund av olika anledningar till att omfatta bestånd i kvistklass 3 vilket innebär att endast motormanuell avverkning studerades.

Datainsamlingen i fält syftade till att samla in uppgifter för kubering av den sist tillredda massavedsbiten i ett träd. Även en tidsstudie för upparbetningen av respektive massavedsbit genomfördes. I räknescenariomodellen utfördes därefter beräkningar av volymer, avverkningskostnader, nettovärden och den teoretiskt optimala toppdiametern.

Studien gav ett resultat som visar att den ekonomiska gränsen mellan bokmassaved och GROT (vid motormanuell avverkning) går vid en toppdiameter på 6,3 cm på bark. Det motsvarar enligt undersökningen en toppdiameter som är tio centimeter klenare än den idag vid motormanuell avverkning tillredda toppdiametern. Vidare visar studien att avverkningskostnaden för manuellhuggning av bokmassaved ligger på 31 kr/m³fub.

I samband med datainsamlingen i fält diskuterades även avverkningen med manuellhuggaren. Då betonade huggaren att valet av flisningsmetod (vält- eller beståndsflisning) kan påverka toppdiametern mycket. När vältflisning används kapas (i dagens praktiska produktion) den sista massavedsbiten vid en klenare toppdiameter än den görs vid beståndsflisning. Huggaren anger att anledningen till detta är att en skotare inte klarar av längre toppar än 8 – 9 meter. Därför är kanske den teoretiskt optimala toppdiametern (som visas i studiens resultat) inte alltid den lämpligaste när beståndsflisning tillämpas.

7 REFERENSLISTA

7.1 Publikationer

Almgren, G. m.fl. (1984). *Ädellövskog – Ekologi och skötsel*. Jönköping: Skogsstyrelsens Förlag.

Almgren, G., Jarnemo, L. & Rydberg, D. (2003). *Våra ädla lövträd*. Jönköping: Skogsstyrelsens Förlag.

Bjerregaard, J. & Carbonnier, C. (1979). *Att sköta bok*. Djursholm: Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift Häfte 3, 77:3.

Brunberg, T. & Thor, M. (2010). *Produktivitet i gallring och slutavverkning 2008 – 2009*. Gävle: Skogforsk. (Resultat / Skogforsk, Gävle, 2010:10).

Carbonnier, C. (1971). Bokens produktion i södra Sverige: Yield of beech in southern Sweden. Stockholm: Skogshögskolan. (Studia Forestalia Suecica / Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, 1971:91).

Drakenberg, B. (UÅ). Kompendium i skoglig lövträds-känndom. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. (Utbildningskompendium / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig ståndortslära, UÅ).

Eickhoff, K. & Nilsson, S.G. (1995). *Boken en handbok i bokskogsskötsel*. Kristianstad: Sydved AB.

Ekö, P.M. & Pettersson, N. (1992). Ett röjningsförsök i bok: volym och kvalitet vid 35 års ålder. Garpenberg: Sveriges lantbruksuniversitet. (Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, 1992:32).

Ericsson, J.O. (1987). Självföryngring av bokskog i Hallands län. Examensarbete i ämnet skogsproduktion. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet. (Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan, 1987).

Göransson, G. (2006). Innovationspotentialer med ädellövvirke. I: Hideborn Alm, K. (red.) *Ädellövskog för framtiden*. 20 – 22. Eskilstuna: Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.

Hansen, V. & Larsson, R. (1997). Ek- och bokskogsskötsel i Sverige och Danmark: Management of oak and beech in Sweden and Denmark. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet. (Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan, 1997:1).

Henriksen, H.A. (1988). *Skoven og dens dyrkning*. Köpenhamn: Dansk Skovforening & Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck.

Karlsson, M., Hannerz, M., Löf, M. & Thorn-Andersen, Y. (2009). Bättre lönsamhet med nya skötselformer i bokskogen. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Fakta Skog / Sveriges lantbruksuniversitet, SLU Publikationstjänst, 2009:14).

