

Skog, Klimat och Miljö

ett projekt i Norr- och
Västerbotten 2012–2014



Slutrapport



Skogen, klimatet och miljön

Den svenska skogen binder årligen närmare 140 miljoner ton koldioxid, vilket motsvarar nästan dubbelt så mycket som Sveriges samlade CO₂-utsläpp. Sveriges "skogskonto" är således betydande och växer för varje år, vilket i sin tur ger stora möjligheter att utveckla vårt samhälle till att bli mer biobaserat. Samtidigt är det ett faktum att jordens befolkning ökar och vi förbrukar allt mer energi och produkter. Det blir därför viktigare att vi hushåller med våra naturresurser, att vi utvecklar kretsloppssystem samt att vi ersätter fossil energi och icke förnybara byggmaterial med hållbara alternativ.

Vi lever också i en tid då skogen får en allt viktigare roll för många olika delar i samhället. Skogens resurser efterfrågas av allt fler. Förutom att erbjuda skogsråvara till industrin ses skogen även som en självklar tillgång för naturupplevelser, rekreation och hälsa. När en och samma resurs ska tillgodose flera olika intressen uppstår ibland konflikter. Trots att det ibland uppstår konflikter när skogens olika nyttor ska förenas är det viktigt att diskussionen fortsätter, så utvecklingen mot ett mer hållbart samhälle inte stannar av. Genom samverkan och öppen dialog mellan olika intressegrupper tror jag vi kan uppnå en balans mellan intressemålen.

Projekt Skog, Klimat och Miljö är ett treårigt (2012–2014) samverkansprojekt som har rymt flera av samhällets stora framtidsfrågor. Med gemensamma insatser har projektets samtliga samarbetsparter byggt upp ett visningsområde, Tomteboskogen, strax utanför Umeå. I området presenterar projektet hur vi kan utveckla kretsloppssystem mellan samhälle och skog, för att hushålla med våra naturresurser samt öka skogstillväxten och skogens klimatnytta. Min förhoppning är att visningsområdet ska fortsätta att utvecklas och nyttjas av organisationer, myndigheter och allmänheten, men även fungera som en viktig plats för forskningsändamål. Jag är fullt övertygad om att visningsområdet har en viktig roll att fylla i framtiden.

Vid ökad skogstillväxt utvecklas även näringslivet, nya företag och nya arbetstillfällen uppstår. Under projekttiden har ett antal nya jobb skapats i aktiviteter som är direkt knutna till projektet. Skogsentreprenörerna har dessutom vågat investera i utrustning

och maskiner. Därutöver har deltagande företag och intressenter tillgodosett sig värdefull kompetens för att utveckla metoder och arbetssätt, som bör leda till ökad lönsamhet i företagen. I ett längre perspektiv har projektet förhoppningsvis bidragit till en långsiktig energiförsörjning och till ett hållbarare skogsbruk.

Slutligen vill jag tacka projektets styrgrupp och projektgrupp för att de frikostigt har bidragit med sina kompetenser samt för ett bra samarbete som utmynnat i ett utomordentlig genomförande av projektets aktiviteter. Du hittar dem alla på sidan åtta i den här slutrapporten.

Tack för ett bra lagarbete!



Åsa Nilsson
Projektkoordinator,
Länsstyrelsen Västerbotten

Innehåll

Förord	sid 3
Sammanfattning	sid 5
Om projekt Skog, Klimat och Miljö	sid 6
Bakgrund	sid 6
Syften och mål	sid 7
Projektets aktiviteter	sid 7
Projektmedarbetare	sid 8
Kvinnliga skogsägare	sid 9
Visningsområdet Tomteboskogen	sid 10
Projektledarens kommentar	sid 17
Skogsskötsel på marginalmarker	sid 18
Klenträdsavverkning	sid 18
Markberedning/plantering	sid 19
Dikningsåtgärder	sid 20
Markägarnas vinster	sid 22
Projektledarens kommentar	sid 23
Skogsägarens kommentar	sid 24
Entreprenörens kommentar	sid 25
Restprodukter i kretsloppet	sid 26
Gödslingsförsök fastmark/torvmark	sid 27
Provtagningar markvatten/ytvatten	sid 29
Projektledarens kommentar	sid 31
Skörd och transport av trädbränslen	sid 32
Inventering av marginalmarker	sid 33
Fältstudier på drivningssystem	sid 34
Fältstudier på system för flisning/transport	sid 40
Jämförelser av leveranssystem	sid 44
Slutsatser om skörd och transport	sid 46
Projektledarens kommentar	sid 47
Vidare läsning	sid 47

