

Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov

Environmental aspects on stump-harvest – compilation
of knowledge and knowledge gaps

ER 2007:40

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas från
Energimyndighetens publikationsservice.
Orderfax: 016-544 22 59
e-post: publikationsservice@energimyndigheten.se

© Statens energimyndighet
Upplaga: 75 ex

ER 2007:40

ISSN 1403-1892

Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov

Environmental aspects on stump-harvest – compilation
of knowledge and knowledge gaps

ER 2007:40

Energimyndigheten Rapport ER 2007:40, juni 2007

Gustaf Egnell, SLU
Riitta Hyvönen, SLU
Lars Högbom, Skogforsk
Therese Johansson, SLU
Tomas Lundmark, SLU
Bengt Olsson, SLU
Eva Ring, Skogforsk
Fredrika von Sydow, SLU

Förord

Allt mer biobränsle efterfrågas som ersättning för fossila bränslen. Skogsindustrin behöver mer råvara. Samtidigt minskar skogsmarksarealen bland annat p.g.a. ökade avsättningar för naturvård. Nya sätt att producera skogsbränslen kommer därför sannolikt att behövas. Stubbar utgör en betydande och än så länge outnyttjad bränsleresurs. Miljökonsekvenserna av stubbskörd är emellertid betydligt mindre kända jämfört med GROT. För att nya skogsskötselmetoder som stubbskörd ska kunna tas i bruk behöver Skogsstyrelsen underlag för rekommendationer i form av en miljöanalys av den nya bruksmetoden. Denna rapport är en kunskapssammanställning om miljöeffekter av stubbskörd, och ett steg på vägen mot en miljöanalys.

Rapporten är i stort upplagd efter det innehåll som Skogsstyrelsen föreslagit ska ingå i en miljöanalys av stubbskörd. Beställare är Energimyndigheten och Sveaskog Förvaltnings AB.

Rapporten omfattar en bakgrundsbeskrivning om varför och hur stubbskörd genomförs, bland annat med hjälp av erfarenheter från Finland där stubbskörd praktiseras sedan en tid tillbaka. Stubbskördens miljöeffekter har sammanställts inom följande ämnesområden:

- Effekten på markvegetation
- Effekten på biologisk mångfald
- Effekter på skogens kolbalans
- Effekten på mark- och ytvatten
- Inverkan på sociala värden och kulturmiljöer
- Effekten på skogsproduktion

Bedömningarna har kopplats till de 16 nationella miljö kvalitetsmålen. Rapporten redovisar även pågående forskning samt var ytterligare kunskapsluckor finns. Rapporten vänder sig till berörda myndigheter, företag, forskare och övriga miljö- och bioenergiintresserade.

Kunskapssammanställningen har genomförts av en arbetsgrupp vid SLU, Skogforsk samt Sveaskog. Arbetsgruppen står för bedömningar och slutsatser och övriga medverkande författare står för respektives avsnitt. Referensgrupper för skogsnäringen, myndigheter, organisationer och vetenskapssamhället har haft möjlighet att framföra synpunkter på kunskapssammanställningen.

Arbetsgrupp:

Gustaf Egnell - SLU
Riitta Hyvönen - SLU
Lars Högbom - Skogforsk
Therese Johansson - SLU
Tomas Lundmark - SLU, projektansvarig
Bengt Olsson - SLU
Eva Ring - Skogforsk
Jonas Öhlund - Sveaskog Förvaltnings AB
Fredrika von Sydow - SLU, sekreterare i gruppen

Referensgrupp skogsnäringen:

Johan Bjernulf - Stora Enso AB
Pelle Gemmel - SCA
Mats Hansson - Skogssällskapet
Erik Ling - Sveaskog Förvaltn. AB
Magnus Petersson - Södra AB
Anders Tolblad - Holmen AB

Referensgrupp myndigheter och organisationer:

Kati Dalkowski - Naturvårdsverket
Anna Lundborg - Energimyndigheten
Johan Wester - Skogsstyrelsen
Erik Häggström - Svenska FSC

Referensgrupp vetenskaps-samhället:

Lena Gustafsson - SLU
Staffan Jacobson - Skogforsk
John Munthe - IVL

Det är vår förhoppning att denna rapport ska komma till stor nytta i den fortsatta utvecklingen av skogsbränslesystemet.

Birgitta Palmberger
Avdelningschef
Energimyndigheten

Ann-Britt Edfast
FoU-chef
Sveaskog

Tomas Lundmark
Projektledare
SLU

Innehåll

Sammanfattning och slutsatser	9
Effekten på skogsproduktion	9
Effekter på markvegetation	10
Effekten på biologisk mångfald	11
Effekter på skogens kolbalans	12
Effekter på mark och vatten	12
Inverkan på sociala värden och kulturmiljöer	13
Slutsatser	13
Summary with suggested measures	17
Effect on stand productivity	18
Effect on trivial ground vegetation	18
Effect on biodiversity	18
Effect on the carbon balance	19
Effects on soil and water	20
Effects on social values and ancient remains	20
Measures to avoid negative environmental impact of stump-harvest	21
1 Beskrivning av verksamheten stubbskörd	23
1.1 Inledning varför stubbskörd	23
1.2 Beståndstyper för stubbskörd	25
1.3 Ståndorter för stubbskörd	26
1.4 Stubbskörd 2007 – vilken omfattning avses och vilken metod?	26
1.5 Metod för skörd av stubben i praktisk verksamhet	29
1.6 Stubbskörd i Finland	32
1.7 Referenser	33
2 Inledning om inverkan av stubbskörd på miljön	37
2.1 Miljökvalitetsmål	37
2.2 Miljökonsekvenser om stubbskörd inte får ske	38
2.3 Referenser	39
3 Effekten på skogsproduktion	41
3.1 Föryngringsresultat	41
3.2 Tillväxt i det nya beståndet	44
3.3 Snytbagge och svart bastborre	48
3.4 Rotröta	48
3.5 Bedömningar	50
3.6 Kunskapsluckor	51
3.7 Referenser	51
4 Effekten på markvegetation	53
4.1 Bakgrund	53
4.2 Kort om försöksytor och metoder	54
4.3 Vegetationseffekter	56

4.4	Vegetationen på stubbar	64
4.5	Bedömningar.....	64
4.6	Referenser	67
5	Effekten på biologisk mångfald	69
5.1	Effekter på olika organismgrupper	70
5.2	Bedömningar.....	77
5.3	Kunskapsluckor	80
5.4	Referenser	81
6	Effekter på skogens kolbalans	89
6.1	Inledning	89
6.2	Metodik.....	90
6.3	Komponenter i skogens kolbalans	92
6.4	Betydelsen av uttaget av GROT och stubbar.....	96
6.5	Bedömning.....	99
6.6	Kunskapsluckor	100
6.7	Referenser	101
7	Effekter på mark och vatten	103
7.1	Bakgrund.....	103
7.2	Resultat från fältförsök	104
7.3	Bedömningar.....	111
7.4	Kunskapsluckor	113
7.5	Referenser	114
8	Inverkan på sociala värden och kulturmiljöer	117
8.1	Kulturminnesvård	117
8.2	Sociala värden och landskapsbild.....	117
8.3	Rennäring.....	118
8.4	Bedömningar.....	118
8.5	Kunskapsluckor	119
8.6	Referenser	119
9	Åtgärder för att motverka negativ miljöpåverkan	121
9.1	Förslag till åtgärder på landskaps- och beståndsnivå	122
9.2	Pågående projekt och behov av ny kunskap	123
	Bilaga 1 De 16 miljö kvalitetsmålen	127
	Bilaga 2. Pågående forskningsprojekt	137
	Bilaga 3 Tillgängliga långsiktiga fältförsök	153

Sammanfattning och slutsatser

Den pågående energiomställningen i det svenska samhället syftar mot att minska användningen av fossila bränslen och öka användningen av inhemska förnybara energislag. Hittills har skogsbränslen till största delen bestått av hyggesrester (GROT), bark och brännved. Som ett led i att öka biobränsleuttaget har stubbar under det senaste året rönt ett allt större intresse som energiråvara. Energi-potentialen i stubbar är av samma storleksordning som i GROT.

Intresset för stubbar har dykt upp vid skiftande tidpunkter, och redan på 1910-talet visade G. Lundberg på stubbarnas potential för energiframställning. Under sent 1970-tal bedrevs omfattande undersökningar kring stubbskörd men då med syftet att använda stubbflis som råvara för cellulosaframställning. Det anlades också en del försök för att studera miljöeffekterna av stubbskörd. Resultaten från många av dessa försök har endast delvis redovisats.

Den teknik som användes under 70- och 80-talen för att skörda stubbar har inte väsentligt förändrats idag, men utveckling pågår. Den stora skillnaden mellan då och nu är framför allt att skogsbruket idag tar större hänsyn, bland annat med ambitionen att öka andelen död ved i våra skogar. Stubbar kommer därför sannolikt inte att skördas på alla objekt och en del av stubbar kommer att lämnas kvar på de hyggen där stubbar skördas. Det är också viktigt att komma ihåg att det förutom de miljömässiga skälen också finns tekniska och ekonomiska skäl som försvårar eller helt förhindrar stubbskörd på många objekt.

De miljö kvalitetsmål riksdagen antagit (Bilaga 1) ska leda oss mot en miljö-mässigt hållbar samhällsutveckling. Stubbskörd som ett led i att öka energiuttaget av förnybart bränsle har potential att påverka miljömålet begränsad klimatpå-verkan i en positiv riktning genom att minska utsläppen av fossil koldioxid. Sam-tidigt påverkar stubbskörd flera av de övriga miljö kvalitetsmålen i olika riktning-ar. En sammanvägd bedömning av dessa effekter utgör underlag för en bedöm-ning av stubbskördens miljöeffekter.

Vid en sådan sammanvägd bedömning är tidsperspektivet viktigt. Det vill säga hur länge stubbved bedöms som konkurrenskraftig mot andra energilösningar. Bedömningarna här utgår från att stubbskörd praktiseras under de kommande hundra åren, vilket svarar mot ungefär en omloppstid på de svagare markerna och upp mot en och en halv omloppstid på de bättre markerna i landet.

Effekten på skogsproduktion

Resultat från befintliga fältförsök visar inte på några behandlingseffekter av stubbtäkt på plantöverlevnad, medan tillslag av självföryngring av i första hand björk gynnas märkbart. Till skillnad mot uttag av näringsrik GROT verkar

stubbskörden inte påverka tillväxten för enskilda träd i någon riktning. Till-
sammans med opåverkad överlevnad innebär detta att arealproduktionen inte
påverkas.

Under förutsättning att stubbskörd ersätter markberedningen, att en stor del av
rötterna blir kvar i marken, och att skotning av stubbarna sker längs med samma
körstråk som den tidigare körningen av rundvirke, finns inte någon anledning att
misstänka avsevärt ökade markskador. Till detta kan läggas valet av objekt för
stubbskörd, där finjordsrika, fuktiga marker med dålig bärighet i många fall bör
undvikas. Om teknik- och systemutvecklingen av stubbskörd går mot att mini-
mera markstörningen ökar osäkerheten om stubbskördens positiva effekt på själv-
föryngring av lövträd.

På kort sikt har stubbskörd potential att påverka andra generationens snytbagg
och svarta bastborrar som kläcks i stubbarna. Om stubbskörd får en stor omfatta-
ning på landskapsnivå kommer detta sannolikt också att påverka den mer besvä-
rande första generationen som flyger in och näringsgnager på skogsplantor då de
känner doften av färskt hygge. Om stubbskörden däremot får begränsad omfatta-
ning bör man inte ha för stora förhoppningar om minskad skaderisk från dessa
insekter. När det gäller rotröta visar studier att stubbskörd i rotröteinfekterade
bestånd har en stor potential att minska skadorna på den kommande skogs-
generationen.

Bedömningen blir att stubbskörd inte kommer att påverka skogsproduktionen på
kort sikt. På längre sikt saknas underlag för en säker bedömning, men sett till
stubbvedens låga innehåll av viktiga näringsämnen, och framförallt då kväve,
finns ingen anledning att vänta sig några negativa produktionseffekter. Avgörande
här är hur stor andel av de näringsrikare finrötterna som följer med skörden. Där-
utöver har stubbskörd potential att motverka rotröta vilket resulterar i ökad till-
växt.

Effekter på markvegetation

Resultaten ett kvartssekel efter stubbskörd med markberedning jämfört med kon-
troll med enbart markberedning visar att uppkomna markskador vegetations-
bekläds snabbt. Efter ett kvartssekel saknar 4 % av arealen vegetationstäck. Det
är ingen skillnad mellan markberedda kontrolytor och sådana som blivit utsatta
för ris- och stubbtäkt.

Däremot skiljer sig artsammansättningen. Ett antal arter är definitivt gynnade av
stubbskörd såsom kråkris, ljung, björnmossa och granvitmossa. Hit hör också
pillerstarr och rödven. Även gullris och midsommarblomster har gynnats av
markskador efter stubbskörd i försök i norra Sverige. Det är troligt att även örn-
bräken i södra och ekbräken i norra Sverige kan dra fördel av dessa skador.
Lingon, linnea och ekorrbär har klarat sig lika bra efter stubb- och ristäkt som på
normalhygget. Kvar blir sedan några växter som definitivt lidit av den extra
belastning naturen utsatts för i samband med stubb- och ristäkt. Hit hör förutom

blåbär och hallon även skogsstjärna, (ängs)kovall och mjölke samt alla friskmarks mossor. Även renlav har något lägre förekomst på stubb- och ristäktskytor jämfört med kontrolltytor. Till detta skall läggas att stubb- och ristäkt medför ett större artspektra än jämförbara normalhyggen.

Bedömningen är att de förändringar i sammansättning av trivial hyggesvegetation som orsakas av stubbskörd inte är av den storleken eller den arten att detta utgör hinder för stubbskörd i relativt stor omfattning. Kunskap om stubbskördens effekter på sällsyntare arter saknas.

Effekten på biologisk mångfald

Det är välkänt att död ved har betydelse för en mängd vedlevande organismer och att mängden död ved redan är betydligt lägre i dagens brukade skogar jämfört med obrukade. Grov ved, vilket inkluderar stubbar, anses särskilt viktig för bevarandet av biodiversitet. Då stubbarna står för närmare 80 % av den grova döda veden står det klart att mängden död ved minskar genom att stubbar tas bort. Stubbarna kan vid lagring i skogen fungera som fångstved för insekter, stubbarna utgör också skydd för vissa arter samt som etableringsunderlag för epifytiska mossor och lavar. Skörd av stubbar påverkar emellertid inte delmålet, under ”Levande skogar”, att öka mängden död ved med 40 % fram till 2010, eftersom stubbar inte ingår i den dödvedstatistik som ligger till grund för att bedöma måluppfyllelsen.

Oförsiktig körning i samband med stubbskörd och skotning av stubbarna ut från beståndet kan också skada kvarlämnad naturhänsyn och skapa förutsättningar för vattentransport av material ut i omgivande vattendrag. Näringsinnehållet i marken och markkemin kan påverkas, vilket kan påverka markorganismer.

Ur ekonomisk synvinkel bedöms idag granstubbar som de mest intressanta eftersom dessa stubbar är lättare att skörda än tallstubbar. Teknikutveckling och marknad kan tillsammans öppna för intresse att skörda även av tallstubbar och stubbar av triviala lövträd. Låga stubbar utgör ett sentida, människoskapat, vanligt och i någon mån onaturligt substrat som kanske framförallt gynnar idag vanliga arter, samtidigt som det är osäkert om det lämpar sig för mer krävande arter. Det finns därför anledning att närmare studera mångfaldsvärdet av olika vedsubstrat för att klargöra om skogsekosystemet kan klara sig utan en relativt stor andel stubbar i hyggesmiljö om detta kompenseras med att andra mer värdefulla substrat lämnas. Sådana studier bör också styra delmålet om ökad mängd död ved i våra skogar mot mer kvalitativa mål snarare än kvantitativa.

Underlaget att bedöma effekten på biologisk mångfald då stubbar skördas är idag begränsat. Ett rimligt antagande är att mångfalden kan avvira en del av den grova döda ved som utgörs av lågstubbar på hyggen under förutsättning att vedsubstrat av bättre kvalitet skapas, att en rimlig mängd stubbar lämnas och att skörde-systemet i övrigt inte påverkar förutsättningarna för sällsynta arter i skogsekosystemet och omgivande vattenekosystem. Grundläggande kunskap om vilka arter som utnyttjar stubbar och andra vedsubstrat är en mycket viktig bas för fortsatt

forskning för att bedöma effekten på biologisk mångfald och för framtida rekommendationer om miljöanpassad stubbskörd.

Effekter på skogens kolbalans

Kapitel 6 behandlar stubbskördens effekt på kolbalansen enbart sett ur ett ekosystemperspektiv och bedömningen behandlar inte substitutionseffekten av att elda med fossilt bränsle istället för förnybart bränsle (se 2.2).

Den gällande uppfattningen är att under ett skogsbestånds hela rotationsperiod så är skogsekosystemet oftast totalt sett en kolsänka, beroende på beståndsegenskaper. Under rotationsperiodens olika faser skiftar kolflödet mellan att vara sänka och källa. Betydelsen av uttag av GROT och stubbar har analyserats med modellsimuleringar för tre boniteter av tall- och granbestånd och Eddy-flux mätningar från en stormfälld yta jämförd med en konventionellt avverkad yta. GROT-uttag minskar kolförrådet i hyggesrester med 40 % i granskogar och med 30 % i tallskogar. Tar man ut stubbarna utöver GROT lämnas bara ca 30 % av kolet i hyggesrester kvar jämfört om inga hyggesrester tas ut (Tabell 6:2). Betydelsen av hyggesrester för nedbrytare är stor under de första 20 åren efter avverkning. En betydligt lägre tillgång på substrat för organismer och därmed respiration predikteras i bestånd där GROT och stubbar inte har lämnats kvar.

En osäkerhet i bedömningen rör den markstörning som själva stubbskörden, den kompletterande markberedningen och den extra körningen bidrar med. Denna störning har potential att öka koldioxidavgivning i det korta perspektivet. Eddy-flux-mätningar av koldioxid över stormfälld skog indikerar stor koldioxidavgivning där. Storleken på detta kolflöde kommer då att bero mycket på vilken teknik som blir aktuell vid skörd, kompletterande markberedning och transport. Samtidigt öppnar avsaknaden av ris och stubbar för mindre markstörning vid den kompletterande markberedningen.

Den samlade bedömningen blir därför att stubbskörd som skogsskötselåtgärd i skogsmark påverkar kolbalansen i begränsad omfattning under en rotationsperiod.

Effekter på mark och vatten

Ett försök visar att stubbskörd kan ge en störning av marken som orsakar en fördröjd etablering av markvegetationen och högre halter av ammonium och nitrat i markvattnet under hyggesfasen. En större mängd markberedningsförsök visar också att markstörning i de flesta fall resulterar i en ökad tillgång på oorganiskt kväve i marken, detekterat antingen genom ökade kvävehalter i plantorna eller en ökning av mängden växttillgängligt kväve i marken, men att följeffekterna i mark- och grundvatten tycks vara måttliga. Markberedningsförsöken har också visat på risken för ökad sedimenttransport till ytvatten. En minskning i utbytbar kalcium har registrerats i ett försök 10 år efter stubbskörd. Ett försök i Finland visar att näringsuttaget med stubbskörd kan bli betydande om skörden även omfattar rötter ner till 2 mm. Näringsuttag då enbart grövre rötter tas med blir

betydigt lägre, men här saknas studier. Det publicerade materialet, från effektstudier av stubbskörd och relevanta markberedningsförsök, är för litet för att bedöma effekterna av stubbskörd vid olika ståndortsförhållanden. Anläggning av nya långliggande fältförsök är därför nödvändigt för att belysa både kort- och långsiktiga miljöeffekter av stubbskörd. På kortare sikt kan studier av omfattningen av markstörning vid modern stubbskörd ge en fingervisning om effekter på mark och vatten. Detta gäller även kvicksilverbelastningen på våra vattendrag då alla åtgärder som förändrar markens red/ox-potentialer och pH, eller förändrar hydrologiska flödesvägar har potential att förändra den biologiska tillgängligheten av olika tungmetaller t.ex. kvicksilver.

Inverkan på sociala värden och kulturmiljöer

Kända och okända kulturminnesvärden på skogsmark har problem med alla former av markbearbetning. Exempel idag är stormfällning och markberedning samt till viss del körning med skogsmaskiner. Det är viktigt att stubbskörd inte ytterligare förvärrar detta problem så att ett skogsbruk med stubbskörd istället kan bidra till måluppfyllelse av det tredje av de fyra delmålen under miljömålet Levande skogar: *”Skogsmarken skall brukas på sådant sätt att fornlämningar inte skadas och så att skador på övriga kända värdefulla kulturlämningar är försumbara senast år 2010”*. En förutsättning för detta är sannolikt att markstörningen blir mindre efter stubbskörd med kompletterande markberedning än vid konventionell skörd och markberedning. Stubbskörd bör vidare begränsas i kulturminnestäta områden.

I det korta perspektivet upplever allmänheten stubbskördade hyggen mycket negativt, men ganska kort tid efter skörd upplevs dessa hyggen som en trevligare miljö än motsvarande hygge med stubbarna kvar. Detta problem förefaller därför mer vara av ett pedagogiskt problem i det kortare perspektivet. En potential till ökad lövinblandning genom självsådd efter stubbskörd kan kanske ytterligare bidra till en i allmänhetens ögon positivare landskapsbild.

Omfattande markstörning i renbetesland riskerar att åtminstone för en tid minska mängden för renarna viktiga marklavar. Det finns därför skäl att tillsvidare avråda från stubbskörd i viktiga renbetesområden. Dessa områden kommer i det korta perspektivet inte heller att vara de mest intressanta på grund av avsättningsläget och det låga virkesförrådet.

Slutsatser

Då stubbiomassan utgör ett nytt biobränslesortiment har skörd av stubbar potential att bidra till att Sverige når sitt mål om *begränsad klimatpåverkan* med delmålet att minska utsläppen av växthusgaser till en nivå som i medeltal ligger 4 % under 1990 års nivå under perioden 2008-2012. Detta ska sedan i bedömningen vägas mot andra miljöeffekter i positiv eller negativ riktning sett till alla miljömålen.

Bedömningen är att stubbskörd medverkar till förlust av grov död ved. Skörd av stubbar påverkar emellertid inte delmålet, under ”Levande skogar”, att öka mängden död ved med 40 % fram till 2010, eftersom stubbar inte ingår i den dödvedstatistik som ligger till grund för att bedöma måluppfyllelsen.

Idag saknas tillräcklig kunskap om värdet av lågstubbar, men det finns underlag som talar för att just lågstubbar har ett lägre biologiskt värde än till exempel högstubbar. Här pågår två forskningsprojekt som kan bidra med kunskap för att bättre kunna värdera lågstubbar mot annan grov ved och som jämför stubbar av olika arter. Resultaten kan sedan förhoppningsvis användas för att ge vägledning där kvalitativa och kvantitativa mål kombineras snarare än som idag där enbart kvantitativa mål anges.

Sedan inventeringar för att skatta landets virkesförråd påbörjades på 1920-talet har landets virkesförråd nästan fördubblats. Detta gör att dagens skogar producerar mer död ved av kvaliteterna grenar, toppar och stubbar än vad våra skogar gjorde för 80 år sedan. Sannolikt klarar sig den biologiska mångfalden utan en andel av de stora mängder stubbar som levereras varje år åtminstone om annan värdefullare död ved finns tillgänglig eller kan skapas. För att utvärdera hur stor den andelen kan vara krävs undersökningar på landskapsnivå, vilket också innebär att stubbskörd behöver komma igång i en tillräckligt stor skala så att effekter på landskapsnivå kan studeras. Ett problem här kan vara att ingen verksamhet i större skala tillåts utan en miljöanalys, samtidigt som detta ställningstagande begränsar underlaget till miljöanalysens bedömningar vad gäller effekter på landskapsnivå. Här finns, om parterna kommer överens, goda förutsättningar att samordna praktisk verksamhet med forskning och den miljöövervakning som ingår som ett uppdrag för SLU.

När det gäller effekter av stubbtäkt på kolbalans, näringsbalans, utlakning till grundvatten och omgivande vattensystem, skador på markvegetationen och eventuella effekter av detta på markbiologin kopplar alla dessa till hur stor markstörning som verksamheten orsakar. De studier som i första hand behövs för att bringa klarhet i detta är studier som ger en uppfattning om hur stor markstörningen blir efter stubbtäkt med kompletterande markberedning i jämförelse med ett konventionellt hygge med stubbarna kvar och som markbereds. Klarar ny teknik att skörda stubbar med samma eller mindre markstörning och broderparten av de klenare rötterna (< 5 cm) blir kvar i skogen finns ingen direkt anledning till detaljerade fördjupade studier så länge som markberedning är en accepterad skogsbruksåtgärd och en del av markberedningen byts mot stubbtäkt, så att ”nettopåverkan” inte ändras. Visar det sig sedan att markstörningen vid praktisk stubbskörd i något avseende är avsevärt större eller att synen på markberedning förändras uppstår behov av nya studier för att bringa klarhet i miljöeffekterna.

Målsättningen vid teknikutveckling bör vara att ta fram stubbskördesystem som stör marken mindre än vid konventionella markberedda hyggen och som koncentrerar markstörningen i planteringspunkterna där man bland annat önskar en ökad

mineralisering och minskad vegetationskonkurrens. Klarar man det torde kolbalansen bli mer positiv, utlakningen till grundvatten mindre och näringsbalansen samma eller något mer negativ. En studie har just påbörjats som ska registrera hur ett närliggande vattendrag påverkas efter stubbskörd i jämförelse med ett konventionellt markberett hygge.

Skogsproduktionen kommer sannolikt inte att påverkas i negativ riktning. Här utgör accepterade metoder som GROT-uttag i röjning och gallring ett större problem så länge som man inte kompenserar med de för skogsproduktion viktigaste näringsämnen. Däremot finns intressanta forsknings- och utvecklingsinsatser att göra för att på bästa sätt integrera stubbskörd i skogsskötselsystemen.

Stubbskörd kommer fortsättningsvis sannolikt att möta ett acceptansproblem hos allmänheten då åtgärden sammanfaller med slutavverkning som drastiskt ändrar landskapsbilden. Detta är mer av ett pedagogiskt problem som behöver sin tid och sina resurser i ett land som har för avsikt att ställa om energisystemet och bli mer beroende av förnybara råvaror från skogen. När det gäller stubbskörd som kan komma i konflikt med rennärning och kulturminnesvård så skall de regler om hänsynstagande som finns för markberedning och andra skogsbruksåtgärder också gälla för stubbskörd (reglerat i skogsvårdslagen, miljöbalken och kulturminneslagen).

En sammanfattande bedömning är att en del av kunskapsunderlaget för att kunna göra en fullständig miljöanalys av stubbskördens miljökonsekvenser idag saknas – framförallt när det gäller effekten av det minskade utbudet av grov död ved i form av stubbar på landskapsnivån. Samtidigt talar mycket för att miljön klarar ett uttag av en andel av de stubbar som idag lämnas efter avverkning. Det är därför lämpligt och nödvändigt att låta praktisk stubbskördsverksamhet, forskning och miljöövervakning samverka under kommande år i en skala som tillåter bedömningar av miljöeffekter på landskapsnivån parallellt med att teknik och system utvecklas i en såväl ekonomisk som miljövänlig riktning.

Till dess att svar finns på frågeställningar som nu undersöks i pågående och kommande projekt om miljöeffekterna av stubbskörd bedömer arbetsgruppen att stubbskörd kan bedrivas i begränsad skala med de åtgärder för att minska miljöeffekterna som föreslås i avsnitt 9. I samband med denna praktiska skörd är det lämpligt att bedriva forskningsprojekt för att ta fram mer kunskap som grund för en uppdaterad miljöanalys. En uppföljning med kompletterande uppgifter för analys av stubbskördens miljöeffekter bör sammanställas under 2010.

Summary with suggested measures

This is a short English summary of this report entitled “*Environmental aspects on stump-harvest – compilation of knowledge and knowledge gaps*”

During the last decades Sweden has reduced the use of fossil fuels and increased the use of renewable energy sources. As a forested country, biomass from our forests has been one of the main contributor for renewable fuel. It started with the use of residues from our forest industries, e.g. sawdust, bark, and black liquor. Thereafter focus was put on logging residues, primarily branches, tops and damaged wood. The use of biomass from our forests for energy purposes is, however, a fast growing activity and it is obvious that the future market can swallow more biomass. As stumps after logging operations already today offer a biomass resource equally large or larger than branches and tops the idea of using them is of immediate interest again.

Last time was during the late 1970's when stump-harvest was suggested as a means to counteract an expected lack of pulpwood for the pulp and paper industry. Extensive research and development was done during that time and a number of field trials were established to study environmental impacts of stump-harvest with the main focus on sustainable forest production. Due to problems with stumps as a feed stock for pulp and an unexpected surplus of other pulp-wood sources, stump-harvest was only practiced in a small scale and eventually it stopped.

The technique used today to harvest stumps is essentially the same as during the 1970's. The most common way to harvest stumps is to use an excavator with a Pallari stump-head to do the actual lifting of the stump. The harvest takes place between 0 -1 year after clear-cutting and scarification is made in connection to that the stump is harvested. Forestry today is much more aware of other values in the forest and environmental considerations are much more important today. One important difference is that more wood is left during cutting operations to promote biodiversity dependent of course dead wood. It is therefore not likely that stump-harvest will be practiced on all clear-cuts and some of the stumps will probably be left on site where stumps are harvested. Apart from environmental reasons technical and economic reasons prevent or complicate stump-harvest on many sites.

The time frame is important when environmental impact is assessed. Assessments made in this text are based on the assumption that stump-harvest for energy purposes will continue for the next 100 years which means that all managed forests will be clear-cut once with rotation periods around 90 years in northern Sweden and around 60 years in southern Sweden.

Effect on stand productivity

Short-term results (30 years) from field experiments do not show any effects on seedling survival, whereas natural regeneration is favoured by stump-harvest, particularly birch. Unlike harvest of branches and tops, stump-harvest does not have a negative impact on the growth of the next tree crop.

If the stump-harvester also can be used for site preparation, a large proportion of the roots are left in the soil, and off-road extraction of harvested stumps follows the same route as the round timber extraction, there is no need to expect a substantial increase in soil damage if also the stumps are harvested. For soil damage site characteristics are critical and stumps should be left at sites on moist and fine textured soils.

In the short-term stump-harvest has the potential to reduce seedling damage from the second generation of pine weevils (*Hylobius abietus*) and black bark beetles (*Hylastes* sp.) hatching on stumps and roots at a site. If stump-harvest becomes a wide spread and common practice it has the potential to reduce the total number of beetles at a landscape level and thereby the damage. When it comes to but rot (*Heterobasidion*, *Armillaria*, *Phellinus*) a number of studies clearly shows that stump-harvest has a high potential to reduce the infection on the next coming tree generation.

Thus, in the short-term, stump-harvest will not reduce stand productivity. In the long-term empirical data is lacking, but as the nutrient content in the coarse part of the stump is relatively low one should not expect any negative long-term effects.

Effect on trivial ground vegetation

After 25 years there was no difference in ground vegetation cover between stump-harvested and control plots. There was however a difference in the composition, with some species favoured and some disfavoured by stump-harvest. The changes in species composition of trivial vegetation were quantitative rather than qualitative and not in that order that it limits stump-harvest.

Effect on biodiversity

It is common knowledge that dead wood is important for many xylofagous organisms and that the amount of dead wood is lower in managed forest compared with natural forests. Coarse wood, that includes stumps, is considered particularly important to maintain biodiversity. As stumps alone stand for close to 80 % of the dead wood it is obvious that the amount of dead wood in our forests will be reduced if the stumps are harvested. If the stumps are stored at forest sites they may act as traps for rare insects that later on are transported away and possibly combusted in a power plant. Stumps also stand for a structural value in the forest offering shelter and are a substrate for epiphytical mosses and lichens.

Apart from removing a potentially important substrate, stump-harvest means more off-road extraction increasing the risk for damage on wood left at site for biodiversity purposes and soil damage leading to erosion that may have a negative impact on biodiversity in surrounding surface waters. Soil nutrient conditions and soil chemistry may be affected and thereby have an impact on soil organisms.

As a majority of studies have focused on other woody substrates than stumps, little is known about the importance of stumps for biodiversity. Stumps are, however, a man made unnatural substrate that due to the higher stocking and logging activities in Swedish forests are offered in large quantities today. Under the condition that stump-harvest operation does not cause any major site damage and if some stumps are not harvested it is therefore likely that a part of the stump potential could be harvested without any major impact on biodiversity. But more basic knowledge is needed to set an upper limit for stump-harvest and to find out if other woody substrates are more valuable making it possible to “trade at site” by leaving dead wood of better quality. This knowledge will also be useful to set up qualitative rather than quantitative goals for dead wood retention to sustain biodiversity.

Effect on the carbon balance

This report deals only with carbon balance at site level and do not include substitution effects by using renewable instead of fossil fuels.

The importance of branches, tops and stumps was analysed in model simulations and Eddy-flux measurements have been compared between a storm-felled site and a conventionally harvested site with the stumps intact. The models indicate that if branches and tops are harvested in final cut 40 % and 30 % of the carbon in logging residues is removed in spruce and pine forests respectively. If the stumps are included up to 70 % of the carbon in logging residues is removed. The logging residues are important for decomposers during the first 20 years after harvest and a lot of the carbon left at site in residues is respired back to the atmosphere by them. Thus, during a rotation period carbon in logging residues is not so important for the total carbon pool assuming that stand productivity is not affected.

Carbon from not harvested carbon sources may also be lost if the stump-harvest operation causes major soil disturbances that stimulate mineralization. The Eddy flux measurement indicated this showing a large CO₂-emission over the storm felled site. However, a storm felled site is not necessarily comparable with a stump-harvested site where the technique still is under development. If the stump-harvest operation develops towards a harvest with integrated site preparation the combination has the potential to reduce soil disturbance compared with conventionally harvested sites where the stumps are left at site and site preparation is practiced to enhance stand establishment. For the time being we know little about that development adding an uncertainty to the assessment.

Even though there are substantial carbon losses at the time of harvest, it is likely that stump-harvest has a minor impact on the total carbon pool during a rotation period.

Effects on soil and water

Due to few studies little is known about stump-harvest effects on soil and water and again it depends largely on harvest intensity, e.g. how many and how much is harvested, and soil disturbance caused by the harvest operation. One study shows increased ammonium and nitrate levels in soil water presumably caused by delayed regrowth of vegetation due to soil disturbance. This is in accordance with many site preparation studies that also shows limited effects of this on other soil properties and in surrounding surface waters. Site preparation studies have also shown the risk for increased sediment transport indicating that stump-harvest should be avoided on susceptible soils and close to surface waters.

As long as the harvest only includes the coarse roots, nutrient export with harvest will be limited. Typically a significantly lower amount of exchangeable calcium has been recorded in one experiment 10 years after stump-harvest. This was probably due to the relatively high concentrations in stem bark.

More studies are needed as a basis for stump-harvest recommendations to avoid negative effects on soil and water. Initially one could concentrate on the development of the harvest operation and to measure soil disturbance after harvest. If the soil disturbance is substantial one needs to go further with detailed studies. Such studies also include effects on mobility of toxic elements with special emphasis on mercury.

Effects on social values and ancient remains

Unknown ancient remains are threatened by all kinds of soil disturbance, e.g. site preparation and storm felling. It is important that stump-harvest does not increase that risk. With stump-harvest and site preparation integrated into one operation it actually has the potential to do the opposite if focus is to reduce soil disturbance as much as possible. Stump-harvest should also be avoided in areas with a high density of known ancient remains.

A stump-harvested site is a very negative experience for the public during the first years after harvest. This experience changes to the opposite after a decade when the stumps are delivered and field vegetation and regeneration is back. By then the visitors prefer a stump-harvested site to a site with the stumps remaining. This seems to be more of a pedagogic problem to solve.

Soil disturbance in forests important for reindeer herding may have a negative impact on the ground lichens vital for the reindeers. Therefore stump-harvest should be avoided in those areas.

Measures to avoid negative environmental impact of stump-harvest

Stump-harvest as a new bio-fuel assortment has the potential to contribute to the Swedish environmental goal to *limit the impact of climate change* with the part goal to restrict the emission of greenhouse gases during 2008-2012 to a level that is 4 % less than the emission level of 1990. This environmental goal has been assessed and weighed versus other environmental impacts of stump-harvest in positive or negative direction and resulted in the following suggestions.

Suggestions of measures to be taken on landscape- and stand level.

On landscape level it is recommended to refrain from stump-harvest or to be restrained:

- In areas with frequent occurring known ancient remains.
- In watersheds with high ambitions and goals for management. Concerning water quality in surrounding surface water.
- In areas with high ambitions and goals for management concerning bio-diversity.
- In areas that are important for rein-deer herding.

On stand level should stump-harvest be avoided:

- In stands with a high risk for deep tracks at off-road extraction which can cause permanent ground damage and erosion e.g. on wet and/or fine soils.
- At thinning to avoid damage on the remaining stand.
- In stands that are dominated of other tree species than Scots pine and Norway spruce.
- In urban stands that are important for outdoor life.
- In stands adjacent to protected forest areas.
- In stands that planned to be controlled burnt.

Within a stand where stumps are harvested it is important to:

- Avoid stump-harvest closer than 15 m to lakes and watercourses.
- Avoid stump-harvest in earlier left watersides to lakes, streams, bogs etc.
- Avoid stump-harvest in earlier left respects to nature like special trees, larger stones and ant stacks.
- Avoid to harvest all stumps and to consider the biological value of those stumps that are left.
- As compensation increase the ambition concerning quality and quantity of course dead wood that is left behind for benefit of the biodiversity.
- Utilize the courser branches as surface for machines on grounds with moderate to poor bearing capacity.
- Avoid harvesting stumps close to ditches.

- Avoid harvesting stumps close to busy main haul roads.
- Harvest in such way that the majority of fine-roots remain in the ground.
- Only scarify as supplement in connection to that the stump is harvested.

New knowledge needed to assess environmental impact of stump-harvest.

Already started and on-going projects are shown both from Sweden and Finland. In Sweden there are already existing long-term field experiments that can be used for studies of growth and yield. There are several biodiversity projects in Sweden and Finland that study the effect of stump-harvest on mainly insects and fungi. The effects on water quality and long-term effects on carbon and nutrients in the soil are just about to start at SLU.

New knowledge needed to be able to assess the impact of stump-harvest on the environment is suggested from subject fields as biodiversity, carbon balance, soil and water, and tree production. It is important to develop co-operation with Finland in these research areas.

1 Beskrivning av verksamheten stubbskörd

Gustaf Egnell¹ och Fredrika von Sydow²

1.1 Inledning varför stubbskörd

Efterfrågan på biobränsle ökar snabbt i landet och beräknas fortsätta att öka kraftigt de närmaste åren. Även om ett visst tillskott kommer att kunna erhållas från jordbruksmark så är det troligt att skogen måste tillgodose en stor del av behovet. Eftersom biprodukter från sågverk och massaindusti redan är in-tecknade måste behoven sörjas för med andra energisortiment som hämtas i skogen. På kort sikt måste man förlita sig på den biomassa som redan finns. På medellång sikt (> 10 år) kan tillgången på råvara också öka genom att öka tillväxten i den brukade skogen eller öka arealen skogsmark. I det första korta perspektivet är det två sortiment som har stor volympotential, GROT (GRenar Och Toppar från avverkningar) och stubbar. GROT nära kunderna är relativt hårt nyttjat redan idag vilket har medfört att massaved till viss del har använts direkt som ett energi-sortiment. Med hänsyn till detta är det i dagsläget framförallt stubbar som finns att tillgå för att möta ökad efterfrågan. Oljekommissionen som kom med sin slut-rapport 2006 tar också med stubbar som en del i ökningspotentialen av biomassa från skogsmark (Anon., 2006). Intresset för stubbskörd har därför ökat inom skogsnäringen och därmed också hos myndigheter som Skogsstyrelsen, Energi-myndigheten och Naturvårdsverket. Fortfarande rör det sig om en begränsad verksamhet som enbart berör bråkdelen av den förnygringsavverkade arealen. Så kommer bilden också att se ut under de närmaste åren, men erfarenheter från Finland visat att utvecklingen kan gå ganska fort. Avgörande för utvecklingen framöver är myndigheternas bedömning av miljökonsekvenserna, teknisk utveckling av stubbskörde- och leveranssystem samt marknaden för biobränslen.

1.1.1 Stubbskörd förr- när började det och vad gjordes?

Detta med stubbskörd är inget nytt även om tidigare stubbskördsepoker delvis har haft andra syften, som till exempel att utvinna tjära ur stubbarna. Stubbskördsepoken under 1970-80 talet hämtade kraft ur den brist på massaved som svensk skogsindustri då såg framför sig. Stubbarna sågs då som en möjlig resurs och en hel del forsknings- och utvecklingsarbete kom igång.

Skogsnäringen initierade år 1973 ett av de första större, sammanhållna forskningsprogrammen inriktat mot skogsenergi *Projekt Helträdsutnyttjande* (PHU 1977). Ett projekt som följdes upp med *Projekt Skogsenergi*, finansierat av Statens

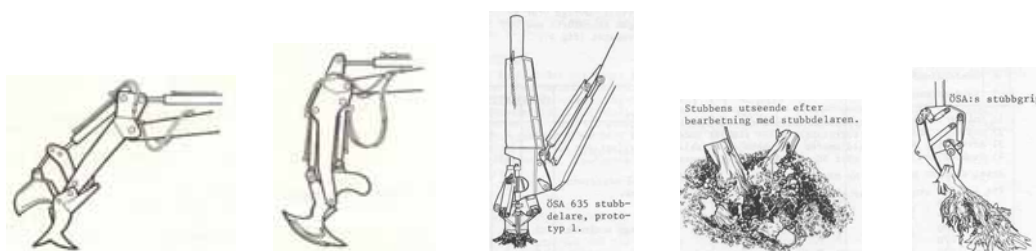
¹ Fakulteten för skogsvetenskap, SLU, 901 83 Umeå

² Enheten för skoglig fältforskning, Box 7083, 750 07 Uppsala

Energiverk, där bland annat olika aspekter på skörd av stubbar studerades. Från denna tid finns också ett antal långsiktiga fältförsök med stubbskörd att tillgå.

Regionalt skördades en hel del stubbar under slutet av 1970- och början av 1980-talet. Problem med föroreningar i pappersmassan och höga transportkostnader samtidigt som det blev allt mer uppenbart att virkessvackan inte var verklig, gjorde att verksamheten successivt avstannade, även om den samtidigt underblåstes något av energikrisen i mitten av 70-talet. Totalt skördades stubbar under något decennium samtidigt som forsknings- och utvecklingsarbetet pågick.

En genomgång av ett flertal källor visar att man till stor del använde sig av samma teknik på 1970-talet som de som är aktuella idag – nämligen Pallari stubbskördare eller liknade – baserade på bandgående grävmaskiner försedda med en kraftig klo eller tång för sönderdelning av stubben före upptagning (Figur 1:1), von Hofsten, 2006; Jonsson, 1976, 1984; Nylinder, 1976a, 1976b, 1977; Österlöf, 1979). Även om metoder som drar upp hela stubben, i vissa fall med hjälp av stammen som hävstång, beskrivs (Jonsson 1976), dominerade tekniker där stubbarna sönderdelas efter det att stamdelen avkapats. Sönderdelningen framfördes som en viktig komponent för att göra stubbarna fria från föroreningar som sten och grus samtidigt som det ökar bulkvolymen vid transport och minskar vikten (Nylinder, 1976). Därför delades stubbarna till viss del även efter det att de brutits loss från marken.



Figur 1:1 Exempel på några aggregat som användes på 1970-80-talet. Från vänster Pallari-aggregat, ursprunglig finsk modell; Pallari-aggregat, svensk modifiering; Ösa 635 stubbdelare, prototyp 1, stubbens utseende efter bearbetning med stubbdelaren samt Ösa stubbgrip.

(Källa Nylinder 1977)

Även om själva tekniken att ta upp stubbarna inte skiljer sig nämnvärt från förr kan det finnas andra skillnader mellan då och den stubbskörd som kan bli aktuell idag efter olika restriktioner. Nylinder (1977) skriver: ”Även markförhållanden inverkar på prestationen, så t ex ger brytning av granstubbar på sankmarker betydligt högre prestation än brytning av tall på fastmark.” Det kan alltså vara så att man förr riktade in sig på plana, finjordsrika, fuktiga, virkesrika sedimentmarker – marker som av ett antal skäl (se nedan) kanske skall undanhållas från stubbtäkt? I en pågående surveyundersökning (Albrektson pers. kom.) kartläggs ett 20-tal äldre stubbskördobjekt på Korsnäs marker i främst norra Uppland. Här har Albrektssons urval gjorts på sådant sätt att man sökt de objekt som är lokaliserade i anslutning till vattendrag, varför samtliga dessa ligger mot den fuktigare

klassen. Dessa kan därför inte anföras som bevis för att man sökte just denna typ av marker. Men de ger en klar indikation om att de inte undveks. En första okulär besiktning av objekten gav vid handen att såväl avverkning som stubbskörd skett hela vägen fram till vattendragen och att i stort sett alla stubbar skördats på objekten. Ett skäl som anförts för det senare var att man önskade få till maximalt antal planteringspunkter (Yngve Jonsson pers. kom.). Just på denna typ av marker är risken också påtaglig att stubbskörden river upp en stor del av fält- och botten-skiktet samtidigt som risken för spårbildning är stor (Lars Kardell pers. kom.).