Larsson, R. (UÅ). Skogstekniska Tidsbegrepp. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet. (Stencil i kursen Skoglig Driftsledning 2012 – 2013).

Linder, J. (2006). Ädellövskog till nytta för alla. I: Hideborn Alm, K. (red.) *Ädellövskog för framtiden*. 11 – 14. Eskilstuna: Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.

Liziniewicz, M. (2009). The development of beech in monoculture and mixtures. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. (Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp, 2009:132)

Madsen, P. (1994). Growth and survival of *Fagus sylvatica* seedlings in relation to light intensity and soil water content. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9(4), 316-322.

Stenhag, S. (2010). Bland tallar och tal. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet. (Matematikkompendium i baskursen för skogsmästarkursen 2010 – 2013).

Södra (2008). *Lövskogsskötsel*. Växjö: Södra.

Turesson, M. (1991). Skötselprogram för bokskogsföryngring – modell Trolle Ljungby. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet. (Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan, 1991:26).

Övergaard, R. Agestam, E. & Ekö P.M. (2009). A method for natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica* L.) practiced in southern Sweden. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences. (Studia Forestalia Suecica / Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forest Sciences, 2009:218).

Övergaard, R. (2010). Seed Production and Natural Regeneration of Beech (*Fagus sylvatica* L.) in Southern Sweden. Alnarp: Swedish University of Agricultural Sciences. (Doctoral Thesis / Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forest Sciences and Southern Swedish Forest Research Centre, 2010:12).

7.2 Internetdokument

Länk A:

Sveriges Riksdag (2013). *Svensk författningssamling 1984:119*. [Online] Tillgänglig: http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Dokument/SFS/dellovskogslag-1984119_sfs-1984-119/ [2013-03-23].

Länk B:

Skogforsk (2013). *Testa ditt bestånd – Gallringsrekommendationer (grundyta)*.

[Online] Tillgänglig:

<http://www.skogforsk.se/kunskapdirekt/templates/pagewide.aspx?id=18844&tradslag=bok> [2013-03-28].