Text: Dan Bergström, Raul Fernandez Lacruz, Mikael Forsman, Johan Lundbäck, Åsa Nilsson och Calle Bredberg.

Fotografer: Marie Sparreus/Azote, Mikael Forsman, Raul Fernandez Lacruz, Johan Lundbäck, Calle Bredberg och Mikael Widerlund.

Grafisk form och illustrationer: Gunilla Guldbrand, Guldbrand & Guldbrand.



Sammanfattning Summary

Det treåriga projektet Skog, Klimat och Miljö (2012–2014) har via fyra olika delprojekt arbetat med att öka produktionen av förnybar energi, med ökad miljöhänsyn och effektiva klimatinsatser. Syftet har varit att öka skogstillväxten, liksom skogens klimatnytta. Projektets ambition har dessutom varit att utveckla kretsloppssystem mellan samhälle och skog samt att stärka och utveckla näringslivet inom de berörda områdena.

Länsstyrelsen i Västerbotten har varit projektägare och de fyra delprojekten har letts av Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Sveaskog, Norra Skogsägarna och Umeå kommun. SLU har haft ansvaret för studier av olika tekniker och metoder vid skörd och transport av biomassa, medan Sveaskog har koncentrerat sina försök på gödning med restprodukter. Norra Skogsägarnas delprojekt har fokuserat på skogsskötsel på marginalmarker, där privata skogsägare har deltagit aktivt i projektet. Umeå kommun har tillhandahållit mark och resurser för uppbyggnad av ett visningsområde strax utanför Umeå tätort. Det unika och mycket uppskattade visningsområdet, Tomteboskogen, är resultatet av ett samarbete mellan Skog, Klimat och Miljös samtliga delprojekt.

Resultaten visar att det är möjligt att öka produktionen av förnybar energi ur skogen. Projektet har visat entreprenörer ny teknik för att skörda och transportera biomassa, som ger lägre leveranskostnader än dagens praxis. Inte minst har projektet påvisat stora logistiska fördelar med vissa tekniker för att komprimera biomassan redan vid skörd. Ett stort antal goda exempel har även tagits fram bland privata skogsägare, där det har varit en omställning från passivitet till att verkligen nyttja den nedlagda åkermarkens produktionsförmåga för lönsamma satsningar på framtiden. Främst är det klenträdsavverkningar, markbehandlingar och dikningar som har genomförts på de skogsfastigheter som har deltagit i projektet.

Skog, Klimat och Miljös arbete med att skapa effektiva kretslopp har till stor del handlat om att koppla olika restprodukters egenskaper till rätt plats, utan att riskera negativa miljöeffekter. Projektets forskningsresultat pekar på stora nyttor med att använda dessa restprodukter inom skogsbruket, där gödning med bionäring och aska har en tydlig potential att öka tillväxten i våra nordliga skogar.

The three-year project entitled Forest, Climate and the Environment (2012–2014) has, through four separate sub-projects, worked to increase the production of renewable energy, with increased environmental consideration and effective climate efforts. The aim has been to increase forest growth as well as the forest's climate benefits. The project has also had the ambition of developing the recycling system between society and the forest, as well as strengthening and developing the commercial sector within the affected areas.