I surveystudien (Albrektson, pers. kom.) har man också intervjuat flera personer som var med och bröt stubbar under 1970- och 80-talet. Även om intervjuerna till viss del gav olika svar ger de vid handen att stubbarna klövs i samband med stubblyftningen och vid behov ytterligare något därefter. Markberedning utfördes i de flesta fall efter lyftningen. Granskog valdes före tallskog och det löv som råkade finnas inblandat skördades ibland. Då det bara fanns en mottagare av stubbråvaran – Mackmyra bruk i Gästrikland blev intensiteten i stubbskörden som störst i närområdet. Flera av de intervjuade menade att ingen speciell naturhänsyn diskuterades i samband med stubbskörden på den tiden. På frågan varför verksamheten upphörde varierade svaren mycket, men flera anför här just miljöskäl. Andra menade att virkessvackan visade sig vara en myt och virkesbehovet kunde mättas med ökade avverkningar och viss import. En menade att främsta skälet var att Mackmyra bruk, den enda köparen, lades ner.

1.2 Beståndstyper för stubbskörd

Stubbskörd skall endast komma ifråga när det är föryngringsavverkning som utförs och är därför inte aktuellt vid gallring för att undvika skador på det kvarvarande beståndet. Vid föryngringsavverkningar är det i första hand gran- och talldominerade bestånd som kommer att bli aktuella för stubbskörd. I bestånd som domineras av andra trädslag skall inte stubbskörd utföras. Det är också olämpligt att stubbskörda i stadsnära bestånd av betydelse för det rörliga friluftslivet och i bestånd i direkt anslutning till skyddade skogsområden. När beståndet skall hyggesbrännas med syfte att gynna flora och fauna på brandskadad ved skall stubbarna inte skördas. Av både ekonomiska (Nilsson & Danielsson 1976) och miljömässiga skäl skall inte hyggen mindre än 2,5 ha stubbskördas (Karlsson 2007).

Lämpligen sätts en nedre och en övre diametergräns beroende av region/bonitet. I Finland är erfarenheten att stubbar klenare än 20 cm eller grövre än 70 cm inte skördas. Stubbar över 70 cm undantas från skörd därför att de tar mycket tid att lyfta samt har stort ekologiskt värde. Ungefär 25 % av stubbarna och huvuddelen av rötterna lämnas kvar i jorden enligt den finländska modellen för att inte utarma marken (Karlsson 2007).

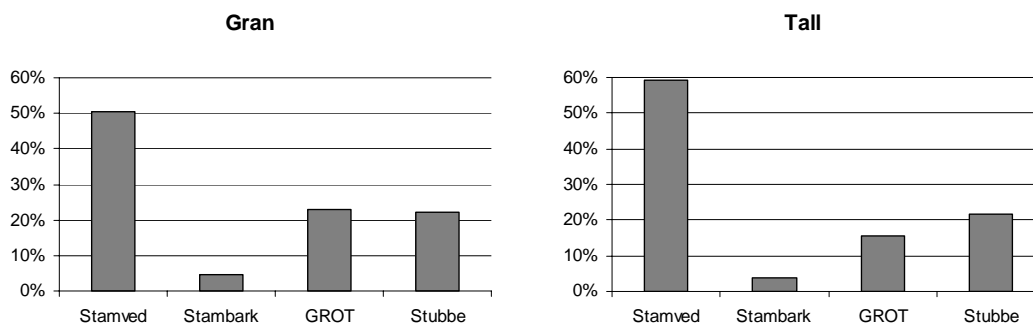
1.3 Ståndorter för stubbskörd

Av de bestånd som är aktuella för stubbskörd så skall ståndorter undantas där risken för spårbildning kan orsaka bestående markskador och erosion, t.ex. fuktiga och/eller finjordsrika marker. Undantag kan vara i granskogar med stor risk för spridning av rotröta och där stubbskörden i första hand görs för att motverka denna spridning. Magra och torra lavdominerade marker bör undvikas för stubbskörd där det är viktigt att humusbildande ämnen får vara kvar. Kantzoner mot sjöar, vattendrag, myrar etc skall inte stubbskördas för att undvika läckage genom att humus och näringsämnen binds till vegetationen. Lutande marker och ytstruktur över klass 3 i terrängtypschemat bör uteslutas bland annat på grund av erosionsrisken (Nilsson & Danielsson 1976). Omkring 7 % av skogsmarken utgörs av marker med ytstruktur och lutning som överstiger klass 3 (Karlsson, 2007).

1.4 Stubbskörd 2007 – vilken omfattning avses och vilken metod?

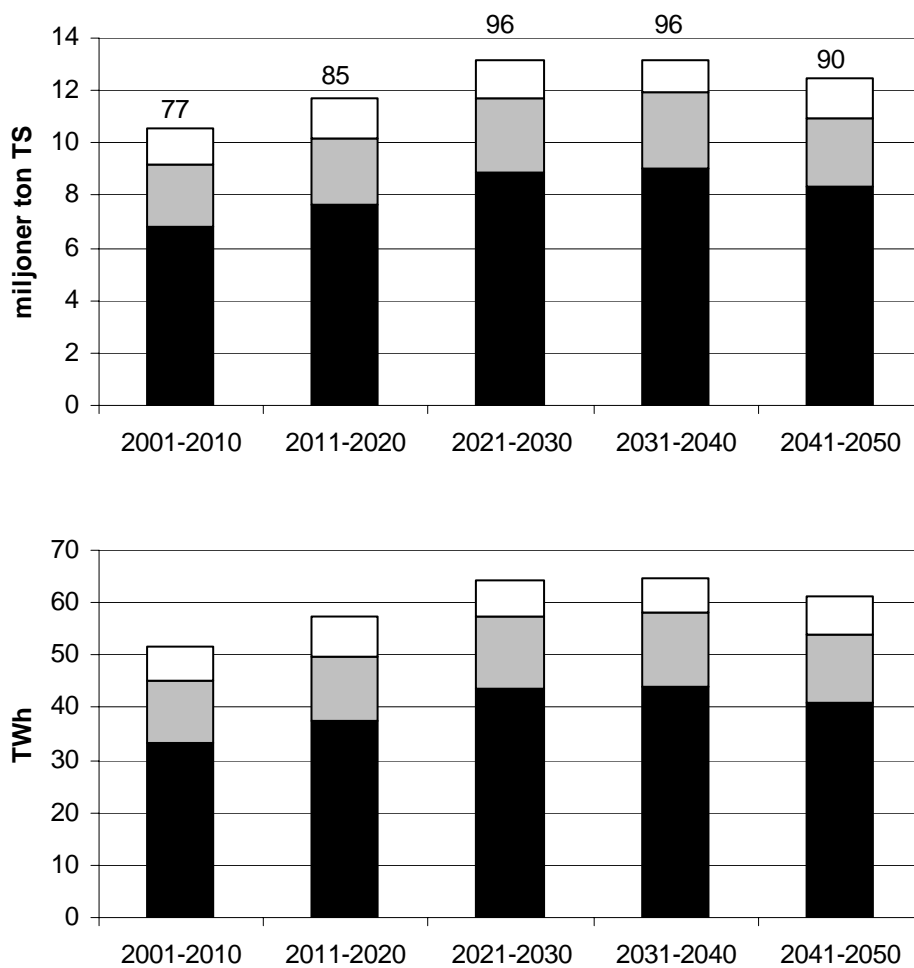
1.4.1 Biomassapotentialet i stubbar

Stubbarna representerar en relativt stor andel av biomassan på ett träd (Figur 1:2). För en granskog rör det sig om i stort sett lika mycket som finns i form av grenar och toppar (GROT) efter en avverkning medan stubbandelen i en tallskog är något högre än GROT-andelen.



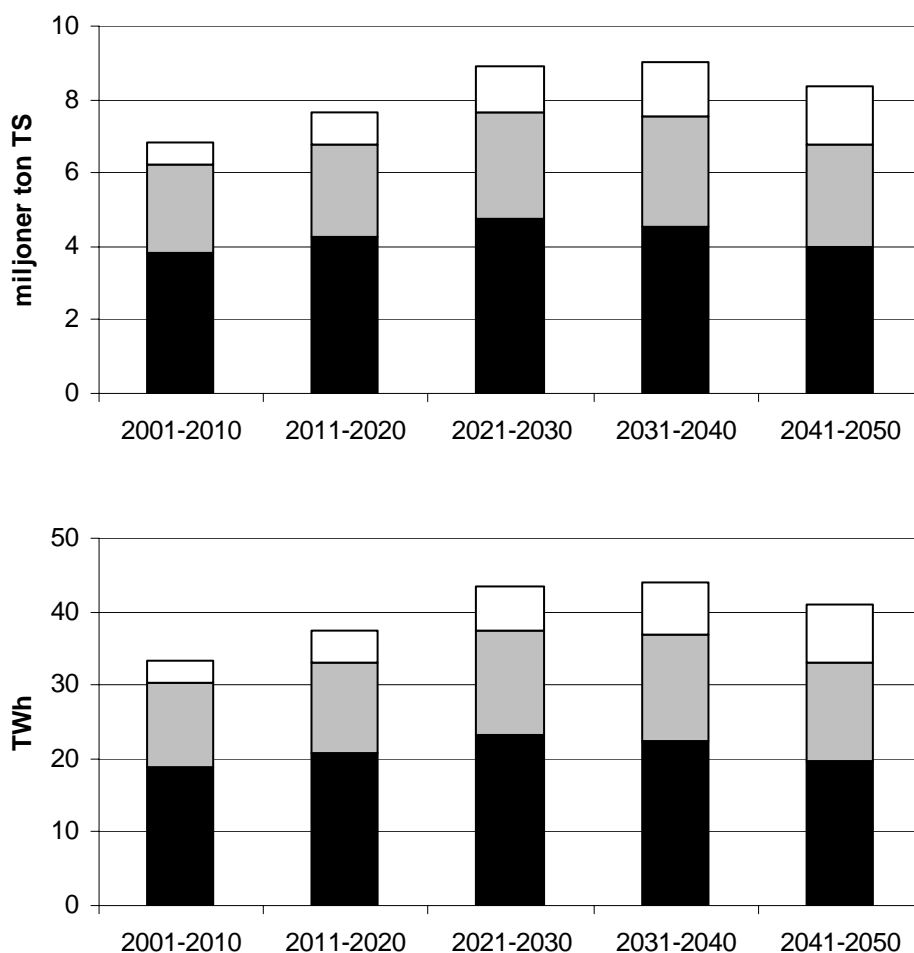
Figur 1:2 Biomassans fördelning i en gran och en tall med brösthöjdsdiametern 35 cm. Baserat på Marklunds (1988) biomassa-funktioner.

I skogliga konsekvensanalyser 99 (SKA 99 se Anon., 1999) skattas biomassa-potentialet i stubbar för scenariot ”90-talets skogsbruk” (Figur 1:3). Om vi utgår från att stubbskörd endast kommer att bli aktuellt vid förnygringsavverkning (den svarta delen av staplarna) landar vi på en årlig total bruttopotential motsvarande 30-40 TWh.



Figur 1:3 Årlig total potential stubbiomassa/energi fördelat på avverkningsform från svensk skogsmark enligt scenariot "90-talets skogsbruk", Anon., 1999. Den svarta delen anger potentialen vid föryngringsavverkningar; grå gallringar; vit 1:a gallringar. Siffrorna ovan Figurstaplarna anger den årliga avverkningsnivån av industrived i miljoner m³fpb (fast på bark).

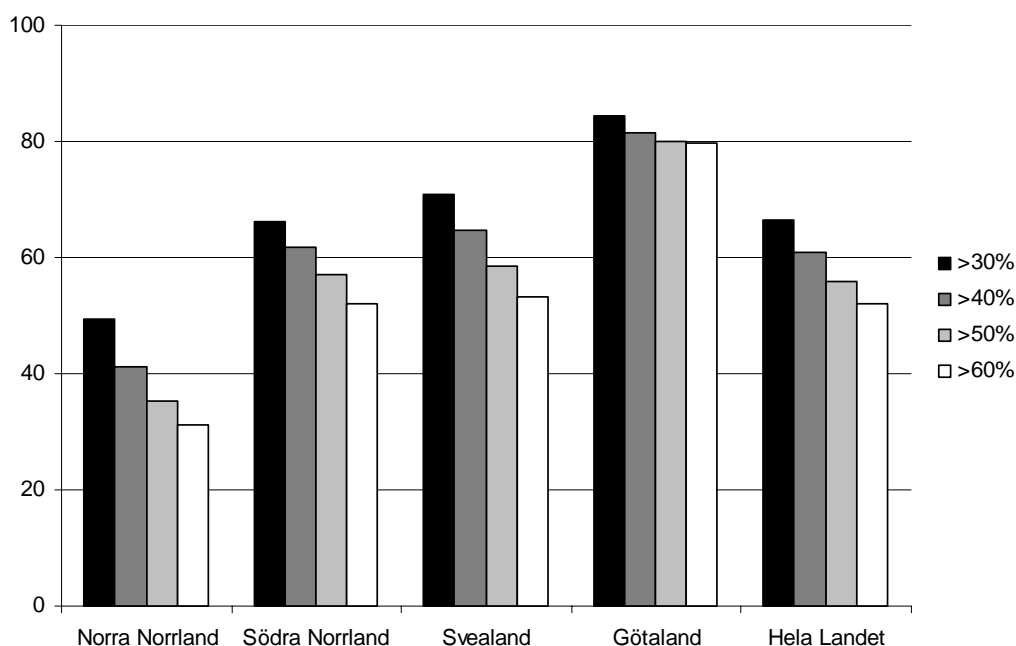
Den följande figuren (Figur 1:4) visar stubbpotentialen i föryngringsavverkning fördelat på gran, tall och lövträd. Begränsar vi oss till granstubbar minskar den totala potentialen till omkring 20 TWh, med tallstubbarna når vi upp till dryga 30 TWh.



Figur 1:4 Årlig total potential stubbiomassa/energi i föryngringsavverkning fördelat på trädslag från svensk skogsmark enligt scenariot "90-talets skogsbruk", (Anon., 1999). Den svarta delen anger potentialen granstubbar; grå tallstubbar; vit övriga trädslag.

1.4.2 Bedömd omfattning av stubbskörd fördelat på regioner

Hur mycket av stubbiomassapotentien som är tekniskt, ekonomiskt, ekologiskt och socialt tillgänglig saknas idag underlag för att besvara. Riksskogstaxeringens stubbinventering ger emellertid viss information om hur stor andel av hyggesarealen med huvudsakligen grandominans som kan komma att bli föremål för stubbskörd över huvud taget i olika delar av landet. Figur 1:5 visar andelen föryngringsavverkningar med olika andel granstubbar från 30 % upp till 60 %. Om den ekonomiska gränsen går vid minst 50 % granstubbar kommer 50 % av föryngringsavverkningarna i landet att komma med medan andelen blir 80 % i Götaland. Flera av dessa objekt utesluts sedan i sin tur genom andra miljöbegränsningar (se avsnitt 9).



Figur 1:5 Andel av föryngringsavverkad areal med mer än 30, 40, 50 eller 60 % granstubbar. Medelvärde för åren 2001-2005 enligt Riksskogstaxeringens stubbinventering.

1.5 Metod för skörd av stubben i praktisk verksamhet

Stubbar kan skördas antingen direkt i samband med avverkning eller som en separat åtgärd efter avverkningen. Idag är det den senare metoden som är aktuell. I vårt grannland Finland har man sedan några år tillbaka börjat skörda stubbar igen efter att liksom i Sverige ha avbrutit denna verksamhet i början av 80-talet. Följande beskrivning av hur stubbskörd kommer att utföras i Sverige bygger på de erfarenheter och metoder som används i Finland (Karlsson, 2007, om inte annan referens anges). Oftast sker stubbskörd på de avverkningslokaler som GROT också insamlas för biobränsle. GROT läggs i högar av skördare i samband med avverkningen och därefter kan de då väl synliga stubbarna lyftas. Eftersom det är önskvärt att markberedning görs i samband med stubbskörd kan själva momentet att lyfta stubben ske allt mellan kort efter avverkningen eller senare vilket kan ibland dröja upp till ett år beroende på bärighet och snöförhållanden. GROT och stammar skotas ut innan stubbskörd och markberedning sker. Man använder sig av en bandgående grävmaskin (23 ton eller tyngre). En lättare maskin har den fördelen att den drar mindre bränsle medan en tyngre och större maskin har bättre räckvidd. En 26 tons grävmaskin har ca 60-70 cm bättre räckvidd än en 20 tons maskin. Det innebär också att den tyngre maskinen med den större markkompakteringen samtidigt kan förflytta sig kortare sträcka än den mindre maskinen.

Till stor del använder man sig av ett Pallari-aggregat monterat på en grävmaskin vilket har den fördelen att det klyver stubben redan vid upptagningen. Efter att stubbarna lyfts upp ur marken skakas de för att så mycket som möjligt av sten och jord ska ramla av. Strävan är att skaka stubben över det hål som orsakats av upp-

lyftningen, därigenom täcks en relativt stor andel av hålet igen. Genom att skaka stubben minskar andelen sand, jord och grus som följer med stubbarna. Dessa partiklar förorenar askan och kan innebära slaggningsproblem samt ökar kostnader vid transport, hantering och deponi. Vid spolningsförsök på 1970 talet kom man fram till att ungefär 20 % av stubbarnas massa utgjordes av föroreningar (Hansen 1976). Stubbved från mycket steniga eller finkorniga marker kunde ge upphov till ännu högre föroreningsgrad.

De större stubbarna klyvs innan de tas upp ur marken och de mindre då de har lyfts upp ur marken. Efter detta placeras stubbdelarna på högar med överbliven GROT för att minska markkontakten och därmed torka snabbare vilket kräver en vår- sommarperiod.

Stubbar skördas lämpligast under den snöfria delen av året och då tjälen inte nått djupt ner i marken. Erfarenheter från Finland säger att så länge det inte är snö och tjäldjupet understiger 10 cm går det bra att skörda stubbar.

Flera olika typer och principer testas idag för stubbskörd t.ex. finns prototyper av skördeaggregat i form av en stubbfräs där rotbenen fräses eller sågas av med en stor hålsåg före upptag av stubben och en stubbskruv som klyver stubben i marken före upptag (von Hofsten, 2006). Utvecklingen kommer att intensifieras under de närmaste åren om stubbskörd blir aktuellt i någon större skala och det finns anledning att förutspå att ny teknik utvecklas längs hela kedjan. Vi vet inte exakt vilken/vilka som kommer att bli de mer generella metoderna vid stubbskörd.

1.5.1 Markberedning

Momentet markberedning görs av grävmaskinen direkt efter det stubben är lyft, kluven och lagd på hög. Det kan bestå av att fylla igen ett hål och/eller åstadkomma en eller flera markberedningspunkter antingen i form av högläggning eller fläckmarkberedning.

Framförallt ristäkt men även stubbtäkt har potential att underlätta och öka kvalitén i markberednings- och planteringsarbetet genom att de fysiska hindren försvinner (Hakkila, 1989; Jonsson, 1976). I en studie av ett par högläggare konstaterades att hyggesavfallet orsakade 52 % av de saknade planteringspunkterna medan stenar och stubbar stod för 18 respektive 30 % (Andersson & Brunberg, 1991). Att integrera stubbskörd med markberedning är därför något som är eftersträvansvärt av såväl ekologiska (se ovan) som ekonomiska skäl. Flera av de nya stubbskörd-aggregat som är under utveckling har också markberedning med som ett moment vid stubbskörden (von Hofsten, 2006).

När stubbskörd diskuteras idag talar man främst om grandominerade marker, vilket innebär att den efterföljande skogsgenerationen i de flesta fall också blir gran. Detta kan vara bra att ha i minnet då man utvecklar integrerade markberedningsmetoder så att dessa passar just för etablering av granskog. För granplantor verkar tillgången på organiskt material i planteringspunkten vara

viktigare än för tallplantor (Hallsby, 1994; Kardell et. al, 1993). Den för plantorna bästa markberedningsmetoden förefaller vara den så kallade ”inversmarkberedningen”, som ännu inte har funnit någon mekaniserbar teknisk lösning, där förna och humus vänds ner i samma punkt med ett mineraljordslager överst så att ingen hög eller grop bildas (Hallsby & Örlander, 2004).

Det stora tillslaget av naturlig föryngring efter stubbskörd (jfr Figur 3:3) ger också möjlighet att utnyttja denna gratis föryngring, kanske som ett energisortiment där granen kommer in naturligt i ett senare skede. Stubbskörd är också något som skulle kunna övervägas i samband med naturlig föryngring för att samtidigt skapa bra grogrund.

1.5.2 Körning och markskador

Under sommarhalvåret ligger stubbarna oftast 2-3 veckor på hygget för att torka innan de skotas till välda vid bilväg. Vintertid har lagringstiden ingen betydelse eftersom stubbråvaran inte torkar något då. Om det är ett hygge med dålig bärlighet kan det bli aktuellt att vänta med utskotningen tills marken är tjälad. Skotarföraren försöker i största möjliga mån undvika att köra sönder de redan färdiga markberedningspunkterna (Karlsson, 2007).

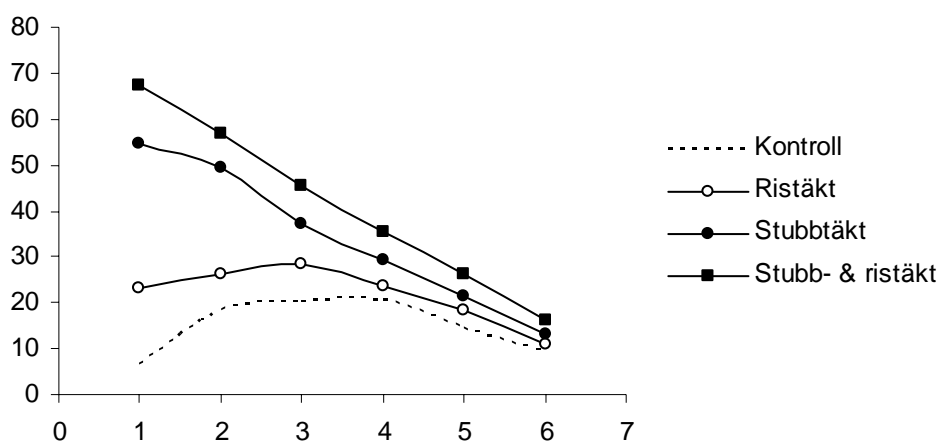
Underlaget att bedöma markskador vid körning är begränsat. Under förutsättning att stubbskörden ersätter markberedningen, att en stor del av rötterna blir kvar i marken och att skotning av stubbarna sker längs med samma körstråk som den tidigare körningen av rundvirke finns ingen anledning att misstänka avsevärt ökade markskador. Till detta kan läggas valet av objekt för stubbskörd, där finjordsrika, fuktiga marker med dålig bärlighet bör undvikas.

All körning i bestånd ökar risken för spårbildning och markkompaktering. Spårbildning är främst ett estetiskt problem, men kan också skapa förutsättningar för transport av finare material till omgivande vattendrag och utgöra ett bekymmer för fornlämningar i skogsmark. Markkompaktering kan leda till förändrade förutsättningar i rotmiljön för kommande skogsgeneration, vilket i värsta fall kan leda till tillväxtminskningar (Skinner et al. 1989; Wästerlund, 1994). Detta påtalas också av Hakkila (1989) utan att någon referens anges.

Genom riståkt ökar risken för såväl spårbildning som markkompaktering då avverkningsresterna inte kan användas att köra på för att minska trycket på marken samtidigt som skotningen av riset medför en extra körning i beståndet. Skördar man sedan stubbar innebär detta att markens bärlighet i anslutning till den upptagna stubben minskar ytterligare samtidigt som lyftningen och skotningen av stubbarna innebär ytterligare körning i beståndet. Om stubblyftningen kombineras med markberedning, vilket av lönsamhetsskäl är en trolig utveckling, kan stubbskördsmaskinen ersätta den körning som markberedaren normalt står för. Markskadorna blir då beroende av markens beskaffenhet, vilken typ av basmaskin som används och vilken kraft som behövs för att lyfta stubbarna. Några tumregler är att fuktiga marker är mer känsliga än torra marker och att 50-75 % av mark-

kompakteringen sker redan vid den första överfarten (Wästerlund, 1994). Det senare är viktigt att komma ihåg i samband med skotning av GROT och stubbar då hygget efter det att rundvirket transporterats ut inbjuder till alternativa och kortare körvägar. Om man i huvudsak håller sig till tidigare körvägar torde risken för väsentligt ökade markskador begränsas.

Den ökade spårbildningen och den störning av marken som själva stubblyftningen innebär gör att andelen störd mark ökar vid stubbskörd. I Kardells försöksserie har andelen blottlagd mineraljord följts under flera år. Figur 1:6 visar med all tydlighet att andelen blottlagd mineraljord blir högre efter riståkt och ytterligare betydligt högre efter stubbtåkt. Inte ens en så pass intensiv markberedningsmetod som harvning kommer upp i närheten av samma andel störd mark. Figuren visar vidare att vegetationen snabbt återkommer och att skillnaden mellan de olika behandlingarna är relativt liten efter så kort tid som 6 år.



Figur 1:6 Markskadornas (här definierat som ej vegetationstäkt mark i procent) storlek och läkningsförlopp under de första sex åren efter stubb och riståkt. Samtliga behandlingar harvades vilket förklarar ökningen av markskadorna på kontroll och ristäktsytor mellan år 1 och 2. Medelvärden från 9 försök efter Kardell (1992).

Anpassningar för att minska markskadorna kan vara att avvakta med utskotning av stubbarna tills marken är tjälad eller att utnyttja de grövre kvistarna från timmer- och massavedsdelen att köra på och att ta ut GROT i form av en okvistad topp. En annan anpassning är att undvika att skörda stubbar i anslutning till hårt trafikerade terrängtransportvägar (basvägar).

1.6 Stubbskörd i Finland

I Finland har skörd av stubbved för uppvärmning och elproduktion snabbt accelererat till en storskalig verksamhet. Under 2005 skördades det stubbar på uppskattningsvis 5000-6000 ha skogsmark, vilket genererade över 0,4 miljoner m³ fub stubbränsle, en tredubbling jämfört med 2004 (Juha Laitila, Joensuu Research Unit). Det är främst UPM-Kymmene som bedrivit stubbskörd i större skala med

syfte att leverera biomassa till sina egna industrier och värmeverk. Skörd av stubbar har pågått i 5-6 säsonger, och man uppger att man tar ut ungefär lika mycket stubbar som GROT. En viktig fördel jämfört med GROT sägs vara att man erhåller mer biomassa stubbar per hektar. UPM-Kymmene jobbar i detta område till 90 % på fältköpsobjekt och stubbskörden har setts som en konkurrensfördel i samband med övrig virkesfångst. Stubbskörd har en produktionsstruktur som liknar GROT, det vill säga ihopsamling och därefter lagring i 3-12 månader. Det är mestadels granstubbar som tas upp och endast stubbar med en diameter under ca 20 cm undantas av ekonomiska skäl. Det stora intresset för stubbar beror i Finland, liksom i Sverige, främst på att efterfrågan på biobränslen har ökat, men också på grund av att stubbskörden anses minska risken för rotröta i framtida skogsbestånd. Genom att kombinera stubbskörd med markberedning har man också kraftigt kunnat sänka kostnaderna för stubbskörd. I kontrast till GROT, som i dag är relativt hårt utnyttjat, finns stubbarna betydligt närmare industrin med låga transportkostnader som följd.

I Finland utförs stubbskörd mestadels på grandominerade marker eftersom granstubbar är lätta att bryta och har ett högt vedinnehåll. Sönderdelningen vid själva lyftningen, i kombination med lagring på hygget, medför också att bränslet har en hög torrhalt vid leverans till kund. Det finns dock flaskhalsar i systemet, bland annat höga investeringskostnader i stora krossar och vissa problem med sten och grus i stubbränslet. I Finland räknar man med att få ut mellan 50-75 m³ stubbränsle/ha, vilket är jämförbart med vad man får ut vid GROT-uttag (Juha Laitila, Joensuu Research Unit). Därtill ska besparingen för markberedningskostnaden räknas in.

I en nypublicerad artikel av Veli-Matti Saarinen vid Finska skogsforskningsinstitutet studerades effekterna av stubbskörd kombinerat med GROT-uttag på produktiviteten och planteringskvaliteten vid användning av mekaniserad planteringsteknik (Saarinen, 2006). Resultaten visade att stubbskörd kombinerat med GROT-uttag kraftigt förbättrar både produktiviteten och kvaliteten på planteringarna. Således kan ett ökat uttag av biobränsle i form av stubbar i framtiden möjliggöra en ökad användning av mer mekaniserad och kostnadseffektiv planteringsteknik.

1.7 Referenser

Andersson, G. & Brunberg, T. (1991). *Underlag för produktionsnormer för burens högläggare*. Redogörelse nr 4, Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, 0-28.

Anon. (1999). *Scenarier och Analyser i SKA 99*. Skogsstyrelsen Rapport nr 4.

Anon. (2006). *På väg mot ett oljefritt Sverige*. – Regeringskansliet, Kommissionen mot oljeberoende, stencil 45 sidor, juni 2006.

- Hakkila, P. (1989). Ecological consequences of residue removal. In: *Utilization of residual forest biomass*. Springer-Verlag (Berlin, Heidelberg, New York) 479-516.
- Hallsby, G. (1994). The influence of different forest organic matter on the growth of one year old planted Norway spruce seedlings in a greenhouse experiment. *New Forests* 8, 43-60.
- Hallsby, G. & Örlander, G. (2004). A comparison of mounding and inverting to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden. *Forestry* 77, 107-117.
- Hansen, R. (1976). *Vidaretransport av stubb- och rotvirke*. Föredrag vid Projekt Helträdsutnyttjandes stubbdag 1976-03-09. Stockholm.
- von Hofsten, H. (2006). *Maskinell upptagning av stubbar - Möjligheter och problem*. Arbetsrapport nr 621, Uppsala: Skogforsk 0-11.
- Jonsson, Y. (1976). *Drivningsmetoder för stubb och rotved*. Ur: Stubbdagen 1976-03-09. SLU, Projekt helträdsutnyttjande, Rapport 13, 37-47.
- Jonsson, Y. (1984). *Ny teknik för stubbar. Bra råvara men klen ekonomi*. Information från Projekt Skogsenergi - Den nya skogstekniken 1, 26-27.
- Kardell, L. (1992). *Vegetationsförändring, plantetablering samt bärproduktion efter stubb- och ristäkt*. SLU, Institutionen för skoglig landskapsvård, Rapport 50.
- Kardell, L., Eriksson, L. & Schelander, B. (1993). *Skogsproduktion i gamla grustag*. SLU, Institutionen för skoglig landskapsvård, Rapport 53, 0-71.
- Karlsson, J. (2007). *Produktiviteten vid stubblyftning*. Examensarbete. Arbetsrapport 168, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå, 0-52.
- Marklund, L.G. (1988). *Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden*. Department for Forest Survey, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Nilsson, P-O. & Danielsson, B-O. (1976). *Tillgängliga kvantiteter stubbråvara*. Föredrag vid Projekt Helträdsutnyttjandes stubbdag 1976-03-09. Stockholm.
- Nylinder, M. (1976a). *Terrängtransport av stubb- och rotved: erfarenheter från studier på Stora Kopparbergs Bergslags AB 1975*. SLU, Projekt helträdsutnyttjande, Rapport 11.
- Nylinder, M. (1976b). *Tillgängliga kvantiteter stubbråvara*. Ur: Stubbdagen 1976-03-09. SLU, Projekt helträdsutnyttjande, Rapport 13, 15-26.

Nylinder, M. (1977). Upptagning av stubb- och rotved. *Redogörelse 5*, 0-18. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten

Projekt Helträdsnyttjande (PHU). (1977). *Helträd*. Sammanfattande slutrapport 1977. – Växjö.

Saarinen, V.M. (2006). The effects of slash and stump removal on productivity and quality of forest regeneration operations - preliminary results. *Biomass and Bioenergy*, 30, 349-356

Skinner, M.F., Murphy, G., Robertson, E.D. & Firth, J. G. (1989). Deleterious effects of soil disturbance on soil properties and subsequent early growth of second-rotation radiata pine. In Dyck W.J. & Mees C.A (Eds.) *Research strategies for long-term site productivity*. Proceedings, IEA/BE A3 workshop, Seattle, WA, August 1988. Report No. 8. Forest Research Institute, New Zealand, Bulletin 152, pp 201-211.

Wästerlund, I. (1994). Forest responses to soil disturbance due to machine traffic. In: *Interactive workshop and seminar FORSITRISK, soil, tree, machine interactions Feldafing*, Federal Republic of Germany, 4-8 July 1994, pp 0-24.

Österlöf, P. (1979). Markberedning vid stubbskörd. *Redogörelse 5*, 0-24. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.

2 Inledning om inverkan av stubbskörd på miljön

Gustaf Egnell³ och Fredrika von Sydow⁴

I detta kapitel ges en bakgrund till de kommande kapitlen (kapitel 3-8) som sammanställer kunskap om effekter av stubbskörd inom olika ämnesområden.

2.1 Miljökvalitetsmål

De miljökvalitetsmål riksdagen antagit (Bilaga 1) ska leda oss mot en miljö-mässigt hållbar samhällsutveckling. Stubbskörd som ett led i att öka energiuttaget av förnybart bränsle har potential att påverka miljömålet *begränsad klimatpåverkan* i en positiv riktning. Ser man till samhällets 16 miljökvalitetsmål (Reg. Prop. 2000/01:130 Svenska miljömål - delmål och åtgärdsstrategier) finns det flera som kan tänkas påverkas i olika riktningar om skörd av stubbar får en större omfattning i vårt land. Bland dessa bör nämnas:

- Begränsad klimatpåverkan
- Bara naturlig försurning
- Ingen övergödning
- Levande sjöar och vattendrag
- Grundvatten av god kvalitet
- Levande skogar
- Ett rikt växt- och djurliv
- Myllrande våtmarker
- Giftfri miljö

Då stubbiomassan utgör ett nytt biobränslesortiment har skörd av stubbar potential att bidra till att Sverige når sitt mål om *begränsad klimatpåverkan* med delmålet att minska utsläppen av växthusgaser till en nivå som i medeltal ligger 4 % under 1990 års nivå under perioden 2008-2012. Detta ska sedan i bedömningen vägas mot andra miljöeffekter i positiv eller negativ riktning sett till alla miljömålen. En sammanvägd bedömning av dessa effekter utgör underlag för en bedömning av stubbskördens miljöeffekter.

³ Fakulteten för skogsvetenskap, SLU, 901 83 Umeå

⁴ Enheten för skoglig fältforskning, Box 7083, 750 07 Uppsala

2.2 Miljökonsekvenser om stubbskörd inte får ske

2.2.1 Stubbskördens bidrag till minskade utsläpp av fossil koldioxid

Figur 1:4 visar att den uppskattade totala potentialen av granstubbar i förnygrings-avverkning uppgår till ca 4 miljoner ton TS per år fram till 2050. Anta att hälften av denna potential är tillgänglig efter tekniska, ekonomiska, ekologiska och sociala restriktioner och att halva stubbvikten består av kol. Mängden kol i skördad stubbiomassa blir då 1 miljon ton, vilket motsvaras av 3,7 miljoner ton koldioxid. År 1990 släppte Sverige ut 56,6 miljoner ton koldioxid. Det kol som finns bundet i 1 miljon ton stubbiomassa motsvarar alltså 6,5 % av Sveriges totala koldioxidutsläpp 1990. Om man antar att även tallstubbar skördas kommer stubbiomassan att bidra till en ytterligare minskning av Sveriges fossila koldioxidutsläpp.

2.2.2 Exempel på energi- och koldioxidbalans vid skörd av stubbar

Räkneexemplet nedan visar energi- och koldioxidbalansen vid skörd av stubbar i södra Norrland, då dessa ersätter olja i ett oljeeldat värmeverk beläget 10 mil från skogen där stubbarna skördas, vilket har direkt bäring på miljökvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan*.

Underlagsdata vad gäller genomsnittlig tidsåtgång vid stubbskörd har hämtats från Karlsson (2007), såvida inte annan källa anges.

Ett genomsnittligt uttag av stubbved per hektar i södra Norrland motsvarar 40 råton stubbiomassa, med ett energivärde motsvarande ca 125 MWh.

Den genomsnittliga tidsåtgången för att utföra stubblyftning, markberedning och utskotningen av dessa stubbar är per hektar 10 + 3,5 G₀-timmar. Med en diesel-förbrukning på 15 liter per G₀-timme ger detta en total förbrukning på 13,5 x 15 = 202,5 liter diesel per hektar.

Transport med lastbil (maxlast ca 20 råton) drar 5,5 liter diesel per mil (inkl. ilastning och returresa). Totalt för de 40 råtonnen och ett antaget transportavstånd på 10 mil åtgår då 2 transporter x 20 mil x 5,5 liter = 220 liter (Henrik von Hofsten personlig kommentar).

Bränsleåtgången totalt blir ca 423 liter vilket motsvarar 4,23 MWh (Bengt Hillring, personlig kommentar). Energiåtgången vid skörd av stubbiomassa motsvarande 125 MWh blir då 4,23/125, vilket uttryckt i procent är 3,4 %.

Vid förbränning av en liter diesel släpps 2,9 kilo fossil koldioxid ut till atmosfären. Dieselförbrukningen per hektar motsvarar då ett koldioxidutsläpp på 423 x 2,9 = 1,227 ton (totalt bränslecykelutsläpp, Pål Börjesson personlig kommentar).

Energivärdet i stubbiomassan (40 råton) var 125 MWh, vilket motsvaras av 12,5 kubikmeter olja. Vid förbränning av 12,5 kubikmeter olja släpps $12\,500 \times 2,9$ kg fossil koldioxid ut till atmosfären. Totalt blir detta 36,25 ton. Med antagande om att koldioxid binds i ny trädbiomassa inom en rimlig tid blir nyttjandet av stubbiomassan till 96,6 % ($100 - ((1,227/36,25) \times 100)$) koldioxidneutralt. Eller med ett annat sätt att se det, minskningen av fossil koldioxid till atmosfären vid eldning med stubbar är $36,25 \text{ ton koldioxid} - 1,227 \text{ ton} = 35,023 \text{ ton}$.

Exemplet visar att fossilt koldioxid utsläpp för stubbskörd är $1,227/36,25$, dvs 3,4 %, jämfört med eldning med olja. Räknas energiåtgången för markberedning dessutom bort så blir det till än mer fördel för stubbskörd. Energiåtgång för att tillverka maskiner m.m. är inte inräknat och tillkommer.

2.3 Referenser

Karlsson, J. (2007). Produktivitet vid stubblyftning. Examensarbete. Arbetsrapport 168, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå, 0-52.

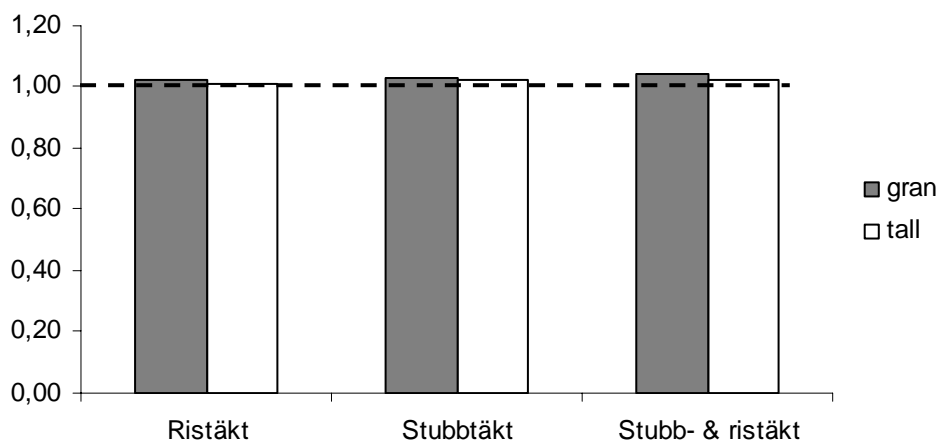
3 Effekten på skogsproduktion

Gustaf Egnell⁵ och Anders Dahlberg⁶

Det 12:e miljömålet, Levande skogar, formuleras: ”Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas”. Inget av de fyra delmål som formulerats under det 12:e miljömålet kopplar sedan direkt till skogsproduktion. Men under delmål 2 står: ”arealen mark föryngrad med lövskog skall öka”. Något som kan påverkas av den markstörning som skörd av stubbar medför. I övrigt styrs skogsproduktionen av hur skörd av stubbar påverkar föryngringsresultatet, näringsförhållandet och närvaron av skadegörare på ståndorten.

3.1 Föryngringsresultat

Här finns idag underlag från två försöksserier. Figur 3:1 visar relativt antal levande plantor i Lars Kardells försöksserie (se Bilaga 3) efter 7 vegetationsperioder och efter upp till fyra hjälpplanteringar. Figuren visar inte på några behandlingseffekter av stubbskörd på plantöverlevnaden. Ser man till hjälpplanteringsinsatserna (behovet) i Tabell 3:1 kan man möjligen skönja ett bättre föryngringsresultat efter stubb- och ristäkt i granskog.



Figur 3:1 Relativt antal levande planterade plantor efter 7 vegetationsperioder och upp till fyra hjälpplanteringsinsatser vid olika skördeintensitet i jämförelse med kontrollparceller (streckad linje). Samtliga behandlingar markberedda med harv. Medeltal för 9 försökslokaler (18 block varav 7 med gran- och 11 med tallplantor). Efter Kardell (1992).

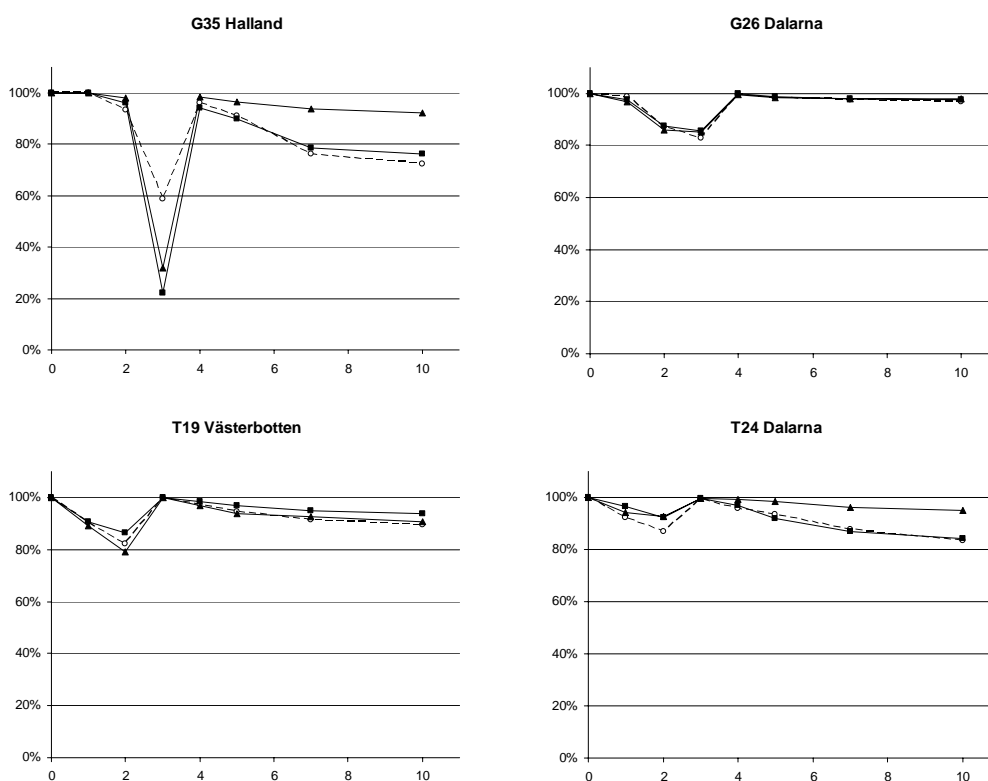
⁵ Fakulteten för skogsvetenskap, SLU, 901 83 Umeå

⁶ ArtDatabanken, Box 7007, 750 07 Uppsala

Tabell 3:1 Totalt inom blocken hjälpplanterade plantor (%) 1981-1985 inklusive sådana som dött under 1986. Efter Kardell (1992).

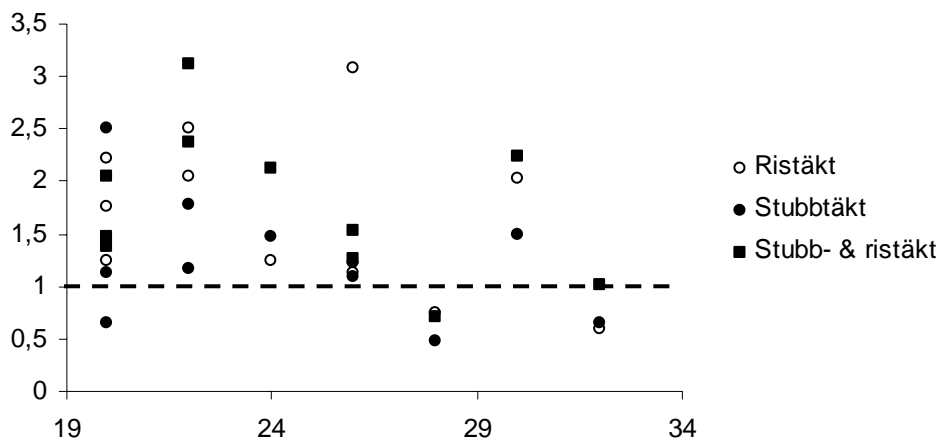
	Kontroll	Ristäkt	Stubbtäkt	Stubb- & ristäkt
Gran	72,6	74,1	61,2	52,6
Tall	31,5	26	33,8	28,3

I en annan försöksserie anlagd av Bo Leijon har plantetableringen följts under de första 10 åren. Figur 3:2 visar överlevnaden under de första tio åren för plantor planterade efter enbart stubbtäkt, stubb- och ristäkt samt på kontrolllytor. Även här har hjälpplantering utförts på samtliga lokaler. Inte heller i denna försöksserie ser man någon tydlig trend även om stubb- och ristäkt sticker ut något på granytan i Halland och tallytan i Dalarna.