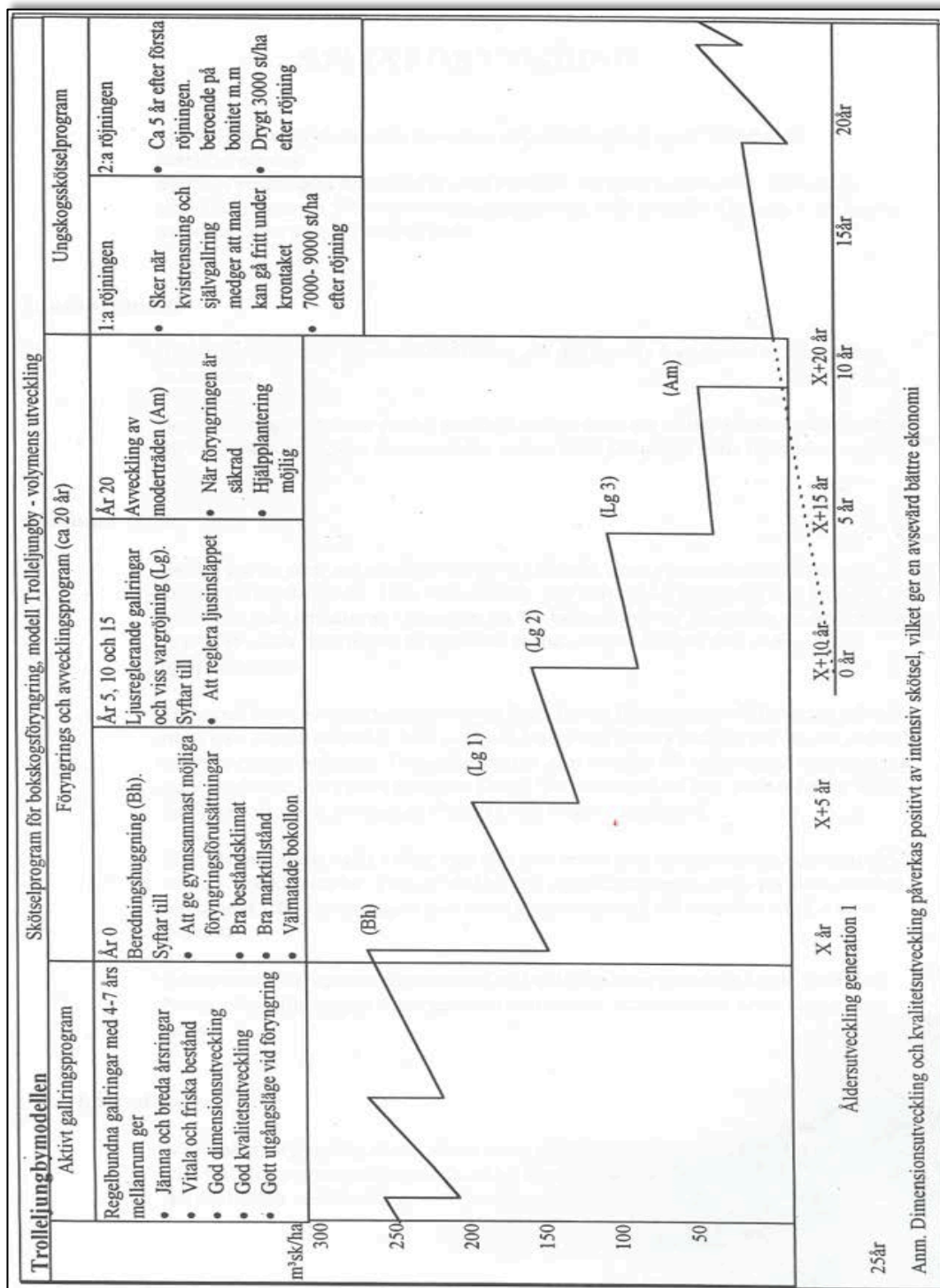
Länk C:

SkogsSverige (2013). *Omföringstabell vanliga kubikmetermått i skogen*.

[Online] Tillgänglig: <http://www.skogssverige.se/omvandlare> [2013-05-03].

8 BILAGOR

Bilaga 1	Skötselprogram för bokskogsföryngring modell Trolleljungby – volymens utveckling	sida 53
Bilaga 2	Fältblankett – Var kapas toppen?	sida 55



Källa: Denna bilaga är en kopia från Hansen och Larsson (1997).

FÄLTBLANKETT - VAR KAPAS TOPPEN?												Datum: _____	
Kvistklass	<input type="text"/>		Bestånds nr.		<input type="text"/>		Skördarmodell		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Massavedsbit nr.	<input type="text"/>		Avv.metod		<input type="text"/>		Aggregatmodell		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Längdmått, m	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	
Diameter, mm pb.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Enkel barktjocklek, mm	<input type="text"/>												
Massavedsbitens totala längd, m:	<input type="text"/>												
Massavedsbitens toppdiameter, mm pb:	<input type="text"/>												
Upparbetningstid för skördare	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Upparbetningstid för manuellhuggare	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
<hr/>													
Kvistklass	<input type="text"/>		Bestånds nr.		<input type="text"/>		Skördarmodell		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Massavedsbit nr.	<input type="text"/>		Avv.metod		<input type="text"/>		Aggregatmodell		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Längdmått, m	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	
Diameter, mm pb.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Enkel barktjocklek, mm	<input type="text"/>												
Massavedsbitens totala längd, m:	<input type="text"/>												
Massavedsbitens toppdiameter, mm pb:	<input type="text"/>												
Upparbetningstid för skördare	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Upparbetningstid för manuellhuggare	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		