The County Administrative Board in Västerbotten has run the project, and the four sub-projects have been led by the Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Sveaskog, Norra Skogsägarna and Umeå Municipality. SLU has been responsible for studying various technologies and methods used in the harvesting and transport of biomass, while Sveaskog has concentrated its trials on fertilising with residual products. Norra Skogsägarna's sub-project has focused on forest management on marginal land, with private forest owners participating actively in the project. Umeå Municipality has supplied land and resources for the development of a display area just outside of Umeå. The unique and much appreciated display area, Tomteboskogen, is the result of a collaboration between all of Forest, Climate and the Environment's sub-projects.

The results show that it is possible to increase the production of renewable energy from the forest. The project has presented new technology to contractors relating to the harvesting and transport of biomass, resulting in lower delivery costs than the current practice. In particular, the project has demonstrated major logistical benefits achieved through certain technologies for compressing biomass at the time of harvesting. Many good examples have also been developed by private forest owners, where there has been a shift from a passive approach to really utilising the production capacity of disused arable land for profitable ventures in the future. Above all, small tree harvesting, site preparation and ditch construction have been performed on the forest properties that have been involved in the project.

Forest, Climate and the Environment's work relating to the creation of effective eco-cycles has largely focused on linking the properties of various residual products to the right place, without risking negative environmental effects. The project's research results indicate considerable benefits from the use of these residual products within forestry, where fertilising using bionutrients and ash have a clear potential to increase growth in our northerly forests.

Bakgrund

Allt pekar på att vi i framtiden kommer att få en förändring av jordens klimat. För Västerbottens del kommer en temperaturhöjning att medföra ökad tillväxt i våra skogar. Vegetationsperioden kommer att bli en månad längre år 2050 och Umeå får en vegetationsperiod som man idag har i Sala. Nackdelarna blir en ökad förekomst av skadeinsekter och svampar. Vi kommer få kortare vintrar, men mer snö kommer att falla vid enstaka tillfällen. Snöperiodens längd minskas från sex månader idag till tre månader år 2100. Vi får en ökad nederbörd, men antalet regndagar blir inte fler, intensiteten i nederbörden blir istället häftigare. Blötare marker kommer att behöva dikas och det blir mer markskador vid drivningsarbetet. Fler stormar kommer troligtvis att uppstå. Ett större virkesförråd och otjälad mark medför att fler träd kommer att blåsa omkull.

Vi kan ana hur klimatförändringarna kommer att slå men vi vet inte riktigt säkert, därför är viktigt att

motverka klimatförändringarna så mycket vi kan. När jordens befolkning dessutom ökar och vi förbrukar allt mer energi och produkter, blir det också allt viktigare att vi hushåller med våra naturresurser, att vi utvecklar kretsloppssystem samt att vi ersätter fossil energi och icke förnybara byggmaterial med hållbara alternativ. Det är viktigt att förstå att genom att öka skogens tillväxt ytterligare kan vi motverka klimatförändringarna, utveckla näringslivet och ställa om från energikällor och byggnadsmaterial som inte är förnybara.

Skog, Klimat och Miljö kan anses vara en fortsättning på de tidigare projekten, "Ökad produktion av biobränsleråvara – minskat oljeberoende" och "Bioenergi-gårdar i ett nytt landskap". I det här projektet ville vi ytterligare stimulera till samarbete för att undanröja hinder. Vid ökad konkurrens om skogens nyttor krävs ett ökat samarbete, samverkan och förståelse mellan sektorer och branscher för att kunna tillgodose den



Västerbottens landshövding, Magdalena Andersson, invigningstalar på visningsområdet Tomteboskogen.

ökande efterfrågan av trädbiomassa, och samtidigt verka för ökad natur-/miljöhänsyn och effektiva klimatinnsatser. I tidigare projekt har de privata, offentliga och akademiska sektorerna varit involverade. I detta projekt har vi gått ett steg längre och involverat en fjärde sektor, nämligen den civila sektorn – allmänheten. Vi ville involvera hela samhället för att på bästa sätt utveckla ett aktivt kretslopp mellan samhälle och skogsbruk. Genom att involvera hela samhället och dess aktörer ökar vi möjligheterna till samarbete och samförstånd i frågor inom skog, klimat och miljö.