Figur 3:2 Överlevnad under de första 10 åren för tall- och granplantor planterade efter stubbtäkt (kvadrat), stubb- och ristäkt (trekant) i jämförelse med kontrolllytor där ris och stubbar lämnats kvar (öppen ring, streckad linje). Manuell markberedning med planteringshacka i samband med plantering. Medelvärden för fyra block, Leijons försöksserie opublicerat. Hjälpplantering utfördes på samtliga lokaler.

Ett tillskott av naturlig föryngring påverkar också föryngringsresultatet för skogsägaren. I Kardells försöksserie har självföryngringen mätts in efter 7 vegetationsperioder (Figur 3:3). Resultatet visar att samtliga behandlingar medför ett ökat tillslag av naturlig föryngring i jämförelse med kontrollen. I flera fall ökar tillslaget av självföryngring med en faktor två eller mera.



Figur 3:3 Relativt antal självföryngrade plantor efter 7 vegetationsperioder på parceller där man utöver stamveden även skördat grenar och toppar (GROT), stubbar, samt både GROT och stubbar i jämförelse med kontrolltytor som här symboliseras med den streckade linjen. X-axeln visar ståndortsindex för de olika lokalerna. Efter Kardell (1992).

Björk dominerade bland de självföryngrade plantorna. Tillsammans med rönn och sälg stod de för 85 % av självföryngringen. Bland dessa gynnades björk och sälg medan rönn hämmades något av stubb- och riståkt (Lars Kardell pers. kom.). Den störning av marken stubbåkt resulterar i och friläggandet av denna störda mark som riståkten medför kan alltså öka andelen självföryngring. Dessa självföryngrade plantor kan då ersätta döda planterade plantor och därmed öka såväl arealproduktionen som lövandelen. Om teknikutvecklingen går mot minimerad markstörning motverkas förutsättningarna för självföryngring.

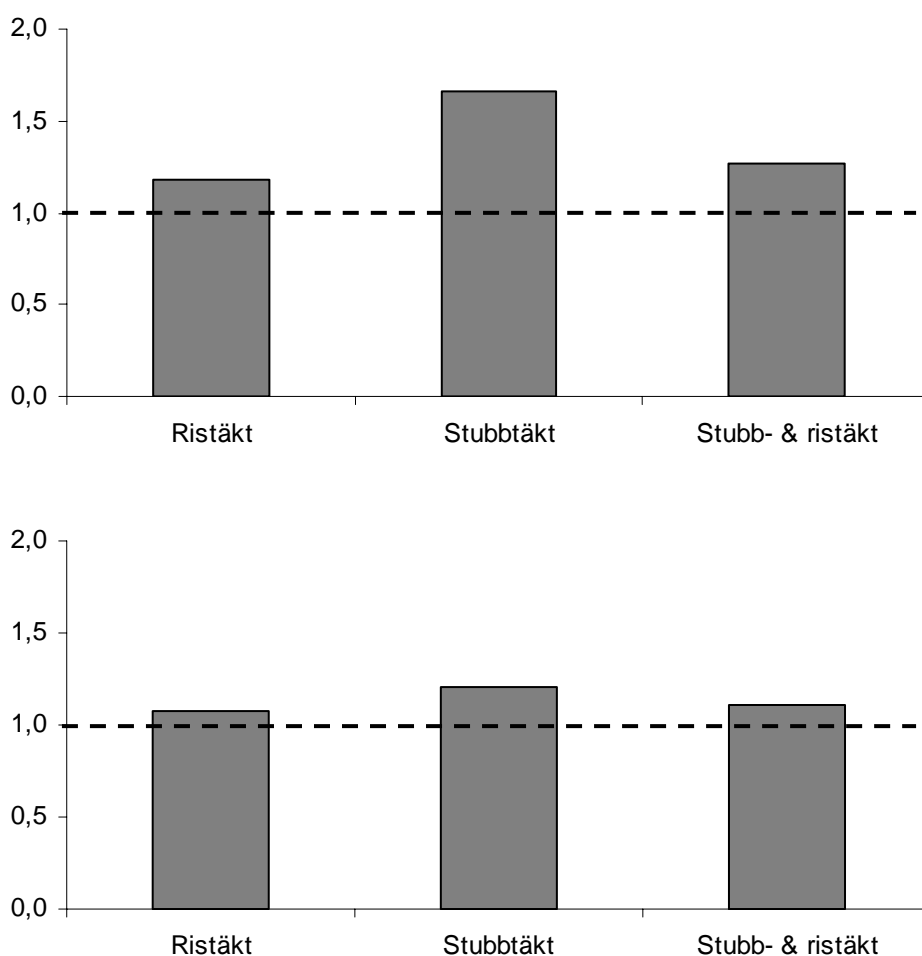
I Kardells försöksserie harvades alla ytor varför andelen självföryngring var ganska hög i samtliga behandlingar inklusive kontrollen. Tabell 3:2 visar detta efter 7 vegetationsperioder och vid slutrevisionerna på de fyra lokalerna i försöksserien där tall planterades. Skillnaden efter 7 vegetationsperioder, i medeltal 84 % fler plantor, är statistiskt säkerställd. Mellan revisionsperioderna minskar antalet självföryngrade plantor främst på grund av röjning med instruktionen att gynna planterade plantor i första hand men också på grund av bete och andra skador.

Tabell 3:2 Antal självföryngrade plantor per hektar efter 7 vegetationsperioder (1986, vänster) och antal självföryngrade träd > 4 cm i brösthöjd (höger) vid revisioner år 2003-2006 (efter Kardell (2007)). Antal anges för varje block (B)

Lokal	B	Kontroll	Stubb- & ristäkt	Kontroll	Stubb- & ristäkt
Ekenäs	A	9944	9869	113	125
	B	12591	14163	144	263
Garpenberg	A	4788	17743	214	612
	B	8981	13369	263	656
Kvisslevägen	A	3063	12756	162	313
	B	6606	7038	31	19
Svartberget	A	17506	37031	1244	1437
	B	3644	11500	206	894
Medeltal		8390 ± 4615	15434 ± 8673	297 ± 364	540 ± 436
Relativt		100	184	100	182

3.2 Tillväxt i det nya beståndet

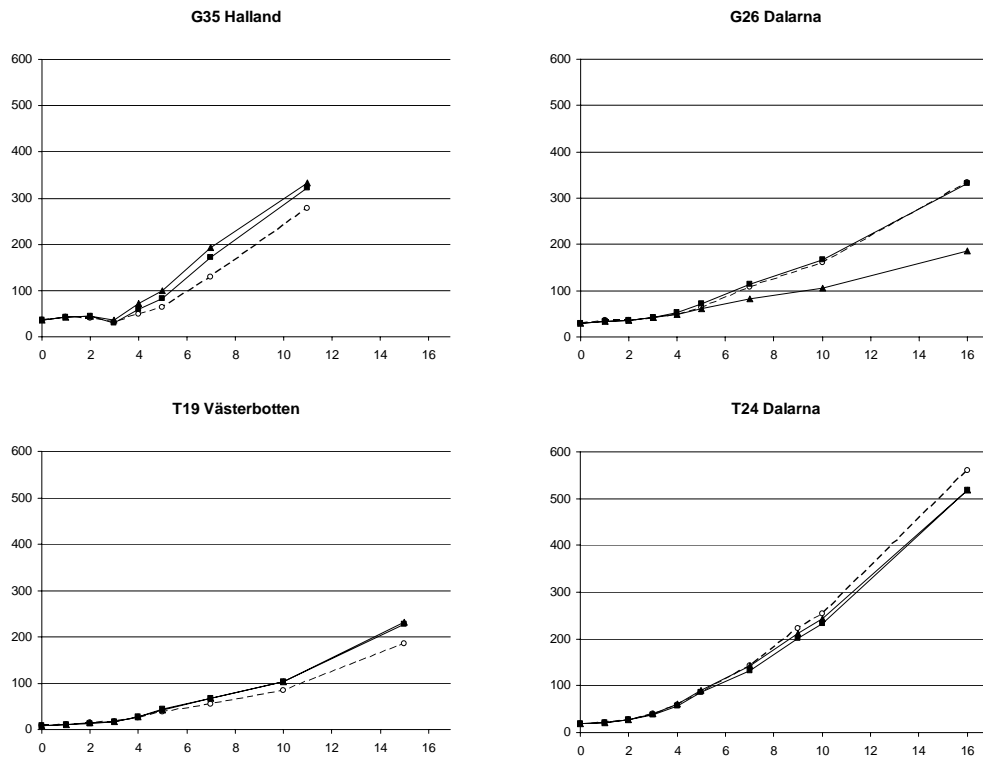
Sett över hela Kardells försöksserie var medelhöjden för planterade plantor högre för samtliga behandlingar och för båda trädslagen jämfört med kontrollen efter de första 9-10 åren (Figur 3:4). Här avviker Kardells försöksserie från andra där ristäkt åtminstone i granskog leder till minskad höjdtillväxt i nästa generation granskog. I något fall har Kardell angivit att ristäkten skedde sent så att broderparten av barren och därmed en hel del av näringen blev kvar på ytorna. Detta kan vara en förklaring till det avvikande resultatet. Det finns också en tendens till att stubbtäkten kan ha gynnat höjdtillväxten och då troligen genom den extra markberedning som stubbtäkten medfört. Dessa skillnader är emellertid inte statistiskt säkerställda.



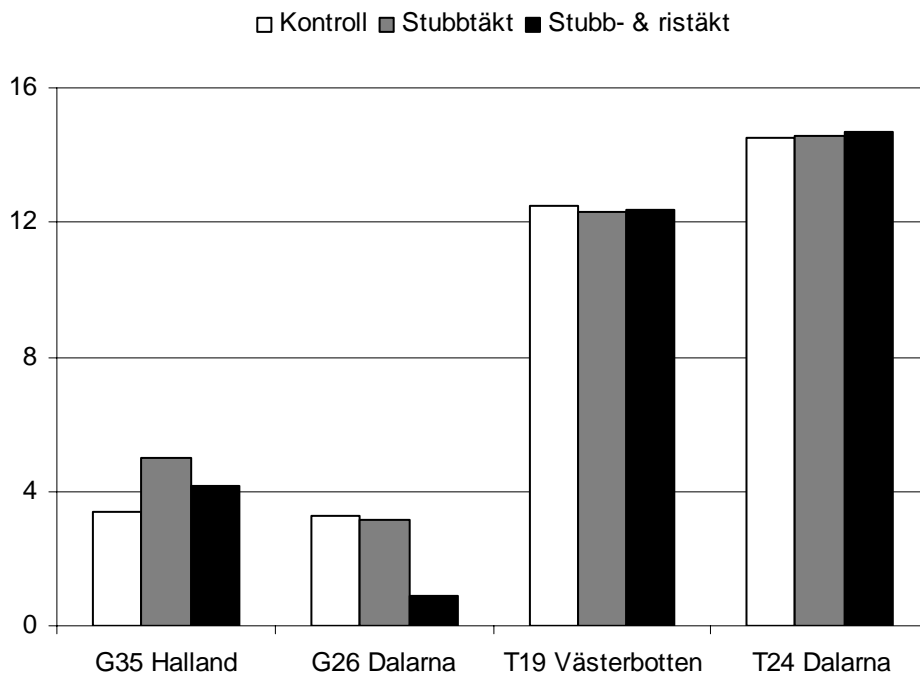
Figur 3:4 Stubb- respektive ristäktens inverkan på planterade granar (övre) och tallars (nedre) höjdtillväxt under de första 9-10 åren. Relativa värden, där kontrollparcellernas medelhöjder hösten 1986 givits värdet 1. Efter Kardell (1992).

Höjdtillväxten under de första 11-16 åren i Leijons försöksserie ger inte någon entydig bild av behandlingseffekten (Figur 3:5). Möjligen beror detta på att man i denna försöksserie inte har genomfört någon omfattande markberedning. Plantorna har planterats efter manuell fläckmarkberedning vilket kan ha lett till att effekten av näringsuttag i samband med i första hand ristäkten kan ha kompensats av den extra markberedning som stubbtäkten medfört. Detta kan förklara varför höjdtillväxten varit större på båda stubbtäktsbehandlingarna än på kontrollen på den svaga tallokalen i Västerbotten. Den bättre granlokalen i Dalarna visar ett annat mönster med ganska stort tillväxttapp på stubb- & ristäktsytorna, medan den rena stubbtäktsytan har klarat sig bättre i jämförelse med kontrollen. På denna lokal var tillslaget av naturlig förnygring stort framförallt på de ytor där stubbar brutits. Behandlingseffekten kan därför vara en kombination av näringsuttag med GROT och konkurrens om tillväxtresurser med självförnygrade plantor. På den svaga lokalen i Västerbotten var tillslaget av självförnygring mycket måttligt. Ser

man sedan på grundytan (Figur 3:6), som speglar skötselresultatet bättre, finner man inga kortsiktigt negativa effekter av stubbtäkt på tillväxten.

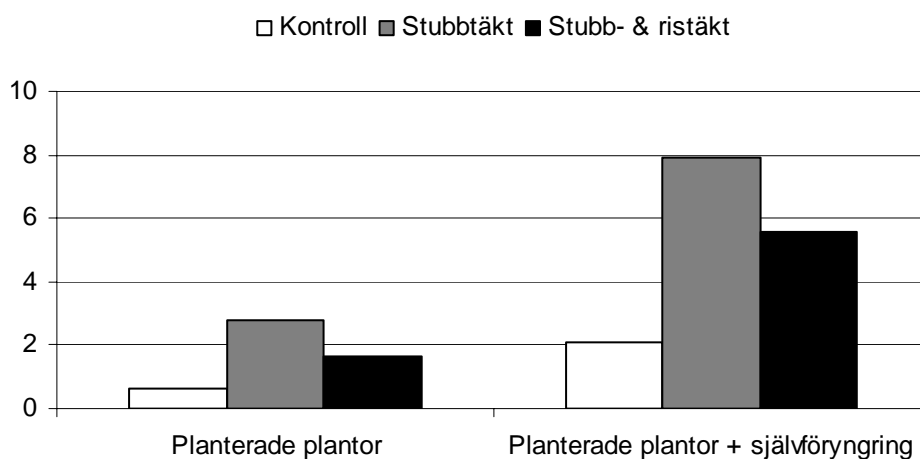


Figur 3:5 Medelhöjdens (cm) utveckling under de första 11-16 åren för tall- och granplantor planterade efter stubbtäkt (kvadrat), stubb- och ristäkt (trekant) i jämförelse med kontroll- ytor där ris och stubbar lämnats kvar (cirkel, streckad linje). Medelvärden för fyra block, Leijons försöksserie opubl.



Figur 3:6 Grundytan (m²/ha) efter 24 (T19 Vb) eller 16 vegetationsperioder (övriga). Leijons försöksserie opubl.

I båda dessa försöksserier har man riktat in sig på att följa tillväxten på de planterade plantorna och så långt möjligt röja bort de självföryngrade plantorna till förmån för de planterade. För en av lokalerna i Kardells försöksserie redovisas produktionsresultatet med och utan självföryngringen inräknad efter 12 vegetationsperioder (Kardell, 1996). Figur 3:7 visar att självföryngringen står för en stor andel av totalproduktionen i detta försök.



Figur 3:7 Totalproduktion hösten 1990 efter tolv vegetationsperioder för enbart de planterade tallplantorna och för de planterade plantorna inklusive självföryngring på en av lokalerna i Kardells försöksserie. Efter Kardell (1996).

Eftersom man i Finland har bedrivit stubbskörd under längre tid än i Sverige (mer än fem säsonger) kan man inom de närmsta åren förvänta sig att mycket intressant information, bland annat på föryngringsresultat och skogsproduktion, kan kunna avläsas. Redan i dag tyder preliminära data på att skillnaderna i plantöverlevnad och planttillväxt mellan områden som markberetts och områden där stubbar tagits ut är mycket små eller saknas helt (Veli-Matti Saarinen, Finska Skogliga Forskningsinstitutet). Man har emellertid iakttagit att planteringspunkterna på ett stubbskördat hygge skiljer sig något från ett markberett hygge. På det stubbskördade hygget hamnar fler plantor i mineraljorden jämfört med ett konventionellt markberett hygge. En viss oro för hur den eventuella markkompakteringen vid stubbskörd i längden kommer att påverka skogsproduktionen uttalas också.

3.3 Snytbagge och svart bastborre

Den svarta bastborren och framför allt snytbaggen utgör ett stort problem i våra föryngringar då deras näringsgnag skadar och dödar skogsplantorna. Det har tidigare spekulerats i om stubbskörd skulle kunna minska trycket från dessa skadegörare i våra föryngringar (Lekander & Lindelöw, 1977; Hakkila, 1989; Jonsson, 1976; Eidmann & Klingström, 1976). Efter en avverkning dras skadeinsekterna av doften till hygget under några år och näringsgnager där på eventuella plantor. Denna första attack kan inte på kort sikt påverkas av stubbskörd. Fortplantning sker sedan i stubbar och rötter med ungefär en fjärdedel av larverna i klenare rötter som normalt inte berörs av stubbskörden. Det är detta fortplantning och det näringsgnag som följer efter kläckning som stubbskörd kan påverka på kort sikt. Eidmann & Klingström (1976) menar att om 20 % av yngelmaterialet blir kvar efter stubbskörd så reduceras reproduktionen med 80 %, en siffra som kan ökas ytterligare om delar av de kvarlämnade rötterna torkar ur. Om stubbskörd får en stor omfattning på landskapsnivån påverkas då naturligtvis antalet inflygande insekter direkt efter avverkningen på sikt.

I slutrapporten från Projekt Helträdsutnyttjande, projektgrupp Skog, redovisas en studie där man visat att snytbaggelarverna till viss del överlever mellanlagringen av de skördade stubbarna i skogen, framförallt i det icke solexponerade bottenlagret (Lekander & Lindelöw, 1977). Då snytbaggen har minst en tvåårig utvecklingscykel i landet rekommenderar man därför att stubbarna inte blir kvar på eller i anslutning till hygget längre än till juni månad andra året efter avverkning.

3.4 Rotröta

Rotröta är ett stort problem för skogsskötsel i hela världen och orsakar en betydande minskning i skogsproduktionen. Det finns därför en relativt omfattande forskning på sätt att minska skadeverkningarna de svamparna som orsakar rotröta; rotticka, *Heterobasidion*, honungsskivlingar, *Armillaria* och i Nordamerika även tickan *Phellinus weirii*. Enbart i Sverige orsakar rotröta i gran ekonomiska förluster för skogsbruk på i storleksordningen en halv miljard kronor om året. Förlusterna består främst i nedklassning av timmer, tillväxtnedsättning och ökad

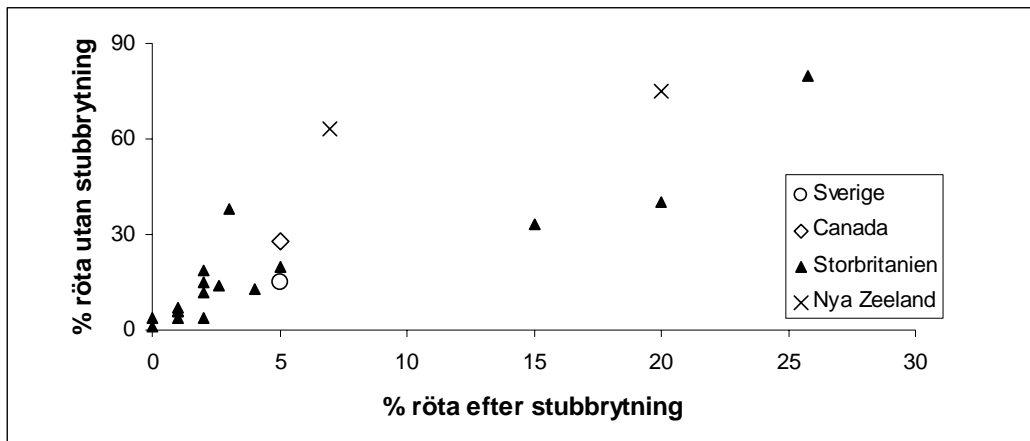
stormfällning. Uppskattningsvis är 20 % av alla granar i avverkningsbar ålder angripna av rotröta

Spridningen av rötangrepp av honungsskivling och rotticka är i huvudsak orsakad och gynnad av skogsskötsel. I synnerhet spelar avverkningsstubbar en central roll i rottickans och honungsskivlingens spridning och livscyklar.

I bestånd med redan etablerad röta är stubbskörd den enda effektiva metoden, om än kostsam, att kontrollera och minska röta. Detta är den genomgående slutsatsen i den relativt omfattande forskning som skett runt om i världen när man undersökt olika sätt (kemiskt, biologiskt, integrerat, skogsskötsel) att kontrollera och minska röta i bestånd där den redan finns.

Stubbskörd medför dessutom (1) att i princip inga fruktkroppar kan bildas eftersom stubbarna är borta. Därmed kan ingen spridning av rötsvamparna ske från det rötade beståndet till grannskapet, samt (2) att förutsättningarna för nyetablering från luftburna sporer av rotticka och honungsskivling upphör på det stubbskördade området.

Stubbskördundersökningar som fokuserat på problematiken med rötsvampar har utförts många olika ställen i världen, under olika förhållanden och med olika träslag, med olika försöksuppläggning och teknik. Resultaten är i huvudsak samstämmiga och demonstrerar klart att stubbskörd reducerar förekomsten av röta i nästa generation skog. En ny sammanställning (Vasilias & Dahlberg, 2007) visar att det finns åtminstone 60 olika försök runt om i världen som undersökt hur stubbskörd påverkar rötfrekvens eller dödligheten i det uppväxande beståndet. I alla dessa undersökningar avlägsnades 100 % av stubbarna och av dessa undersökningar visar 19/32 försök med rotticka, 16/18 försök med honungsskivling och 9/10 försök med *Phellinus weirii*, att stubbskörd minskar rötfrekvensen. Undersökningarna visar att stubbskörd inte resulterar i att rötsvampar försvinner helt, men att rötfrekvensen minskar, beroende på förutsättningar, i olika grad. Flera av de försök som inte visar på någon nedgång är från början av 1900-talet då stubbskörd skedde manuellt och en stor del av rötterna kan ha blivit kvar i marken. Den mest omfattande forskningen har skett i nordvästra USA, British Columbia i Kanada, på Nya Zeeland och i England. Från Norden finns det hittills bara en undersökning från Sverige (1987) och en äldre från Danmark (1934) (Figur 3:8).



Figur 3:8 Kontrollerade försök där rötfrekvensen jämförts med och utan stubbskörd. I de redovisade försöken ingår 8 olika trädslag. Jämförelsen har skett när bestånden var 2-30 år (medel 23 år, n= 21).

3.5 Bedömningar

Resultat från befintliga fältförsök visar inte på några behandlingseffekter av stubbtäkt på plantöverlevnad. Däremot gynnas uppkomsten av självföryngring, vilket kan bidra till fler lyckade föryngringar och en ökad arealproduktion för skogsägare. Självföryngringen domineras av björk, vilket kan bidra till en ökad lövandel i våra skogar under förutsättning att efterföljande skötsel inte ensidigt missgynnar självföryngring till förmån för kulturplantor och att betestrycket inte är för högt i området. Då andelen självföryngring av pionjärträdslag som björk gynnas av markstörning kan en teknisk utveckling som strävar mot att minimera markskador också minska andelen självföryngrade plantor.

Till skillnad mot uttag av näringsrik GROT verkar stubbskörden inte påverka tillväxten för enskilda träd i någon riktning, annat än möjligen något i positiv riktning. Tillsammans med opåverkad överlevnad innebär detta att arealproduktionen inte påverkas.

På kort sikt har stubbskörd potential att påverka andra generationens snytbaggar och svarta bastbarrar som kläcks i stubbarna. Om stubbskörd får en stor omfattning på landskapsnivå kommer detta sannolikt också att påverka den mer besvärande första generationen som flyger in och näringsgnager på skogsplantor då de känner doften av färskt hygge. Om stubbskörden däremot får begränsad omfattning bör man inte ha för stora förhoppningar om minskad skaderisk från dessa insekter. När det gäller rotröta visar studier att stubbskörd i rotröteinfekterade bestånd har en stor potential att minska skadorna på den kommande skogs-generationen.

En övergripande bedömning kopplad till landets miljömål blir att stubbtäkt på kort sikt inte kommer att påverka skogsproduktionen och att stubbtäkt kan bidra till att arealen lövskog ökar i landskapet.

3.6 Kunskapsluckor

Som alltid saknas empiriska bevis för vad som händer med skogsproduktionen på längre sikt. Då näringsinnehållet i stubbveden är förhållandevis lågt så länge skörden inte omfattar klenare rötter (< 5 cm) och näringsförluster efter markstörning är relativt begränsad finns det inte några skäl att lägga mycket möda på att täppa till dessa kunskapsluckor så länge skörd av framför allt GROT och markberedning är miljömässigt accepterade metoder. Befintliga långsiktiga försök (Bo Leijons och Lars Kardells försöksserier) med stubbskörd följs upp löpande och kommer att generera mer kunskap om tillväxteffekter. Därtill har ett antal praktiska stubbskördssytor i Mellansverige från 1970-80 talet letats upp och dokumenterats och sedan parats ihop med lämpliga jämförelseytor från samma tid där stubbar inte skördats. Dessa ytor kan komma att användas för produktionsstudier.

Mer kunskap behövs om spårbildning och markkompaktion påverkas av att rotmattan förstörs. Enkla studier som kvantifierar den areella markstörning som stubbskörd med dagens teknik orsakar utgör viktiga underlag för att bedöma riskerna med stubbskörd.

Ur ett rent skogsskötselperspektiv vore det intressant att undersöka hur stubbskörd bäst integreras i dagens skogsskötsel och hur man kan dra nytta av den ökade självföryngringen för att producera mer biomassa i ungskogsfasen samtidigt som anläggningskostanden kan minskas. Vidare finns potential att utveckla den kompletterande markberedningen mot den lovande så kallade inversmarkberedningen.

3.7 Referenser

Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1976). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag.

Hakkila P. (1989) Ecological consequences of residue removal. In *Utilization of residual forest biomass*. Springer-Verlag (Berlin, Heidelberg, New York) 479-516.

Jonsson Y. (1976). *Drivningsmetoder för stubb och rotved*. Ur: Stubbdagen 1976-03-09. SLU, Projekt helträdsutnyttjande, Rapport 13, 37-47.

Kardell, L. (2007). *Vegetationseffekter efter stubbskörd. Analys av några försök 1978-2006*. SLU, Institutionen för skoglig landskapsvård, Rapport 100, 72 pp.

Kardell L. (1992). *Vegetationsförändring, plantetablering samt bärproduktion efter stubb- och riståkt*. SLU, Institutionen för skoglig landskapsvård, Rapport 50.

Kardell L. (1996). *Stubbskördsförsöken i Piteåtrakten 1979-1990*. SLU, Institutionen för skoglig landskapsvård, Rapport 63, 0-68.

Lekander, B. & Lindelöw, Å. (1977). *Helträdsutnyttjandet och insekterna*. Projekt helträdsutnyttjande 52.

Vasiliauskas, R. & Dahlberg, A. (2007). *Stump removal in clear-felled forest areas, - impact on root rot, site quality and diversity of wood-inhabiting fungi*. Underlag till rapport till Energimyndigheten januari 2007 samt manuskript till vetenskaplig artikel.

4 Effekten på markvegetation

Analys av några försök efter ett kvartssekel med fokus på allmänt förekommande markvegetation.

Materialet nedan är bearbetat av Fredrika von Sydow och bygger på uppgifter i Kardell (2007)

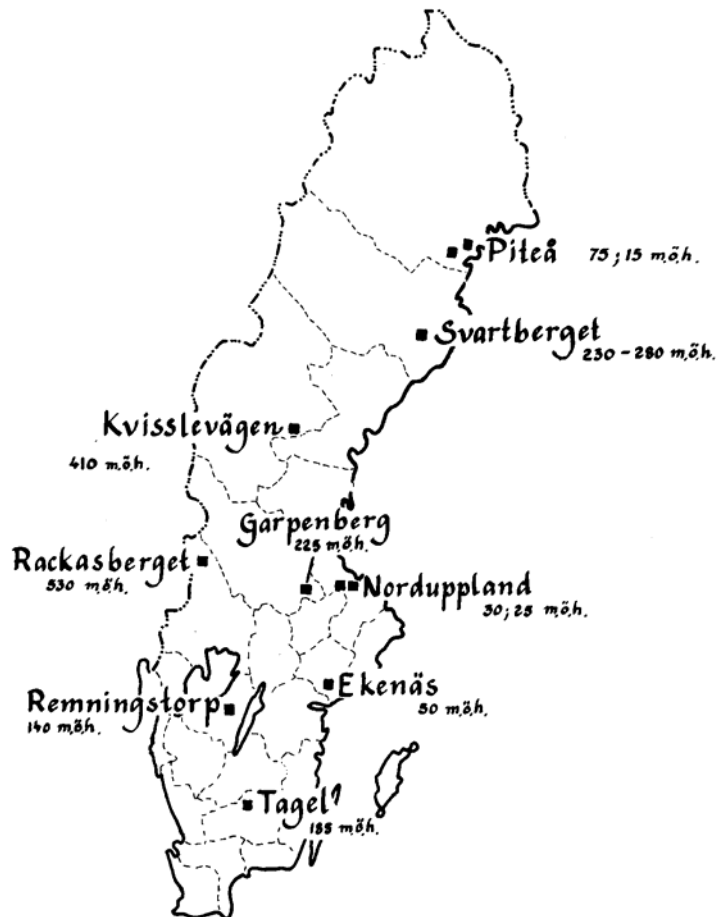
Det 12:e miljömålet, Levande skogar, formuleras: ”Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas”. I det 16:e miljömålet Ett rikt och växt- och djurliv, står det: ”Den biologiska mångfalden skall bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och ekosystem samt deras funktioner och processer skall värnas. Arter skall kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. Människor skall ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd.” Inga av delmålen kopplar direkt till effekter på trivialare hyggesvegetation efter den markstörning som stubbskörd efter slutavverkning medför. Vegetationseffekterna efter markstörning kan medverka till förändringar i vegetationens utbredning och sammansättning samt bärproduktion med tydliga kopplingar till skogens sociala värden.

4.1 Bakgrund

Inom projektet helträdsutnyttjande, PHU, analyserades av Lars Kardell, inst. för skoglig landskapsvård, SLU, konsekvenserna av den extra belastning skogsmarken utsattes för, om man vid slutavverkning också skördade stubbar. Arbetet kom att knytas till nio större försök spridda från södra Småland till Norrbottens kustland och de anlades i slutet av 1970-talet. I dessa skördades stubbar samt ris och avfall i olika kombinationer efter att först ha lagt ut försöken i den mogna skogen innan slutavverkning (Kardell & Wärne 1981). Syftet med studien var att analysera vegetationseffekter efter stubbskörd med olika kombinationer av ris- och stubbskörd. Reaktionen har granskats hos markens växter. Markskadornas läkningsprocess och invandring av träd och buskar ingick i studien men behandlas i avsnitt 1 och 3 om markskador resp. produktion. En mer utförlig rapport med resultat och statistisk bearbetning från försöken kommer att publiceras under 2007 av Lars Kardell. Tidigare har resultaten från tre av försöken, Tagel (Kronobergs län), Remningstorp (f d Skaraborgs län) och Piteå har presenterats i mindre ”monografier”. I dessa återges resultaten så som de tedde sig efter 12-16 år (Kardell 1993, 1996 och 1999). För bedömningen av effekterna redovisas här de försök, som inte tidigare publicerats, och vilka reviderats mellan höstarna 2003 och 2006, ett kvartssekel efter försöksanläggningen.

4.2 Kort om försöksytor och metoder

Vegetationen har jämförts på de parceller där såväl ris som stubbar skördades samt ett normalhygge. Såväl kontrollytor som behandlade parceller har i samtliga fall markberetts maskinellt med en harv.



Figur 4:1 Försökslokalernas läge samt höjd över havet

Lokaliseringen av försöksserien framgår av Figur 4:1. Försökslokalerna ligger på 15-530 meters nivå över havet. Den sandigt-moiga moränen är förhärskande i försöksserien (Tabell 4:1) och tillhör den friska ristypen.

Tabell 4:1 Sammanfattning av vissa data från de olika försökslokalerna se även Bilaga 3

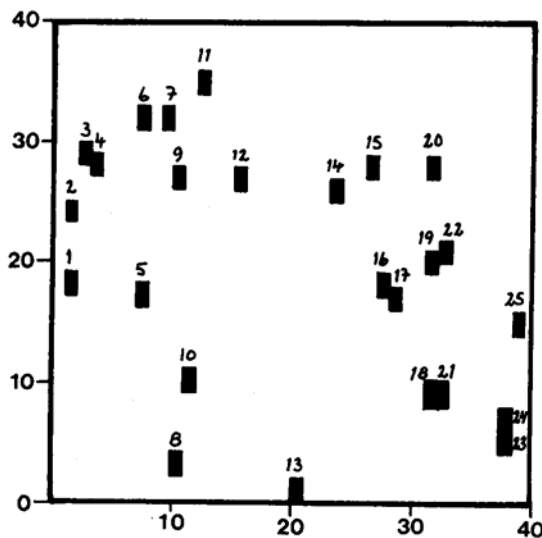
Lokal	Anläggning år	Revision år	Antal vegetationsperioder	Föregående bestånd		Nytt bestånd Trädslag
				Ålder år	Virkesförråd m ³ sk/ha	
Småland-Tagel	1978	1989	12	90	400	Gran
Västergötland-Remingstorp	1979	1996	16	70	280	Gran
Södermanland-Ekenäs	1979	2004	25	95	220	Tall
Uppland-Grävsvinsberget	1978	1999	22	95	240	Gran
Uppland-Gullmossen	1978	1999	22	90	420	Gran ³⁾
Dalarna-Garpenberg	1978	2006	29	100	230	Tall
Värmland-Rackasberget	1979	2006	28	125	280	Gran
Jämtland-Kvisslevägen	1979	2006	28	120	210	Tall
Västerbotten-Svartberget	1979	2003	25	115	180	Tall
Norrbotten-Piteå	1979	1990	12	100	190	Tall

¹⁾ sa. = sandig
mo. = moig

²⁾ Partier finns med mer grusig moräntyp

³⁾ Försöket spolierades av älg och nu finns här främst björk

Försökens uppläggning framgår av Bilaga 3 (försöksserie 1) samt Figur 4:2 .



Figur 4:2 Vegetationsprovyternas fördelning inom en parcell. Totalt består varje försök av 2 block, dvs 8 parceller vilka vardera innehåller 25 vegetationsprovytor om 1 x 2 m

Uppskattningarna (alltid i augusti månad) skedde okulärt, varvid alla arter urskiljdes samt dessas täckning bedömdes i procentklasser. Inventeringsarealen inom varje parcell är 3,1 procent.

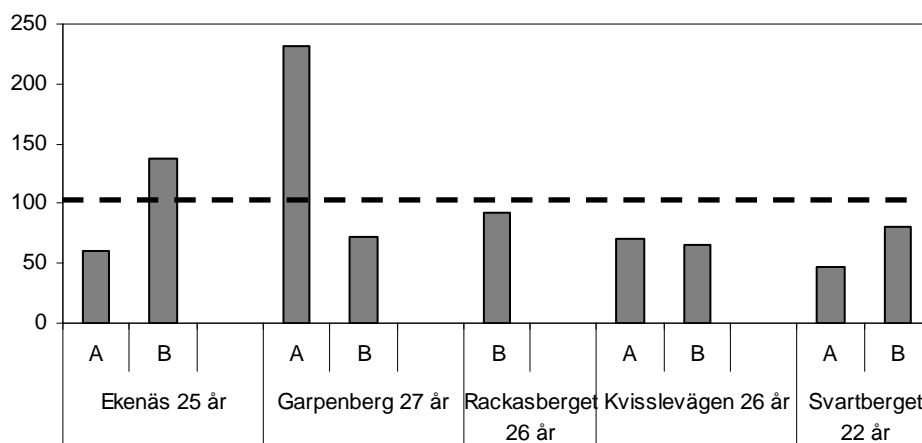
I samband med slutrevisionerna 2004-2006 analyserades vegetationen på och kring stubbar efter avverkningarna 1979/80 med en area av 0.5 m² som placerats kring stubben. Alla växter har antecknats tillsammans med sin täckning. Kontrollytan placerades ca 2 m från stubben.

Vid beräkningarna har för varje försök räknats fram ett medeltal från de 25 observationerna samt i vissa fall spridningsmått. Signifikansprövning har i förekommande fall gjorts med z-test (Rudberg 1993).

4.3 Vegetationseffekter

4.3.1 Blåbär, lingon och hallon

Blåbärsriset drabbas hårt av hyggesupptagning. Återhämtningen går långsamt. Efter ett kvartssekel är dock täckningen på kontrollytorna i de flesta fall tillbaka i ursprungsläget före avverkningen. På de ytor, vilka berövats ris och stubbar är det dock en signifikant lägre täckning om 16 % (Figur 4:3). En bidragande orsak till den något svagare återhämtningen av blåbärsriset efter stubbtäkt är konkurrensen från gräsfilten.



Figur 4:3 Blåbärrisets täckningsgrad på stubb- och risbrutna ytor i relation till täckningsgraden på kontrollytorna (här satt till 100 % och markerad med streckad linje) efter 22-27 år. Data från A- och B-blocken från fem lokaler.

Dynamiken i *lingonrisets* utveckling på ett hygge skiljer sig från blåbärrisets i åtminstone tre avseenden. För det första är det städsegröna lingonriset betydligt mera motståndskraftigt mot kalavverkning. Det blir visserligen ett omedelbart bakslag men inte alls av samma amplitud som för blåbärrisets. För det andra är återhämtningen mycket snabbare. Redan efter sex-sju år ute på hygget är täckningen högre än i utgångsläget. Tillväxten över tiden sker mycket ”målmedvetet” utan tvära kast. Den stimulans som blåbärrisets erhåller av de uppväxande trädens beskuggning är noterbar även hos lingonriset, men inte alls av samma magnitud. För det tredje kan enkelt slås fast (se Tabell 4:2) utan vare sig spridnings- eller signifikansmått att det inte är någon skillnad mellan kontrollparceller och stubb-skördade arealer. Hyggesupptagning som sådan stimulerar risets vegetativa utveckling och den extra belastning skogsnaturen utsätts för till följd av stubb- och ristäkt har inte betytt någonting.

Tabell 4:2 Lingonrisets täckning i den mogna slutavverknings skogen år 1979 (1978) samt efter ett kvartssekels hyggesfas. Jämförelse mellan markberedda kontrolloytor med markberedda stubb- och ristäktsytor.

Lokal		Kontroll ytor		Stubb- och ristäktsytor	
		Täckning	%	Täckning	%
		1979	2006	1979	2006
Ekenäs	A ¹⁾	6,0	4,4	2,7	1,7
	B ¹⁾	9,4	0,8	10,0	0,5
Garpenberg	A ²⁾	0,4	4,1	2,7	3,5
	B ²⁾	2,2	3,4	1,0	9,2
Rackasberget	B	2,4	17,8	2,4	31,4
Kvisslevägen	A	12,3	30,5	23,6	34,3
	B	13,4	21,8	19,1	41,5
Svartberget	A ³⁾	6,8	31,0	4,4	32,2
	B ³⁾	5,6	29,0	1,5	12,4
Medeltal		6,5	15,9	7,5	18,5
Medeltal, relativt, %		100	247	100	247

¹⁾ Avser tiden 1979-2004

²⁾ Avser tiden 1978-2006

³⁾ Avser tiden 1979-2001

De första groddplantorna av *hallon* dyker upp den andra vegetationsperioden efter hyggesupptagningen med vissa skillnader var i Sverige man befinner sig. Hallonplantorna tillväxer och når ett maximum fem till sex år efter hyggesupptagningen. De skuggas sedan successivt ut, men håller sig kvar i minst ett decennium. Det är ingen signifikant skillnad mellan kontroll och stubb/ristäkt av genomsnittet av den maximala täckningen. I sex av de nio jämförelseparen är dock täckningen efter fem till sex år högre på kontrollparcellerna. Detta avspeglar en högre tillgång på kväve inom dessa, vilket också den rikare förekomsten av hallon i de södra försöken indikerar.

4.3.2 Bärproduktion

Bär plockades i samtliga försök under sju på varandra följande år 1979-1985. Stubb- och ristäkt ledde till att skördarna av blåbär och lingon reducerades med 60-70 % jämfört med kontrollerna. Det kan dock nämnas att i relation till de mängder som insamlades i den vuxna skogen 1979 var hyggets bärskördar

väsentligt högre (Tabell 4:3). Det finns en fundamental skillnad mellan blåbärsproduktion i landets olika delar (jfr Kardell & Eriksson 1990, 1995). Blåbärsriset i södra Sverige slås i det närmaste helt ut av kalavverkning. Därmed försvinner bärskörden. I norra delarna av landet sker en mycket kraftig reduktion av blåbärsrisens biomassa vid hyggesupptagning. Men kvarvarande ris blir mycket fertilt och producerar stora mängder bär, oftast av mycket hög kvalitet.

Tabell 4:3 Sammandrag av bärskördarna inom försöken 1979-1986. Kg friskvikt per hektar. Siffrorna för år 1979 utgör resultaten från ytorna innan dessa kalavverkades. Produktionen under de sex hyggesåren 1980-1985 redovisas som medeltal per år.

Lokal		Blåbär			
		Kontroll		Stubb+ristäkt	
		1979	1980-1985¹⁾	1979	1980-1985¹⁾
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Ekenäs	A	189,0	3,1	237,4	2,7
	B	-	3,0	-	0,4
Garpenberg	A	1,8	0,4	-	0,3
	B	0,6	0,3	0,4	0,1
Rackasberget	B	-	4,5	-	9,3
Kvisslevägen	A	1,3	0,8	0,2	0,2
	B	-	18,7	0,2	1,7
Svartberget	A	27,1	47,0	30,3	9,3
	B	15,3	141,9	5,4	38,6
Medeltal			24,4		7,3
Medeltal, relativt, %			100		30
Lokal		Lingon			
		Kontroll		Stubb+ristäkt	
		1979	1980-1985¹⁾	1979	1980-1985¹⁾
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Ekenäs	A	1,5	12,8	0,2	6,5
	B	1,2	8,7	5,0	13,0
Garpenberg	A	-	0,4	-	0,9
	B	-	0,3	-	0,2
Rackasberget	B	-	1,9	-	1,9
Kvisslevägen	A	0,1	4,1	1,7	2,1
	B	-	16,3	0,1	2,7
Svartberget	A	-	60,5	-	13,1
	B	-	33,4	-	3,3
Medeltal			15,4		4,9
Medeltal, relativt, %			100		32

Lokal		Hallon			
		Kontroll		Stubb+ristäkt	
		1979	1980-1985 ¹⁾	1979	1980-1985 ¹⁾
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Ekenäs	A	-	15,7	-	2,0
	B	-	1,0	-	6,2
Garpenberg	A	-	1,1	-	1,4
	B	-	0,9	-	0,1
Rackasberget	B	-	-	-	0,5
Kvisslevägen	A	-	0,6	-	4,9
	B	-	-	-	1,0
Svartberget	A	-	1,8	-	0,4
	B	-	-	-	2,3
Medeltal			2,3		2,1
Medeltal, relativt, %			100		91

¹⁾ Medeltal per år under 6 år.

4.3.3 Övriga risväxter

Till den friska ristypens ”medlemmar” hör odon och skvattram, speciellt under nordsvenska förhållanden (se t.ex. Arnborg 1956). Men ingen av dessa arter har uppträtt annat än tillfälligt i försöksserien. Fattigmarksväxter såsom kråkris och ljung är påtagligt gynnade av stubb- och ristäkt och finns antecknade lite mera frekvent. Trots ett ringa material blir slutsatsen att kråkris på nordliga breddgrader gynnas om marken är skadad.

*Ljung*plantan på platser där fröbar ljung finns i närheten fröar in sig på hygget. Där påträffas den efter två vegetationsperioder. Den växer till och under gynnsamma omständigheter kan den t.o.m. bli dominerande i växttäcknet efter något decennium. När skogen sedan sluter sig skuggas ljungen successivt ut. Mycket talar för att stubb- och ristäkt gynnat etablering av ljung. Men materialet är för tunt för att leda detta i bevis.

4.3.4 Hyggesgräsen

Av hyggesgräsen är rödven samt piller- och klotstarr gynnade av stubb- och ristäkt. Däremot har ingen effekt kunnat spåras hos kruståtel (Tabell 4:4) och vår-fryle.

Tabell 4:4 Täckning av kruståtel i de olika försöken 1979 (före slutavverkning) samt efter ett kvartssekel i hyggesfas. Slutåret varierar. Den maximala täckningen kan i vissa fall ha inträffat senare då kontinuerliga bedömningar efter 1985 ej företagits.