Projektets syfte

Det övergripande syftet med projektet har varit att stärka och utveckla näringslivet i Västerbottens och Norrbottens län inom affärsområdena skog, klimat och miljö. Syftet har vidare varit att verka för ökad produktion av förnybar energi med ökad natur-/miljöhänsyn och effektiva klimatinnsatser. Dessutom har projektets arbetat med att skapa effektiva kretslopp mellan samhälle och skog, bland annat genom att koppla olika restprodukters egenskaper till rätt plats utan att riskera negativa miljöeffekter.

Målsättningar

Projektet Skog, Klimat och Miljö har arbetat efter en rad uttalade huvudmålsättningar. Varje delprojekt

har dessutom haft ett antal egna målsättningar, som de har arbetat efter inom sina respektive områden. Förutom de målsättningar som listas i faktarutan nedan har projektet lagt tonvikt på att sprida information, kunskap och erfarenheter. Det har bland annat skett genom informationsträffar, skogs dagar, fältbesök, mässdeltagande och riktad information till kvinnliga skogsägare.

Ett samverkansprojekt

De fyra delprojekten har samarbetat via regelbundna träffar, men även i det praktiska arbetet. Visningsområdet Tomteboskogen har varit navet i samsamarbetsprojektet, där samtliga delprojekt har haft sina ansvarsområden, med Norra Skogsägarnas projektmedarbetare som huvudansvariga. Likaså har Norra Skogsägarnas delprojekt samarbetat med SLU om upparbetning av trädbränsle, liksom med analyser av sammanställda produktionsdata från klenträdsavverkningar. Sveaskogs delprojekt har också haft ett nära samarbete med SLU när det gäller analyser och sammanställning av resultat. Dessutom har ett flertal delprojektöverskridande skogs dagar och maskinvisningar genomförts i projektets regi.

Projektets aktiviteter

Förutom interna träffar och seminarier, mässbesök och deltagande i olika arrangemang, har Skog, Klimat

Målsättningar

- Stärka och utveckla näringslivet i Västerbotten och Norrbotten inom affärsområdena skog, klimat och miljö.
- Effektivisera och öka produktionen av förnybar energi från skogen, med ökad natur- och miljöhänsyn och effektiva klimatinnsatser.
- Skapa ett modellområde där kretsloppsanpassning, effektiv markanvändning samt hållbart skogsbruk kan demonstreras.
- Bidra till ett hållbart skogsbruk, med hänsyn till biologisk mångfald och god markvård.



Visning av planteringsaggregatet Bracke P11 under en skogs dag i Hössjö maj 2013.

Information och organisation



Projektets skogs dagar har varit välbesökta.

och Miljö genomfört en rad publika arrangemang. Här listas de viktigaste aktiviteterna:

- 2013-05-25 Skogsdag i Hössjö, med cirka 400 besökare.
- 2013-08-24 Familjeskogsdag i Hökmark, med cirka 450 besökare.
- 2013-08-27 Testvisningsdag för uppbyggnad av visningsområde.
- 2013-11-06 Fältdemonstration och seminarium i Umeå, i samarbete med Forest Refine och INFRES.
- 2013-11-18 Seminarium i Piteå i samarbete med BioFuel Region.
- 2014-04-10 Inspirationsdag för kvinnor. 140 deltagare.
- 2014-05-16 Maskinvisning Fixteri FX15 i Holmsund, i samarbete med Forest Refine och INFRES.
- 2014-05-17 Skogsdag på visningsområdet Tomteboskogen, drygt 500 besökare.
- 2014-05-24 Framtidsvecka i Sikenäs, med cirka 300 besökare.
- 2014-09-16 Västerbottens landshövding, Magdalena Andersson, inviger visningsområdet utanför Umeå.
- 2014-09-27 Familjeskogsdag på visningsområdet, med över 1000 personer.
- 2014-11-26 Slutkonferens vid SLU i Umeå.

Många av aktiviteterna har koncentrerats till visningsområdet Tomteboskogen, utanför Umeå, där kretsloppet mellan samhälle och skog kommuniceras på ett pedagogiskt sätt. Den som är nyfiken på att läsa mer

om visningsområdet kan gå in på skogklimatmiljo.se, där det även finns kontaktuppgifter för organisationer som vill boka aktiviteter i området.

Projektledning och medarbetare

Ett projekt av SKM:s dignitet kräver relativt stora personresurser, inte minst när det gäller att genomföra fältförsöken. Under projektiden har sammanlagt 20 heltidstjänster arbetat med projektledning och fältarbete. Till detta kommer ytterligare 275 heltidstjänster hos de entreprenörer som har involverats i projektet.

Länsstyrelsen Västerbotten har varit huvudman för projektet, där Åsa Nilsson har haft det övergripande ansvaret som projektkoordinator. Projektets styrgrupp har bestått av ordförande Staffan Westlin, Nils Broman, Norra Skogsägarna, Göran Ernstson, Umeå Energi och Ann-Britt Edfast, Sveaskog. Projektgruppen har bestått av Johan Lundbäck, Sveaskog, Mikael Forsman, Norra Skogsägarna, Per Westergren, Umeå kommun och Dan Bergström, SLU. Dessa har i sin tur haft ett antal projektmedarbetare till sin hjälp; Jenny Lindgren och Martin Lundgren vid Norra Skogsägarna, Hans Winsa vid Sveaskog samt Kenneth Sahlén, Raul Fernandez Lacruz, Mikael Öhman och Tomas Nordfjell vid SLU. Därtill tillkommer alla säsongsanställda, entreprenörer samt ett antal tjänstemän som på olika sätt har bidragit med sin kompetens. Norra Skogsägarna, Umeå kommun och Sveaskog har varit engagerade sedan uppstarten i januari 2012, medan SLU införlivades i projektet hösten 2013.

Kvinnliga skogsägare tycker till

Hälften av Sveriges skogar ägs av privata skogsägare och närmare 40 procent av dessa är kvinnor, men skogsbruket betraktas ändå som långt ifrån jämställt. Bland annat är de kvinnliga skogsägarna relativt osynliga i många sammanhang, inte minst på de aktiviteter som arrangeras av skogsbrukets företrädare.

I samband med en inspirationsföreläsning för kvinnliga skogsägare, med över 140 deltagare, genomförde projektet en enkätundersökning. Enkäten ledde bland annat fram till en lång rad förslag på skogsaktiviteter för att attrahera kvinnor. Kvinnorna var mycket positiva till föreläsningen och majoriteten hade sett över sin fastighet det senaste året. Många av de svarande hade en aktuell skogsbruksplan.

Förslagen på skogsaktiviteter resulterade i en lista på ett 30-tal punkter. Här är några av dem:

- Teman kring "att vara skogsägare".
- Motorsågs- och röjsågs kunskap för kvinnor.
- Svampkvällar.
- Ekonomikurser/föreläsningar/studiecirklar.
- Skatte- och lagfrågor.
- Fler föreläsningar med externa föreläsare.
- Föreläsningar om grönt skogsbruk.

Ett tydligt mönster var att deltagarna gärna vill ha mer aktiviteter för enbart kvinnor. Det gäller både kurser, studiecirklar, föreläsningar och seminarier.

– Vi kommer från en skogsvärld som har varit helt dominerad av män. När det planeras för aktiviteter är det lätt hänt att vi hamnar i gamla hjulspår och inte reflekterar över hur dagens skogsägande män och kvinnor vill bli bemötta. Det här måste vi bli bättre på, konstaterar Mikael Forsman, projektledare och skogsinspektör vid Norra Skogsägarna.



Liten ordlista

Kretsloppsanpassning – I praktiken återanvändning av allt vi producerar, att låta avfall och restprodukter ingå i en naturlig cykel.