Lokal		Kontroll			Stubb- och ristäkt		
		Täckning, %			Täckning, %		
		1979	Maximalt värde (år)	2001-2006	1979	Maximalt värde (år)	2001-2006
Ekenäs ¹⁾	A	3,8	39,5 (1985)	23,2	4,6	47,6 (1985)	24,1
	B	2,2	45,8 (1985)	23,8	4,3	47,6 (1985)	18,7
Garpenberg	A	2,3	54,7 (1985)	54,2	10,2	28,0 (2006)	28,0
	B	10,1	57,8 (1985)	46,2	24,0	34,8 (1985)	51,2
Rackasberget	B	0,2	20,7 (2006)	20,7	1,1	37,7 (1985)	32,7
Kvisslevägen	A	1,0	62,2 (1994)	45,0	0,9	60,2 (1994)	49,4
	B	1,0	48,4 (1985)	35,0	1,0	46,2 (1985)	35,8
Svartberget ²⁾	A	0,5	32,0 (1991)	17,7	0,5	33,6 (1986)	12,1
	B	1,3	51,1 (1986)	20,2	4,5	57,0 (1986)	36,8
Medlevärde		2,5	45,8	31,8	5,7	45,4	32,1

¹⁾ Slutrevision 2004

²⁾ Slutrevision 2001

Calamagrostis-arter (oftast piprör men i några fall brunrör) förekom på hälften av försöksytorna vid slutrevisionerna. Men det finns inget mönster i spridningsbilden, varför några slutsatser inte går att dra utöver den triviala att arten generellt gynnas av hyggesupptagning på friska marker.

Av övriga gräs förekommer enstaka observationer av stagg och fårsvingel, vilka dock försvann. På ett par lokaler har också tuvtåtel lyckats bita sig fast.

4.3.5 Örter

På örtsidan är skogsstjärna och mjölke klart missgynnad av stubb- och ristäkt. Däremot har ingen effekt kunnat spåras hos ekorrhör, linnea och kovaller (kovaller svåra att skilja vid höstrevidering).

I mera nordliga lägen och på lite bördigare varianter av den friska ristypen växer nästan alltid gullris, stenhallon och midsommarblomster i nu nämnd frekvens. Dessa arter är gynnade av stubb- och ristäkt.

Utöver de nu nämnda arterna så har inte mindre än 26 andra etablerat sig på försöksytorna under den långa observationsperioden. Av dessa återfinns 21 stycken på ris- och stubbtäktsparcellerna och 18 på kontrollerna. Detta tyder på att den extra belastning skogsnaturen fått utstå till följd av stubbskörd lett till att flera arter tillfälligt kunnat fröa in sig. Exempel på sådana är *kattfot*, *prästkra* och

tussilago. De enda exempel bland örterna på försvunna arter är ett par förekomster av *knärot* och *tallört* på Ekenäs. De fanns i den vuxna skogen år 1979, men har sedan dess inte observerats på någon av behandlingarna.

4.3.6 Ormbunkar

Örnbräken förekom i försöksserien endast på den sydligaste lokalen, Ekenäs. Här registrerades relativt hög närvaro vid försöksutläggningen. En våldsamt, tiodubblad expansion skedde fram till 1991. Därefter slavnade en del exemplar till följd av beskuggning från de uppväxande tallarna (se Tabell 4:5). Då örnbräken i allt väsentligt förökar sig vegetativt kan man tänka sig att stubb- och ristäkt bidragit till utvidgningen (jfr Dolling 1996).

Tabell 4:5 Procentuell täckning av örnbräken inom försöket på Ekenäs 1979-2004. Varje siffra är baserad på 50 bedömningar.

Tidpunkt	År	Medeltal	
		Kontroll	Stubb- och ristäkt
		Täckning %	Täckning %
Före avverkning i vuxen skog	1979	4,4	6,9
Vid kulminationen	1991	42,6	54,3
Vid slutrevision	2004	5,8	10,4

Ekbräken återfinns i nämnvärda mängder blott i de båda nordliga försöken. Det finns skäl misstänka att där stubbskörd lett till blottläggning av stora, ytfuktiga partier, så kan ekbräken ha gynnats. Ett sådant fall är Svartberget B, där ekbräken år 2001 täckte hela 10.2 % av inventeringsarealen. Detta skall jämföras med de 0.5 % som noterades när studien påbörjades 1979.

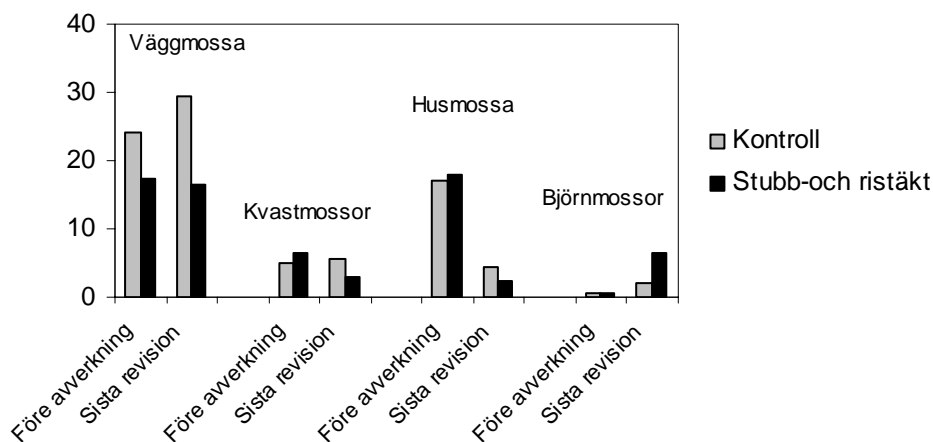
4.3.7 Lummerväxter

Revlumner förekommer eller har förekommit på tolv av de 18 försöksytorna. I två fall har den gästspelat något år för att försvinna. I övriga tio situationer fanns arten i den vuxna skogen 1979 men torkade bort i samband med hyggesupptagningen i 70 % av fallen. Endast på två stubbskördade ytor har den hållit sig kvar hela observationsperioden. Med all sannolikhet leder dock denna åtgärd till försämrade villkor för såväl denna art som dess kusin *plattlumner*.

4.3.8 Friskmarksmossor

Ett sammandrag av mossornas reaktion på hyggesupptagning samt på stubb- och ristäkt redovisas grafiskt i Figur 4:4. *Väggmossan* har ökat sin täckning med en fjärdedel jämfört med i den mogna skogen före slutavverkning. Den tar mycket stryk i samband med hyggesupptagning och återkomsten är mycket långsam. Men när det uppväxande trädbeståndet ger väggmossan lämplig beskuggning skjuter den fart. Efter ett kvartssekel har den en rikare förekomst än före slutavverkning.

Även på de en gång misshandlade stubbskördlokalerna är den ifatt. Men uppenbart har den här sämre villkor än på kontrollparcellerna.



Figur 4:4 Friskmarksmossornas medeltäckning (%) före avverkning (som regel 1979) och vid sista revisionen (2001-2006) på kontrollparceller (normalhygge) samt på hyggen där såväl stubbarna som riset skördats. Medelvärden för samtliga 9 försökslokaler.

Kvastmossorna består i 95 % av *Dicranum scoparium*. Men även andra närstående arter som stubb- och bergkvastmossa är relativt vanliga. Då de inte särskiljts behandlas de här som en kollektivart. Denna "beteende" skiljer sig inte nämnvärt från väggmossan. Återhämtningen kan dock vara något långsammare liksom etableringen på skadade partier efter stubbskörd.

Husmossan hade före försöksutläggningen en framskjuten plats i växtmattan, där den täckte 17-18 % av arealen. Den raderas i det närmaste ut av kalhyggesupptagningen. Återhämtningen är synnerligen långsam. Efter 25 år återfinns blott smärre andelar av denna mossa. Den är klart missgynnad av stubb- och ristäkt.

Björnmossan utgörs i de flesta fall av *Polytrichum commune*. Men de finns smärre inslag av såväl en- som hårbjörnmossa. Förekomsterna av björnmossa vid försöksstart var obetydliga. Arten expanderar snabbt i skadade markpartier och blir efter en handfull år helt dominerande i bottenkiktet. På Svartberget kulminerade den efter sju vegetationsperioder, år 1986, för att därefter ligga på en hög, stabil nivå till en bit in på 1990-talet. Därefter konkurreras den långsamt ut. Arten är gynnad av stubb- och ristäkt.

Underlaget för bedömning av *vitmossorna* (mestadels granvitmossa) är något spretigt och därmed svårtolkat. Arten förekom på tio ytor av 18 vid försöksutläggningen, en siffra som efter ett kvartssekel stigit till 13. Medeltäckningen är utan att vara signifikant också något högre, vilket antyder att de studerade hyggena eller snarare ungskogarna är något fuktigare. En förklaring till detta är oläskta skador efter körning och stubbskörd. I genomsnitt var 1,9 % av kontrolltyterna

täckta av vitmossor i perioden 2001-2006. Motsvarande siffra för de stubb-skördade parcellerna var 2.8 %, indikerande ett något fuktigare tillstånd.

Kammossa beter sig som husmossa och är mycket känslig för såväl hygges-upptagning som stubb- och riståkt.

Ytterligare ett tiotal mossor förekommer i försöksserien, men synnerligen sporadiskt. Det är tydligt att skuggfördragande arter som *stjärn-* och *rosmossa* försvinner i samband med kalavverkning. De kan återhämta sig i vissa håligheter, där de kan påträffas efter ett kvartssekel. Men detta är inte vanligen förekommande. Den i norra Sverige allmänna *lummersmossan* har samma reaktion. Även denna försvann i samband med kalavverkning. Den lyckades dock efter några decennier återigen etablera sig med små bestånd. En del gropar som uppstått i samband med stubbskörd är dock till fördel för dessa mossor.

4.3.9 Lavar

De enda arter som förekommit tillräcklig frekvent för en bedömning är *renlavar*. I de flesta fall rör det sig om *grå renlav*. Renlavar saknades helt på samtliga 450 smårutor vid försöksutläggningen. De lyckades efter en handfull år etablera sig inom samtliga försök antingen på stubbar eller på bar jord. I Ekenäs och Garpenberg försvann renlavarna så småningom medan livskraftiga populationer finns kvar i samtliga nordliga försök, dock i mycket låga täckningar. Siffermaterialet pekar på att stubb- och riståkt leder till en något lägre förekomst, vilket i så fall kan förklaras med frånvaron av stubbar.

Torsklav och *islandslav* har bara visat sig vid enstaka tillfällen på de båda stubb-skördade ytorna på Svartberget.

4.4 Vegetationen på stubbar

I fyra fall har vegetationen åren 2004-2006 studerats på kontrollparcellernas stubbar, dvs 25-27 år efter avverkning. Dennas frekvens och täckning har jämförts med fält- och bottenkikt på marken intill. Någon skillnad utöver en högre täckning på stubbar av renlav och bägarlav kunde inte konstateras (Tabell 4:6).

4.5 Bedömningar

Totalt har cirka 115 olika arter noterats i försöken under den 22-28 år långa observationstiden (Tabell 4:7). Av dessa går det med här använd metodik (25 fasta smårutor per parcell) att uttala sig om 25 stycken vad avser deras reaktion på stubb- och riståkt. Det är dessa arter, som utgör den friska ristypens karaktärsväxter. De verkar synnerligen stabila och väl anpassade till störningar. Det finns dock en handfull växter vilka är påtagligt störda av hyggesupptagning som sådan. Hit hör exempelvis lummerarterna samt ett antal skuggfördragande mossor såsom *stjärn-* och *rosmossa* samt *lummersmossa*. Det kaos som utbryter efter slutavverkning och åtgärder ute på hygget utnyttjas av många växter. Det är noterbart att den

extra belastning som stubb- och ristäkt medför leder till att flera gästspelande arter uppträder på dessa parceller.

Intrycket är att många arter är betydligt mera känsliga för hyggesupptagning i södra Sverige jämfört med norr. På tillkomstsidan hittades gräs och halvgräs där de vanligaste är rödven, tuvtåtel och någon *Calamagrostis*-art samt pillerstarr. Även kråkris, ljung och odon kan räknas till denna grupp. Bland örterna lyckas mjölke hålla sig kvar i norr tillsammans med skogsfibbla. Förutom de mossor som redan berörts hör renlav till de arter som expanderat.

Det mest intressanta resultatet kring bärrisen utgör det faktum att dessas förekomst återhämtats efter decennielång kräftgång. I de flesta fall var vid slutrevisionerna blåbärrisets täckning av samma omfattning som vid försöksutläggningen. Detta gäller i ännu högre grad i lingonrisets täckning vilka efter ett kvartssekel översteg ursprungsläget med 50 %. Båda arterna sätter någon gång nya skott via frö. Men den huvudsakliga förökningen sker via jordstammar. Där har lingonriset en fördel då ovanjordiska delar kan slå rot (Odell & Drakenberg 1991). Artens täckning påverkas inte av stubb- och ristäkt på lång sikt, vilket dock blåbärriset gör. Det är troligt att blåbärriset på stubbskördade lokaler så småningom kommer att nå samma täckning som på kontrollparcellerna (se Figur 4:3).

Tabell 4:6 Vegetationens förekomst på stubbar inom ett antal kontrollparceller. Jämförelse har gjorts med marken två meter från respektive stubbe. Första siffran i bråket avser frekvensen och den andra täckningsgraden. Bedömningen på Ekenäs A gjordes i oktober 2004, den andra i Garpenberg i augusti 2006 samt de vid Kvisslevägen under september 2006.

Lokal:	Ekenäs A		Garpenberg A		Kvisslevägen A		Kvisslevägen B	
Antal stubbar:	49		10		10		10	
Stubbarnas ålder:	25		28		27		27	
Art	Stubbar	Kontroll	Stubbar	Kontroll	Stubbar	Kontroll	Stubbar	Kontroll
Blåbär	98 / 20,0 ¹⁾	98 / 22,3	90 / 32,6	80 / 6,9	70 / 10,2	70 / 12,3	90 / 29,0	90 / 21,0
Lingon	74 / 2,0	88 / 4,4	60 / 12,8	40 / 1,2	100 / 41,5	100 / 32,1	100 / 25,5	90 / 21,8
Kråkris					10 / 0,1			
Hallon							20 / 1,1	30 / 0,4
Kruståtel	49 / 1,5	100 / 21,5	100 / 20,8	100 / 67,5	100 / 20,6	100 / 44,8	90 / 7,7	100 / 29,0
Vårfryle	8 / 0,1	35 / 0,8	60 / 0,9	90 / 2,2	60 / 1,3	90 / 2,6	40 / 0,7	30 / 2,0
Pillerstarr				10 / 0,1				
Calamagrostis						10 / 0,1		
Skogsstjärna			40 / 0,6	80 / 0,6	60 / 0,9	70 / 2,0	30 / 0,4	10 / 0,1
Kovall sp						20 / 0,2		
Linnea	71 / 6,0	80 / 4,3	20 / 1,2	30 / 2,0	40 / 4,4	40 / 6,2	60 / 10,2	60 / 3,0
Ekorrbar			10 / 0,1	30 / 0,4	50 / 0,8	40 / 2,3	10 / 0,2	20 / 4,0
Mjölke					20 / 0,3	50 / 1,2	10 / 0,2	10 / 0,1
Gullris					70 / 1,1	50 / 1,1	70 / 1,7	50 / 1,2

Harsyra					40 / 1,2	20 / 0,2	10 / 0,2	10 / 0,1
Örnbräken	18 / 0,8	45 / 4,9						
Ekbräken					20 / 0,5	30 / 3,3		
Revlumner				10 / 0,4				
Väggmossa	100 / 49,1	98 / 42,4	100 / 49,5	90 / 17,9	100 / 30,2	100 / 26,6	100 / 45,5	100 / 58,5
Husmossa	25 / 2,2	61 / 13,9	60 / 7,9	60 / 3,4	80 / 6,3	70 / 4,2	50 / 3,9	80 / 15,6
Kvastmossa sp	92 / 12,9	76 / 8,6	90 / 9,7	90 / 14,5	80 / 2,0	20 / 0,2	90 / 3,9	40 / 0,6
Björnmossa sp					10 / 0,2	20 / 0,2	20 / 0,3	10 / 0,1
Kammossa					10 / 0,1	30 / 0,2	30 / 0,3	10 / 0,1
Lummermossa					10 / 0,3			
Vitmossa			10 / 0,1					
Summa täckning av mossor	64,2	64,9	67,2	35,8	39,1	31,4	53,9	74,9
Renlav					40 / 0,6		10 / 1,1	30 / 0,2
Bägarlav	67 / 4,0							

¹⁾ Frekvens/täckningsgrad

Tabell 4:7 Artantalet i de olika försöksleden dels i den mogna skogen (87/79) dels vid slutrevisionerna (2001/2006). Jämförelsen mellan parceller med kontroller samt stubb- och ristäkt. Även det totala antalet observerade arter per parcell har angivits. Siffrorna exkluderar träd och buskar.

Lokal	Observationsperiod	Kontroll			Stubb-och ristäkt		
		Antal arter i den mogna skogen 1978/1979	Antal arter vid revision 2001/2006	Totalt antal observerade arter 1978-2006	Antal arter i den mogna skogen 1978/1979	Antal arter vid revision 2001/2006	Totalt antal observerade arter 1978-2006
Ekenäs	A 1979-2004	19	13	38	15	13	28
	B 1979-2004	15	15	35	18	16	40
Garpenberg	A 1978-2006	11	17	26	19	18	47
	B 1978-2006	14	18	36	13	17	33
Rackasberget	A 1979-2006	19	24	28	18	2	30
Kvisslevägen	A 1979-2006	24	27	39	25	27	41
	B 1979-2006	19	24	28	25	27	42
Svartberget	A 1979-2001	23	34	39	24	37	50
	B 1979-2001	13	17	22	20	31	38
Relativa tal		100	121	185	100	116	193

De flesta hyggen på den friska ristypen i mellersta och norra Sverige ger hyggliga bärskördar under 10-15 efter hyggesupptagningen. I landets södra del kan det bli en del lingon men absolut inga blåbär. Den extra belastning som stubb- och

risktåkt i detta stycke medför leder till att i båda fallen så försvinner cirka 60-70 % av de potentiella skördarna. Ju snabbare skogen sluter sig desto fortare försvinner bärplockningsmöjligheterna (p.g.a. utebliven blomning). Men det är också klart att alla tre här studerade bär påverkas negativt av stubbskörd.

Ett antal arter är definitivt gynnade av stubbskörd såsom kråkris, ljung, björnmossa och granvitmossa. Hit hör också pillerstarr och rödven medan kruståtel och vårfryle i försöksserien inte givit något utslag. Logiskt borde alla gräs, halvgräs och tågväxter vara gynnade vid skador på icke alltför fattig mark. Även gullris och midsommarblomster har profiterat på sådana markskador i de två nordliga försöken. Det är troligt att även örnbräken i södra och ekbräken i norra Sverige kan dra fördel av dessa skador. Lingon, linnea och ekorrbär har klarat sig lika bra efter stubb- och riståkt som på normalhygget. Kvar blir sedan några växter som definitivt lidit av den extra belastning naturen utsatts för i samband med stubb- och riståkt. Hit hör förutom blåbär och hallon även skogsstjärna, (ängs)kovall och mjölke samt alla friskmarksmossor. Även renlav har vissa svårigheter att ockupera blottlagd mineraljord (jfr diskussion i Kardell & Eriksson 1992). Till detta skall läggas att stubb- och riståkt medför ett större artspektra än jämförbara normalhyggen.

4.6 Referenser

Arnborg, T. (1956). *Det nordsvenska skogstypsschemat*. – Stockholm.

Dolling, A. (1996). *Pteridium aquilium* (L.) Kuhn. Ecology and Interference Effects on Regeneration of Hemiboreal Forests in Southern Sweden. – Sveriges lantbruksuniversitet, *Silvestra* 13.

Kardell, L. (1993). *Stubbskördsförsöket på Tagel 1978-1989. Vegetation och skogstillstånd*. – Sveriges lantbruksuniversitet, inst för skoglig landskapsvård, rapport 52.

Kardell, L. (1996). *Stubbskördsförsöken i Piteåtrakten 1979-1990*. – Sveriges lantbruksuniversitet, inst för skoglig landskapsvård, rapport 63.

Kardell, L. (1999). *Stubbskördsförsöket på Remningstorp 1979-1996*. – Sveriges lantbruksuniversitet, inst för skoglig landskapsvård, rapport 84.

Kardell, L. (2007). *Vegetationseffekter efter stubbskörd. Analys av några försök 1978-2006*. SLU, Institutionen för skoglig landskapsvård, Rapport 100, 72 pp.

Kardell, L. & Eriksson, L. (1990). *Skogsskötselmethodernas inverkan på blåbär och lingon. Resultat av en tioårig försöksserie*. – Sveriges lantbruksuniversitet, inst för skoglig landskapsvård, rapport 47.

Kardell, L. & Eriksson, L. (1992). *Contortatall och renbete. Studier inom Malå skogssamebys marker*. – Sveriges lantbruksuniversitet, inst för skoglig landskapsvård, rapport 51.

Kardell, L. & Eriksson, L. (1995). *Bärproduktion och markvegetation. Effekter av kvävegödsling och slutavverkning under en 15-årsperiod, 1976-1991*. – Sveriges lantbruksuniversitet, inst för skoglig landskapsvård, rapport 60.

Kardell, L. & Wärne, C. (1981). *Stubbar och ris – blåbär och lingon. Utläggning av skogsenergiförsök 1978-1980*. – Sveriges lantbruksuniversitet, avd för landskapsvård, rapport 21.

Odell, G. & Drakenberg, B. (1991). *Atlas över skogsmarksväxter förekomst i Sverige. Grundat på Ståndortskarteringens material 1983-1987*. – Sveriges lantbruksuniversitet, inst för skoglig marklära, rapport 64.

Rudberg, B. (1993). *Statistik*. – Studentlitteratur.

5 Effekten på biologisk mångfald

Therese Johansson⁷, Mats Jonsell⁸ och Anders Dahlberg⁹

Dagens skogsvårdslag jämställer produktion och miljömål inom svenskt skogsbruk. Miljömålen *Levande skogar*, *Ett rikt växt och djurliv* och *Myllrande våtmarker* inkluderar bevarandet av biologisk mångfald på landskapsnivå, samt ökad mängd död ved, gammal skog och lövskog. Ytterligare målsättningar är att stoppa utrotandet av arter från Sverige och att arter som idag är hotade ska förekomma i livskraftiga populationer. För att möjliggöra att dessa mål uppfylls är det ytterst viktigt att nya skogsbruksåtgärder inte påverkar miljömålen negativt.

Effekterna av stubbskörd består dels av att mängden död ved minskar på hyggen dels av att markens egenskaper påverkas. Det är välkänt att död ved har betydelse för en mängd vedlevande organismer och att mängden död ved redan är betydligt lägre i dagens brukade skogar jämfört med obrukade. Grov ved, vilket inkluderar stubbar, anses särskilt viktig för bevarandet av biodiversitet. Stubbarna utgör en relativt stor del av den ved som lämnas i brukade skogar. Den andra effekten, att stubbskörd ändrar markens egenskaper på flera sätt, innebär att stubbarna som strukturer försvinner och ersätts av kraftigt störd mark. Detta kan påverka marklevande organismer direkt, eller genom att näringsomsättningen förändras av ingreppet.

Vår bedömning då det gäller stubbskörd är dock att det är främst de vedlevande organismerna som kan drabbas om stubbskörd införs på stor skala. För dessa handlar det om att en betydande del av deras livsmiljö tas bort ur skogen. För marklevande arter är själva kalhuggningen i sig en mycket drastisk störning. Om man dessutom väljer att ta bort stubbar påverkar det antagligen i ganska liten utsträckning utdöenderisken för marklevande arter även om artsammansättningen antagligen ändras en del. Arter som är beroende av ett kraftigt stort vegetations-täcke borde till och med gynnas.

Uppenbart är dock att vi saknar en hel del kunskap för att göra bra bedömningar av stubbskördens effekter på biologisk mångfald och på enskilda arter. Grundläggande kunskap om vilka arter som utnyttjar stubbar är en mycket viktig bas för fortsatt forskning. Följande text sammanfattar hur olika organismgrupper nyttjar avverkningsstubbar och i den mån det finns kunskap, hur dessa organismer påverkas eller förväntas påverkas av stubbskörd.

⁷ Institutionen för vilt, fisk och miljö, SLU, 901 83 Umeå

⁸ Institutionen för entomologi, SLU, 750 07 Uppsala

⁹ ArtDatabanken, Box 7007, 750 07 Uppsala

5.1 Effekter på olika organismgrupper

Stubbar som potentiellt biobränsle var inte aktuellt på 1990 och början av 2000-talet. De bedömningar som gjordes då förkastade stubbskörd både av miljöskäl och ekonomiska skäl. Till exempel ansåg Larsson (1998) att stubbskörd för biobränsleändamål ur naturvårdssynpunkt helt bör undvikas. Egnell et al. (2001) ansåg att stubbskörd inte kan vara aktuellt på grund av miljöskäl och praktiska skäl. Idag görs delvis andra bedömningar och främst grandominerad mark på medelgoda till bättre boniteter är aktuell för stubbskörd.

Skörd av avverkningsstubbar medför fyra huvudsakliga problem som kan ha betydelse för biodiversiteten (liknande problem vid GROT-uttag, se Jonsell (2007)). Dessa effekter gäller troligtvis både vanliga skadegörare som snyttbaggen (*Hyllobius abietis*) och ovanligare arter. Detta kapitel behandlar främst effekten på ovanligare arter medan effekter på skadegörare behandlas i avsnitt 3.3.

- 1 Mängden död ved minskar vilket är negativt för vedlevande organismer. Dels försvinner själva stubbarna, och dels körs en del död ved som lämnats för naturvårdsändamål sönder av maskinerna.
- 2 De brutna stubbarna som lagras i skogen kan fungera som fångstved för vedlevande insekter. Många vedinsekter har bra spridningsförmåga och attraheras av lukten av nyligen dött virke, det finns därför risk att dessa insekter attraheras i stor mängd till uppbrutna stubbar. Avkomman bränns därefter upp i kraftvärmeverk.
- 3 Stubbarna i sig utgör strukturer på hygget som kan utnyttjas av organismer – antingen som skydd att gömma sig under, eller som ytor att växa på.
- 4 Näringsinnehållet i marken riskerar att påverkas, vilket i sin tur kan påverka markorganismer.

De vedlevande organismerna, som kan påverkas av punkt 1 och 2 ovan, är många. I Sverige uppskattar man att totalt 6000-7000 arter är vedlevande (de Jong et al., 2004). De flesta av dessa är insekter (och bland dem främst skalbaggar, flugor, myggor och steklar) och svampar. Samtliga vedlevande arter kan dock inte utnyttja avverkningsstubbar. Hur stor andel som gör det är dock inte så väl utforskat, men det torde röra sig om tusentals. Det är också viktigt att minnas att död ved inte är något enhetligt substrat för de vedlevande organismerna (Dahlberg & Stokland, 2004).

Organismer som utnyttjar stubbarna som strukturer att gömma sig under är främst marklevande djur av olika slag, främst leddjur (insekter, spindlar mm.) och däggdjur. Lavar och mossor utnyttjar stubbarna som substrat att växa på. Näringsinnehållet i marken påverkar samtliga organismer som växer och lever i marken.

5.1.1 Arthropodfaunan

Den vedlevande arthropodfaunan är till vissa delar ganska bra känd. Den är också mycket artrik och domineras av insektsordningarna skalbaggar, tvåvingar och steklar som tillsammans innehåller 2900-3800 arter (de Jong et al., 2004).

Skalbaggarna är den klart bäst kända gruppen av dessa. Ett flertal faktorer har visat sig ha betydelse för artsammansättning och diversitet av insekter på död ved. Viktiga faktorer är till exempel trädslag, solexponering svampförekomst, nedbrytningsgrad och diameter (Palm, 1959; Araya, 1993; Kaila et al., 1994; Jonsell, 1998; Grove, 2002; Wikars, 2002; Hammond et al., 2004; Jonsell et al., 2005; Lindhe et al., 2005). Trädslag och diameter har visat sig viktigt även för insekter som förekommer på GROT (Jonsell, 2006a). Dessa faktorer lär också ha betydelse för insekter som lever på avverkningsstubbar.

Ett flertal studier har gjorts specifikt om insekter på stubbar, men i stort sett alla handlar om högstubbar (Kaila et al., 1997; Jonsell & Weslien, 2003; Jonsell et al., 2004; 2005; Lindhe & Lindelöw, 2004; Lindhe et al., 2005; Schroeder et al., 2006). I studier av granstubbar har artsammansättningen av skalbaggar på lågstubbar dock visat skilja sig från artsammansättningen på högstubbar (Abrahamsson & Lindblad, 2006; Hedgren, 2007). Det gäller även om man jämför basen på högstubbarna med lågstubbar med bland annat högre antal arter och individer på basen av högstubbar (Abrahamsson & Lindblad, 2006). Skillnaderna beror troligtvis på skillnader i mikroklimat tillsammans med skillnader i svampkolonisering. Lågstubbar torkar ut snabbare än högstubbar på grund av den totalt mindre volymen (Abrahamsson & Lindblad, 2006).

Evertebratfaunan på avverkningsstubbar har studerats och redovisas i ett fåtal rapporter. De bygger också ofta på relativt små material och begränsar sig oftast till endast en trädart. Moderna studier saknas med undantag av Abrahamsson & Lindblad (2006) och Hedgren (2007). Odö (1977) studerade insektsfaunan på tallstubbar på 6 månader respektive 9 år gamla hyggen. Studien skiljer inte på vilka arter som utnyttjar veden som substrat och vilka som påträffades mer slumpvis. Insekter från ordningarna Diplopoda (dubbelfotingar), Chilopoda (enkel-fotingar), Coleoptera (skalbaggar), Hymenoptera (steklar), Megaloptera (sävsländor), Lepidoptera (fjärilar), Diptera (tvåvingar) och Araneae (spindlar) fanns representerade på de 6 månader gamla stubbarna, på de äldre stubbarna saknades Megaloptera och Lepidoptera. På de 6 månader gamla hyggena var skalbaggar (Coleoptera) den talrikaste gruppen främst representerad av långhorningar och barkborrar. Förutom kambiumkonsumenter hittade man också predatorer som myrbagge (*Thanasimus formicarius*), *Rhizophagus ferrugineus* och olika kortvingar (Staphylinidae spp.). Dessutom hittades saprofager och mikrobivorer. I de yngre stubbarna hittades alla insekter i barken eller kambiet medan de äldre stubbarna var utnyttjade ända in till kärnveden (Odö, 1977). Likande iakttagelser har gjorts av Ehnström (1983) och Wallace (1953) vilka beskriver successionen av insekter i avverkningsstubbar. Liksom i Odö (1977) dominerades insektsfaunan av skalbaggar, främst barkborrar men också fungivorer (svampätare) och predatorer. Andra viktiga grupper var Diptera (tvåvingar) och Hymenoptera (steklar). Efter att kambiekonsumerande insekter lämnat stubben koloniserar gångarna av andra arter, först främst vedinsekter men senare också marklevande insekter. Myror utnyttjar gärna gångar som är gnagda av andra insekter. Ehnström (1983) påpekar att stubbarna utgör en tillflykt för

många arter som egentligen föredrar andra träddelar och att dessa idag tämligen allmänna arter riskerar att snabbt bli sällsynta. Avverkningsstubbar är också ett värdefullt substrat för hoppstjärtar, en organismgrupp där flera arter utnyttjar stubbar (Wallace, 1953; Bödvardsson, 1983).

Det finns ingen klar gräns mellan marklevande och vedlevande arter eftersom veden efter en tid bryts ner och blir en del av det organiska innehållet i marken. Icke desto mindre är de marklevande arthropoderna också en artrik grupp. Den är dock betydligt sämre utforskad än de vedlevande arterna.

När skogen avverkas förändras artsammansättningen av arthropoder i marken dramatiskt. Skogsarter minskar och ersätts med mer generella arter. De flesta skogsarterna återkoloniserar sedan beståndet när det åter växer upp och mycket få arter är gammelskogsspecialister (Niemelä, 1997). Hur dessa arter påverkas av stubbskörd utöver detta är dock lite känt. Uttag av GROT, vilket är en svagare påverkan på ett hygge än skörd av stubbar, minskade andelen skogsarter ytterligare jämfört med hyggen där GROTen fick ligga kvar (Nittérus et al., 2006). Stubbskörd skulle förmodligen stärka denna effekt. Eventuellt skulle det kunna gynna arter som i dagens Sverige har svårt att finna kraftigt störd mark i skogslandskapet (Ljungberg, 2002; Gärdenfors, 2005). De negativa effekterna av stubbskörd på markfaunan antar vi är mindre än de är för den vedlevande faunan. Detta eftersom den stora störningen, själva kalhuggningen, är det stora problemet för dessa arter. Arter som har svårt att återkolonisera skogsbestånd då skogen växer upp igen efter en kalhuggning kan förmodligen inte gynnas speciellt mycket genom att undvika stubbskörd.

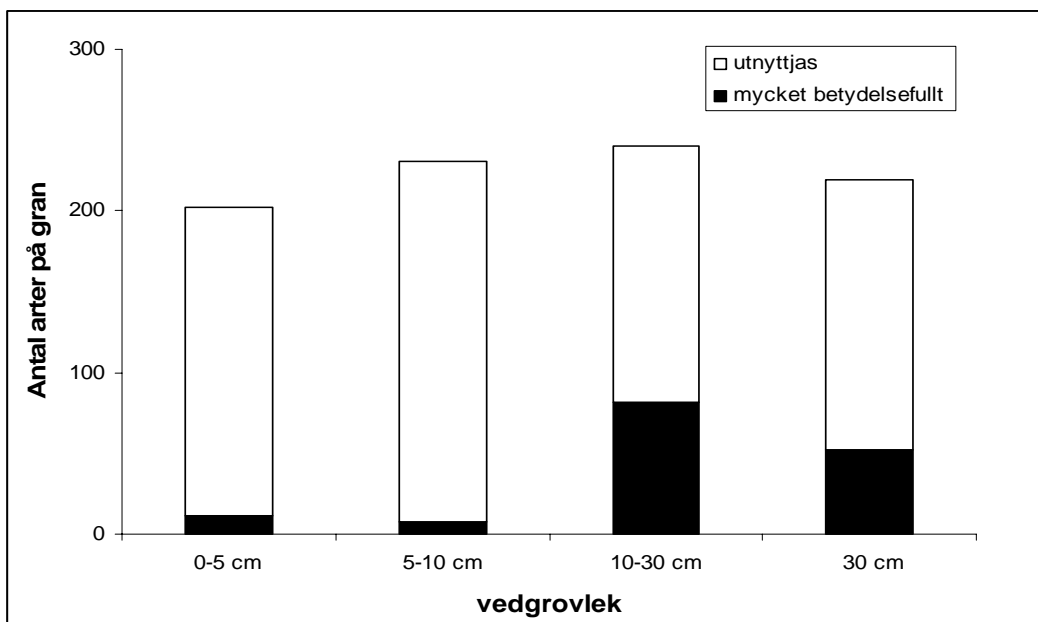
GROT-högar har visat sig viktiga för marklevande organismer som hoppstjärtar, kvalster, småringmaskar och tvåvingar men också för större arter som jordlöpare och spindlar (Bengtsson et al., 1997; Persson et al., 2005). Den ökade tillgången på näring och organiskt material under högarna anses gynnsamt på både kort (Bird & Chatarpaul, 1986; Persson et al., 2005) och lång sikt (Bengtsson et al., 1997; Bengtsson et al., 1998; Gunnarsson et al. 2004). För stubbar skulle man kunna förvänta sig liknande effekter men eftersom nedbrytningen tar längre tid är det troligt att effekterna är främst långsiktiga. Studier på detta område saknas helt.

5.1.2 Svampar

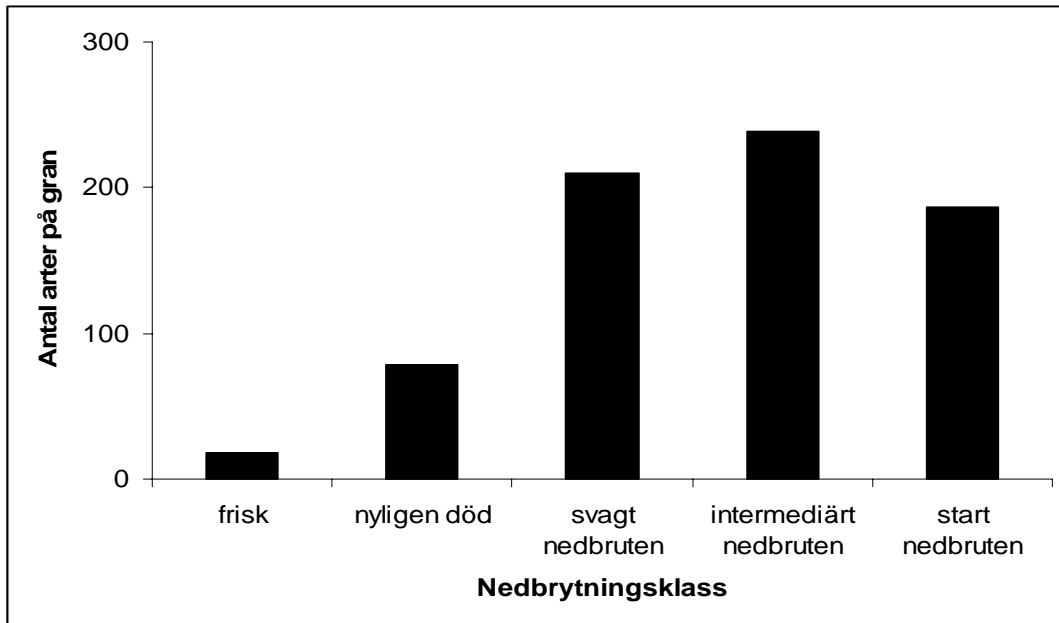
Skogsskötsel har starkt ändrat livsförutsättningarna för många skogslevande arter och kanske speciellt för vedlevande arter. Med nödvändighet minskar skogsbruk mängden av grov ved drastiskt till några procent av vad som fanns i jämförelse med naturskogstillståndet. Detta har medfört att livsförutsättningarna för svamparter som är anpassade till grov död ved på framförallt intermediära och sena nedbrytningstadier minskat starkt. I princip är alla rödlistade vedlevande svamparter knutna till grov död ved. Men samtidigt resulterar skogsskötsel i att det skapas ett stort antal stubbar på hyggen och i gallringsskog. I ett svamperspektiv motsvarar detta att en stor mängd färsk och av svamp huvudsakligen outnyttjad ved av likartad kvalitet, plötsligt och samtidigt blir tillgänglig över stora områden.

Därmed har vedlevande svampar med pionjäregenskaper, en god förmåga att spridas och etableras på färsk ved, gynnats av skogsskötsel. Exempel på detta är rotticka och honungsskivling. Ur ett ekologiskt perspektiv representerar stubbar, liksom annat hyggesavfall, ett substrat som skapats först i och med skogsskötsel och huvudsakligen saknas i naturskog.

Svampar svarar i princip för all vednedbrytning och utgör basen för merparten av den biologiska mångfalden som är knuten till död ved i skog. Artantalet vedlevande svampar i Sverige uppgår till minst 2500, varav ungefär 40 % växer på barrved, 60 % på lövved och av dessa 10 % på både barr- och lövved. Även om ved från ett och samma träd består i stort av samma beståndsdelar så har olika svamparter specialiserats till olika vedkvaliteer inom trädet. En genomgång av de drygt 600 vedlevande svamparter som finns på gran i Sverige uppskattar att ca 75 % av dessa utnyttjar både klen (< 10cm) och grövre (>10cm) ved och medan resterande 25 % är mer specialiserade och huvudsakligen förekommer på grövre ved (Figur 5:1). En annan kvalitet av betydelse är vedens nedbrytningsgrad. Det är få arter som förmår att utnyttja färsk ved medan huvudparten av svamparna förekommer på intermediärt nedbruten ved (Figur 5:2).



Figur 5:1 Antalet vedlevande svampar på gran som utnyttjar olika grovlekar på ved. Den svarta delen av staplarna visar antalet arter där en viss grovlek är mycket betydelsefull, medan den vita visar resterande antalet arter som utnyttjar en viss grovlek. Figuren baseras på uppgifter på 264 vedlevande arter på gran i Sverige för vilka gran är det viktigaste vedsubstratet.



Figur 5:2 Antalet vedlevande arter på gran som förekommer på olika nedbrytningsklass av veden; från levande frisk ved till starkt nedbruten ved. Figuren baseras på 264 arter som huvudsakligen förekommer på granved i Sverige.

Etablering och succession av vedlevande svampar på stubbar har undersökts i flera studier både med hjälp av fruktkroppar, mycelutodligar och på senare tid även med DNA-identifiering. Förutom rötsvampar förekommer också blånads-svamp, mögelsvamp och jästsvampar (von Sydow, 1993). Svampfloran på gran- och tallstubbar har kartlagts av (Wallace, 1953; Käärik & Rennerfelt, 1957; Meredith, 1959; 1960; Hallaksela, 1977; Runge, 1978; von Sydow, 1993; Vasiliauskas et al. 2002). Dessa studier har ofta varit föranledda av rötsvamps-frågeställningar och undersökt förhållandevis färsk ved. Som ett resultat är flera hundra arter rapporterade från stubbar, såväl fruktkroppsbildande hatt- (basidiomyceter) och skålsvampar (sporsäckssvampar) som många arter av mikrosvampar (imperfekta, sterila svampar). Det är genomgående vanliga svampar som påträffats (till exempel klibbticka, rotticka, trådticka, pergament-skinn, tätgryнна, grynoljeskinn, mjukskinn, honungsskivlingar, broskskivlingar och hättor). Dessa arter verkar genomgående ha breda substratkrav och dyker tidigt upp i successionen av vedsvampar. Typiskt för alla dessa svampar är att de alla producerar rikligt med fruktkroppar och har en god förmåga för spridning och etablering. Det är få arter som förekommer i veden före träden har avverkat (undantag är ett fåtal arter av patogena och rötande svampar liksom endofytiska svampar) utan de etableras först därefter.

En succession av svampar liknande den som förekommer på lågor förekommer också på stubbar (Wallace, 1953; Renvall, 1995). I en avhandling från 2005 undersökte Allmér svampfloran på GROT, avverkningsstubbar, annan död ved och förna. Studien visar att många svamparter kan utnyttja både klen och grov ved, men de flesta arter föredrar ett substrat (Menkis et al., 2004; Allmér, 2005).

Det är få mer krävande, sällsynta arter eller rödlistade svampar som påträffats på stubbar. Detta kan bero på flera faktorer, t.ex:

- Stubbar ett sentida och människoskapat substrat som framförallt gynnar lätt-sprida svampar. Denna vedkvalite kanske inte alls lämpar sig för mer krävande arter och kanske framförallt gynnar och har betydelse för redan vanliga arter.
- Flertalet av nuvarande studier har gjorts under de första åren efter avverkning och inte när nedbrytningen av stubbarna gått långt.
- En etablering av alla svampar kräver att de finns i området eller i det närmaste omgivningarna. Flera av dessa undersökningar är gjorda i intensivt brukade skogslandskap där mer krävande vedlevande svampar saknas eller har låga populationer.
- Det kan också vara en skillnad på ekologiska anpassningar hos vedlevande svampsamhällen i stubbar/rötter och i grov död ved ovan mark. Evolutionärt kan man tänka sig att det inte utvecklats specialister för grov ved i mark på samma sätt som för grov ved ovan mark. Etableringen av svamp på döende/döda rötter i mark bör rimligen framförallt ha skett från markmycel medan den i stor utsträckning sker med sporer på lågor där dessutom miljön kan vara med varierande.

Mångfaldsmässigt torde stubbskörd påverka artsammansättning av mykorrhizasvampar i ungefär samma omfattning utan stubbtäkt och med markberedning eftersom trädens mykorrhizasvampar successivt dör efter att trädet avverkats. Mykorrhizasvamparna överlever som högst 1-2 år på de kvarlämnade stubbarna. Detta förutsätter dock att områden med stubbskörd har samma mängd av hänsynsträd eller grupper av hänsynsträd; på dessa överlever markmycel av mykorrhizasvampar och växer in i det uppväxande beståndet. Markmycel av mykorrhizasvampar kan bli många hundra år gamla om det hela tiden finns träd där de finns. Om stubbskörd innebär att dessa områden också kommer att sakna kvarlämnade evighetsträd kommer detta resultera i att mykorrhizasvampars artmångfald minskar (H. Wallander pers. komm.).

5.1.3 Växter (mossor och kärlväxter)

Bland kärlväxterna finns inga vedberoende arter, utan hur de påverkas bestäms av hur marken som växtplats förändras. Mossor kan däremot använda ved som substrat att växa på. Hur artsammansättning av vanliga kärlväxter påverkas av stubbskörd beskrivs i avsnitt 4 om vegetation. Avsnittet behandlar dock främst vanliga arter av bärris, gräs och örter och data för sällsynta arter saknas.

Stubbar utgör ett potentiellt substrat för vedlevande mossor samtidigt som de står för den största mängden grov död ved på ett hygge. Preliminära resultat visar att de mossor som växer på avverkningsstubbar är relativt vanligt förekommande och också kan växa på andra substrat än död ved. Obligata vedarter verkar inte utnyttja avverkningsstubbar i någon större utsträckning (Anonym, 2006). Torkkänsliga arter och arter som växer på död ved påverkas negativt av GROT-uttag

(Åström et al. 2005; Åström 2006). Det är troligt att dessa växter skulle påverkas ännu mer om också stubbarna skördas.

5.1.4 Lavar

Lavar är en artgrupp som starkt missgynnas av skogsbruk. Drygt 83 % av de rödlistade lavarna räknas som skogslevande och många av dessa är knutna till död ved (Gärdenfors, 2005). Ett flertal sällsynta lavar har påträffats på avverkningsstubbar, ingen av arterna var dock rödlistad (Caruso & Rudolphi, opubl. material). Resultaten indikerar att avverkningsstubbar kan hysa en rik lavflora men mer omfattande undersökningar krävs för att bedöma om stubbarna har betydelse för några arters chans att överleva i landskapet.