Hållbart skogsbruk – Att skogsbruket verkar för en långsiktig och uthållig skogsproduktion med hänsyn till natur och miljö.

Bionäring – Torkad, pelletterad eller granulerad rest efter rötning av organiskt material.

Kolsänka/koldioxidsänka – Något som binder kol från atmosfären och därmed sänker koldioxidhalten i luften. Främst skog och världshav.

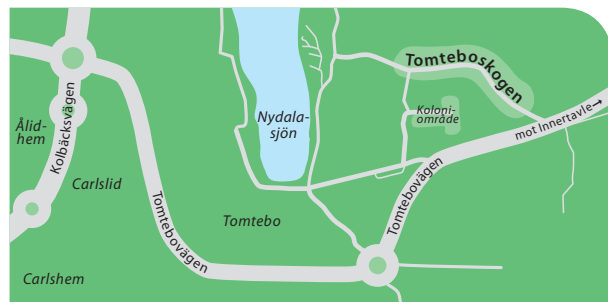
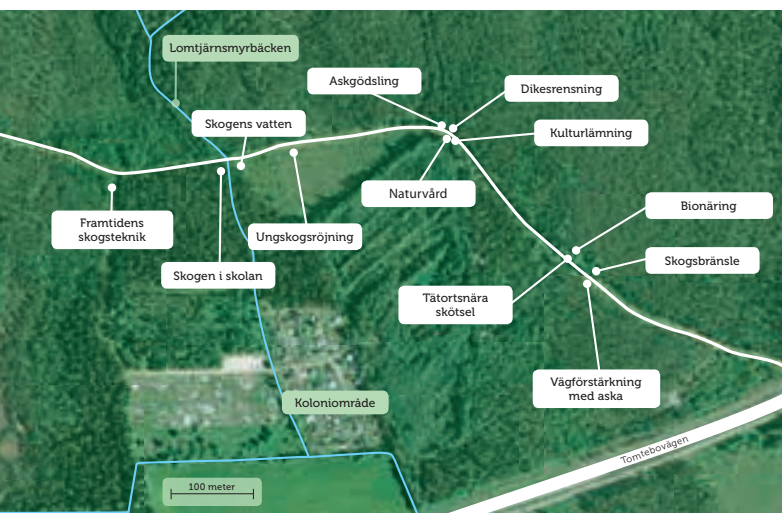
Ett visningsområde blir till

Det mest konkreta resultatet av projektet Skog, Klimat och Miljö är förmodligen visningsområdet "Tomteboskogen" vid Nydalasjön i Umeå. I arbetet med just det här delprojektet har ledorden varit lättillgänglighet och attraktivitet för alla medborgare.

Bland de övergripande resultatmålen för Skog, Klimat och Miljö fanns målsättningen att bygga upp ett antal modellområden, där kretsloppsanpassning, effektiv markanvändning samt hållbart skogsbruk kunde demonstreras. Under projektets gång blev det dock tydligt att ett, ambitiöst och genomarbetat, modellområde skulle vara betydligt mer verkningsfullt än flera mindre områden. Med gemensamma insatser

från samtliga delprojekt började visningsområdet i Tomtebo, strax utanför Umeå, att byggas upp.

Tomteboskogen ligger på Umeå kommuns mark och kommunen har ägt ansvaret för delprojektet, vilket även innebär att kommunen tar över ansvaret för området efter projektens slut. Norra Skogsägarnas projektmedarbetare har haft ett informellt huvudansvar att bygga upp området. Arbetet tog två



och ett halvt år och kunde officiellt invigas av Västerbottens landshövding, Magdalena Andersson, den 16 september 2014. Invigningen följdes av en stor familjeskogsdag 27 september, med över 1 000 besökare på området.

Visningsområdets lättillgänglighet och närheten till storstaden är betydelsefull för att kunna sprida kunskap om och förståelse för hur skogen, samhället och klimatet hänger ihop. De olika visningsytorna hålls samman via en slinga, där informativa skyltar, barkade stigar och spänger leder besökarna genom området. Nedan följer korta beskrivningar av det som väntar besökarna i Tomteboskogen.