5.1.5 Ryggradsdjur

Studier som undersöker betydelsen av stubbar och avverkningsrester för däggdjur, fåglar samt grod- och kräldjur på kalavverkade områden saknas helt. Hyggen är viktiga miljöer för små däggdjur som sorkar och möss vilka i sin tur fungerar som stapelföda för större däggdjur och fåglar (Anonym, 2006). Abundans och artrikedomen av små däggdjur har visat sig vara positivt relaterat till mängden död ved (Ecke et al., 2001). Död ved, avverkningsstubbar, ris och den högvuxna vegetationen på kalavverkade områden antas tillsammans bidra till en heterogenitet som ger boplatser och skydd till små däggdjur. Dessutom kan de svampar och insekter som utnyttjar den döda veden tjäna som föda åt små däggdjur. Särskilt under vinterhalvåret antas avverkningsrester och död ved öka överlevnaden hos små däggdjur på hyggen (Ecke et al., 2002).

Fåglar som föredrar jordbruksmark och andra öppna habitat kan också utnyttja hyggen som häckningsplats (exempelvis buskskvätta, sädesärta och gulspurv) (Forslund, 2003). Avverkningsrester gynnar förekomst av evertebrater (Gunnarsson et al, 2004) som utgör föda för fåglar till exempel många tättingar (Anonym, 2006). Hög förekomst av små däggdjur gynnar ett flertal rovfåglar särskilt ugglor men också dagaktiva rovfåglar. Eftersom även större rovdjur som räv gynnas av hög förekomst av gnagare kan detta ha en negativ inverkan på markhäckande fåglar som t ex skogshöns. Man har till exempel visat att skogshöns har sämre häckningsframgång i landskap med hög andel föryngringsavverkningar, och fler rävar, jämfört med landskap med låg andel föryngringsavverkningar (Kurki et al., 2000). Eftersom stubbskörd troligtvis innebär lägre täthet av små däggdjur och som en följd därav färre rävar skulle stubbskörd möjligtvis kunna gynna häckningsframgången hos markhäckande fåglar. Sådana interaktioner är dock svåra att förutse och kunskap om den verkliga effekten av stubbskörd kan endast fås genom riktade studier och experiment på stubbskördade områden.

Uttag av ris och stubbar minskar heterogeniteten av habitat på hyggen vilket kan förväntas leda till att diversiteten av däggdjur och fåglar påverkas negativt. Forskning saknas om hur stor denna påverkan blir. Eftersom effekten av stubbskörd inte är känd för arter på lägre trofiska nivåer, som insekter och smågnagare, är det

omöjligt att gissa vad effekten av stubbskörd kommer att bli för arter på högre trofiska nivåer.

5.1.6 Vattenlevande organismer

Biodiversiteten av vattenlevande växter och djur påverkas negativt av skogsbruksåtgärder som kalhuggning och markavvattnings eftersom mängden sediment och näring ökar i vattendragen (Olsson, 1995; Davies et al., 2005). Stubbskörd skulle kunna medföra att denna effekt blir större om stubbskörden medför att markskadorna blir större än vid avverkning med GROT-uttag och markberedning.

5.2 Bedömningar

Bedömningarna behandlar främst vedlevande arter (främst insekter och svampar som är beroende av ved som substrat), eftersom dessa arter bedöms drabbas mest negativt av stubbskörd. För marklevande arter är själva kalhuggningen i sig en mycket drastisk störning. Om man dessutom väljer att ta bort stubbar påverkar antagligen i ganska lite utsträckning utdöenderisken för några arter även om artsammansättningen antagligen ändras till någon del. Arter som är beroende av ett kraftigt stort vegetationstäckande borde till och med gynnas. Eftersom inga studier ännu fokuserats på stubbarnas betydelse för den biologiska mångfalden är det ännu för tidigt att bedöma detta. Men de resultat som dock finns pekar på att det i första hand är redan vanliga och lättspredda svampar som gynnas av stubbar.

Det är väl känt att skogsbrukets påverkan på mängder och kvalitéer av död ved är negativ för många arter (Siitonen, 2001). Dagens brukade skogar i Sverige innehåller i medeltal 2-6 m³ ved per ha i södra halvan och 4-10 m³ per ha i norr (Fridman & Walheim, 2000; Ekbom et al., 2006), vilket är mellan 2 och 10 % av vad skogarna ursprungligen innehöll (Siitonen, 2001). Siffrorna gäller grov ved, det vill säga ved med diameter > 10 cm, och de gäller inte stubbar. Samtidigt skattas den totala volymen ved man kan utvinna genom stubbskörd till 67 m³ per ha i Götaland, 44 m³ per ha i Svealand och 23 m³ per ha i södra Norrland (von Hofsten, 2006). Av detta är en stor del underjordisk. För de vedlevande organismerna är det viktigt att särskilja på ved ovan och under mark eftersom dessa har väldigt olika artsamhällen knutna till sig.

Under en skogsgeneration svarar inflödet av döda grenar för ungefär 50 %, stubbar och grova rötter för ungefär 40 % och stammar (i form av lämnad naturhänsyn, vindfällen mm) för ca 10 % av den döda ved som skapas. Om bara den grövre veden beaktas, svarar stubbar med rötter för omkring 80 % av all grov död ved som skapas. Sett över en skogsgeneration sker det stora tillskottet av död ved i allmänhet och grov död ved i synnerhet i samband med slutavverkning (Figur 5:3).



Figur 5:3 Schematisk bild över mängden död ved vid olika skogsålder under en omloppstid då inget skogsbränsl (GROT och stubbar) skördas, (Anders Dahlgren)

För granstubbar anges ca 35 % av veden vara själva stubben och 25 % vara rotben medan resten är rötter ner till 5 cm diameter (von Hofsten, 2006). Om man gissningsvis antar att inget av rötterna, 1/2 av rotbenen och 2/3 av stubben finns ovan jord innehåller stubbarna på ett hygge (enligt von Hofstens siffror) 23 m³ per ved ovan jord per ha i Götaland, 15 m³ per ha i Svealand och 8 m³ per ha i södra Norrland. Detta är ganska höga siffror jämfört med de totala vedmängder som finns i skogslandskapet. Dividerar man dem med antalet år man har under en rotationsperiod fås en skattning av stubbarnas vedmängd på landskapsnivå. I Götaland ger en antagen slutavverkningsålder på 80 år ca 0,3 m³ per ha, vilket är mer än 10 % av den totala vedvolymen i landskapet för stora delar av området. Norrut är andelen lägre.

Tabell 5:1 Vedmängd (m³/ha) i avverkningsstubbar i tre olika regioner i Sverige. Skattningar bygger på siffror i von Hofsten (2006).

	Götaland	Svealand	S. Norrland
Stubbved tot på ett hygge (m ³ /ha)	67	44	23
Mängd i olika delar av stubben			
Stubbe (32 % av veden på gran)	21,44	14,08	7,36
Rotben (25 %)	16,75	11	5,75
Rötter	28,81	18,92	9,89
Mängd ovanjordisk ved			
Stubbe (gissning: 1/3 är ovan jord)	14,29	9,39	4,91
Rotben (gissning: 1/2 är ovan jord)	8,38	5,5	2,88
Rötter (gissning: inget är ovan jord)	0	0	0
SUMMA stubbved ovan jord	22,67	14,89	7,78
Vedmängd på landskapsnivå	0,28	0,17	0,08

Slutsatsen av ovanstående resonemang är att en hög andel av den ovanjordiska grova veden som finns på ett hygge försvinner om stubbarna tas bort. Till detta ska läggas den extra sönderkörning av kvarlämnad ved som stubbskördarna med tillhörande skotare kan orsaka.

På landskapsnivå blir minskningen i ved inte så betydande. Ur organismernas perspektiv är det dock fel att betrakta död ved som något homogent. Ett exempel är många vedlevande insektsarter som främst förekommer i solexponerad ved, som i huvudsak finns på hyggen (Lindhe et al., 2005; Kuoki et al., 2001; Kaila et al., 1997). För dessa arter blir den relativa minskningen av utvecklingssubstrat betydligt större än för den totala vedmängden, även på landskapsnivå. Å andra sidan påverkas vedlevande arter som inte gillar solexponering väldigt lite av stubbskörd.

Att kvantitativt ange hur mycket avverkningsstubbar som man kan tillåta att ta ut utan att biodiversiteten påverkas negativt är mycket svårt med dagens kunskapsnivå. Biodiversiteten på en plats påverkas av processer som är storskaliga i både tid och rum. Många vedlevande arter har stor spridningsförmåga, samtidigt som utdöende är en process som tar lång tid. Sammantaget medför detta att det är ytterst kostsamt att utföra studier på de skalor som krävs för att få fram användbara slutsatser (Jonsell, 2006b; 2007). Tjugo procent av den ursprungliga arealen av en skogstyp (Angelstam & Andersson, 2001) eller 20 m² död ved per ha (de Jong et al., 2004) har föreslagits som tröskelvärden (värden under vilket utdöenderisken för arter förväntas öka kraftigt) i det svenska skogslandskapet. Det betyder att under denna nivå riskerar man att förlora en stor andel av diversiteten. Dataunderlaget för framtagandet av dessa tröskelvärden är dock mycket magert, och det är inte heller självklart vilken nivå man ska anse utgöra en stor del av diversiteten (Ranius, 2004).

Man har visat att uttag av GROT som biobränsle har negativ effekt på den döda ved (särskilt stockar) som lämnas för naturvårdsändamål. Dels för att den döda veden körs sönder och dels för att den delvis samlas in i samband med GROT-insamlingen (Rudolphi & Gustavsson, 2005). Liknande resultat har erhållits i östra Finland där 67,6 % av den grova döda veden blev förstörd, främst i samband med markberedning (Hautala et al., 2004). Uttag av stubbar medför troligtvis liknande konsekvenser, det vill säga risk att död ved som lämnas för naturvård samlas in eller förstörs. Jämfört med hyggen där bara GROT-uttag och markberedning görs bör den ytterligare effekten av stubbskörd på kvarlämnad död ved bli marginell eftersom markberedning görs i samband med stubbskörd (se avsnitt 1). Detta förutsatt att maskinen för markberedning och den för stubbskörd ger liknande skador på mark och död ved.

Sammanställningen ovan visar att många vedlevande arter utnyttjar de stubbar som skapas i skogsbruket. Det visar också att skörd av stubbar på stor skala bör innebära en ganska betydande minskning av mängden död ved, framförallt solexponerad ved. Med dagens kunskap är dock näst intill omöjligt att göra en

bedömning av vilken nivå på stubbskörden som kan pågå utan negativa effekter på biodiversiteten. Man bör dock sträva efter att göra kvalitativa rekommendationer för att undvika att skörda stubbar där den mest bevarandevärda faunan och floran finns. Vid storskalig stubbskörd bör effekterna på mångfalden övervakas.

Stubbskörd bör inte ske i miljöer där det finns stor risk för betydande sönderkörning och läckage till vattendrag. Detta gör att fuktiga och blöta marker bör undvikas. Marker som kräver förstärkt miljöhänsyn (det vill säga marker där det förekommer rödlistade arter, mycket död ved eller andra naturvärden) bör också undantas från stubbskörd tillsammans med marker där man gör riktade åtgärder för att gynna den biologiska mångfalden, till exempel brända hyggen. Stubbskörd bör inte heller ske på marker med stor andel ädla lövträd.

Negativ miljöpåverkan av stubbskörd på den biologiska mångfalden kan minskas genom att död ved skapas på andra sätt som kompensation, till exempel genom att utöka antalet lämnade högstubbar, lämna liggande träd och stockar och spara mer lövträd. Eftersom grova stockar, hela träd och lövträd har en avsevärt större betydelse för biodiversiteten i skogen än avverkningsstubbar kan man troligtvis genom stubbskörd utvinna större volym bränsle genom att skörda stubbar med högt bränslevärde och samtidigt spara ved med högre värde för bevarandet av biodiversiteten. En mångfald av lämnade substrat ger mer naturvårdsnytta per krona än samma mängd av ett enhetligt substrat. Ett annat sätt kan vara att ta ut en mindre andel GROT alternativt att inte ta ut GROT alls på hyggen där man planerar stubbskörd, detta för att skydda död ved och mark från sönderkörning. Detta förutsätter att stubbskörd är mer effektiv (kostnads- och tidsmässigt) än GROT-utvinning eftersom det annars är bättre att lämna stubbar och bara skörda GROT. Då forskning visat att död ved samlas in och körs sönder i viss omfattning i samband med GROT-skörd (Rudolphi & Gustavsson, 2005) står det klart att behovet av hänsynsplanering på beståndsnivå kommer att bli stort då även stubbarna skördas.

5.3 Kunskapsluckor

De fåtal studier som finns av avverkningsstubbar betydelser beskriver främst vad man hittat på dem. Väldigt få studier relaterar stubbar betydelser till andra substrat, hyggen utan stubbskörd eller till det omgivande landskapet. Undantagen är ovan refererade studier av några vanliga kärllväxter, samt två studier som beskriver skalbaggssamhällena på lågstubbar jämfört med högstubbar (Abrahamsson & Lindblad, 2006; Hedgren, 2007). Data för andra organismgrupper saknas helt eller förekommer i anekdotisk form. De senaste åren har dock ny forskning kring stubbar och stubbskörd initierats och ett flertal projekt med anknytning till effekter av stubbskörd och GROT-uttag på olika organismgrupper pågår eller håller på att startas upp och kommer att generera kunskap om stubbskördens effekter på biodiversitet. Insekter och svampar är de grupper som främst undersöks (se Bilaga 2).

För att säkert kunna utvärdera hur olika nivåer av stubbskörd påverkar biodiversitet behövs studier på landskapsnivå där effekten av olika intensitet av stubbskörd studeras med avseende på olika organismgrupper (insekter, svampar, mossor, lavar, fåglar, däggdjur, kärlväxter). Olika intensitet bör beskrivas dels inom de enskilda hyggerna det vill säga uttag av till exempel 20, 40, 60 och 80 % av stubbarna på ett hygge men också på landskapsnivå det vill säga testa effekten på den totala biodiversiteten i landskap där stubbar skördas på allt från 0-100 % av hyggerna. För att kunna utvärdera stubbskördens effekter i denna skala krävs mycket stora resurser, därför är sådana projekt svåra att genomföra utan samordning mellan praktik, forskning och finansierare. Inga sådana projekt är heller planerade i nuläget. För att skaffa sig uppfattning om stubbskördens effekter på biologisk mångfald behövs monitorprogram där data samlas in och analyseras kontinuerligt.

Ett mindre kostsamt alternativ, som inte kan ge kvantitativa svar på frågan om hur mycket stubbskörd som kan tålas, är att jämföra värdet av olika stubbar med avseende på art, storlek, var de står i landskapet etc. Frågan blir då: Vilka stubbsubstrat orsakar minst negativ effekt på diversiteten om de skördas?

Grundläggande studier där man kartlägger vilka arter av insekter, mossor, lavar, kärlväxter, däggdjur och fåglar som nyttjar stubbar kvarlämnade på hyggen behövs också. Det är också viktigt att ta reda på om dessa arter nyttjar stubbar som ett förstahandsval eller som en sämre ersättning för ett annat substrat som det råder brist på, exempelvis lågor.

Stubbarnas relativa betydelse jämfört med annan död ved som lågor och högstubbar behöver belysas ytterligare. Dessutom behövs studier som tar reda på om bevarandevärdet skiljer sig åt mellan stubbar av olika trädslag och även om det finns skillnader inom trädslag. Idag är det främst skörd av gran- och tallstubbar som är aktuellt. Skörd av lövträdsstubbar, särskilt ädellöv väntas få större ekologiska konsekvenser. Med förfinad teknik och stigande oljepriser kan kanske andra marker komma ifråga i framtiden. Det är därför viktigt att veta vilka marker som hyser de stubbar som är mest värdefulla ur bevarandesynpunkt för att kunna lämna skötselrekommendationer och restriktioner.

5.4 Referenser

Abrahamsson, M., & Lindbladh, M. (2006). A comparison of saproxylic beetle occurrence between man-made high- and low-stumps of spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management*, 226, 230-237.

Allmér, J. (2005). *Fungal communities in branch litter of Norway spruce: dead wood dynamics, species and substrate preferences*. Doctoral thesis. SLU, Uppsala.

Angelstam, P. & Andersson, L. (2001). Estimates of the need for forest reserves in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research Supplement*, 3, 38-51.

- Anonym. (2006). *Helträdsutnyttjande - konsekvenser för klimat och biologisk mångfald*. Naturvårdsverket, Rapport 5562. Elektronisk publikation.
- Araya, K. (1993). Relationship between the decay types of dead wood and occurrence of Lucanid beetles (Coleoptera: Lucanidae). *Applied Entomology and Zoology*, 28, 27-33.
- Atlegrim, O., Ball, J. P., Danell, K., Hjältén, J., Johansson T. & Pettersson, R. B. (2005). Värdet av sparad död ved - en beskrivning av ett forskningsprojekt. *Entomologisk tidskrift*, 126, 103-106.
- Bengtsson, J., Lundkvist, H., Saetre, P., Sohlenius, B. & Solbreck, B. (1998). Effects of organic matter removal on the soil food web: Forestry practices meet ecological theory. *Applied Soil Ecology*, 9, 137-143.
- Bengtsson, J., Persson, T. & Lundkvist, H. (1997). Long-term effects of logging residue addition and removal on macroarthropods and enchytraeids. *Journal of Applied Ecology*, 34, 1014-1022.
- Bird, G. A. & Chatarpaul, L. (1986). Effect of whole-tree and conventional harvest on soil microarthropods. *Canadian Journal of Zoology*, 64, 1986-1993.
- Bödvarsson, H. (1983). *Hoppstjärtar till tusen*. Information från projekt skogsenergi nr 1, 27. Garpenberg: SLU.
- Dahlberg, A. & Stokland, J. N. (2004). *Vedlevande arters krav på substrat – sammanställning och analys av 3600 arter*. Rapport 7, Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.
- Davies, P. E., Cook, L. S. J., McIntosh, P. D. & Munks, S. A. (2005). Changes in stream biota along a gradient of logging disturbance, 15 years after logging at Ben Nevis, Tasmania. *Forest Ecology and Management*, 219, 132-148.
- de Jong, J., Dahlberg, A. & Stokland, J. N. (2004). Död ved i skogen: Hur mycket behövs för att bevara den biologiska mångfalden? *Svensk botanisk tidskrift*, 98, 278-297.
- Ecke, F., Löfgren, O., Hörnfeldt, B., Eklund, U., Ericsson, P. & Sörlin, D. (2001). Abundance and diversity of small mammals in relation to structural habitat factors. *Ecological Bulletins*, 49, 165-171.
- Ecke, F., Löfgren O. & Sörlin D. (2002). Population dynamics of small mammals in relation to forest age and structural habitat factors in northern Sweden. *Journal of Applied Ecology* 39, 781-792.

- Egnell, G., Liedholm, H. & Lönnell, N., editorer. (2001). *Skogsbränsle, hot eller möjlighet? - vägledning till miljövänligt skogsbränsleuttag*. Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.
- Ehnström, B. (1983). *Stubbarna och den lägre faunan: många arter hotade*. Information från projekt skogsenergi nr 1, 25-26. Garpenberg: SLU.
- Forslund, M. R. S. (2003). *Fågelfaunan i olika skogsmiljöer - en studie på beståndsnivå*. Rapport 2. Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.
- Ekbom, B., Schroeder, M. & Larsson, S. (2006). Stand specific occurrence of coarse woody debris in a managed boreal forest landscape in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 221, 2-12.
- Fridman, J. & Walheim, M. (2000). Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. - *Forest Ecology and Management*, 131, 23-36.
- Gibb, H., Ball, J. P., Johansson, T., Atlegrim, O., Hjältén, J. & Danell, K. (2005). The effects of management on coarse woody debris volume and quality in boreal forests in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20, 213-222.
- Grove, S. J. (2002). Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. - *Annual Review of Ecology and Systematics* 33, 1-23.
- Gunnarsson, B., Nittérus, K. & Wirdenäs, P. (2004). Effects of logging residue removal on ground-active beetles in temperate forests. *Forest Ecology and management*, 201, 229-239.
- Gärdenfors, U. (2005). *The 2005 Red List of Swedish Species*. Uppsala: Art-databanken.
- Hallaksela, A.-M. (1977). Microbial flora isolated from Norway spruce stumps. *Acta Forestalia Fennica*, 158, 1-50.
- Hammond, H. E. J., Langor, D. W. & Spence, J. R. (2004). Saproxylic beetles (Coleoptera) using *Populus* in boreal aspen stands of western Canada: spatio-temporal variation and conservation of assemblages. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 1-19.
- Hautala, H., Jalonen, J., Laaka-Lindberg, S. & Vanha-Majamaa, I. (2004). Impacts of retention felling on coarse woody debris (CWD) in mature boreal spruce forests in Finland. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1541-1554.

- Hedgren, P. O. (2007). Early arriving saproxylic beetles (Coleoptera) and parasitoids (Hymenoptera) in low and high stumps of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 241, 155-161.
- von Hofsten, H. (2006). *Maskinell upptagning av stubbar - möjligheter och problem*. Arbetsrapport från Skogforsk Nr 621.
- Ingelög, T. (1974). Biotiska förändringar vid förnyelseingrepp. *Sveriges Skogs-vårdsförbunds tidskrift*, 91-103.
- Jonsell, M., Weslien, J. & Ehnström, B. (1998). Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and conservation*, 7, 749-764.
- Jonsell, M. & Weslien, J. (2003). Felled or standing retained wood - it makes a difference for saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management*, 175, 425-435.
- Jonsell, M., Nittérus, K. & Stighäll, K. (2004). Saproxylic beetles in natural and man-made deciduous high stumps retained for conservation. *Biological Conservation*, 118, 163-173.
- Jonsell, M., Schroeder, M. & Weslien, J. (2005) Saproxylic beetles in high stumps of spruce - fungal flora important for determining the species composition. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20, 54-62.
- Jonsell, M. (2006a). Diversity of saproxylic beetle species in logging residues - comparisons between tree species and diameters. *Submitted manuscript*.
- Jonsell, M. (2006b). Effects on biodiversity at forest fuel extraction, governed by processes working on large scale. *Biomass and Bioenergy in press*.
- Jonsell, M. (2007). The effects of biofuel harvest on biodiversity - a synthesis with focus on the Nordic-Baltic region. In D. Röser, A. Asikainen, K. Raulund-Rasmussen, & I. S. Møller, editors. *The effects of biofuel harvest on biodiversity*. Springer.
- Kaila, L., Martikainen, P., Punttila, P. & Yakovlev, E. (1994). Saproxylic beetles (Coleoptera) on dead birch trunks decayed by different polypore species. *Annales Zoologici Fennici*, 31, 97-107.
- Kaila, L., Martikainen, P. & Punttila, P. (1997). Dead trees left in clearcuts benefit saproxylic Coleoptera adapted to natural disturbances in boreal forests. *Biodiversity and Conservation* 6, 1-18.

- Kouki, J., Löfman, S., Martikainen, P., Rouvinen, S. & Uotila, A. (2001). Forest fragmentation in Fennoscandia: Linking habitat requirements of wood-associated threatened species to landscape and habitat changes. *Scandinavian Journal of Forest Research Supplement*, 3, 27-37.
- Kurki, S., Nikula, A., Helle, P. & Lindén, H. (2000). Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forest. *Ecology*, 81, 1985-1997.
- Käärik, A. & Rennerfelt, E. (1957). Investigations on the fungal flora of spruce and pine stumps. *Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut*, 47, 1-88.
- Larsson, P. (1998). *Biobränsle och mångfald - på kollisionskurs i skogen? Riktlinjer för naturvårdsanpassad biobräsleanvändning*. Rapport 9417/98, Stockholm: Naturskyddsföreningen.
- Lindhe, A. & Lindelöw, Å. (2004). Cut high stumps of spruce, birch, aspen and oak as breeding substrates for saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management*, 203, 1-20.
- Lindhe, A., Lindelöw, Å. & Åsenblad, N. (2005). Saproxylic beetles in standing dead wood - density in relation to substrate sun-exposure and diameter. *Biodiversity and Conservation*, 14, 3033-3053.
- Ljungberg, H. (2002). Våra rödlistade jordlöparens habitatkrav. *Entomologisk tidskrift*, 123:4, 167-185.
- Menkis, A., Allmér, J., Vasiliauskas, R., Lygis, V., Stenlid, J. & Finlay R. (2004). Ecology and molecular characterization of dark septate fungi from roots, living stems, coarse and fine woody debris. *Mycological Research*, 108, 965-973.
- Meredith, D. S. (1959). The infection of pine stumps by *Fomes annosus* and other fungi. *Annals of Botany*, 23, 455-476.
- Meredith, D. S. (1960). Further observations on fungi inhabiting pine stumps. *Annals of Botany*, 24, 63-78.
- Niemelä, J. (1997). Invertebrates and boreal forest management. *Conservation biology*, 11, 601-610.
- Nittérus, K., Åström, M. & Gunnarson, B. (2006). Harvest of logging residue in clear-cuts affects the diversity and community composition of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). In: Nittérus, K. (ed.) *Biodiversity and biofuel. Harvest of logging residues affects forest arthropods*. Doctoral Thesis, Göteborg University: Dept. of plant and environmental sciences, Paper V.

- Odö, E. (1977). *Artropoder i tallstubbar och tallgrenar på ett kalhygge i Mellansverige*. Internal report 61, Uppsala: Swedish coniferous forest project. Barrskogslandskapets ekologi.
- Olsson, T. I. (1995). Skuggade vatten har rikare fauna. *Skog & Forskning*, 4/1995, 24-31.
- Palm, T. (1959). Die Holz- und Rindenkäfer der süd- und mittelschwedischen Laubbäume. *Opuscula Entomologica Supplementum*, 16, 1-374.
- Persson, T., Ahlström, K. & Lindberg, N. (2005). *Effekter av GROT-uttag på biologisk mångfald hos markfaunan*. Slutrapport till Energimyndigheten.
- Ranius, T. (2005). Hur mycket död ved behövs i skogen? *Svensk Botanisk Tidskrift*, 99, 60-61.
- Renvall, P. (1995). Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia*, 35, 1-51.
- Rudolphi, J. & Gustavsson, L. (2005). Effects of forest-fuel harvesting on the amount of deadwood on clear-cuts. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20, 235-242.
- Runge, A. (1978). Succession of fungi on pine stumps. *Zeitschrift für Mykologie*, 44, 295-301.
- Schroeder, L. M., Ranius, T., Ekbom, B. & Larsson, S. (2006). Recruitment of saproxylic beetles in high stumps created for maintaining biodiversity in a boreal forest landscape. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 2168-2178.
- Siitonen, J. (2001). Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forest as an example. *Ecological Bulletins*, 49, 11-41.
- von Sydow, F. (1993). Fungi occurring in the roots and basal parts of one- and two-year-old spruce and pine stumps. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8, 174-184.
- Vasiliauskas, R., Juška, E., Vasiliauskas, A. & Stenlid, J. (2002). Community of Aphyllophorales and root rot in stumps of *Picea abies* on clear-felled forest sites in Lithuania. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17, 398-407.
- Wallace, H. R. (1953). The ecology of the insect fauna of pine stumps. *The Journal of Animal Ecology*, 22, 154-171.

Wikars, L.-O. (2002). Dependence on fire in wood-living insects: An experiment with burned and unburned spruce and birch logs. *Journal of Insect Conservation*, 6, 1-12.

Åström, M. (2006). *Aspects of heterogeneity: effects of clear-cutting and post-harvest extraction of bioenergy on plants in boreal forests*. Doctoral thesis. Umeå: Umeå University.

Åström, M., Dynesius, M., Hylander, K. & Nilsson, C. (2005). Effects of slash harvest on bryophytes and vascular plants in southern boreal forest clear-cuts. *Journal of Applied Ecology*, 42, 1194-1202.

6 Effekter på skogens kolbalans

Mätningar och simuleringar för att bestämma koldioxidflödet från skogen efter olika uttag av biobränsle.

Riitta Hyvönen-Olsson¹⁰ och Achim Grelle

Avsnittet berör indirekta effekter på skogens kolbalans och har därmed betydelse för miljömålet *Begränsad klimatpåverkan*. Sett i en hel trädomsloppstid så kan stubbuttag vid slutavverkning innebära att perioden med koldioxidavgivning i hyggesfasen blir kortare än ett skötselsystem där inte stubbuttag görs. Uppryckning av stubbar rör om markytan vilket ökar kolavgivningen. Om stubbskörd innebär att körning med tunga maskiner ökar, ökar även körspåren vilket i sin tur ökar kolavgivning.

I detta avsnitt har vi beaktat kolbalansen bara för skogsekosystem. För beräkning av den totala kolbalansen ur bioenergiperspektiv måste även substitutionseffekt och växthusgaser under transport etc. inkluderas, vilket är utanför denna analys (jmf. avsnitt 2.2).

6.1 Inledning

Skogens kolbalans är skillnaden mellan två stora flöden, nämligen inbindning av kol via fotosyntes i biomassan och frigörelse av kol via växternas och organismernas andning. Skogen blir en kolsänka om träden och markvegetationen binder in mer kol än den totala respirationen och en kolkälla om den avger mer kol än den binder in dvs om skogen är en kolsänka eller källa beror på vilket av flödena som dominerar. Mindre förluster av kol sker även via utlakning av organiskt material i vatten och vid skogsbränder. I en produktionsskog ”förloras” en del av kolet när stammarna tas till vara i kommersiellt syfte.

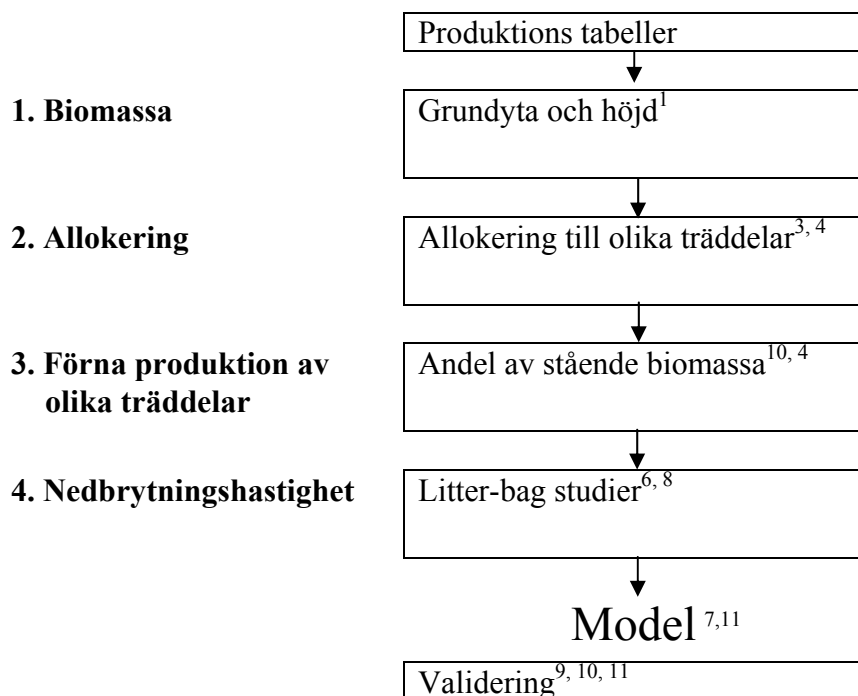
I detta avsnitt redovisas hur uttag av GROT och stubbar kan påverka skogens kolbalans under en rotationsperiod dels genom modell simuleringar och dels genom Eddy-flux-mätningar över skog. Modellberäkningar över betydelsen av GROT och stubbar för skogens kolbalans har gjorts för tall- och granbestånd i Mellansverige (latitud 60°). Koldynamik har predikterats för boniteterna 20, 28 och 36 under en rotationsperiod. I modellberäkningarna tas bara hänsyn till trädskiktet medan faktorer som ändringar i fält- och bottenvegetation eller omrörning av mark inte behandlas här. Av markens kolförråd behandlas bara den del som har ackumulerats under en rotationsperiod. I modellsimuleringarna behandlas inte heller effekter av omrörning av mark efter körskador etc.

¹⁰ Institutionen för Ekologi och miljövärd, SLU, 750 07 Uppsala

För att få en uppfattning om hur skogens kolbalans ser ut under hyggesperioden efter en konventionell avverkning och stubbskörd har resultat studerats som har mätts med meteorologisk mätteknik (Eddy-flux) på en stormfälld yta i Toftaholm och på en yta med konventionell avverkning (Skyttorp) där inget bibränsleuttag har skett. Den stormfällda ytan liknar en stubbskördad yta genom den omrörning som sker när stubbarna skördas direkt efter avverkning. Jämförelsen är relevant för det tidiga händelseförloppet innan stubbar börjar brytas ner.

6.2 Metodik

Översikt över modellen som har använts visas i Figur 6:1. Träd tillväxt har predikteras med hjälp av uppgifter om grundyta och höjd från produktions-tabellerna. Allokering av kol har beräknats med hjälp av Marklunds tillväxt-funktioner för barr, levande grenar och stam (Marklund 1988).



Figur 6:1 Översikt av metoden för modellering av koldynamiken av olika träddeklar under en rotationsperiod

Källor:

¹ Elfving & Kiviste (1997), Elfving & Norgren (1993), Hägglund (1972), Hägglund (1973), Eriksson (1976)

² this study

³ (Marklund 1988)

⁴ Hooshang Majdi, pers.komm.

⁵ Flower-Ellis (1971)

⁶ Berg et al. (1991)

⁷ Hyvönen & Ågren (2001)

⁸ Hall & St. Louis (2004)

⁹ Olsson et al. (2005)

¹⁰ Ågren & Hyvönen (2003)

¹¹ Ågren & Bosatta (1998)

För stubb-rot systemet har man använt separata funktioner för rötter < 5 cm, rötter > 5 cm och stambas. Antalet gallringar är enligt rekommendationer, T20 och G20 har gallrats tre gånger och T28, T36, G28 och G36 fyra gånger. En del av trädbiomassa omsätts årligen. Barrförnproduktion och döda grenar är beräknade enligt Ågren et al. (in press). En viktig post för skogens kolbalans är omsättning av finrötter och den antas vara 1,5 gånger större än barrförnproduktionen (Berggren Kleja et al. 2007). Träd som dör till följd av torka, sjukdomar, konkurrens etc. bidrar också till poolen av dött organiskt material och måste räknas med i kolbudgeten. Naturlig mortalitet per år antas vara 0.19 % av stående biomassa enligt Fridman & Ståhl (2001). Alla stammar fälls inte vid slutavverkning och i genomsnitt lämnas 5 % av dem kvar i beståndet som hänsynsträd etc (Skogsstyrelsen, Figur 6:4).

Eddy-covariance/eddy-flux system mäter koncentrationen av gas, t.ex. CO₂, i luften och luftpakets rörelse (vindriktning) i tre dimensioner. Det uppstår alltid turbulens i "luftpaketens" rörelse ovanför ojämna ytor som t.ex. ovanför trädkronor. I uppåtgående luftpaket kan man följa tillskottet av CO₂ som skogen bidrar genom växternas och andra organismernas andning. I nedåtgående luftpaketet mäts den CO₂ som är tillgänglig för upptag genom fotosyntes. Skillnaden mellan CO₂-koncentrationen i uppåt- och nedåtgående luftpaket avgör om skogen är källa eller sänka för kol. Flödena av koldioxid i luften ovanför ytor har mätts som 30-minuters medelvärden och därmed kan ytans "andetag" följas nästan kontinuerligt.

Koldioxidflödena skiljer sig mellan olika ytor, beroende på bland annat nedbrytningen av kolföreningar och hur den påverkas av ändringar av t.ex. vädret och markfuktighet (Figur 6:2).



Figur 6:2 Eddy-flux-mätningar på en stormfälld yta i Toftaholm

6.3 Komponenter i skogens kolbalans

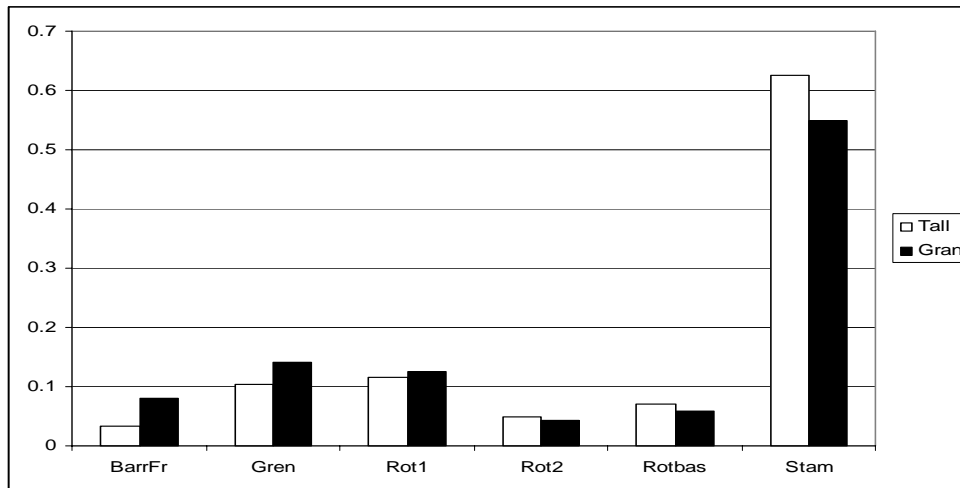
Modellberäkningen visar att det finns tre stora poster i kolbudgeten, (1) *stående biomassa* som här består av summan av biomassa vid avverkning, utgallrat biomassa och biomassa av döda träd. Stammarna som skördas vid gallringarna och slutavverkning utgör ca hälften av biomassan som har producerats under en rotationsperiod. Största delen av den totala produktionen består av träddelar som går till (2) *förna*produktion. Det mest av kolet i förna förloras genom (3) *nedbrytarnas andning* och ca 20 % av förna kolet blir kvar i marken som onedbrutet organiskt material i rotationsperiodens slut. Kolomsättningen är också högre i en granskog än i en tallskog vid samma bonitet (Tabell 6:1).

Tabell 6:1 Storlek av olika i komponenter i skogens kolbalans. MarkC=markens kolförråd vid slutavverkning. Resp.=Kumulativ heterotrof respiration under rotationsperiod. Förna = Kumulativ förnaproduktion under en rotationsperiod. Träd=stående träd vid slutavverkning och biomassa i utgallrade träd. Stammar=Stammar vid slutavverkning och utgallrade stammar.

Bonitet	Rotation period år	MarkC ton C ha ⁻¹	Resp ton C ha ⁻¹	Förna ton C ha ⁻¹	Träd ton C ha ⁻¹	Stammar ton C ha ⁻¹
H100						
G20	120	37	283	319	202	93
G28	95	41	295	336	243	111
G36	70	41	242	288	237	108
T20						
T20	110	27	198	224	141	75
T28	90	25	139	163	116	62
T36	90	25	149	174	129	70

6.3.1 Inbindning av kol i levande träd

Inbindning av kol i trädbiomassa varierar mellan olika träddelar och mest kol binds i stammarna, 50 % i tallskogar och 58 % i granskogar. Inbindningen är nästan lika stor i barrmassa och grenar, ca 15 % för tall och ca 10 % för gran. Stubbrot-system utgör ca 22 % av den totala biomassan i tallskog och 19 % i granskog. Den totala andelen träddelar för biobränsleuttag som man kan ta ut vid gallringar och slutavverkning är då närmare 40 % av den totala biomassan som byggs upp under en rotationsperiod om alla barr som potentiellt kunde tas ut lämnas kvar i beståndet (Figur 6:3).

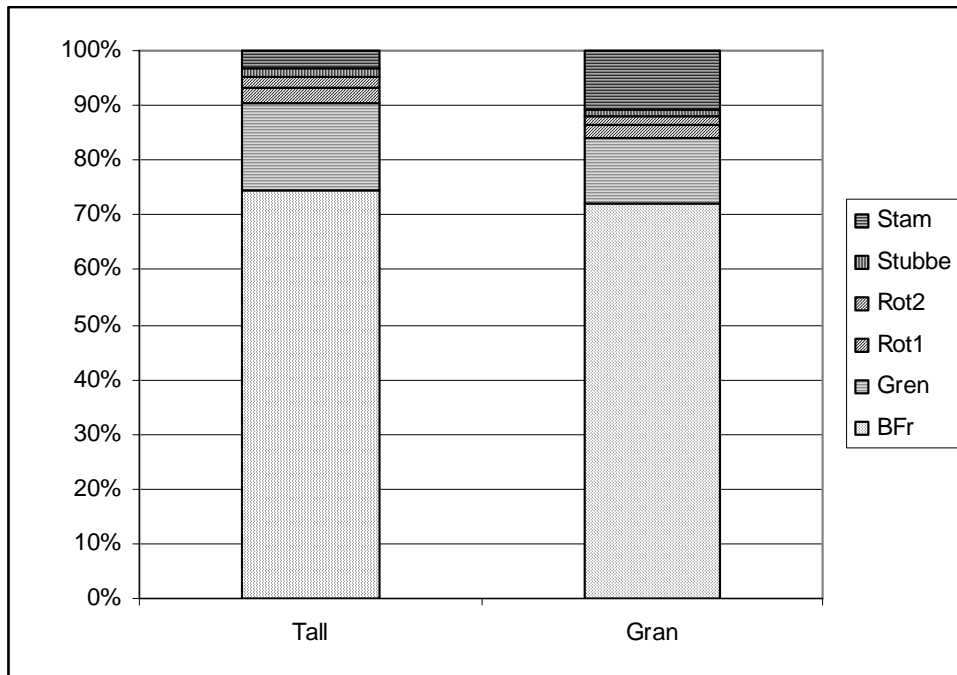


Figur 6:3 Fördelning av kol i trädbiomassa (totalt inbundet kol i levande träd vid avverkning, döda träd från naturlig mortalitet och bortgallrade träd). Stam = stamdelen ovanför stubben, rotbas = stubben, Rot1 = rötter > 5 cm, Rot2 = rötter < 5 cm, Gren = levande grenar, BFr = summan av barr och finrötter.

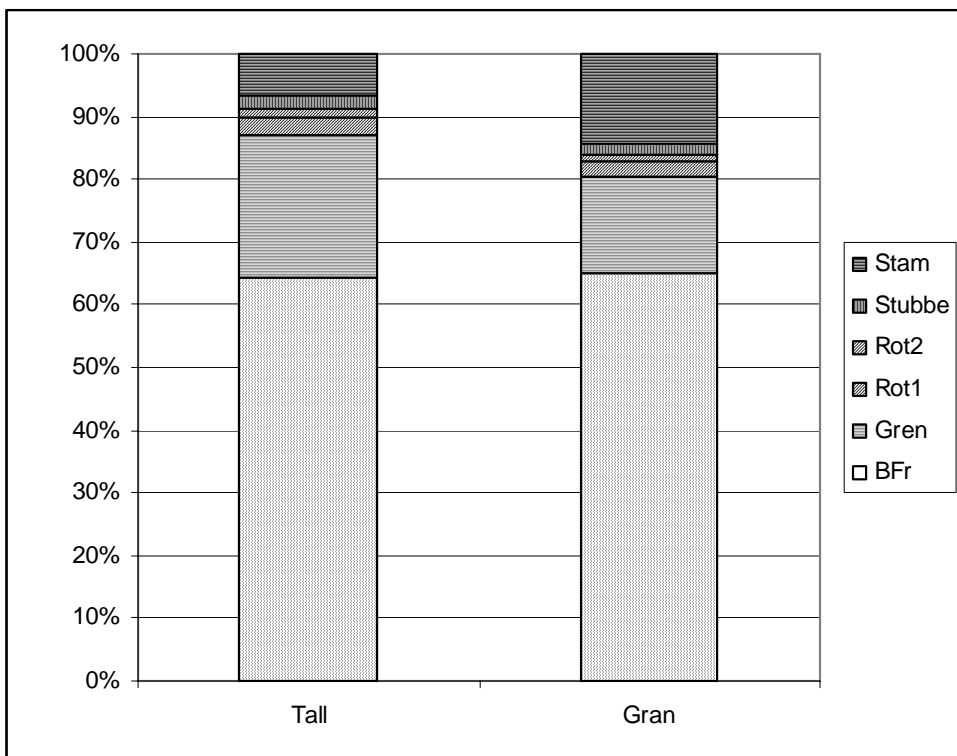
6.3.2 Betydelsen av barr och finrötter för kolbalansen

Den andra stora posten i skogens kolbudget är förnproduktion där barr- och finrötter tillsammans bidrar med närmare 70 % av den totala produktionen. Restande 30 % utgörs av vedartad förna där grenar och stubb-rotsystemet utgör två lika stora poster på 15 %. Stubb-rot-systemet utgör en lite större andel för tall än gran. Största delen av förnan som faller på marken bryts ner under en rotationsperiod. Även om barr och finrötter bryts ner snabbast har de ändå störst betydelse för markens kolförråd följd av grenar och stubbrot systemet. Stammar och stubbrot systemet har något större betydelse för tall än gran (Figur 6:4).

Förnaproduktion



Markens kolförråd

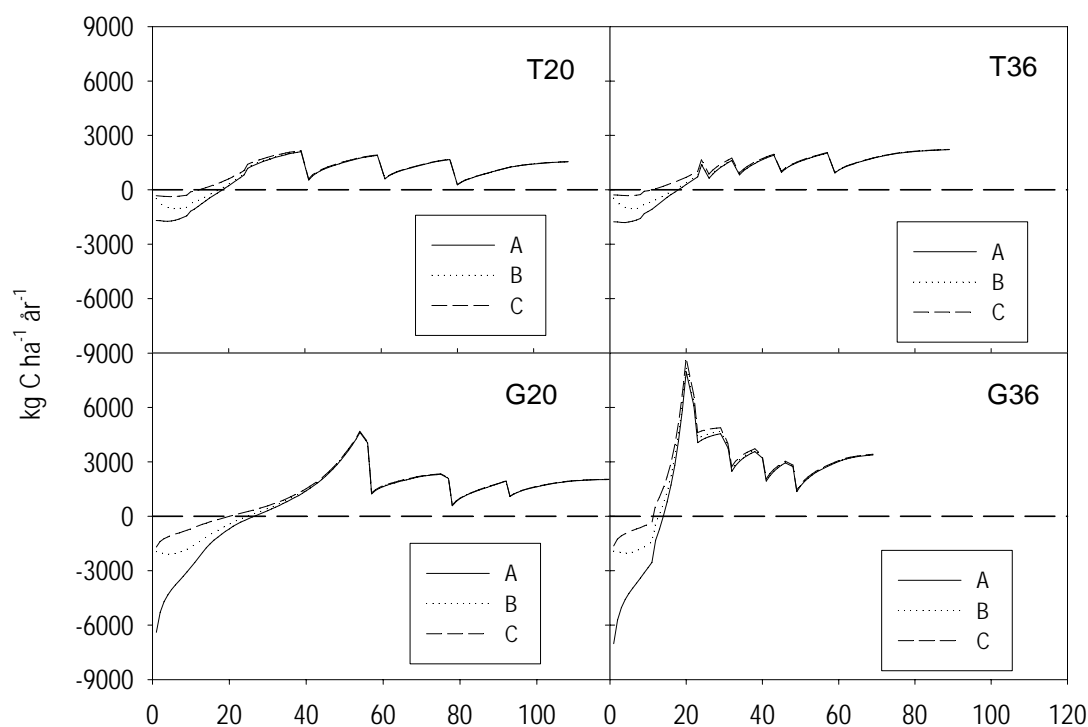


Figur 6:4 Fördelning av kol i total naturlig förnaproduktion (se avsnitt 6.2) under en rotationsperiod och i den delen av markens kolförråd som har bildats under en rotationsperiod. Stam = stamdelen ovanför stubben, rotbas = stubben, Rot1 = rötter > 5 cm, Rot2 = rötter < 5 cm, Gren = levande grenar, BFr = summan av barr och finrötter.

6.3.3 Skogens kolbalans om inget bibränsleuttag sker

Under hyggesfasen är inbindning av kol i trädbiomassa marginell. Kalhyggen släpper ut koldioxid till atmosfären eftersom delar av kollagret i marken bryts ned, speciellt efter en markberedning som leder till extra tillförsel av syre och värme till marken. Detta utsläpp till atmosfären pågår i många år innan en ung skog har blivit tillräckligt stor för att på nytt binda in kol i hyggesvegetationen, träden och marken. När skogen växer till blir inbindning av kol i biomassa och förlusterna via respiration ungefär lika stora när man tar hänsyn till respiration från den delen av markens kolförråd som fanns där före avverkning.

Förlusterna under hyggesfasen är större från granskog än tallskog genom större mängd kol i hyggesrester (Figur 6:5). I granbestånd är den årliga heterotrofa respirationen ca 6-8 ton C ha⁻¹ år⁻¹ under det första året efter avverkning om inga hyggesrester tas ut. I tallbestånd är den initiala heterotrofa respirationen mindre än hälften av den som beräknades för granbestånd. Förlusten av kol avtar sedan och ca 20-30 år efter avverkning blir kolbalansen positiv. Efter gallringarna ökar respirationen i förhållande till tillväxt (kolinbindning) under några år. Mot slutet av rotationsperioden är inbindning av kol ca 3-4 ton C ha⁻¹ i de undersökta granskogar och 2-3 ton C ha⁻¹ i tallskogar.



Figur 6:5 Kolbalans för olika boniteter av tall (T20, T36)- och granbestånd (G20, G36) under en rotationsperiod. Positiva värden betyder inbindning av kol i beståndet och negativa värden frigörelse av kol till atmosfären. I simuleringen tas ingen hänsyn till nedbrytning av markkol som fanns före avverkningen. A: alla hyggesrester lämnas kvar, B: uttag av GROT, C: uttag av GROT och stubbar. Uttag av bibränsle är alltid 70 % av potentialen.

6.4 Betydelsen av uttaget av GROT och stubbar

Kolbalans för dessa scenarier har undersökts:

För samtliga scenarier gäller att uttag av GROT och stubbar inte leder till tillväxtminskning i det nya beståndet. Vid konventionell avverkning och gallringar lämnas 5 % av trädbiomassan kvar som hänsynsträd.

- A. Ingen GROT eller stubbuttag vid slutavverkning.
- B. GROT-uttag vid slutavverkning, 30 % av grenar och barr kvar i beståndet.
- C. GROT- och stubbuttag vid slutavverkning, 30 % av grenar, barr och stubbar kvar i beståndet.

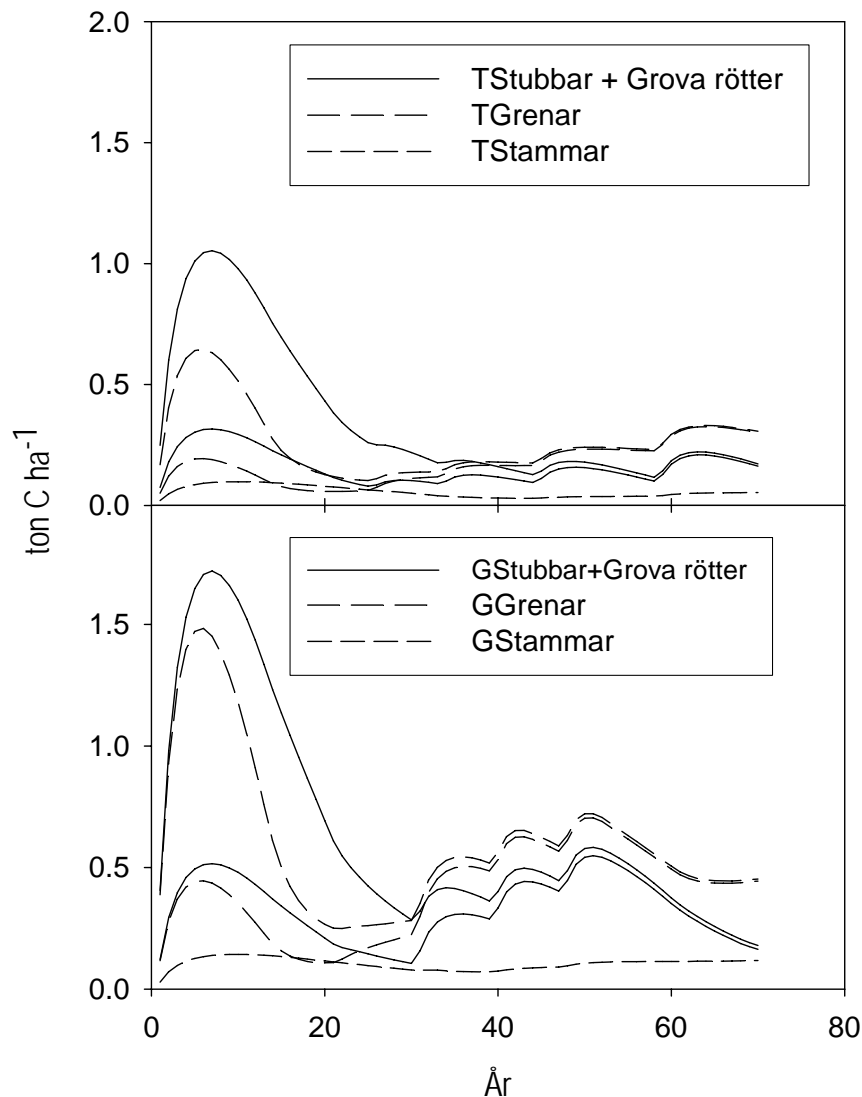
GROT-uttag minskar kolförrådet i hyggesrester med 40 % i granskogar och med 30 % i tallskogar. Tar man ut stubbarna utöver GROT lämnas bara ca 30 % av kolet i hyggesrester kvar jämfört om inga hyggesrester tas ut (Tabell 6:2). Betydelsen av hyggesrester för biodiversitet i allmänhet och nedbrytare är stor under de första 20 åren och betydligt lägre respiration predikteras i bestånd där GROT och stubbar inte har lämnats kvar. Därför är förlusterna av kol lägst efter stubb och GROT-uttag. Hyggesresterna vid slutavverkning utgör dock en liten del av den totala förnaproduktionen under en rotationsperiod. Efter 20-30 år, beroende på trädslag och bonitet, efter att det mesta av hyggesresterna har brutits ner och det nya beståndet växer till och producerar ny förna, försvinner skillnaderna mellan olika uttag av hyggesrester (Figur 6:5).

Tabell 6:2 Kolförråd (ton C ha⁻¹) i hyggesrester vid slutavverkning

Bonitet	A	B	C
G20	78	47	26
G28	84	51	28
G36	88	53	29
T20	37	26	13
T28	36	25	12
T36	40	28	14

6.4.1 Respiration från nedbrytning av grenar, stubbar och stam

Stubb-rotsystemet är den viktigaste hyggesfraktionen för nedbrytare följt av grenar. Den låga naturliga mortaliteten gör att det tar ca 40 år i ett tallbestånd (T36) och ännu längre tid för ett granbestånd (G36) innan stubbar som uppstår i det nya beståndet kompenserar uttaget av dem efter stubbskörd (Figur 6:6). Kompensationen för grenar går lite snabbare eftersom en del av grenbiomassan i levande träd omsätts kontinuerligt. Efter ca 40 år blir grenarna den viktigaste vedförnatypen för nedbrytarsamhället.

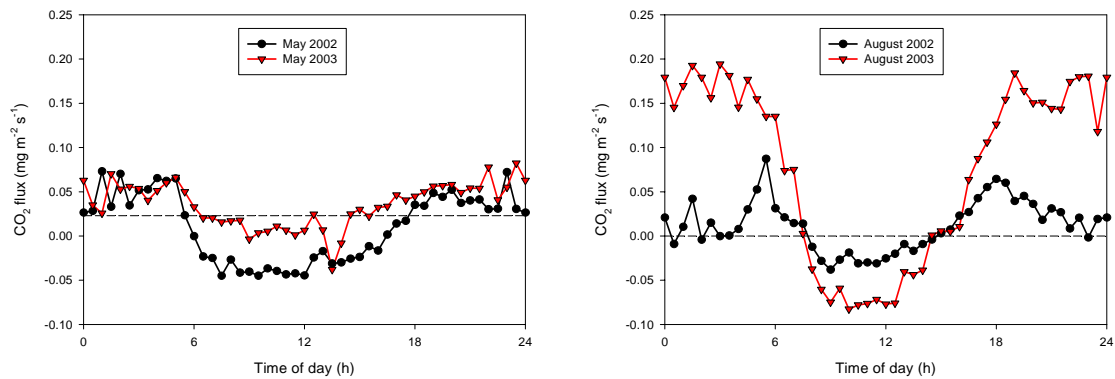


Figur 6:6 Heterotrof respiration från grenar, stubbar och grova rötter och stammar. Övre diagram är för tall och undre för gran.

6.4.2 Betydelsen av omrörning av markytan enligt Eddy-flux

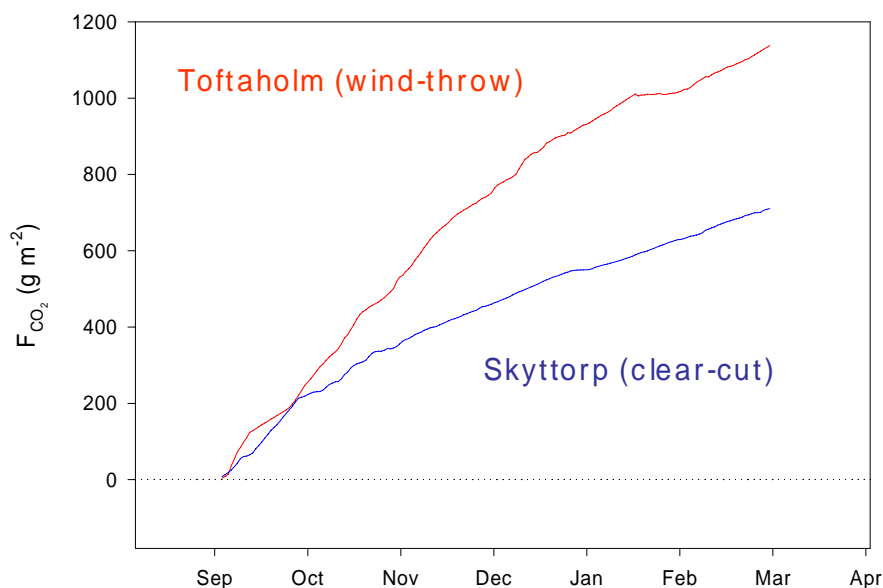
Spåren efter uppryckning av stubbar och körskadorna kan vara djupare och mer omfattande än en vanlig markberedning och därför kan utsläppet av koldioxid från stubbskördsytor vara större än från vanliga kalhyggen. Det finns inga fältstudier som visar hur kolbalansen ser ut efter GROT- och stubbuttag. För att få en uppfattning hur skogens kolbalans ser ut under hyggesperioden efter en konventionell avverkning och stubbskörd har resultat studerats som har mätts med meteorologisk mätteknik (Eddy-flux) på en stormfällad yta i Toftaholm och på en yta med konventionell avverkning (Skyttorp) där inget biobränsleuttag har skett. Vi har valt att visa resultat från en stormfällad yta eftersom vi inte har mätvärden från en yta där stubbskörd har skett.

Sedan 2001 har mätningar av CO₂-flöden och energi gjorts över en avverkningsyta nära Skyttorp i Uppland. Ytan släpper ut ca 3 ton C ha⁻¹ år⁻¹. Dessa förluster av kol från ytan visar att de första åren efter avverkningen har störst betydelse. Nettoflödet minskade med 31 %, för att öka igen med 13 % under det tredje året efter att markberedning utförts. Etablering av hyggesvegetation (gräs) minskade kolförlusterna p.g.a. ökad fotosyntes under dagtid under växtsäsongen. Ekosystemrespiration under natten var på samma nivå år 2 (2002) och år 3 (2003) före markberedning. Efter markberedning i juni 2003 ökade förlusterna betydligt (Figur 6:7), förmodligen eftersom marken rördes om och exponerades för syre och värme.



Figur 6:7 Medel flux av CO₂ under ett dygn under maj (vänster) och augusti (höger) i 2002 och 2003. Markberedning gjordes tidigt i juni 2003.

Sensommaren 2005 installerades ett Eddy-flux system och ett system för meteorologiska mätningar på en ca 50 ha stor stormfälld yta i Toftaholm, Småland (Figur 6:8). Initiala mätningar visar att kolförlusten är nästan två gånger högre i Toftaholm jämfört med Skyttorp efter avverkningen. Ett likadant mätsystem installerades sommaren 2005 på en vindfälleyta i Asa försökspark, SLU. Kolförlusten i Asa var betydligt lägre jämfört med Toftaholm, förmodligen till följd av tätare markvegetation och mindre markrörning. Dessa mätningar är ett samarbete mellan Lunds Universitet, Göteborgs Universitet och SLU.



Figur 6:8 Effekten av omrörning av mark för CO₂-avgivning efter avverkning. I Toftaholm (2005) består omrörningen både av rotvälter och harvning men Skyttorp (2001) visar bara effekten av konventionell avverkning före markberedning.

Senare tids forskning har visat att mellan 10-50% av trädens fotosyntesproduktion allokeras till skogsmarkens mykorrhizasvampar och att mykorrhizasvamparnas bidrag till markens kolbalans är stort. I växande skog beräknas ungefär hälften av markrespirationen härröra från mykorrhizasvampar; finrötter och från många näringskedjor i marken. Svampmycelet byggs upp av kitin som är betydligt mer svårnedbrytbart än t.ex. ved. Vilken betydelse mykorrhizasvamparna har för markens kolbalans beror på hur mycket kol som allokeras från träden till mykorrhizasvamparna. På samma sätt som ett bestånds fotosyntes och produktion förändras med skogens ålder förändras mängden kol som allokeras till mykorrhizasvamparna och hur mycket kol som binds upp i levande eller dött mycel. Stubb-skörd förändrar inte mängden kol som allokeras till mykorrhizasvampar eller hur mycket av detta kol som binds in i kitin eller respireras under en skogsgeneration. Däremot bör rimligen stubbskörd resultera i att den mykorrhiza som normalt under 1-2 år kan hålla sig vid liv på stubbarnas finrötter dör snabbare och dessutom att nedbrytningen av svamparnas markmycel påskyndas genom markomrörningen. Resultatet bör bli en snabbare nedbrytning av kitin med resulterande koldioxidavgivning men inte påverka det totala utflödet av kol från mykorrhizasvamparnas mycel beaktande en skogsgeneration (H. Wallander, pers.komm.).

6.5 Bedömning

Den gällande uppfattningen är att under ett skogsbestånds hela rotationsperiod så är skogsekosystemet oftast totalt sett en kolsänka, beroende på beståndsegenskaper (Valentini et al., 2000). Under rotationsperiodens olika faser skiftar kolflödet mellan att vara sänka och källa. Både modellsimuleringar och Eddy-flux-mätningar visade att skogen är en kolkälla under de första åren efter avverkning.

Om man inte tar hänsyn till andra faktorer än uttag av biomassa visade modell-simuleringarna att kolförlusterna blev mindre ju mindre hyggesrester som lämnades kvar. Eddy-flux-mätningarna visade att uppräckning av stubbar och körspår rörde om markytan vilket ökade kolavgivningen under en period efter avverkningen, vilket i sin tur borde jämna ut skillnaderna mellan olika uttag av hyggesrester. Sett till en hel rotationsperiod kan stubbuttag vid slutavverkning innebära att perioden med koldioxidavgivning i hyggesfasen blir kortare och förlusterna lägre än i ett skötselsystem där inte GROT- och stubbuttag görs. Om GROT- och stubbuttag *inte* leder till lägre produktion, försvinner skillnaderna i kolackumulation i marken, och i CO₂-avgivning från nedbrytning under den senare delen av rotationsperioden.

På mycket kort sikt lagras kol i stubbar som en sänka men på lång sikt blir stubben en kolkälla eftersom den bryts ner till koldioxid. Exakt hur lång tid detta tar är beroende av var i landet stubben finns. Den gällande uppfattningen är att under ett skogsbestånds hela rotationsperiod så är hela skogsekosystemet oftast totalt sett en kolsänka, beroende på beståndsegenskaper. Hur omrörningen av marken påverkar kolförrådet efter en längre period beror på hur det nya beståndet klarar av att kompensera för den extra förlusten i samband med omrörning. Förmågan att binda kol i det nya beståndets tillväxt och förekomst av markvegetation är beroende av bl.a. kväve- och vattentillgång.

6.6 Kunskapsluckor

- Modellanalysen borde kompletteras med simuleringar där man tar hänsyn till eventuella effekter på tillväxten.
- Regionala skillnader borde undersökas vid olika årsmedeltemperaturer och boniteter.
- Betydelsen av hyggesvegetation borde undersökas bättre.
- Mykorrhizans betydelse för koldioxidbalansen.
- Nedbrytningshastighet av stammar, stubbar och grenar.
- Fältförsök med stubbskörd och GROT-uttag.
- Effekter bör undersökas av omrörning av marken på kolflux mätt med Eddy-covariance som komplement till inventeringar och punktvisa mätningar av markens kolförråd och markrespiration.
- Mätningar av koldioxidflöden på en yta efter stubbskörd och jämförelse med tidigare mätta flöden från en vanlig föryngringsyta samt kontrollmätningar på en närliggande referensyta med stubbar kvar kan direkt visa stubbskördens effekt på ytans kolbalans.
- Jämförelse med mätningar från stormfälda ytor med och utan stubbskörd kan visa hur olika förutsättningar påverkar stubbskördens miljöeffekter, och hur en storskalig kommersiell stubbskörd skulle påverka kolbalansen i motsats till en ”påtvungad” brytning efter katastrofala stormskador.

6.7 Referenser

Berg, B. et al. (1991). *Data on needle litter decomposition and soil climate as well as site characteristics for some coniferous forest sites. Part 2. decomposition data.*, Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Ecology and Environmental Research.

Berggren Kleja, D., Svensson, M., Majdi, H., Langvall, O., Jansson, P.E., Lindroth, A., Weslien, P., Bergkvist, B. & Johansson, M.B. (2007). Pools and fluxes of carbon in three Norway spruce ecosystems along a climatic gradient in Sweden. *Biogeochemistry (in press)*

Elfving, B. & Kiviste, A. (1997). Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. *Forest. Ecology and Management* 98, 125-134.

Elfving, B. & Norgren, O. (1993). Volume yield superiority of lodgepole pine compared to Scots pine in Sweden. *Pinus contorta* – In D. Lindgren (Ed.) *From Untamed Forest to Domesticated Crop*. Umeå, Sweden, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Swedish University of Agricultural Sciences, 69-80.

Eriksson, H. (1976). *Yield of Norway spruce in Sweden*. Stockholm, Sweden, Department of Forest Yield Research, Royal College of Forestry.

Flower-Ellis, J. G. K. (1971). *Age structure and dynamics in stands of bilberry (Vaccinium myrtillus L.)*. Department of Forest Ecology and Forest Soils. Stockholm, Royal College of Forestry. PhD.

Fridman, J. & Ståhl, G. (2001). A three-step approach for modelling three mortality in Swedish forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16, 455-466.

Hall, D. B. & St. Louis, V. L. (2004). Methylmercury and Total Mercury in Plant Litter Decomposing in Upland Forests and Flooded Landscapes. *Environmental Science and Technology* 38, 5010 -5021.

Hyvönen, R. & Ågren, G. (2001). Decomposer invasion rate, decomposer growth rate, and substrate chemical quality: how they influence soil organic matter turnover. *Canadian Journal of Forest Research* 31, 1594-1601.

Hägglund, B. (1972). *Site index curves for Norway spruce in northern Sweden*. Stockholm, Sweden, Department of Forest Yield Research, Royal College of Forestry.

Hägglund, B. (1973). *Site index curves for Norway spruce in southern Sweden*. Stockholm, Sweden, Department of Forest Yield Research, Royal College of Forestry.

Marklund, L. G. (1988). *Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden*. Department for Forest Survey, Swedish University of Agricultural Sciences.

Olsson, P., Linder, S., et al. (2005). Fertilization of boreal forest reduces both autotrophic and heterotrophic soil respiration. *Global Change Biology* 11, 1745-1753.

Skogsstyrelsen, <http://www.svo.se>

Valentini, R., Matteucci, G., Dolman A. J., Schulze, E. D., Rebmann, C., Moors, E. J., Granier, A., Gross, P., Jensen, N. O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, Ch., Grünwald, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A. S., Vesala, T., Rannik, Ü., Berbigier, P., Loustau, D., Guðmundsson, J., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S. & Jarvis, P.G. (2000). Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature*, 404, 861-865.

Ågren, G.I., Hyvönen, R. & Nilsson T. (2007). Are Swedish forest soils sinks or sources for CO₂ – model analyses based on forest inventory data. *Biogeochemistry* (in press)

Ågren, G.I. & Bosatta, E. (1998). *Theoretical Ecosystem Ecology — Understanding Element Cycles*. Cambridge University Press, Cambridge, 245 pp.

Ågren, G. & Hyvönen, R. (2003). Changes in carbon stores in Swedish forest soils due to increased biomass harvest and increased temperatures analysed with a semi-empirical model. *Forest Ecology and Management* 174, 25-37.

7 Effekter på mark och vatten

Lars Högbom¹¹, Bengt Olsson¹², Eva Ring

Läckage i samband med den markstörning som blir följden av stubbskörd kan framförallt negativt beröra de nationella miljö kvalitetsmålen: *Ingen övergödning*, *Bara naturlig försurning*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Giftfri miljö*, *Levande sjöar och vattendrag* samt *Myllrande våtmarker*.

Hur arbetet med att uppnå de satta målen för *Ingen övergödning* påverkas av stubbskörd är i dagsläget svårt att bedöma. Eventuellt kan ett visst ökat läckage av kväve till mark- och grundvatten ske genom att stubbskörden medför en ökad omrörning av marken. *Bara naturlig försurning* kan påverkas genom förändringar av utbytbara baskatjon förråd efter stubbtäkt och GROT-uttag jämfört med enbart stamuttag. *Grundvatten av god kvalitet* kan påverkas negativt av kvävetillförsel och viss försurning. *Giftfri miljö* kan påverkas av ökad utlakning av tungmetaller pga. förändrade red/ox potentialer i marken och en eventuellt förhöjd transport av suspenderat material i samband med markstörningen. Målen *Levande sjöar och vattendrag* och *Myllrande våtmarker* kan påverkas negativt av höjd kvävehalt, ökad försurning och sedimenttransporten till ytvatten. I denna bedömning måste det också klargöras med vad stubbskördens ska jämföras.

7.1 Bakgrund

Utgångspunkten för detta arbete var att jämföra miljöeffekterna på mark och vatten av stubbskörd med effekterna av markberedning. Kunskapsunderlaget är emellertid begränsat både för stubbskörd och markberedning. Att jämföra effekterna av stubbskörd med effekterna av markberedning var således inte genomförbart. Vi har istället försökt bedöma relevansen av markberedningsstudierna för effekterna av stubbskörd dock skiljer sig stubbskörd på flera sätt från markberedning. Vi diskuterar också stubbskördens potentiella konsekvenser för näringsförråd och näringsdynamik i marken baserat på resultaten från en finsk studie.

7.1.1 Principiella skillnader mellan stubbskörd och markberedning

Effekterna av en markberedning skiljer sig på några avgörande punkter från stubbskörd. Markberedning leder till att det skapas områden med ren mineraljord (fårar eller gropar) respektive områden med mineraljord ovanpå omvända, dubbla humuslager (tiltor eller högar). I samband med detta sker sannolikt en viss omblandning av mineraljord och humus. Efter en harvning är arealen ren mineraljord och arealen med omvänd torva likartad. Vid stubbskörd störs marken på ett liknande sätt som vid markberedning men omblandningen av humus och

¹¹ Skogforsk, Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

¹² Institutionen för Ekologi och miljövärd, SLU, 750 07 Uppsala

mineraljord är troligen annorlunda och några ytor med ren mineraljord som kompenserar för området med omblandad mineraljord saknas. Markdjupet som påverkas torde vara större vid stubbskörd än normal harvning eller högläggning. Hur markens struktur påverkas av markberedning respektive stubbskörd vet vi inte men det småskaliga areella mönstret kan förväntas skilja. Vid stubbskörd sker denna störning troligen cirkulärt runt stubben som en följd av rotsystemets utbredning och störningen avtar med avståndet från stubben och vid markberedningen avgör markberedningsmetoden störningens areella utbredning. Markberedning sker antingen kontinuerligt (harvning) eller fläckvis (exv. högläggning).

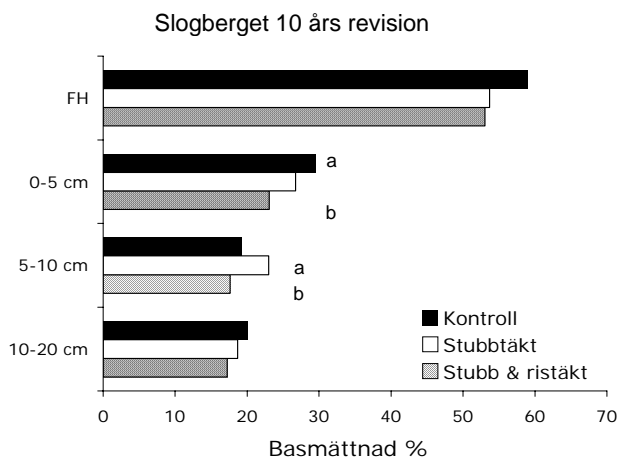
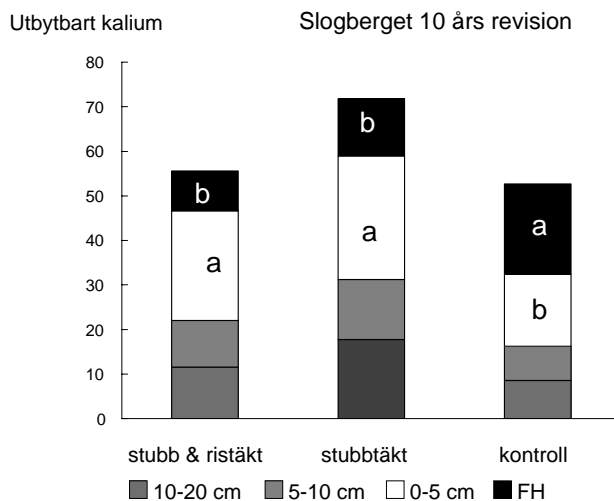
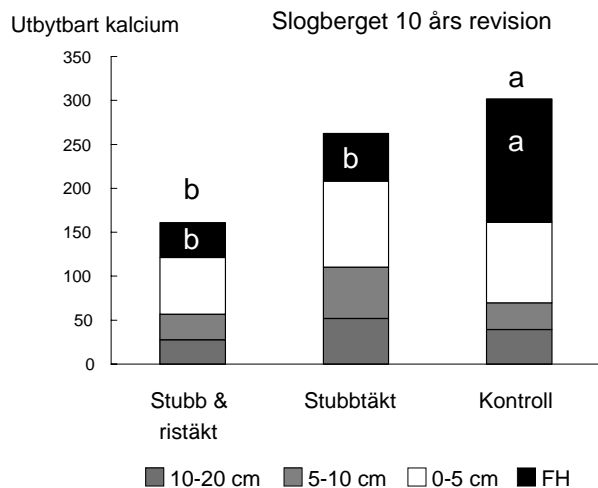
7.2 Resultat från fältförsök

7.2.1 Stubbskördsförsök

Staaaf och Olsson (1994) redovisar markvattenkemiska¹³ effekter av stubbskörd vid Tönnersjöhedens försökspark i södra Halland. Avverkning och stubbskörd utfördes under våren 1982. Prover på markvatten togs med undertryckslysometrar på 30 cm djup under perioden 1982-1987. På försöksytorna där både ris och stubbar hade skördats stratifierades provtagningen av markvatten i prover från ostörda markområden (motsvarande enbart GROT-uttag) respektive prover från markfläckar efter stubbtäkt. På markfläckar där stubbskörd skett var ammoniumkoncentrationerna förhöjda under de första två åren vilket sedan ledde till ökad nitrifikation och förhöjda nitrathalter i markvattnet. På markområden i samma försöksytorna, utanför de stubbrutna områdena, var halterna av både ammonium och nitrat låga, lägre än i kontrollytorna med både ris och stubbar kvarlämnade. En del av stubbskördens effekter kunde relateras till att de stubbrutna områdena hade mycket lägre täckning av markvegetation, mest bestående av kruståtel, än i andra ytor under de första två åren.

Slogberget – ett annat av SLUs långsiktiga försök med stubb- och ristäkt – undersöktes 10 år efter avverkningen (B. Olsson opubl.). Försöket är beläget i Ludvikatrakten i Dalarna, och försöksleden omfattar slutavverkning med enbart stamskörd (kontroll), stubbtäkt med riset kvarlämnat samt stubbtäkt och ristäkt. Markkemiska undersökningar visade att stubb- eller stubb+GROT-uttag resulterade i mindre kaliumförråd i humusskiktet än i kontrollen, men å andra sidan var kaliumförråden större i mineraljordens översta 5 cm (Figur 7:1).

¹³ Markvatten är det vatten som finns i marken i den omättade zonen ovanför grundvattenytan.



Figur 7:1 Figurerna visar mängden utbytbart kalcium (Figur 7:1a) och kalium (Figur 7:1b) i marken ner till 20 cm efter stubbskörd och stubbskörd och ristäkt i försöket Slogberget 10 år efter behandling. I Figur 7:1c visas basmättnadsgraden i olika markskikt efter stubbskörd och stubbskörd + ristäkt. De små bokstäverna i figurerna visar på statistiskt signifikanta skillnader mellan behandlingarna.

Kalciumförråden hade nästan halverats efter stubb+GROT, mest beroende på mindre förråd i humusskiktet. Aluminium eller extraherbar aciditet var inte påverkad, men basmättnaden i mineraljordens 0-5 cm-nivå var lägre efter stubb+GROT-uttag. I det underliggande skiktet var basmättnaden högre efter stubbtäkt med kvarlämnat ris jämfört med stubb+GROT-uttag. En slutsats från studien är att stubbtäkt innebär en omrörning som kan medföra en omflyttning av kalium mellan den organiska horisonten och mineraljorden. Tidigare studier har visat att kalciummängden i marken kan reduceras efter GROT-uttag, men stubbtäkt kan leda till en signifikant, ytterligare reduktion av extraherbart kalcium i marken. I likhet med markberedning leder stubbskörd till en omrörning i marken och material från olika horisonter blandas. Markstörningar och omblandningar har visat sig ge förhöjd omsättning av nitrat (ex vis. Booth et. al., 2006). Den mekaniska omrörningen skapar också stor variation inom försöksytorna, vilket innebär att det bara är mycket stora skillnader som är statistiskt signifikanta. Det kan därför vara lämpligt att stratifiera markprovtagningar i försöken mellan ostörda och stubbrutna fläckar.

Slutsats

Fältförsök visar att stubbtäkt kan ge en omrörning av marken, innebärande en fördröjd etablering av markvegetationen och högre halter av ammonium och nitrat i markvattnet under hyggesfasen. På en 10-årsperiod kan de utbytbara kalciumförråden minska betydligt efter stubbtäkt och GROT-uttag jämfört med enbart stamuttag.

7.2.2 Markberedning

Vi har vid bedömningen av försöken använt oss av de försök där mätprogram och försöksuppläggning är tydligt redovisade, vilket är avgörande för om markberedningsstudierna kunde användas vid denna bedömning.

Några studier av markberedningens effekter på kväve i mark och vatten visar att de lokala effekter som erhålls i områden med ren mineraljord (lägre mineralisering/nitrifikation) resp. områden med mineraljord ovanpå dubbla humusskikt (högre mineralisering/nitrifikation) till stor del tycks ta ut varandra på areell basis (Ring, 1996, Örlander et al., 1997, Nohrstedt 2000). I ett markberedningsförsök i Härjedalen var nitratkoncentrationen t o m lägre i markvattnet på de markberedda ytorna, troligen till följd av en större tallbiomassa i dessa områden (Ring & Högbom, 2006). Dessa resultat visar på behovet av bra försöksdesign och långsiktighet i försöksverksamheten.

I två finska försök med hyggesplogning (Kubin, 1998) där grundvattenkemin analyserats med avseende på nitrat efter slutavverkning, visar inte på några påfallande skillnader mellan de olika behandlingarna (slutavverkning, slutavverkning + GROT uttag och slutavverkning + hyggesplogning). I ett av försöken finns temporala skillnader mellan behandlingarna. Författaren till rapporten har dock inte behandlat materialet statistiskt (tidsserieanalyser) vilket försvårar tolkningen av denna studie.

Ahtiainen (1992) rapporterar resultat från två avrinningsområden i mellersta Finland. Den samlade effekten av slutavverkning och hyggesplogning var ökade koncentrationer av fosfor, kväve, järn och suspenderat material. Det fanns ingen kontroll av själva hyggesplogningen, vilket gör att det är svårt att använda detta material för att uttala sig om effekterna av själva åtgärden. Författaren betonar också på nödvändigheten av ordentliga kantzoner vid hyggesplogning. Rekommendationen att lämna kantzoner gäller dock generellt vid allt skogsbruk (jmf. Ring et al. 2007)

I en kanadensisk studie (Malik & Hu, 1997) jämfördes CO₂-C avgången från marken (med utplacerade kyvetter) i områden där humus och mineraljord med avgången från områden med intakta ostörda markprofiler. Då humus blandades med mineraljord ökade avgången CO₂-C betydligt.

Inversmarkberedning, det markberedningssätt som kanske har störst likheter med stubbskörd även om den areella utbredningen av behandlingen troligen är mindre, har visat sig ge plantor med ett högre näringsinnehåll (Nordborg et al., 2002). Författarna tolkar detta som att plantorna haft tillgång till större mängder växttillgängligt kväve, vilket skulle kunna tyda på ökad kvävemineralisering.

En serie med tre försök, där "djupplöjning" jämförs med fläckmarkberedning redovisas i Nordborg et al. (2006). Den totala mängden kol och kväve skiljde sig inte mellan de djupplöjda ytorna och de fläckmarkberedda i denna försöksserie. Det rapporterade resultat skiljer sig från andra studier där kol- och kvävepoolerna har påverkats (ex. vis. Wilson & Pyatt, 1984, Johnson 1992, Örlander et al. 1996). Tolkningen som gjorts av Nordborg et al. (2006) är att inblandningen av mineraljord stabiliserat humusen. Det finns dock ett fundamentalt metodproblem med att studera små förändringar av stora pooler. Vidare, de djupplöjda provytorna hade en lägre densitet än de fläckmarkberedda. Detta resultat åstadkoms troligen även vid stubbskörd och är en fråga som bör belysas i kommande studier.

Slutsats

Markberedning påverkar kväveomsättningen men effekterna i mark- och grundvatten tycks vara måttliga enligt de relativt få studier som finns. Vilka effekter som uppmätts i mark och vatten beror delvis på var mätningarna utförts i förhållande till de olika typer av markstörningar som skapats, d.v.s. bar mineraljord resp. dubbla humusskikt under mineraljord. Markberedning kan öka sedimenttransporten till ytvatten. En studie visar att avgången av CO₂-C kan öka då humus och mineraljord blandas.

7.2.3 Stubbskördens potentiella effekter i ett näringsbudgetperspektiv

I Kangasvaara, östra Finland, undersöktes näringsomsättningen i en gran-dominerad barrblandskog under några år strax före och efter slutavverkning (Tabell 7:1, Finér et al. 2003). Den goda dokumentationen av näringsförråd och flöden båda ovan och i marken erbjuder underlag för en diskussion om de potentiella effekterna av stubbtäkt på näringsförråd och näringsflöden. Det avverkade

140-åriga beståndet representerar grandominerad barrskog i den boreala zonen på frisk podsol med en undervegetation av blåbär, lingon och mossor (årsmedeltemp. 1,7°C, gran 53 %, tall 33 %, björk och asp 14 %). Näringsförråden i trädbiomassan ovan mark redovisades för barr och finare grenar (kvist) respektive grövre grenar och stam. Rotbiomassan delades upp på finrötter (≤ 2 mm \emptyset) och grövre rötter inklusive stubben, vilket ungefär motsvarar den maximalt skördebara delen av rotsystemet. Beräkningarna innebär att näringsbortförelsen vid stubbtäkt med modern teknik överskattas, eftersom man strävar efter att inte ta ut finare rötter än 5 cm.

Tabell 7:1 Fördelning av biomassa, kol och näringsämnen (kg/ha) i trädbiomassan i ett 140-årigt barrblandbestånd i Kangasvaara, östra Finland. Data från Palviainen (2005).

	Stam och bark	Grova rester	Fina rester	Summa hela trädet	Summa marken (extraherbart*)
Biomassa	120816	54886,5	25985	201687,5	
C	62824	29372,6	13283	105479,6	45620
N	95	146	158,8	399,8	1691
P	8	17	20	45	665 (29)
K	56	61,4	72	189,4	523 (67)
Ca	154	129,2	112,5	395,7	1420 (102)

Grova rester =grenar > 1cm \emptyset , rötter >2 mm, stubbar

Fina rester = barr, gren/kvist ≤ 1 cm \emptyset , rötter < 2mm

* Totala markförråd i O, E och B-horisont (*aqua regia*-uppslutning), inom parentes extraherbart (NH₄Ac vid pH 4,65)

Mängden näringsämnen som förs bort vid stam- och GROT-uttag skulle i genomsnitt vara 2,6 gånger mer än vid enbart stamskörd. Då även stubbarna skördas är näringsbortförelsen i genomsnitt 3,6 gånger den vid enbart stamskörd (Tabell 7:2, från Palviainen 2005 och Piirainen 2002). Näringsuttaget ökar mer än uttaget av kol vid ökad skördeintensitet därför att rötter, grenar och barr har högre näringshalter än stammen. I relativa termer ökar förlusterna av P mer än för andra ämnen vid intensivare utnyttjande. I Kangasvaara är de totala markförråden av P ganska normala, men de angivna totala förråden av K och Ca förefaller små. I relation till de totala förråden av K, Ca och P i marken var förråden i stubben ändå ganska små, men näringsförrådet kan vara betydande sett i relation till de tillgängliga (extraherbara) poolerna i marken och till omsättningen i ekosystemet.

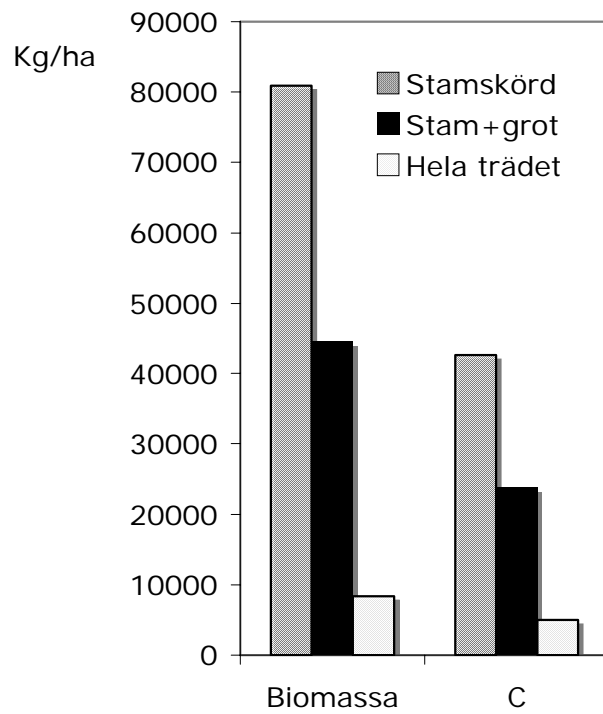
Tabell 7:2 Förluster av C, N, P, K och Ca vid bortförsel av GROT respektive stubbar i relation till enbart stamuttag (= 1). Beräkningar baserade på det finska försöket i Kangasvaara. Stubbtäkt antas här omfatta hela rotsystemet och stubben, exklusive rötter ≤ 2 m.

	Stam + GROT-uttag	Hela trädet inkl. stubben
C	1,3	1,6
N	2,8	3,9
P	3,5	5,0
K	2,3	3,1
Ca	1,9	2,5

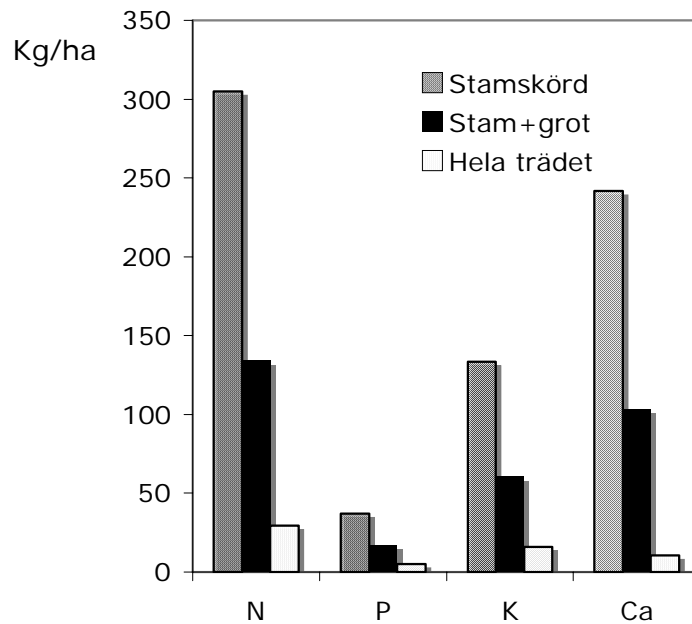
Ett sätt att mäta effekten av olika utnyttjandegrad är att jämföra mängderna av organiskt material och näringsämnen bundna till trädbiomassan som lämnas kvar vid olika skördeintensitet. Det är den mängd näringsämnen som kommer att frigöras under en lång period av rotsystemets nedbrytning. Mängden kol som lämnas i stubbar vid stam + GROT-skörd var här ca. 25 ton C ha⁻¹, vilket knappt motsvarar kolförråden i humusskiktet i podsoler (Figur 7:2). Efter en effektiv stubbtäkt som bara lämnar finare rötter (≤ 2 mm \emptyset) lämnas ca 5 ton C ha⁻¹.

Mängden K och Ca i rotsystemet som kan lämnas kvar i marken vid stam + GROT-skörd motsvarade ungefär de extraherbara mängderna i markens humus och mineraljord ner till 20-30 cm. Men med en effektiv stubbtäkt lämnas små mängder kvar. Mängden N i rotsystemet motsvarade 8 % av markens kväveförråd i dött organiskt material och mineraljorden. Vid en effektiv stubbtäkt lämnas kvävemängder motsvarande 2 %. Fosformängder som lämnas kvar efter stam + GROT-skörd motsvarade 60 % av det extraherbara förrådet (NH₄Ac, pH 4,65), men bara 17 % av förrådet om också stubbar skördas.

A



B



Figur 7:2 Mängden näringsämnen, biomassa och kol som lämnas kvar efter enbart stamskörd, stam+GROT-skörd, respektive skörd av hela trädet inklusive stubbar (exkl. finrötter <2 mm). Beräkningar för 140-årigt barrblandbestånd i Kangasvaara, östra Finland (Palviainen 2005).

Näringsmängderna i den skördebara delen av stubben kan jämföras med näringsmängderna i det årliga förnafallet. I en gammal skog ger näringsflödet genom fallförnan en skattning på den näringsfrigörelse som behöver mineraliseras för att upprätthålla jämvikt i barrbiomassan. Näringsinnehållet i stubbarna motsvarade då ca 9, 7, 11 och 7 gånger det årliga fallförnaflödet för N, P, K och Ca, alltså knappt bidraget från fallförnan under ett decennium. Det är dock svårt att förutse effekterna på näringsfrigörelsen i marken av att stubben skördas. Rotsystemets uppbyggnad i förgreningar från mycket grova till fina och näringsrika substrat innebär också att mineralisering, immobilisering och förflyttning av näringsämnen sker samtidigt i samma stubbe. Eftersom kunskapen om dessa processer är bristfällig har vi dålig insikt om de kvarlämnade stubbarnas betydelse för näringsdynamiken i normalfallet efter kalavverkning, då stubbarna lämnas kvar. Vi har därmed svårt att förutse effekterna av stubbtäkt på både kort och lång sikt. En annan svårighet är förknippad med att skördetekniken bestämmer hur stor del av rotsystemet som skördas. Moderna tekniker syftar till att bara skörda stubben och grova rötter (>5 cm).

Slutsats

Inventeringar av biomassa och näringsförråd i boreal barrskog visar att den potentiella näringsbortförelsen genom stubbtäkt inte kan betraktas som försumbar i relation till storleken på utbytbara förråd och förnafall, med reservation för att beräkningarna troligen överskattar näringsextraktionen vid stubbtäkt med ny teknik. Det finns ett behov av forskning som beskriver fördelningen av näringsämnen och biomassa i rotsystemet som kan relateras till den praktiska utnyttjandegraden. Det finns också behov av forskning om nedbrytning och näringsdynamik i rotsystemet efter avverkning som kan relateras till olika grad av stubbtäkt.

7.3 Bedömningar

Viktiga frågeställningar för stubbskördens effekter på mark och vatten är hur näringsomsättningen påverkas, både ur ett framtida skogsproduktions- och ett vattenkvalitetsperspektiv, och hur sedimenttransporten från land till vatten påverkas. Det finns en risk att stubbskörd kan medverka till att öka utlakningen av nitrat till grund- och ytvatten vilket kan försämra vattenkvaliteten. Stubbskörden kan också leda till ökad sedimenttransport till närliggande vattendrag vilket kan försämra levnadsförhållandena för de akvatiska organismerna.

Vår bedömning av effekterna av stubbskörden är baserad på följande: att stubbskörd enbart sker i samband med föryngringsavverkning i trakthyggesbruk och att primärt bara granstubbar skördas. Stubbskörd ska jämföras med det skogsbruk vi bedriver idag, d.v.s. jämförelsen görs med konventionellt trakthyggesbruk inkluderande markberedning. Vi antar även att det också sker GROT-uttag på de hyggen som är aktuella för stubbskörd men att ingen extra markberedning utförs utöver den kompletterande markberedning som utförs med stubbskördsaggregatet.

Hur stor del av marken som påverkas är beroende dels av rötternas utbredning och antalet stammar per hektar. Om man antar att stubbskörden påverkar en radie på 1 meter räknat ut från stammen och att stamantalet är 500 stammar per hektar kommer 16 % av hyggesarealen att påverkas av skörden. Vid en påverkansradie av 2 meter kommer 63 % av arealen att påverkas, och vid en påverkansradie av 2,5 m kommer hela arealen att påverkas. Vid ett stamantal på 800 stubbar per hektar kommer vid 1 m effektradie 25 % av arealen att påverkas och vid 2 meter kommer hela arealen att påverkas. Den potentiella påverkan på marken och markprocesserna är således stor (Tabell 7:3). Mest troligt avtar påverkan med ökande avstånd från stubben, vilket gör att den angivna påverkan i Tabell 7:3 är överskattad.

Tabell 7:3 Potentiell areell påverkan av stubbskörd vid olika stubbantal och påverkansradie runt stubben

Stubbar ha ⁻¹	Påverkansradie (m)				
	1	1,5	2	2,5	3
500	16	35	63	98	141
600	19	42	75	118	170
700	22	49	88	137	198
800	25	57	101	157	226

Stubbskörd leder till en omrörning i marken och en omblandning av humus och mineraljord. Denna omblandning skulle bland annat kunna leda till en ökad omsättning av kol och kväve i marken. Dessutom kan en inblandning av organiskt material i mineraljorden åtminstone hypotetiskt kunna leda till en ökad vittring.

Alla åtgärder som förändrar markens red/ox-potentialer och pH, eller förändrar hydrologiska flödesvägar har potential att förändra den biologiska tillgängligheten av olika tungmetaller ex. vis. kvicksilverbelastningen på våra vattendrag (Bishop & Åkerblom, 2006).

Jämfört med vårt "normala" avverkningsalternativ innebär stubbskörd ytterligare terrängtransport, och dessutom efter det att GROTen tagits ut vilket medför en ökad markkompaktion och att risken för körskador och därigenom risken för förhöjda partikeltransporter till ytvatten ökar.

Den fysiska markstörningen vid både markberedning och stubbskörd innebär en ökad risk för att mineral- och humuspartiklar ska transporteras ut i närliggande vattendrag och sjöar. En ökad transport av partiklar till ytvatten kan innebära en ökad tillförsel av ämnen som exv. kväve, fosfor och tungmetaller och försämrade levnadsförhållanden för de akvatiska organismerna. Hur partikeltransporten påverkas vid markberedning och stubbskörd beror på utförandet i närheten av ytvatten, vädret och de lokala markförhållandena (främst markens erosionsbenägenhet och lutning). Genom att undvika att markbereda och bryta stubbar i områdena närmast vatten minskar risken för att åtgärderna ska öka partikeltransporten.

I en del av de refererade studierna har undersökningarna baserats på skillnader i totalmängder av kol och kväve efter olika typer av markstörningar. Problemet med dessa undersökningar i detta sammanhang är att de relativt måttliga förändringar som kan förväntas på de totala poolerna i marken är svåra att detektera.

Hur vegetationen utvecklas efter stubbtäkt (och markberedning) spelar en viktig roll för kväveläckaget till grundvatten eftersom vegetationen kan ta upp frigjort kväve. Om det visar sig att hyggesvegetationen eller kommande skogsgenerationstillväxt avsevärt skiljer sig mellan markberedd och stubbrutna hyggen kan kväveläckaget påverkas. Även vad gäller åtgärdens totala kolbalans är produktionseffekterna i den kommande trädgenerationen betydelsefull.

Effekterna av stubbtäkt på den kommande skogsgenerationens tillväxt är dock svåra att skatta därför att stubbtäkt innebär en omrörning och störning av marken som kan stimulera nedbrytning och mineralisering av näringsämnen samt minska konkurrens från hyggesvegetationen. Nyckeln till förståelse av stubbtäktens effekter på näringsdynamiken ligger i förståelse av både störningens betydelse för näringsfrigörelse, och hur olika fraktioner av rotsystemet bryts ner och näringsämnen därifrån görs tillgängliga.

7.4 Kunskapsluckor

För närvarande pågår/startas en del försöksverksamhet som har bäring mot dessa frågor ex.vis. "Stubbrytningens långsiktiga effekter på kol och näring i marken (Maj-Britt Johansson, Inst. f. Skoglig marklära, SLU) och "Miljöeffekter av stubbrytning på vattenkvalité" (Kevin Bishop, Inst. f. Miljöanalys, SLU), se Bilaga 2.

Studier behövs av faktorer som fysisk omrörning, näringskörd (markförsurning) utlakning, sedimenttransport och vegetations utveckling (både markvegetation och föryngringsresultat) där även stubbskördens effekter på näringsbalanser i ett långt perspektiv (flera rotationer) bör ingå. För att riktigt kunna bedöma miljökonsekvenserna av stubbskörd föreslås att undersökningar genomförs, både i avrinningsområdesskala och på små försöksytor.

Avrinningsområde

- Sedimenttransport
- Näringsutlakning

Provytor

- Näringsomsättning, bruttoförändringar i näringsämnespooler orsakade av stubbskörd.
- Markvattenstudier, för att ge svar på effekten av åtgärden och transporten till grundvattnet.
- Kolmineralisering, dessa är viktiga för att kunna beräkna den totala kolbudgeten för utnyttjandet av stubbar.

- Förändringar i infiltrationsförmåga och kompaktering.
- Stubbskördens (och åtföljande spårbildning och markkompaktion) påverkan på bildning och läckage av metylkvicksilver.

Vid anläggandet av avrinningsområden är det av största vikt att försöken har tillräckligt långa referensperioder (min. 2 år), och att det finns representativa referensområden. För att kunna utnyttja avrinningsområden bör också så stor andel som möjligt av avrinningsområdet behandlas (> 50 %). Effekterna av stubbskörd bör jämföras med konventionell slutavverkning (\pm GROT) och markberedning.

7.5 Referenser

Ahtiainen, M. (1992). The effects of forest clear-cutting and scarification on the water quality of small brooks. *Hydrobiologia*, 243/244, 465-473.

Bishop, K. & Åkerblom, S. (2006). *Skogsbruk och kvicksilver problemet i mark och vatten: En översikt av kunskapsläget*. Rapport nr 2006:21 för Skogsstyrelsen. Inst. för miljöanalys, SLU. ISSN 1403-977X.

Booth, M., Stark, J. M. & Hart S. C. (2006) Soil mixing effects on inorganic nitrogen production and consumption in forest and shrubland. *Plant and Soil*, 289, 5-15.

Finér, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. (2003). Carbon and nitrogen pools in an old-growth, Norway spruce-mixed forest in eastern Finland and changes associated with clear-cutting. *Forest Ecology and Management*, 174, 51-63.

Johnson, D.W. (1992). Effects of forest management on soil carbon storage. *Water, Air, and Soil Pollution*, 64, 83-120.

Kubin, E. (1998). Leaching of nitrate nitrogen into the groundwater after clear felling and site preparation. *Boreal Environmental Research*, 3, 3-8.

Malik, A. U. & Hu, D. (1997). Soil respiration following site preparation treatments in boreal mixed wood forest. *Forest Ecology and Management*, 97, 265-275.

Nordborg, F., Nilsson, U., Gemmel, P. & Örlander, G. (2006). Carbon and nitrogen stocks in soil, trees and field vegetation in conifer plantations 10 years after deep soil cultivation and patch scarification. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21, 356-363.

- Nohrstedt, H.-Ö. (2000). Effects of soil scarification and previous N fertilization on pools of inorganic N in soil after clear-felling of a *Pinus sylvestris* (L.) stand. *Silva Fennica*, 34, 195-204.
- Örlander, G., Egnell, G. & Albrektson, A. (1996). Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *Forest Ecology and Management*, 86, 27-37.
- Örlander, G., Langvall, O., Petersson, P. & Westling, O. (1997). *Arealförluster av näringsämnen efter riståkt och markberedning på sydsvenska hyggen*. Arbetsrapport nr 15. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, 15 pp.
- Palviainen, M. (2005). *Logging residues and ground vegetation in nutrient dynamics of a clear-cut boreal forest*. Dissertationes Forestales 12, Faculty of Forestry, Joensuu University.
- Piirainen, S. (2002). *Nutrient fluxes through a boreal coniferous forest and the effects of clear-cutting*. Finnish Forest Research Institute, Research Papers 859, 50 pp.
- Ring, E. (1996). Effects of previous N fertilization on soil-water pH and N concentrations after clear-felling and soil scarification at a *Pinus sylvestris* site. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 7-16.
- Ring, E. & Högbom, L. (2006). Skogforsk Resultat nr 21, 2006.
- Ring, E., Löfgren, S., Goedkoop, W., Sandlin, L., Högbom, L. & Bergkvist, I. (2007). *Skogsbruk och vatten*. Skogforsk Redogörelse Nr X
- StAAF, H. & Olsson, B. A. (1994). Effects of slash removal and stump harvesting on soil water chemistry in a clearcutting in SW Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9, 305-310.
- Wilson, K. & Pyatt, D. G. (1984). An experiment in intensive cultivation of an upland heath. *Forestry*, 57, 117-141.

8 Inverkan på sociala värden och kulturmiljöer

Gustaf Egnell¹⁴

Det 12:e miljömålet, Levande skogar, formuleras: ”Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas”. I det tredje av de fyra delmålen skriver man vidare: ”Skogsmarken skall brukas på sådant sätt att fornlämningar inte skadas och så att skador på övriga kända värdefulla kulturlämningar är försumbara senast år 2010”.

8.1 Kulturminnesvård

I stormen Gudruns spår konstaterades att en hel del fornminnen brutalt ryckts upp ur sin dvala i södra Sveriges skogar då träden rycktes upp med rötterna av de starka vindarna. Skörd av stubbar utgör därför tillsammans med markberedning ett potentiellt hot mot våra fornminnen vilka har ett starkt skydd i kulturminneslagen. Det är därför viktigt att de stubbskörde metoder som kommer att användas rör om måttligt i marken och att kompletterande markberedning görs varsamt. Om också GROT skördas på hygget, vilket är det troligaste, öppnar stubbskörd för så kallade intermittenta markberedningsmetoder där en mindre andel av markytan störs än vid till exempel harvning.

Samtidigt pekar Kardells försöksserie på att stubbskörden i sig orsakar mer markstörning än till exempel markberedning med harv (jfr. Figur 1:6). Vad som inte framgår här är hur djupt ner i marken störningen går. Mycket talar för att harvningen letar sig djupare ner i markprofilen än den störning som orsakas av stubbskörden med undantag för den punkt där själva stubben stod. Viktigt i detta sammanhang är återigen att den skotning av stubbar ut från hygget i huvudsak sker längs samma färdvägar som rundvirket tagit tidigare. En rimlig målsättning bör vara att markstörningen efter stubbskörd och kompletterande markberedning orsakar lika mycket eller mindre markstörning än konventionell avverkning följt av harvning. Stubbskörd bör heller inte förekomma i områden med dokumenterat många fornlämningar.

8.2 Sociala värden och landskapsbild

Om effekter på bärproduktion se avsnitt 4.3.2.

I en studie testades tre olika gruppers attityder till olika skogsmiljöer med 12 års mellanrum (Kardell, 1989). Grupperna bestod av förstaårsstudenter på

¹⁴ Fakulteten för skogsvetenskap, SLU, 901 83 Umeå

jägmästarutbildningen, personer från Viks folkhögskola och från SNF:s lokal-kretsar i Gävle och Uppsala. Bland de olika miljöerna fanns såväl GROT-skördade hyggen som hyggen där stubbar skördats. Försökspersonerna upplevde nyss risrensade hyggen som positivt i förhållande till ej risrensade hyggen medan nyss stubbskördade hyggen upplevdes mycket negativt. När det förflutit något decennium bedöms dessa hyggen mer positivt är hyggen med stubbarna kvar. Kardells (1987, 1989) bedömning är därför att effekterna av stubb- och riståkt på friluftsmiljön är obetydliga.

I ett längre perspektiv har skörd av GROT och stubbar potential att hjälpa till att öka lövinslaget i våra skogar vilket kan påverka landskapsbilden.

8.3 Rennäring

Regler om ömsesidigt hänsynstagande mellan rennäring och skogsbruk finns i rennärlagen respektive skogsvårdslagen. Omfattande markstörning i renbetesland riskerar att åtminstone tillfälligt minska mängden för renarna viktiga mark-lavar, samtidigt som själva avverkningen i sig tar bort de viktiga epifytiska lavarna i träden.

Idag finns tre paragrafer i skogsvårdslagen som tar hänsyn till rennäringens intressen där 20 och 31 paragraferna kan vara tillämpbara på ett skogsbruk som omfattar skörd av stubbar.

- 1 Bestämmelse om skyldighet att samråda med berörd sameby innan större avverkningar inom året-runt-markerna äger rum (20 § skogsvårdslagen).
- 2 Bestämmelse om möjlighet att med hänsyn till rennäringens intressen neka avverkningar inom område för svårföryngrad skog och skyddsskog (21 § skogsvårdslagen).
- 3 Generell hänsyn till rennäringens intressen i samband med skogsbruk inom renskötselområdet (31 § skogsvårdslagen).

Lavhävdade hedmarker inom renbetesområdet kommer sannolikt inte att vara de mest intressanta för skörd av stubbar i det korta perspektivet på grund av av-sättningsläget, det låga virkesförrådet och av hänsyn till rennäringen. Samtidigt är dessa marker rent tekniskt kanske de enklaste att skörda och lokala stubbmark-nader kan uppstå varhelst någon slutanvändare skaffar nödvändig utrustning för att hantera stubbar. Det finns därför skäl att tillsvidare avråda från stubbskörd i viktiga renbetesområden.

8.4 Bedömningar

För kulturminnesvården innebär stubbskörd ytterligare en utmaning och det är önskvärt att ansvariga myndigheter inleder en dialog om hur man ska förhålla sig till denna nygamla verksamhet. Vilka lagar, regler och rekommendationer som skall gälla.

Skörd av stubbar kommer inte annat än på mycket kort sikt att negativt påverka landskapsbilden.

Tillsvidare bör man avråda från skörd av stubbar i viktiga renbetesområden.

8.5 Kunskapsluckor

Ingen av frågeställningarna under denna rubrik har viktiga kunskapsluckor av tydlig miljörelevans – men för rennäringen vore det intressant att utreda hur olika skogsskötselåtgärder, inklusive skörd av stubbar eller annan markstörning, påverkar tillgången på för renarna viktiga lavar på lite längre sikt.

8.6 Referenser

Kardell, L. (1987). Kan naturen undvara ris och stubbar? SLU *Skogsfakta konferens* nr 10, 9-27.

Kardell L. (1989). *Några grupper attityder till stubbskörd 1976 och 1988*. SLU, Institutionen för skoglig landskapsvård, Rapport 41, 0-87.

9 Åtgärder för att motverka negativ miljöpåverkan

Då stubbiomassan utgör ett nytt biobränslesortiment har skörd av stubbar potential att bidra till att Sverige når sitt mål om *Begränsad klimatpåverkan* med delmålet att minska utsläppen av växthusgaser till en nivå som i medeltal ligger 4 % under 1990 års nivå under perioden 2008-2012. Detta ska sedan i bedömningen vägas mot andra miljöeffekter i positiv eller negativ riktning sett till alla miljömålen.

Den samlade bedömningen är att det potentiellt största miljöproblemet med stubbtäkt som verkar mot samhällets miljömål är förlusten av grov död ved. Detta motverkar också direkt delmålet under *Levande skogar*, att öka mängden död ved med 40 % fram till 2010. Därmed kan skörd av stubbar utgöra ett hot mot den biologiska mångfald som är beroende av grov död ved och därmed mot miljömålet *Ett rikt växt- och djurliv*. Samtidigt ingår inte avverkningsstubbar i den dödvodstatistik som idag samlas in av Riksskogstaxeringen och som sedan används för att skatta ökningen av mängden död ved i våra skogar. Vi vet också att virkesförrådet har ökat avsevärt sedan Riksskogstaxeringen startade sin verksamhet 1923. Dagens skogar innehåller därför betydligt mer död ved i form av avverkningsstubbar från våra vanligaste skogsträd än vad som var fallet tidigare.

Läckage i samband med den markstörning som blir följd av stubbskörd kan beröra ett flertal av de nationella miljö kvalitetsmålen. Hur arbetet med att uppnå de satta målen för *Ingen övergödning* påverkas av stubbskörd är i dagsläget svårt att bedöma. Eventuellt kan ett visst ökat läckage av kväve till mark- och grundvatten ske om stubbskörd medför en ökad omrörning av marken. *Bara naturlig försurning* kan påverkas genom förändringar av förrådet av utbytbara baskatjoner efter stubbtäkt och GROT-uttag jämfört med enbart stamuttag. *Grundvatten av god kvalitet* kan påverkas negativt av kvävetillförsel och viss försurning. *Gifrfri miljö* kan påverkas av ökad utlakning av tungmetaller p.g.a. förändrade red/ox potentialer i marken och en eventuellt förhöjd transport av suspenderat material i samband med markstörningen. Målen *Levande sjöar och vattendrag* och *Myllrande våtmarker* kan påverkas negativt av höjd kvävehalt, ökad försurning och sedimenttransporten till ytvatten. I denna bedömning måste det också klargöras med vad stubbskördens ska jämföras. Om tekniken vid stubbskörd, kombinerad med markberedning, utvecklas mot minskad markstörning finns det möjlighet att markstörningen efter stubbskörd kommer i närheten av den markstörning som dagens skogsbruk, utan stubbskörd men med markberedning, resulterar i.

Det 12:e miljömålet, *Levande skogar*, formuleras: ”*Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas*”. Både kultur- och fornlämningar kan påverkas negativt av stubbskördens markstörning

och de sociala värdena kan påverkas av att bl.a. bärskördarna blir lägre efter stubbskörd.

9.1 Förslag till åtgärder på landskaps- och beståndsnivå

Det är viktigt att beakta landskapsperspektivet vid rekommendationer rörande skogliga åtgärder. I ett landskapsperspektiv kan det vara klokt att avstå från stubbskörd eller vara återhållsam med skörd:

- I områden med hög täthet av kända fornlämningar
- Inom avrinningsområden med höga ambitioner och förvaltningsmål rörande vattenkvaliteten i anslutande ytvatten.
- I områden med höga ambitioner och förvaltningsmål för biologisk mångfald.
- I områden viktiga för renbete

På beståndsnivån bör stubbskörd undvikas:

- I bestånd där risken för spårbildning kan orsaka bestående markskador och erosion, t.ex. fuktiga och/eller finjordsrika marker.
- Vid gallring för att undvika skador på det kvarvarande beståndet. Undantag kan vara i granskogar med stor risk för spridning av rotröta och där stubbskörden i första hand görs för att motverka denna spridning.
- I bestånd som domineras av andra trädslag än gran och tall.
- I stadsnära bestånd av betydelse för det rörliga friluftslivet.
- I bestånd i direkt anslutning till skyddade skogsområden.
- I bestånd som ska hyggesbrännas.

Inom ett bestånd där stubbar skördas bör man:

- Undvika att skörda stubbar närmre än 15 m från sjöar och vattendrag
- Undvika att skörda stubbar i lämnade kantzoner mot sjöar, vattendrag, myrar etc.
- Undvika att skörda stubbar nära lämnad naturhänsyn, miljöträd, större stenar och myrstackar.
- Undvika att skörda samtliga stubbar och tänka på det biologiska värdet av de stubbar som lämnas.
- Som kompensation öka ambitionen när det gäller lämnad grov död ved som är värdefull för den biologiska mångfalden.
- Utnyttja de grövre grenarna som underlag för maskinerna på marker med måttlig till dålig bärighet. GROTT kan där skördas som ”lång topp”.
- Undvika att skörda stubbar nära diken.
- Undvika att skörda stubbar nära hårt trafikerade terrängtransportvägar (basvägar).

- Skörda på sådant sätt att merparten av finrötterna stannar kvar i marken.
- Endast utföra kompletterande markberedning i samband med att stubben skördas.

9.2 Pågående projekt och behov av ny kunskap

9.2.1 Pågående projekt

Skogsproduktion och markvegetationsstudier

Befintliga långsiktiga försök (Bo Leijons och Lars Kardells försöksserier, Bilaga 3) med stubbskörd följs upp löpande och kommer att generera mer kunskap om tillväxteffekter. Därtill har ett antal praktiska stubbskördssytor i Mellansverige från 1970-80 talet letats upp och dokumenterats och sedan parats ihop med lämpliga jämförelseytor från samma tid där stubbar inte skördats. Dessa ytor kan komma att användas för produktionsstudier.

Biologisk mångfald

De fåtal studier som finns av avverkningsstubbarnas betydelse beskriver främst vad man hittat på dem. Väldigt få studier relaterar stubbarnas betydelse till andra substrat, hyggen utan stubbskörd eller till det omgivande landskapet. Undantagen är ovan refererade studier (se avsnitt 4 och 5) av några vanliga kärllväxter, samt två studier som beskriver skalbaggsamhällena på lågstubbar jämfört med högstubbar. Data för andra organismgrupper saknas helt eller förekommer i anekdotisk form. De senaste åren har dock ny forskning kring stubbar och stubbskörd initierats och ett flertal projekt med anknytning till effekter av stubbskörd och GROT-uttag på olika organismgrupper pågår eller håller på att startas upp och kommer att generera kunskap om stubbskördens effekter på biodiversitet. Insekter och svampar är de grupper som främst undersöks (se Bilaga 2).

Mark och vatten

För närvarande pågår/startas en del försöksverksamhet som har bäring mot dessa frågor ex. vis. "Stubbytningens långsiktiga effekter på kol och näring i marken (Maj-Britt Johansson, Inst. f. Skoglig marklära, SLU) och "Miljöeffekter av stubbrytning på vattenkvalité" (Kevin Bishop, Inst. f. Miljöanalys, SLU). Se Bilaga 2.

Pågående projekt i Finland

- 1 Ett forsknings- och utvecklingsprogram *Bioenergi från skog* som koordineras av professor Hannu Ilvesniemi, Metla, vid enheten i Vanda. Målet med forskningsprogrammet är att undersöka vilka effekter markberedning, stubbskörd och uttag av avverkningsrester har på näringscirkulation, markdjur, mikroorganismer, plantetablering och utveckling, succession av växtlighet samt kolbalans. Se Bilaga 2.

- 2 Taina Pennanen och Hannu Fritze i Finland precis fått forskningsmedel för att följa upp vad som sker mikrobiellt (bakterier och svampar; artmässigt och funktionellt) efter stubbskörd. Den finska forskargruppen kommer att följa upp hyggen efter stubbskörd i flera år.
- 3 Juha Siitonen (Metla) har ett project som studerar effekten av nya skötsel-metoder som gynnar biodiversiteten och där studeras även betydelsen av stubbar på ett antal organismgrupper som lavar, skalbaggar och svampar. Data finns från 500 försöksytor och 100 000 dödvedsobjekt varav 30 % utgör stubbar av olika diametrar både på hyggen och i gallringsbestånd.

9.2.2 Kunskap som saknas

Ett generellt problem då effekter av storskaliga förändringar i markutnyttjandet ska bedömas är att säkra svar kräver att verksamheten kommer igång i en så pass stor skala att effekterna kan studeras över hela landskap. Detta pekar också på vikten av riktad miljöövervakning då nya metoder introduceras i skogsbruket, i detta fall en ytterligare intensifiering av skördeuttaget.

Biologisk mångfald

För att säkert kunna utvärdera hur olika nivåer av stubbskörd påverkar biodiversitet behövs studier på landskapsnivå där effekten av olika intensitet av stubbskörd studeras med avseende på olika organismgrupper (insekter, svampar, mossor, lavar, fåglar, däggdjur, kärlväxter). Olika intensitet bör beskrivas dels inom de enskilda hyggerna det vill säga uttag av till exempel 20, 40, 60 och 80 % av stubbarna på ett hygge men också på landskapsnivå det vill säga testa effekten på den totala biodiversiteten i landskap där stubbar skördas på allt från 0 – 100 % av hyggerna. För att kunna utvärdera stubbskördens effekter i denna skala krävs mycket stora resurser, därför är sådana projekt svåra att genomföra utan samordning mellan praktik, forskning och finansiärer. Inga sådana projekt är heller planerade i nuläget. För att skaffa sig uppfattning om stubbskördens effekter på biologisk mångfald behövs monitorprogram där data samlas in och analyseras kontinuerligt.

Ett mindre kostsamt alternativ, som inte kan ge kvantitativa svar på frågan om hur mycket stubbskörd som kan tålas, är att jämföra värdet av olika stubbar med avseende på art, storlek, var de står i landskapet etc. Frågan blir då: Vilka stubbsubstrat orsakar minst negativ effekt på diversiteten om de skördas?

Grundläggande studier behövs också där man kartlägger vilka arter av insekter, mossor, lavar, kärlväxter, däggdjur och fåglar som nyttjar stubbar kvarlämnade på hyggen. Det är också viktigt att ta reda på om dessa arter nyttjar stubbar som ett förstahandsval eller som en sämre ersättning för ett annat substrat som det råder brist på, exempelvis lågor.

Stubbarnas relativa betydelse jämfört med annan död ved som lågor och högstubbar behöver belysas ytterligare. Dessutom behövs studier som tar reda på om bevarandevärdet skiljer sig åt mellan stubbar av olika träslag och även om det

finns skillnader inom trädslag. Idag är det främst skörd av gran- och tallstubbar som är aktuellt. Skörd av lövträdsstubbar, särskilt ädellöv väntas få större ekologiska konsekvenser. Med förfinad teknik och stigande oljepriser kan kanske andra marker komma ifråga i framtiden. Det är därför viktigt att veta vilka marker som hyser de stubbar som är mest värdefulla ur bevarandesynpunkt för att kunna lämna skötselrekommendationer och restriktioner.

Kolbalans i skogsmark

- En modellanalys borde kompletteras med simuleringar där man tar hänsyn till eventuella effekter på tillväxten.
- Regionala skillnader borde undersökas vid olika årsmedeltemperaturer och boniteter.
- Betydelsen av hyggesvegetation borde undersökas bättre.
- Mykorrhizans betydelse för koldioxidbalansen.
- Nedbrytningshastighet av stammar, stubbar och grenar.
- Effekter bör undersökas av omrörning av marken på kolflux mätt med Eddy-covariance som komplement till inventeringar och punktvisa mätningar av markens kolförråd och markrespiration.
- Mätningar av koldioxidflöden på en yta efter stubbskörd och jämförelse med tidigare mätta flöden från en vanlig föryngringsyta samt kontrollmätningar på en närliggande referensyta med stubbar kvar kan direkt visa stubbskördens effekt på ytans kolbalans.
- Jämförelse med mätningar från stormfällda ytor med och utan stubbskörd kan visa hur olika förutsättningar påverkar stubbskördens miljöeffekter, och hur en storskalig kommersiell stubbskörd skulle påverka kolbalansen i motsats till en ”påtvungad” brytning efter katastrofala stormskador.

Mark och vatten

Studier behövs av faktorer som fysisk omrörning, näringsskörd (markförsurning) utlakning, sedimenttransport och vegetations utveckling (både markvegetation och föryngringsresultat) där även stubbskördens effekter på näringsbalanser i ett långt perspektiv (flera rotationer) bör ingå. För att riktigt kunna bedöma miljökonsekvenserna av stubbskörd föreslås att undersökningar genomförs, både i avrinningsområdesskala och på små försöksytor.

Avrinningsområde

- Sedimenttransport
- Näringsutlakning

Provytor

- Näringsomsättning, bruttoförändringar i näringsämnespooler orsakade av stubbskörd.
- Markvattenstudier, för att ge svar på effekten av åtgärden och transporten till grundvattnet.

- Kolmineralisering, dessa är viktiga för att kunna beräkna den totala kolbudgeten för utnyttjandet av stubbar.
- Förändringar i infiltrationsförmåga och kompaktering.
- Stubbskördens (och åtföljande spårbildning och markkompaktion) påverkan på bildning och läckage av metylkvicksilver.

Vid anläggandet av avrinningsområden är det av största vikt att försöken har tillräckligt långa referensperioder (min 2 år), och att det finns representativa referensområden. För att kunna utnyttja avrinningsområden bör också så stor andel som möjligt av avrinningsområdet behandlas (> 50 %). Effekterna av stubbskörd bör jämföras med konventionell slutavverkning (\pm GROT) och markberedning.

Sociala värden och kulturmiljö

För rennäringsvård vore det intressant att utreda hur olika skogsskötselåtgärder, inklusive skörd av stubbar eller annan markstörning, påverkar tillgången på för renarna viktiga lavar på lite längre sikt.

Skogsproduktion

Som alltid saknas empiriska bevis för vad som händer med skogsproduktionen på längre sikt efter stubbskörd. Då näringsinnehållet i stubbveden är förhållandevis lågt och näringsförluster efter markstörning relativt begränsat finns det inte några skäl att lägga mycket möda på att täppa till dessa kunskapsluckor så länge skörd av framförallt GROT och markberedning är miljömässigt accepterade metoder. Ur ett rent skogsskötselersperspektiv vore det intressant att undersöka hur stubbskörd bäst integreras i dagens skogsskötsel och hur man kan dra nytta av den ökade självföryngringen för att producera mer biomassa i ungskogsfasen samtidigt som anläggningkostanden kan minskas. Vidare finns potential att utveckla den kompletterande markberedningen mot den lovande så kallade inversmarkberedningen.

Mer kunskap behövs om spårbildning och markkompaktion påverkas av att rotmattan förstörs. Enkla studier som kvantifierar den areella markstörning som stubbskörd med dagens teknik orsakar utgör viktiga underlag för att bedöma riskerna med stubbskörd.

Samarbete med Finland

Viktigt med samarbete med den forskning som bedrivs i Finland rörande stubbskörd (se avsnitt Bilaga 2).

Bilaga 1 De 16 miljö kvalitetsmålen

Miljömålen

Till nästa generation ska vi kunna lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta. Riksdagen antog i april 1999 15 miljö kvalitetsmål (Reg. Prop. 2000/01:130 Svenska miljö mål - delmål och åtgärdsstrategier). Ett 16:e mål, om den biologiska mångfalden, antogs i november 2005. De 16 miljö kvalitetsmålen ska leda vägen för vår strävan att åstadkomma en miljömässigt hållbar samhällsutveckling. Miljömålen har blivit riktmärken för allt svenskt miljöarbete, oavsett var och av vem det bedrivs.

OBSERVERA att vissa delmål har förändrats/strukits/tillkommit i och med den nya miljö målspropositionen, som behandlades av riksdagen i november 2005!

1	Begränsad klimatpåverkan	x
2	Frisk luft	
3	Bara naturlig försurning	x
4	Giftfri miljö	(x)
5	Skyddande ozonskikt	
6	Säker strålmiljö	
7	Ingen övergödning	x
8	Levande sjöar och vattendrag	x
9	Grundvatten av god kvalitet	x
10	Hav i balans samt levande kust och skärgård	(x)
11	Myllrande våtmarker	x
12	Levande skogar	x
13	Ett rikt odlingslandskap	
14	Storslagen fjällmiljö	
15	God bebyggd miljö	
16	Ett rikt växt- och djurliv	x

1. Begränsad klimatpåverkan

Halten av växthusgaser i atmosfären ska i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet ska uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras. Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att det globala målet kan uppnås.

Delmål enligt Klimatpropositionen

1. De svenska utsläppen av växthusgaser skall, som ett medelvärde för perioden 2008-2012 vara minst 4 % lägre än utsläppen år 1990. Utsläppen ska räknas som koldioxidekvivalenter och omfatta de sex växthusgaserna enligt Kyotoprotokollet och IPCC:s definitioner. Delmålet ska uppnås utan kompensation för upptag i kolsänkor eller med flexibla mekanismer

2. Frisk luft

Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

- 1 Halten 5 mikrogram/m³ för svaveldioxid som årsmedelvärde skall vara uppnådd i samtliga kommuner år 2005.
- 2 Halterna 60 mikrogram/m³ som timmedelvärde och 20 mikrogram/m³ som årsmedelvärde för kvävedioxid skall i huvudsak underskridas år 2010. Timmedelvärdet får överskridas högst 175 timmar per år.
- 3 Halten marknära ozon skall inte överskrida 120 mikrogram/m³ som åtta timmars medelvärde år 2010.
- 4 År 2010 skall utsläppen av flyktiga organiska ämnen (VOC) i Sverige, exklusive metan, ha minskat till 241 000 ton.
- 5 Halterna 35 mikrogram/m³ som dygnsmedelvärde och 20 mikrogram/m³ som årsmedelvärde för partiklar (PM10) skall underskridas år 2010. Dygnsmedelvärdet får överskridas högst 37 dygn per år. Halterna 20 mikrogram/m³ som dygnsmedelvärde och 12 mikrogram/m³ som årsmedelvärde för partiklar (PM2,5) skall underskridas år 2010. Dygnsmedelvärdet får överskridas högst 37 dygn per år.
- 6 Halten 0,3 nanogram/m³ som årsmedelvärde för benso(a)pyren skall i huvudsak underskridas år 2015.

3. Bara naturlig försurning

De försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen ska heller inte öka korrosionshastigheten i tekniska material eller kulturföremål och byggnader. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

- 1 År 2010 skall högst 5 % av antalet sjöar och högst 15 % av sträckan rinnande vatten i landet vara drabbade av försurning som orsakats av människan.
- 2 Före år 2010 skall trenden mot ökad försurning av skogsmarken vara bruten i områden som försurats av människan och en återhämtning skall ha påbörjats.
- 3 År 2010 skall utsläppen i Sverige av svaveldioxid till luft ha minskat till 50 000 ton.
- 4 År 2010 skall utsläppen i Sverige av kväveoxider till luft ha minskat till 148 000 ton.

4. Giffri miljö

Miljön ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden.

Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

- 1 Senast år 2010 skall det finnas uppgifter om egenskaperna hos alla avsiktligt framställda eller utvunna kemiska ämnen som hanteras på marknaden. För ämnen som hanteras i högre volymer och för övriga ämnen som t.ex. efter inledande översiktliga tester bedöms som särskilt farliga skall uppgifter om egenskaperna finnas tillgängliga tidigare än år 2010. Samma krav på uppgifter skall då gälla för såväl nya som existerande ämnen. Senast år 2020 skall det även finnas uppgifter om egenskaperna hos de mest betydande oavsiktligt bildade och utvunna kemiska ämnena.
- 2 Senast år 2010 skall varor vara försedda med hälso- och miljöinformation om de farliga ämnen som ingår.
- 3 I fråga om utfasning av farliga ämnen skall följande gälla.
Nyproducerade varor skall så långt det är möjligt vara fria från:
 - Nya organiska ämnen som är långlivade (persistenta) och bioackumulerande, nya ämnen som är cancerframkallande, arvs massepåverkande och fortplantningsstörande samt kvicksilver så snart som möjligt, dock senast 2007,
 - övriga cancerframkallande, arvs massepåverkande och fortplantningsstörande ämnen, samt sådana ämnen som är hormonstörande eller kraftigt allergiframkallande, senast år 2010 om varorna är avsedda att användas på ett sådant sätt att de kommer ut i kretsloppet,
 - övriga organiska ämnen som är långlivade och bioackumulerande, samt kadmium och bly, senast år 2010.

Dessa ämnen skall inte heller användas i produktionsprocesser om inte företaget kan visa att hälsa och miljö inte kan komma till skada. Redan befintliga varor, som innehåller ämnen med ovanstående egenskaper eller kvicksilver, kadmium samt bly, skall hanteras på ett sådant sätt att ämnena inte läcker ut i miljön. Spridning via luft och vatten till Sverige av ämnen som omfattas av delmålet skall minska fortlöpande.

Delmålet omfattar ämnen som människan framställt eller utvunnit från naturen. Delmålet omfattar även ämnen som ger upphov till ämnen med ovanstående egenskaper, inklusive dem som bildats oavsiktligt.

- 4 Hälso- och miljöriskerna vid framställning och användning av kemiska ämnen skall minska fortlöpande fram till år 2010 enligt indikatorer och nyckeltal som skall fastställas av berörda myndigheter. Under samma tid skall förekomsten och användningen av kemiska ämnen som försvårar återvinning av material minska. Delmålet avser ämnen som inte omfattas av delmål 3.
- 5 För minst 100 utvalda kemiska ämnen, som inte omfattas av delmål 3, skall det senast år 2010 finnas riktvärden fastlagda av berörda myndigheter.

- 6 Samtliga förorenade områden som innebär akuta risker vid direktexponering och sådana förorenade områden som idag, eller inom en nära framtid, hotar betydelsefulla vattentäkter eller värdefulla naturområden skall vara utredda och vid behov åtgärdade vid utgången av år 2010.
- 7 Åtgärder skall under åren 2005-2010 ha genomförts vid så stor andel av de prioriterade förorenade områdena att miljöproblemet i sin helhet i huvudsak kan vara löst allra senast år 2050.
- 8 År 2010 skall tydliga åtgärdsprogram som medför en kontinuerlig minskning av halterna av för människan skadliga dioxiner i livsmedel ha etablerats.
- 9 År 2015 skall exponeringen av kadmium till befolkningen via föda och arbete vara på en sådan nivå att den är säker ur ett långsiktigt folkhälsoperspektiv.

5. Skyddande ozonskikt

Ozonskiktet ska utvecklas så att det långsiktigt ger skydd mot skadlig UV-strålning

- 1 År 2010 skall utsläpp av ozonnedbrytande ämnen till största delen ha upphört

6. Säker strålmiljö

Människors hälsa och den biologiska mångfalden ska skyddas mot skadliga effekter av strålning i den yttre miljön

- 1 År 2010 skall halterna i miljön av radioaktiva ämnen som släpps ut från alla verksamheter vara så låga att människors hälsa och den biologiska mångfalden skyddas. Det individuella dostillskottet till allmänheten skall understiga 0,01 mSv per person och år från varje enskild verksamhet.
- 2 År 2020 skall antalet årliga fall av hudcancer orsakade av ultraviolettt strålning inte vara fler än år 2000.
- 3 Riskerna med elektromagnetiska fält skall kontinuerligt kartläggas och nödvändiga åtgärder skall vidtas i takt med att sådana eventuella risker identifieras.

7. Ingen övergödning

Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningarna för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

- 1 Fram till år 2010 skall de svenska vattenburna utsläppen av fosforföreningar från mänsklig verksamhet till sjöar, vattendrag och kustvatten ha minskat med minst 20 % från 1995 års nivå. De största minskningarna skall ske i de känsligaste områdena.
- 2 Senast år 2010 skall de svenska vattenburna utsläppen av kväveföreningar från mänsklig verksamhet till haven söder om Ålands hav ha minskat med minst 30 % från 1995 års nivå.

- 3 Senast år 2010 skall utsläppen av ammoniak i Sverige ha minskat med minst 15 % från 1995 års nivå.
- 4 Senast år 2010 skall utsläppen i Sverige av kväveoxider till luft ha minskat till 148 000 ton.

8. Levande sjöar och vattendrag

Sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara, och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation. mark och vatten. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation

- 1 Senast år 2005 skall berörda myndigheter ha identifierat och tagit fram åtgärdsprogram för särskilt värdefulla natur- och kulturmiljöer som behöver ett långsiktigt skydd i eller i anslutning till sjöar och vattendrag. Senast år 2010 skall minst hälften av de skyddsvärda miljöerna ha ett långsiktigt skydd och fördelas jämnt mellan de fem vattendistrikten. Minst 15 fiskefria områden skall finnas i varje vattendistrikt.
- 2 Senast år 2005 skall berörda myndigheter ha identifierat och tagit fram åtgärdsprogram för restaurering av Sveriges skyddsvärda vattendrag eller sådana vattendrag som efter åtgärder har förutsättningar att bli skyddsvärda. Senast till år 2010 skall minst 25 % av de värdefulla och potentiellt skyddsvärda vattendragen ha restaurerats.
- 3 Senast år 2009 skall vattenförsörjningsplaner med vattenskyddsområden och skyddsbestämmelser ha upprättats för alla allmänna och större enskilda ytvattentäkter. Med större ytvattentäkter avses ytvatten som nyttjas för vattenförsörjning till fler än 50 personer eller distribuerar mer än 10 m³ per dygn i genomsnitt.
- 4 Senast år 2005 skall utsättning av djur och växter som lever i vatten ske på sådant sätt att biologisk mångfald inte påverkas negativt.
- 5 Senast år 2005 skall åtgärdsprogram finnas och ha inletts för de hotade arter och fiskstammar som har behov av riktade åtgärder.

9. Grundvatten av god kvalitet

Grundvattnet ska ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation

- 1 Grundvattenförande geologiska formationer av vikt för nuvarande och framtida vattenförsörjning skall senast år 2010 ha ett långsiktigt skydd mot exploatering som begränsar användningen av vattnet.
- 2 Senast år 2010 skall användningen av mark och vatten inte medföra sådana ändringar av grundvattennivåer som ger negativa konsekvenser för vatten-

försörjningen, markstabiliteten eller djur- och växtliv i angränsande ekosystem.

- 3 Senast år 2010 skall alla vattenförekomster som används för uttag av vatten som är avsett att användas som dricksvatten och som ger mer än 10 m³ per dygn i genomsnitt eller betjänar mer än 50 personer per år uppfylla gällande svenska normer för dricksvatten av god kvalitet med avseende på föroreningar orsakade av mänsklig verksamhet.

10. Hav i balans samt levande kust och skärgård

Västerhavet och Östersjön ska ha en långsiktigt hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden ska bevaras. Kust och skärgård ska ha en hög grad av biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Näringar, rekreation och annat nyttjande av hav, kust och skärgård bedrivs så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden ska skyddas mot ingrepp och andra störningar. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

- 1 Senast år 2010 skall minst 50 procent av skyddsvärda marina miljöer och minst 70 procent av kust- och skärgårdsområden med höga natur- och kulturvärden ha ett långsiktigt skydd. Senast år 2005 skall ytterligare fem, och senast år 2010 därutöver ytterligare fjorton, marina områden vara skyddade som naturreservat och tillsammans utgöra ett representativt nätverk av marina naturtyper. Därutöver skall ett område med permanent fiskeförbud inrättas till 2006, för utvärdering till 2010 samt ytterligare tre områden med permanent fiskeförbud (kustnära och utsjöområden) inrättas till 2010 i vardera Östersjön och Västerhavet för utvärdering till 2015.
- 2 Senast år 2005 skall en strategi finnas för hur kustens och skärgårdens kulturarv och odlingslandskap kan bevaras och brukas.
- 3 Senast år 2005 skall åtgärdsprogram finnas och ha inletts för de hotade marina arter och fiskstammar som har behov av riktade åtgärder.
- 4 Senast år 2010 skall de årliga bifångsterna av marina däggdjur understiga 1 procent av respektive bestånd. Bifångsterna av sjöfåglar och icke-målarter skall inte ha mer än försumbara negativa effekter på populationerna eller ekosystemet.
- 5 Uttaget av fisk, inklusive bifångster av ungfisk, skall senast år 2008 inte vara större än att det möjliggör en storlek och sammansättning på fiskbestånden som ger förutsättningar för att ekosystemets grundläggande sammansättning och funktion bibehålls. Bestånden skall ha återuppbyggts till nivåer betydligt över biologiskt säkra gränser.
- 6 Buller och andra störningar från båttrafik skall vara försumbara inom särskilt känsliga och utpekade skärgårds- och kustområden senast år 2010.
- 7 Genom skärpt lagstiftning och ökad övervakning skall utsläppen av olja och kemikalier från fartyg minimeras och vara försumbara senast år 2010.

11. Myllrande våtmarker

Våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet ska bibehållas och värdefulla våtmarker bevaras för framtiden

- 1 En nationell strategi för skydd och skötsel av våtmarker och sumpskogar skall tas fram senast till år 2005.
- 2 Samtliga våtmarksområden i Myrskyddsplan för Sverige skall ha ett långsiktigt skydd senast år 2010.
- 3 Senast år 2006 skall skogsbilvägar inte byggas över våtmarker med höga natur- eller kulturvärden eller på annat sätt byggas så att dessa våtmarker påverkas negativt.
- 4 I odlingslandskapet skall minst 12 000 ha våtmarker och småvatten anläggas eller återställas fram till år 2010.
- 5 Åtgärdsprogram skall senast till år 2005 finnas och ha inletts för de hotade arter som har behov av riktade åtgärder.

12. Levande skogar

Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas. Inriktningen är att miljökvalitetsmålet ska nås inom en generation.

- 1 Ytterligare 900 000 ha skyddsvärd skogsmark skall undantas från skogsproduktion till år 2010.
- 2 Mängden död ved, arealen äldre lövrik skog och gammal skog skall bevaras och förstärkas till år 2010 på följande sätt:
 - mängden hård död ved skall öka med minst 40 procent i hela landet och med avsevärt mer i områden där den biologiska mångfalden är särskilt hotad,
 - arealen äldre lövrik skog skall öka med minst 10 procent,
 - arealen gammal skog skall öka med minst 5 procent,
 - arealen mark föryngrad med lövskog skall öka.
- 3 Skogsmarken skall brukas på sådant sätt att fornlämningar inte skadas och så att skador på övriga kända värdefulla kulturlämningar är försumbara senast år 2010.
- 4 Senast år 2005 skall åtgärdsprogram finnas och ha inletts för hotade arter som har behov av riktade åtgärder.

13. Ett rikt odlingslandskap

Odlingslandskapets och jordbruksmarkens värde för biologisk produktion och livsmedelsproduktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden och kulturmiljövärdena bevaras och stärks. Inriktningen är att miljökvalitetsmålet ska nås inom en generation.

- 1 Senast år 2010 skall samtliga ängs- och betesmarker bevaras och skötas på ett sätt som bevarar deras värden. Arealen hävdad ängsmark skall utökas med minst 5 000 ha och arealen hävdad betesmark av de mest hotade typerna skall utökas med minst 13 000 ha till år 2010.
- 2 Mängden småbiotoper i odlingslandskapet skall bevaras i minst dagens omfattning i hela landet. Senast till år 2005 skall en strategi finnas för hur mängden småbiotoper i slättbygden skall kunna öka.
- 3 Mängden kulturbärande landskapselement som vårdas skall öka till år 2010 med ca 70 %.
- 4 Senast år 2010 skall det nationella programmet för växtgenetiska resurser vara utbyggt och det skall finnas ett tillräckligt antal individer för att långsiktigt säkerställa bevarandet av inhemska husdjursraser i Sverige.
- 5 Senast år 2006 skall åtgärdsprogram finnas och ha inletts för de hotade arter som har behov av riktade åtgärder.
- 6 Senast år 2005 skall ett program finnas för hur lantbrukets kulturhistoriskt värdefulla ekonomibyggnader kan tas till vara.

14. Storslagen fjällmiljö

Fjällen ska ha en hög grad av ursprunglighet vad gäller biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Verksamheter i fjällen ska bedrivas med hänsyn till dessa värden och så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden ska skyddas mot ingrepp och andra störningar. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

- 1 Skador på mark och vegetation orsakade av mänsklig verksamhet skall vara försumbara senast år 2010.
- 2 Buller i fjällen från motordrivna fordon i terräng och luftfartyg skall minska och uppfylla följande specifikation, nämligen att
 - minst 60 % av terrängkottrar i trafik senast år 2015 skall uppfylla högt ställda bullerkrav (lägre än 73 dBA),
 - buller från luftfartyg senast år 2010 skall vara försumbart både inom regleringsområde klass A enligt terrängkörningsförordningen (1978:594) och inom minst 90 % av nationalparksarealen.
- 3 Senast år 2010 skall merparten av områden med representativa höga natur- och kulturvärden i fjällområdet ha ett långsiktigt skydd som vid behov omfattar skötsel och restaurering.
- 4 Senast år 2005 skall åtgärdsprogram finnas och ha inletts för de hotade arter som har behov av riktade åtgärder.

15. God bebyggd miljö

Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en lokalt och globalt god miljö. Natur- och kulturvärden ska tas tillvara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med

mark, vatten och andra resurser främjas. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

Planeringsunderlag

- 1 Senast år 2010 skall fysisk planering och samhällsbyggande grundas på program och strategier för:
 - i. hur ett varierat utbud av bostäder, arbetsplatser, service och kultur kan åstadkommas så att transportbehovet minskar och förutsättningarna för miljöanpassade och resurssnåla transporter förbättras,
 - ii. hur kulturhistoriska och estetiska värden skall tas till vara och utvecklas, · hur grön- och vattenområden i tätorter och tätortsnära områden skall bevaras, vårdas och utvecklas för såväl natur- och kulturmiljö- som fri-luftsändamål, samt hur andelen hårdgjord yta i dessa miljöer fortsatt begränsas.
 - iii. hur energianvändningen skall effektiviseras, för att på sikt minskas, hur förnybara energiresurser skall tas till vara och hur utbyggnad av produktionsanläggningar för fjärrvärme, solenergi, biobränsle och vindkraft skall främjas.

Kulturhistoriskt värdefull bebyggelse

- 2 Bebyggelsens kulturhistoriska värden skall senast år 2010 vara identifierade och ha en långsiktigt hållbar förvaltning.

Buller

- 3 Antalet människor som utsätts för trafikbullerstörningar överstigande de riktvärden som riksdagen ställt sig bakom för buller i bostäder skall ha minskat med 5 % till år 2010 jämfört med år 1998.

Uttag av naturgrus

- 4 År 2010 skall uttaget av naturgrus i landet vara högst 12 miljoner ton per år.

Avfall

- 5 Den totala mängden genererat avfall skall inte öka och den resurs som avfall utgör skall tas till vara i så hög grad som möjligt samtidigt som påverkan på och risker för hälsa och miljö minimeras. Särskilt gäller att:
 - i. Mängden deponerat avfall exklusive gruvavfall skall minska med minst 50 procent till år 2005 räknat från 1994 års nivå.
 - ii. Senast år 2010 skall minst 50 procent av hushållsavfallet återvinnas genom materialåtervinning, inklusive biologisk behandling.
 - iii. Senast år 2010 skall minst 35 procent av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker återvinnas genom biologisk behandling. Målet avser källsorterat matavfall till såväl hemkompostering som central behandling.

- iv. Senast år 2010 skall matavfall och därmed jämförligt avfall från livsmedelsindustrier m.m. återvinnas genom biologisk behandling. Målet avser sådant avfall som förekommer utan att vara blandat med annat avfall och är av en sådan kvalitet att det är lämpligt att efter behandling återföra till växtodling.
- v. Senast år 2015 skall minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp återföras till produktiv mark, varav minst hälften bör återföras till åkermark.

Energianvändning m.m. i byggnader

6. Miljöbelastningen från energianvändningen i bostäder och lokaler minskar och är lägre år 2010 än år 1995. Detta skall bl.a. ske genom att den totala energianvändningen effektiviseras för att på sikt minska samt att andelen energi från förnybara energikällor ökar.

Inomhusmiljön

7. År 2020 skall byggnader och deras egenskaper inte påverka hälsan negativt.

Därför skall det säkerställas att

- samtliga byggnader där människor vistas ofta eller under längre tid senast år 2015 har en dokumenterat fungerande ventilation,
- radonhalten i alla skolor och förskolor år 2010 är lägre än 200 Bq/m³ luft och att
- radonhalten i alla bostäder år 2020 är lägre än 200 Bq/m³ luft.

16. Ett rikt växt- och djurliv

Den biologiska mångfalden skall bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och ekosystem samt deras funktioner och processer skall värnas. Arter skall kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. Människor skall ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd.

- 1 Senast år 2010 skall förlusten av biologisk mångfald inom Sverige vara hejdad.
- 2 År 2015 skall bevarandestatusen för hotade arter i landet ha förbättrats så att andelen bedömda arter som klassificeras som hotade har minskat med minst 30 procent jämfört med år 2000, och utan att andelen försvunna arter har ökat.
- 3 Senast år 2007 skall det finnas metoder för att följa upp att biologisk mångfald och biologiska resurser såväl på land som i vatten nyttjas på ett hållbart sätt. Senast år 2010 skall biologisk mångfald och biologiska resurser såväl på land som i vatten nyttjas på ett hållbart sätt så att biologisk mångfald upprätthålls på landskapsnivå.

Bilaga 2. Pågående forskningsprojekt

Projekt

Nationell resursbank med långsiktiga försök inom ämnesområdet helträdsuttag och askkompensation för uppföljning av miljöeffekter

Period

2006-2008

Beviljat belopp totalt till SLU

Energimyndigheten 3 423 000 kr

Projektansvarig

13139-3 SLU, Enheten för skoglig fältforskning, Tomas Lundmark

Sammanfattning

En ökad skörd av skogsbränsle kan, liksom återföring av vedaska, leda till långsiktiga förändringar i skogsekosystemet. Befintliga långsiktiga försök med helträdsuttag och kompensationsåtgärder vidmakthålls och dokumenteras med olika mätprogram. Projektet innebär en satsning på en nationell resursbank av fältförsök som underlag för att besvara dagens och morgondagens frågor. Tre forskningsorganisationer samverkar med en gemensam projektplan i ytterligare 3 år. Jämfört med föregående period är ambitionen nu högre vad gäller analys av insamlade data från försök.

Mål

Det övergripande syftet är att utreda långsiktiga effekter av biobränsleuttag och näringskompensation. Målet för projektet är att vidmakthålla och sköta skogliga långtidsförsök med uttag av skogsbränsle och/eller näringskompensation, främst asktillförsel samt att genom mätningar i dessa försök möjliggöra bedömningar av långsiktiga effekter. Ett mål är också att relevanta fältförsök exponeras så att forskare och forskningsfinansiärer kan utnyttja dessa mer effektivt. Målet med de försök som ingår i projektet är att de skall ha förutsättningar att avkasta vetenskaplig information av hög kvalitet för ett antal centrala frågeställningar såsom:

Kompensationstillförsel av aska

- Långsiktiga effekter på markkemi, markvatten, ytvatten, tillväxt, och biologisk mångfald
- Långsiktiga effekter på tillgänglighet och rörlighet av näringsämnen
- Långsiktiga effekter på tillgänglighet och rörlighet av tungmetaller och andra miljögifter
- Långsiktiga effekter på kolomsättning och kolförråd i mark och bestånd

Skogsbränsleuttag:

- Långsiktiga effekter på träd tillväxt, marktillstånd och biologisk mångfald
 - Behov av näringskompensation och/eller kalkning.
-

Projekt

P30197- Stubbars betydelse för bevarande av vedlevande insekter

Period

2006-2007

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 50 000 kr

Sveaskog 50 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för skoglig zoökologi, Joakim Hjältén

Sammanfattning

Det är brist på död ved i den brukade skogen. Många vedlevande insektsarter är därför utrotningshotade. Som underlag för MKB av uttag av stubbar som bränsle ska detta projekt värdera betydelsen av lågstubbar för vedlevande insekter och jämföra med andra veds substrat (högstubbar, grupper av träd) som idag lämnas på hyggen som naturvårdsåtgärd. Projektet är en komplettering av ett pågående stort fältexperiment som finansieras av SLU och skogsnäringen med flera.

Mål

Projektets mål är att undersöka hur många vedlevande insekter som utnyttjar stubbar samt att jämföra artantal och samhällstruktur på ”lågstubbar” och andra veds substrat såsom högstubbar. Följande frågor ska besvaras:

- Hur stor andel av de vedlevande insektsarterna som återfinns på ett hygge i Norrland utnyttjar lågstubbar?
- Finns det arter som bara förekommer i lågstubbar?

Hur många arter och individer produceras per kubikmeter lågstubbe i förhållande till andra veds substrat på hygget?

Genomförande

Studien utnyttjar ett unikt storskaligt fältexperiment som startades 2001-2002 med stöd från SLU och skogsnäringen m.fl. Experimentet bedrivs på 10 lokaler i norra delen av Sverige. På varje lokal finns områden med a) reservat b) ett brukat avverkningsmoget bestånd samt c) ett slutavverkat bestånd som ej är äldre än 2 år.

I varje skogstyp studeras insektsfaunan dels i gran- och björkstockar, dels i högstubbar.

På varje lokal har stockar av björk och gran lagts ut i ett reservat, en avverkningsmogen brukad skog och på ett hygge. Stockarna har behandlats på olika sätt exempelvis genom bränning, skuggning och svampinokulering. Högstubbar och den avkapade toppen från högstubbarna finns också med (för en mer detaljerad beskrivning av experimentet se Atlegrim et al. (2005) och Gibb et al. (2005). Sommaren 2006 utökades projektet till att också innefatta avverkningsstubbar. Prover togs från avverkningsstubbar på de tio hyggerna för att kartlägga vilka insekter som nyttjar avverkningsstubbar. Målsättningen är att jämföra artsammansättning, artantal och artrikedom mellan avverkningsstubbar och de andra substrat som är inkluderade i studien. Försöksdesignen tillåter också mer långsiktiga studier där de olika substratens långsiktiga betydelse för evertebrater, mossor, lavar och svampar blir möjliga att studera. Projektgruppen består av Joakim Hjältén, Kjell Danell, Roger Pettersson, Ola Alinvi, John P Ball, Therese Johansson, Heloise Gibb, Jacek Hilszczanski, Fredrik Stenbacka och Mats Dynesius.

Med detta projekt utökas studien så att fem lågstubbar av gran per hygge undersöks med avseende på vedlevande insekter. Det möjliggör en direkt jämförelse av individantal, artantal och artsammansättning per kubikmeter högstubbar, lågor och lågstubbar av samma ålder. Studien innebär ett första steg mot att besvara frågan om hur betydelsefulla lågstubbar är för vedlevande organismer jämfört med andra vedsubstrat.

Försöksdesignen tillåter också mer långsiktiga studier där de olika substratens betydelse för epifytiska lavar och mossor liksom för vedlevande svampar blir möjliga att studera på sikt.

Projektets rapport ska diskutera frågan om ett utnyttjande av stubbar kan kompenseras med andra typer av utökad naturvårdshänsyn, t.ex. genom att lämna andra typer av död ved.

Projekt

P30271-1 -Kartläggning av storskalig stubbrytning under 1980-talet som underlag för storskaliga och långsiktiga studier av stubbrytningens effekter på skogsproduktion och miljö.

Period

2006

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 108 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för Skogsskötsel, Arne Albrektson

Sammanfattning

Efterfrågan på biobränslen väntas öka. Stubbar är en möjlig bränsleresurs men först behövs en miljöanalys. Vissa miljöaspekter av stubbtäkt kan bara studeras på nivån avrinningsområden. Runt Mackmyra finns arealer som stubbröts under 1980-talet. Med hjälp av bolagens register ska detta projekt kartlägga möjligheterna att genomföra sådana studier.

Mål

Målet är att redovisa och kartlägga de stubbrutna markområden på 9220 ha som finns tillgängliga för studier, och identifiera områden inklusive referensytor som är lämpliga för studier av stubbrytningens miljöeffekter.

Genomförande

Materialet om de stubbrutna ytorna beskrivs med hjälp av Bergvik skogars register. De aktuella ytorna beskrivs och kartläggs. Om möjligt dokumenteras brytningsmetod och brytningsintensitet. På den kartlagda arealen markeras vattendrag och våtmarksområden och lämpliga hela eller delar av avrinningsområden identifieras. Områdena besöks i fält för subjektiv beskrivning av lämpligheten och vattendragens karaktär (storlek, flöden). Forskningspotentialen beskrivs i de identifierade områdena

Projekt

P30236-Insektsdiversitet i avverkningsstubbar av gran – kunskap om stubbrytningens miljöeffekter

Period

2006-2007

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 953 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för Entomologi, Mats Jonsell

Sammanfattning

Projektet sammanfattar existerande kunskap om hur stubbrytning för bioenergi-användning påverkar den vedlevande insektsfaunan. Dessutom genomförs en fältstudie som ska ta reda på vilken insektsfauna man hittar i grova resp. klena

avverkningsstubbar av gran och några andra relevanta trädslag, och hur den överlappar med lågor av samma trädslag.

Mål

Projektets mål är att ta fram underlag för en MKB om stubbtäkt, genom att

- 1 Sammanställa kunskap och så långt möjligt utifrån litteraturen dra slutsatser om stubbrytningens effekter på den vedlevande insektsfaunan.
- 2 Genom fältstudie besvara följande frågor:
 - Vilka insektsarter finns i avverkningsstubbar av gran och några andra relevanta trädslag? Finns även rödlistade arter?
 - Har vissa typer av avverkningsstubbar med värdefull fauna än andra? Det gäller stubbar av olika trädslag, grovlek, och nedbrytningsgrad.
 - I vilken mån är faunan i avverkningsstubbar lik faunan i andra vedtyper? Trädslagen väljs så att det blir representation både av sådana som är aktuella för stubbtäkt, och av arter där stubbarna väntas ha stor betydelse för vedinsekterna

Genomförande

Mats Jonsell (projektledare), Jesper Hansson och Petter Boman institutionen för entomologi, SLU, Uppsala undersöker diversiteten av vedlevande insekter, i första hand skalbaggar, i olika typer av stubbar. De kategorier som jämförs är trädslag (asp, björk, gran, tall), nedbrytningsstadium och grovlek. Nedbrytningsstadierna utgörs av hyggen som är en sommar resp. 3-5 år gamla. Grovleken jämförs i form av två klasser inom det intervall som kan tänkas vara intressant för stubbrytning: stubbar runt 20 cm i diameter och de grövsta stubbarna som kan hittas på de provtagna hyggena. Även en jämförelse av avverkningsstubbar med lågor ingår i projektet.

Projektet genomförs i enlighet med denna projektbeskrivning och i övrigt enligt projektplan i ansökan från juni 2006. Viktiga moment är:

- Litteraturstudie/ kunskapssammanställning inkl bedömningar och möjliga slutsatser. Rapporteras genom lägesrapportering 2006-12-31.
 - Fältstudie med provtagning av stubbar av gran, tall, asp och björk på hyggen av olika ålder, lågor av motsvarande trädslag, samt sortering och bestämning av insamlade insekter.
 - Analyser och rapportering. Rapporten ska diskutera konsekvenser av olika uttagsintensitet för stubbar av olika trädslag.
-

Projekt

P30350-1 Påverkan av stubbrytning på mångfald av svampar samt förekomsten av rötsvampar och rötskador

Period

2006

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 150 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för Skoglig Mykologi, Rimvydas Vasiliauskas

Sammanfattning

Projektet sammanställer kunskap om svampar som förekommer i stubbar i Sverige och hur de påverkas av stubbrytning, samt hur förekomsten och skador av röt-svampar, framför allt rotticka, påverkas av stubbrytning. Fokus på gran, uppgifter för tall, lövträd inkluderas. Miljökonsekvenser för svampar bedöms vid 0, 25, 50, 75 och 100 % uttag av stubbar, på beståndsnivå och i landskapet. Kunskapsluckor identifieras, angelägen forskning föreslås. Rekommendationer för stubbtäkt ges.

Mål

Projektets mål är att ta fram underlag för en MKB om stubbtäkt, genom att sammanställa kunskap om svampar som förekommer i stubbar i Sverige och hur de påverkas av stubbrytning, samt hur förekomsten och skador av rötsvampar, i synnerhet rotticka, påverkas av stubbrytning.

Ett annat mål är att identifiera kunskapsluckor och forskningsbehov på området.

Genomförande

Arbetet genomförs som en litteraturstudie. Viktiga områden att belysa är

- Stubbens ekologiska roll i skogsekosystemet, även i ett historiskt perspektiv
- Hur olika svampgrupper koloniserar och lever i ved och stubbar
- Kan stubbtäkt minska artrikedomen hos olika grupper av vedlevande svampar?
- Stubbens roll som spridningscentrum för rötsvampar och parasiter – innebär stubbtäkt minskad spridning av rötsvampar?
- Innebär stubbtäkt att behovet av att bekämpa rottickan minskar? Ekologiska betydelsen av detta?

Miljökonsekvenser för svampar bedöms vid 0, 25, 50, 75 och 100 % uttag av stubbar, på beståndsnivå och i landskapet, samt med hänsyn till trädslag.

Kunskapsluckor identifieras, angelägen forskning föreslås. Rekommendationer för stubbtäkt ges.

Projekt

PP30467-Stubbrytning – effekter på rotröta och mångfald av svampar

Period

2007-2009

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 2 460 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för Skoglig Mykologi, Rimvydas Vasiliauskas

Sammanfattning

Stubbrytning är ett effektivt sätt att bekämpa röta i skogsbestånd med rötangrepp. Projektets mål är 1) kvantifiera minskningen av rotröta i bestånd med rotröta som följd av stubbrytning och 2) undersöka i vilken grad stubbar har betydelse för mångfalden av vedlevande svampar. Studierna genomförs i gamla försök med stubbtäkt, och med 5-20 år gamla stubbar. Projektet ger underlag om ekonomisk nytta och biologiska konsekvenser vid stubbtäkt.

Mål

Projektets mål är att:

- 1 kvantifiera hur mycket stubbrytning kommer att reducera förekomsten av rotröta och därigenom förbättra skogsekonomin
- 2 undersöka i vilken grad stubbar är av betydelse för mångfalden av hänsynskrävande vedlevande svampar som uppträder på grov död ved.
- 3 presentera resultaten såväl populärvetenskapligt som vetenskapligt.

Genomförande

Projekt kvantifierar minskningen av rotröta vid olika ursprungliga rötfrekvenser och under olika förhållanden. Äldre stubbrytningsförsök (ca. 20 försök) undersöks för att kvantifiera hur mycket rötfrekvensen av rotticka och honungsskivling minskar som resultat av stubbrytning. Rötfrekvensen studeras i etablerade bestånd på ytor med och utan stubbrytning. Ett större antal områden med olika rötfrekvenser och olika förhållanden analyseras för att ge generaliserbara resultat. På varje försöksyta undersöks 50-100 träd genom provtagning av ved, utodling av svamp ur veden och/eller identifiering av rötsvamp genom DNA från veden.

Stubbars betydelse för hotade svamparter på grov granved undersöks i 3-5 områden som är värdefulla för mångfalden av vedlevande svampar, och där avverkning skett för 5-20 år sedan. Rester av 50-100 stubbar per område grävs upp och de svampar som finns i veden identifieras med hjälp av DNA-metodik. Jämförelse görs med områden som har begränsat värde för mångfalden, samt i görligaste mån med ett par andra trädslag som väntas ha större betydelse för mångfalden än vad gran har.

Båda undersökningarna samordnas med andra pågående stubbrytningsstudier för att kunna samverka där så är möjligt. Båda studierna planeras tillsammans med intresserade skogsaktörer.

Rapporten diskuterar konsekvenserna av t.ex. 25 – 50 – 75 – 100 % uttag av stubbar, i olika skogsmiljöer.

Projekt

P30468- Stubbrytningens långsiktiga effekter på kol och näring i marken

Period

2007-2008

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 1 052 000 kr
Sveriges lantbruksuniversitet 360 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för Skoglig Marklära, Maj-Britt Johansson

Sammanfattning

Stubbar är en potentiell bränsleresurs. Vid stubbrytning störs marken kraftigt, som vid markberedning. Det ökar nedbrytningen av markens organiska material, och koldioxid avgår. På kort sikt förloras kol men på längre sikt kan det ev kompenseras av ökad skogsproduktion och ökad produktion av förna. Detta projekt kvantifierar såväl förluster från marken som ökad inbindning av kol i biomassa efter markberedning, och ”översätter” resultaten till stubbtäktens indirekta effekter på kolbalanser.

Mål

Ett övergripande mål är att utreda om stubbrytning kan resultera i oönskade biffekter så som ökade emissioner av koldioxid från skogsmarken samt ökad utlakning av näringsämnen som kan äventyra markens långsiktiga produktionsförmåga. Projektets mål är att:

- 1 ge kunskap om hur markstörningen påverkar markens kol och näringsförråd både kortsiktigt och långsiktigt, d.v.s. hur förändras markens innehåll av näring och kol (kg/ha) med tiden (år efter ingreppet)
- 2 svara på frågan om den ökade nedbrytningen som markomrörningen ger upphov till åren närmast efter ingreppet, och som tär på markens kolförråd, i ett långsiktigt perspektiv kompenseras av en ökad produktion som återför kol från luften till marken via förnan.
- 3 ange vilka marktyper som är mest lämpade för stubbrytning om vi vill begränsa emissionerna av koldioxid till atmosfären.

Genomförande

Under 2007 insamlas markprov från två försökslokaler, representerande mager och normalbördig mark inom ett markberedningsförsök (Jämtland eller Östergötland/ Sörmland). Ytor med harvning, hyggesplogning respektive högläggning samt ytor utan markbehandling provtas för bestämning av kol- och näringsförråd i marken.

Markförrådets storlek av kol och näringsämnen på kontroll, harv, plog och höglagda ytor efter ca. 25 år jämförs med tidigare uppmätta förråd (vid start och efter 5 år). För att utreda om kolförluster som kan inträffa de första åren efter ingreppet kompenseras av en ökad skogsproduktion bestäms kolförråd i trädbiomassa och markvegetation samt årlig tillförsel av kol till marken via förna. Vidare beräknas hur mycket extra kväve som mineraliserats från markberedda ytor.

Utifrån resultat om markberedningens effekter skattas stubbrytningens samlade effekter på kolbalanser med hjälp av bedömningar av hur stor andel av marken som rörs om vid olika former av markberedning respektive stubbrytning. Denna ”omväg” via långsiktiga markberedningsförsök väljs framför gamla stubbrytningsförsök då de senare inte är lika kontinuerligt uppföljda vad gäller kolförrådets utveckling i mark och träd. Dessutom finns markberedningsförsök på flera olika marktyper i samma klimatläge.

Samarbete sker mellan detta projekt och andra relaterade projekt om stubbtäkt, kolbalanser och markens organiska material. Projektrapporten ska diskutera konsekvenserna av t.ex. 25 – 50 – 75 - 100 % uttag av stubbar, med olika metoder och i olika skogsmiljöer.

Projekt

P30474-1 Kort- och långsiktiga effekter på markkolet vid stubbrytning

Period

2007-2008

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 986 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för Skoglig Marklära, Monika Strömngren

Sammanfattning

Stubbar kan tas ut som biobränsle. En kritisk fråga är om stubbrytning leder till att markens organiska material bryts ner. Detta projekt undersöker hur stubbrytning påverkar markens koldioxidavgång under två år efter ett ingrepp, relaterat till graden av markstörning/skador. En ökad skogsproduktion skulle på sikt kunna kompensera för förluster av markorganiskt material. Projektet studerar därför även långsiktiga effekter av stubbrytning på kolförråd i mark och biomassa.

Mål

Målet är att undersöka hur markens koldioxidavgång (kolbalans) påverkas av uttag av stubbar jämfört med en referens där inget uttag av stubbar sker. Projektet ska ge svar på:

- 1 Hur stor är skillnaden i koldioxidavgång från marken (markrespirationen) mellan behandlingarna?
 - Hur stor är skillnaden direkt efter ett ingrepp och de följande två åren?
 - Hur stor är skillnaden efter 25-30 år?
- 2 Hur ser den rumsliga variationen ut? Hur påverkas koldioxidavgången av hur stor andel av marken som påverkats/skadats av stubbrytningen?
- 3 Hur har markens och biomassans kolförråd påverkats 25-30 år efter en behandling?

Genomförande

Koldioxidavgången från mark (markrespirationen) mäts på ett område med stubbrytning och på en jämförbar närliggande referensyta. Mätningarna av markrespirationen utförs i fält med ett bärbart markrespirationssystem.

Delprojekt 1: Direkt effekt av stubbrytning. Markrespiration mäts direkt efter en stubbrytning och följs sedan under två år. Mätningar görs även före behandlingen. Mätningar sker på mark som har störts och mark som är ”ostörd”. En uppskattning av andelen ”störd” mark görs för att kunna skala upp respirationen till

bestånds nivå. Skillnaden mellan störd och ostörd mark kan ge ett svar på hur stubbrytningar med olika intensitet påverkar markrespirationen.

Delprojekt 2: Långsiktiga effekter av stubbrytning. Här studeras effekten av stubbrytning 20-30 år. Det inbegriper uppskattning av både markens och biomassans kolförråd. Här utnyttjas stubbrytningsförsök från 1970-talet.

Projektrapporten ska diskutera konsekvenserna av t ex 25 – 50 – 75 – 100 % uttag av stubbar, i olika skogsmiljöer, och med olika metoder

Projekt

P30475-1 Är murkna stubbar hot-spots för skogens biologiska mångfald

Period

2007-2008

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 950 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för Ekologi och Miljövård, Tryggve Persson

Sammanfattning

Stubbar är en viktig miljö för ryggradslösa djur. Projektet bedömer om stubbrytning leder till förlust av arter som är beroende av åldrande stubbar. Studien görs i en serie från unga till gamla stubbar av främst gran och tall i norra och södra Sverige. Antal, artrikedom och diversitet bestäms hos faunan i stubbarna. Resultatet jämförs med faunan i omgivande miljöer för att klargöra vilka arter som är unikt beroende av stubbar. Projektet blir underlag för MKB om stubbtäkt.

Mål

Projektets mål är att

- i en åldersserie från unga till gamla stubbar av främst gran och tall belägna i en gradient från norr till söder, och i olika skogsmiljöer, bestämma individtäthet, artrikedom och diversitetsindex hos förekommande evertebrater.
- i anslutning till denna serie bestämma individtäthet, artrikedom och diversitetsindex hos evertebrater i den omgivande marken för att klargöra vilka arter som är unikt beroende av stubbar för sin överlevnad.

Om möjligt anges kriterier för att identifiera stubbar som är särskilt angelägna att spara

Genomförande

Faunan undersöks i en åldersserie av stubbar, i en nord-syd-gradient. Serien innefattar om möjligt fyra åldersstadier (5-10 år, 20-25 år, 30-40 år och 60-80 år). Gran och tall är prioriterade trädslag, men finns björk och asp på samma lokal tas dessa med i analysen. Olika typer av skogsmiljöer med varierande grad av naturvärden undersöks också.

Rapporten ska så långt möjligt diskutera konsekvenserna av t ex 25 – 50 – 75 – 100 % uttag av stubbar, i olika skogsmiljöer, och för olika trädslag. Kriterier för att identifiera stubbar som helst bör sparas med hänsyn till biodiversiteten föreslås

Projekt

P30476-1 Stubbrytningens effekter på skogsekosystemets koldioxidbalans

Period

2007-2009

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 1 239 000 kr

Formas 137 000 kr

Projektansvarig

SLU, Institutionen för Ekologi och Miljövård, Achim Grelle

Sammanfattning

För att bestämma effekter av stubbtäkt på skogens kolbalans mäts koldioxidflöden i luften ovanför ytor där stubbar skördats respektive lämnats kvar. Det ger förståelse för processer som styr koldioxidflödet samt mängd utsläppt koldioxid. Jämförelse med flödesmätningar på en stormfälld yta med och utan stubbrytning (annat projekt) kan visa olika effekter av brytning av markfasta och stormryckta stubbar för ytans kolbalans.

Mål

Målet är att uppskatta årlig koldioxidbalans där stubbar skördats och jämföra med koldioxidbalans på referensytor som har avverkats på traditionellt sätt.

Skillnader i koldioxidutsläpp mellan ytorna relateras till den koldioxidbesparing som erhålls när stubb-bränslet ersätter fossila bränslen.

Genomförande

- 1 Ett nytt flödesmätsystem installeras på en yta (ej stormfälld) där stubbarna har tagits bort. CO₂-flöden mäts kontinuerligt under 3 år, tillsammans med meteorologiska data.
- 2 Jämförelse med CO₂-flöden från en föryngringsyta med stubbar kvar
- 3 Jämförelse med CO₂-flöden från stormfällda ytor med och utan stubbar
- 4 Övervakning av vegetationsutvecklingen på försöksytan med optiska metoder

Samordnat av SLU's fältforskningsenhet bryts stubbar på en lämplig skogsyta i Mellansverige. Detta projekt mäter ekosystemflödena av CO₂ kontinuerligt med mikrometeorologiska metoder (eddy-correlation), och utgör komplement till markrespirationsmätningar (annat samverkande projekt) på samma försök. Projekten kompletterar varandra eftersom den ena metoden mäter respirationen av bara marken punktvis och med intervaller, och den andra metoden kontinuerligt mäter hela ekosystemets CO₂-balans som inkluderar vegetationen och alla ojämnheter på ytan.

Arbetet innefattar att relatera CO₂-flöden till klimatförhållanden, och processer studeras genom bl.a. responsfunktioner av CO₂-flödena på ljus, temperatur och markfuktighet. Detta visar skillnader i ytornas totala förmåga att ta upp respektive släppa ut CO₂ och därmed stubbarnas betydelse för kolbalansen. Projektet tillhandahåller data för modeller om uppskalning av flödena i rum och tid (uppskalning sker utanför ramen för detta projekt).

Kortsiktig påverkan av stubbtäkt på plantors tillväxt registreras. Projektet utgör en grund för fortsatta mätningar och mer långsiktig uppföljning av eventuella effekter på ekosystemets kolinbindning genom stimulerad eller dämpad tillväxt. Det skulle göra det möjligt att beskriva den samlade långsiktiga effekten av stubbtäkt på kolbalanserna.

Projekt

P30480-1 Miljöeffekter av stubbrytning på vattenkvalité

Period

2006-2010

Beviljat belopp totalt

Energimyndigheten 3 265 000 kr

Sveriges lantbruksuniversitet 1 100 000 kr

Övriga finansiärer 1 450 000 kr

Projektansvarig

SLU. Institutionen för Miljöanalys, Kevin Bishop

Sammanfattning

Stubbar är en potentiell bränsleresurs, men miljöeffekterna av stubbtäkt är dåligt kända. En risk är försämrad vattenkvalitet efter stubbskörd. Detta projekt beskriver stubbrytningens effekter på vattenkvaliteten (partiklar, kväve, humus, kvicksilver etc.) Studierna görs inom avrinningsområden på marker där Sveaskog utför pilotförsök med stubbrytning.

Mål

Projektets mål är att ta fram ny kunskap om hur stubbtäkt påverkar berörda vattenmiljöer, med avseende på flöden och halter av partiklar, organiskt kol, nitrat, totalkvicksilver och metylkvicksilver, samt om försurningstillståndet påverkas.

Ett annat mål är att bidra till utbildningen av en doktorand med fokus på bioenergens miljöfrågor.

Genomförande

Mätningar i avrinningsvatten (koncentrationer och flöden av kväve, partiklar, syraneutraliserande förmåga, organiskt kol, totalkvicksilver och metylkvicksilver) genomförs under tre år i stubbtäktområdet i Bergslagen. Tre avrinningsområden följs:

- 1 Ej avverkad skog
- 2 Hygge som avverkats 2006 och där stubbar tas ut under hösten 2007
- 3 Hygge som avverkats 2006 och som markbereds hösten 2007, men med stubbarna kvar.

Mätningar pågår under tre år. Första säsongens mätningar registrerar förhållandena innan stubbtäkt respektive markberedning. De två följande åren registreras effekter av behandlingarna.

Projektrapporten ska jämföra effekter av stubbtäkt med effekter av markberedning, och även diskutera betydelsen av olika intensitet av stubbtäkten (andel av stubbar som tas ut).

Projekt

P30424-1 Stubbpoolens kolbalans idag och effekter av ökad efterfrågan av stubbar som biobränsle

Projektansvarig

H Petersson

Mål

Frågan om stubbar som biobränsle är nu aktuell. Utifrån data och simuleringar undersöker projektet i vilken utsträckning stubbar kan räknas som ett koldioxid-neutralt bränsle, och hur stubbrytning kan påverka framtida kolbalanser i döda stubb- och rotsystem på nationell nivå. Lämplig mängd brytbar stubb-biomassa skattas utifrån resultat i detta projekt samt från andra projekt om stubbtäktens miljökonsekvenser

Sammanfattning

Projektets mål är att ge svar på frågor kring kolbalanser och biomassauttag i samband med stubbrytning, och att utveckla nedbrytningsfunktioner för döda stubb- och rotsystem. Projektet bidrar också till utbildning av en forskar-studerande.

Övriga projekt

Jörgen Rudolphi, SLU, Uppsala, har tittat på mossfloran på stubbar i 4- till 18-åriga bestånd. Studien omfattar grandominerad normalbonitetsskog i Uppland. Publikationer väntas.

Sandro Carusos (SLU, Uppsala) planerar studier över lavfloran på stubbar. Han har gjort successionsstudier och också gjort jämförelser mellan stubbar och grenar/ris.

Per-Olov Hedgren och Åke Lindelöw, SLU, Uppsala, har i projektet "Vedinsekter i granstubbar - en jämförelse mellan högstubbar och vanliga avverkningsstubbar" inventerat faunan på högstubbar och avverkningsstubbar av gran på kalhyggen. Studien inkluderar vedlevande insekter, också grupper som är sparsamt studerade som parasitsteklar.

Projekt i Finland

- 1 *Bioenergi från skog*: Ett forsknings- och utvecklingsprogram som koordineras av professor Hannu Ilvesniemi, Metla, vid enheten i Vanda. Under 2005-2006 anlades nya försöksytor i tre regioner; norra, centrala och södra Finland. Försöksytorna har anlagts i föryngringsmogna granbestånd som kommer att avverkas 2008. Målet med forskningsprogrammet är att undersöka vilka effekter markberedning, stubbskörd och uttag av avverkningsrester har på närings-cirkulation, markdjur, mikroorganismer, plantetablering och utveckling,

succession av växtlighet samt kolbalans. Forskningsperioden är planerad mellan 2007 och 2012 och fältundersökningar kommer att pågå från 2008 till 2012. Andra samarbetspartner är UPM Kymmene Oyj och Kemira. I den aktuella ansökan ansvarar fältforskningsstationen i Muhos (Metla) för organisationen, anläggning av fältförsök och mätningar, UPM Kymmene Oyj för aktiviteter såsom avverkning, markberedning, stubbskörd osv.

Val av försöksytor: 2005-2006 nya försöksytor har anlagts i tre regioner med 3 upprepningar av varje behandling i varje region. Försöksytorna (40x40 m) har anlagts i förnyingsmogna granbestånd som avverkas 2008.

Behandlingarna:

- (i) kontroll (stående skog),
- (ii) kalavverkning+högläggning*,
- (iii) kalavverkning+högläggning*+uttag av hyggesrester
- (iv) kalavverkning+högläggning*)+stubbskörd
- (v) kalavverkning+högläggning*+uttag av hyggesrester+ stubbskörd

I varje parcell finns 5 grundvattensbrunnar för mätningar av grundvatten kvalitet.

Man kommer dessutom att utnyttja tidigare erfarenhet av effekter av uttag av avverkningsrester på näringscirkulation från gamla fältförsök. Särskild intressanta försök är fältförsök i Kivesvaara i Paltamo där man har följt effekter av markberedning på plantutveckling, beståndsegenskaper och miljö. Från dessa försök har man de längsta mätserierna på näringsutlakning till yt- och grundvatten. Man har även undersökt effekter av kalavverkning, uttag av hyggesrester och hyggesplöjning på grundvatten.

- 2 Taina Pennanen och Hannu Fritze i Finland precis fått forskningsmedel för att följa upp vad som sker mikrobiellt (bakterier och svampar; artmässigt och funktionellt) efter stubbskörd. Den finska forskargruppen kommer att följa upp hyggen efter stubbskörd i flera år.
- 3 Juha Siitonen (Metla) har ett project som studerar effekten av nya skötselmetoder som gynnar biodiversiteten och där studeras även betydelsen av stubbar på ett antal organismgrupper som lavar, skalbaggar och svampar. Data finns från 500 försöksytor och 100 000 dödvedsobjekt varav 30 % utgör stubbar av olika diametrar både på hyggen och i gallringsbestånd.
- 4 I Finland planerar Eero Kubin ett stort fältförsök vid fältforskningsstationen i Muhos (Metla). Försöket innefattar stående skog (kontroll), kalavverkning med markberedning (högläggning), GROT-uttag och stubbrytning samt kombinationer av dessa metoder. Effekter på näringscirkulation, markdjur och markmikroorganismer, plantetablering och utveckling, växtsuccession och kolbalans kommer att studeras.

Bilaga 3 Tillgängliga långsiktiga fältförsök

Vid SLU finns tre försöksserier utlagda under perioden 1978-1990 som fortfarande är tillgängliga för att utnyttjas för studier som berör stubbrytningens effekter. Dessa försök revideras fortlöpande men kan även användas för nya frågeställningar där man vill studera långtidseffekter. För kontakt hänvisas till Enheten för skoglig fältforskning vid SLU, www.esf.slu.se.

1. Försöksserie anlagd av Lars Kardell vid f.d. inst. för skoglig landskapsvård med syfte att studera effekter av ris- och stubbtäkt på markvegetation och föryngring. Varje försök består av två block om vardera fyra parceller, vilka med ett undantag mäter 40 x 40 m med en fem meter bred kapp. Undantaget är Tagel där parcellerna är 30 x 40 m. Piteå (Yttersta), har endast en upprepning. Varje parcell omges av en 5 m bred kapp. Försöken är anlagda som randomiserade blockförsök med fyra behandlingar och två upprepningar. Inom varje yta utlottades 25 smårutor om 1 x 2 meter vilka fortsättningsvis utnyttjades för såväl vegetationsanalyser som bärplockning. Ytorna lades ut i den mogna skogen året innan slutavverkning. Beståndet inmättes och markvegetationen beskrevs. Bär plockades. Parcellerna restaurerades efter slutavverkningen, vilken som regel utfördes säsongen 1979/80. År 1980 risrensades aktuella ytor och denna höst stubbröts de flesta lokaler. Därefter genomfördes med något års fördröjning maskinell markberedning av samtliga försök varefter plantering verkställdes.

Behandlingarna utgjordes av tre olika skördeintensiteter:

- 1 Kontroll, dvs normalhygge med ris och enbart skörd av stamved
- 2 Ristäkt, skörd av hela trädbiomassan ovan stubben
- 3 Stubbtäkt, skörd av stamved och stubbar
- 4 Stubb- och ristäkt, dvs skörd av hela trädbiomassan inkl stubben

2. Försöksserie anlagd av Bo Leijon vid f.d. inst för skogsskötsel. Syftet med försöken var att undersöka långsiktig inverkan på tillväxten av stubbtäkt med eller utan samtidig täkt av grenar och toppar i slutavverkning. Varje försök består av fyra upprepningar och tre behandlingar. Parcellerna är 24,5m x 24,5 m med en kapp om 1,9 m runtom varje parcell.

Behandlingarna utgjordes av tre olika skördeintensiteter:

- 1 Med ris med stubbar
- 2 Med ris utan stubbar
- 3 Utan ris utan stubbar

3. Försöksserie utlagd av Per Gemmel och Göran Örlander vid inst. för sydsvensk skogsvetenskap för att studera markeffekterna av djupplöjning vilket har relevanta paralleller för effekter av stubbrytning. Syftet med försöksserien var att studera långsiktiga effekter av kraftig markberedning. Varje försök består av två behandlingar och fyra upprepningar (endast två vid ett av försöken på Asa.) Parcellerna är mellan 20-40 x 20-40 m.

Behandlingarna består av:

- 1 markberedd kontroll
- 2 djupplöjning

Försöks- serie	Lokalnamn	Län	Anl.- år	Trädslag	Antal försöks- led	Antal upprep- ningar	Bonitet
1.							
	Tagel	Kronobergs län	1978	<i>Picea abies</i>	4	2	G32
	Kvisslevägen	Jämtlands län	1979	<i>Pinus sylvestris</i>	4	2	T20
	Rackasberg	Värmlands län	1979	<i>Picea abies</i>	4	2	G20
	Svartberget	Västerbottens län	1979	<i>Picea abies</i>	4	2	G22
	Garpenberg	Dalarnas län	1978	<i>Pinus sylvestris</i>	4	2	G24
	Remningstorp	Västra Götalands län	1979	<i>Picea abies</i>	4	2	G30
	Yttersta, Piteå	Norrbottnens län	1979	<i>Pinus sylvestris</i>	4	1	T21
	Ekenäs	Södermanlands län	1979	<i>Pinus sylvestris</i>	4	2	T26
2.							
	Parlahöjd	Dalarnas län	1982	<i>Pinus sylvestris</i>	3	4	T24
	Tönnersjö- hedens FP	Hallands län	1982	<i>Picea abies</i>	3	4	G35
	Lyckan	Västerbottens län	1983	<i>Pinus sylvestris</i>	3	4	T19
	Slogberget	Dalarnas län	1981	<i>Picea abies</i>	3	4	G26
3.							
	Vindeln	Västerbottens län	1988	<i>Betula</i> , <i>Picea abies</i>	2	4	
	Vindeln	Västerbottens län	1988	<i>Pinus contorta</i>	2	4	
	Asa FP	Kronobergs län	1990	<i>Betula</i>	2	2	
	Asa FP	Kronobergs län	1990	<i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	2	4	
	Övraby	Hallands län	1990	<i>Quercus robur</i> , <i>Tilia cordata</i>	2	4	
	Vråskogen	Kronobergs län	1990	<i>Picea abies</i>	2	4	