Tätortsnära skogsskötsel

Inom visningsområdet finns exempel på hur skogsskötsel bedrivs i tätorters närhet. Idag bor ungefär 85 procent av Sveriges befolkning i tätorter, vilket innebär att den tätortsnära skogen har stor betydelse för människors vardagliga rekreation. Det har dessutom visat sig att möjligheten att vistas i naturen är viktig för människors hälsa.

I Sverige uppskattas cirka 300 000 hektar skogsmark, eller cirka 1,3 procent av skogarna, vara stadsnära. Umeå kommun innehar drygt 11 000 hektar



Tomteboskogen utanför Umeå är ett utflyktsmål för hela familjen.

Tomteboskogen – en skog för alla

skogsmark, vilket motsvarar ytan för mer än 15 000 fotbollsplaner. En stor del av innehavet finns i tätortsnära miljöer eller inom närliggande områden med bland annat elljusspår, rid- och strövstigar, vilket kräver särskild hänsyn och skötsel. För Umeå kommun och alla dess invånare är det viktigt att värna om den mest tillgängliga naturen.

Ett skogsbruk inom eller i närheten av tätbebyggda områden skiljer sig avsevärt från ett traditionellt skogsbruk. I det tätortsnära skogsbruket gäller det att prioritera vilka åtgärder som gynnar rekreationsvärdena och eventuella naturvärden, samtidigt som möjligheterna till skogsproduktion beaktas. Att schablonmässigt låta bli att sköta dessa skogar skulle inte vara populärt bland dem som faktiskt nyttjar den tät-

ortsnära miljön idag. De vill ha välskötta, säkra, lättvandrade områden med färre kala ytor än i den "vanliga" skogen. Exempel på skötsel av tätortsnära skogar kan innefatta röjning och gallring för att öppna upp skogarna och ge människor en känsla av trygghet.

I skötseln av den tätortsnära skogen gynnas lövträd i större utsträckning i jämförelse med det traditionella skogsbruket. Att ta bort stora, försvagade och döda träd, som skulle kunna ramla omkull och skada människor, är en del av den tätortsnära skötseln, liksom att inte lämna avverkningsrester kring stigar och leder som kan begränsa framkomligheten i skogen. Skötseln i tätortsnära skogar anpassas alltså för att gynna både människan och naturvärden samtidigt som man även försöker ta hänsyn till skogens ekonomiska aspekter.



Tätortsnära skogsbruk kräver helt andra hänsyn än traditionellt skogsbruk.

Gödsling med restprodukter

Ett formulerat huvudsyfte med projektet har varit att skapa ett effektivt kretslopp mellan samhälle och skog, något som blir mycket tydligt i projektets gödslingsförsök. Inom visningsområdet finns ytor som har gödslats med bionäring, aska och Skog-CAN. Aska och bionäring är restprodukter som i framtiden anses som fullgoda alternativ till exempelvis Skog-CAN, ett mineralgödselmedel som idag används relativt flitigt i det svenska skogsbruket. Det finns många skäl att tro att dessa restprodukter kan vara ett komplement



Gödsling med bionäring ger en långvarig tillväxteffekt.

Tomteboskogen – en skog för alla

till mineralgödsel i framtiden. Läs mer om skogsgödsling med bionäring och aska på sidan 26.

Skogens åldrar

Det har varit angeläget för projektet att visa att träden i skogen är fleråriga växter, som för varje år växer på höjden och bredden. När träden är unga växer de snabbt och binder in mycket koldioxid men ju äldre de blir desto långsammare växer de och koldioxidinbindningen minskar. När tillväxten avstannar och träden till slut dör avges istället mer koldioxid då veden bryts ned. Därför är ett aktivt skogsbruk viktigt om vi vill kunna använda skogen som koldioxidsänka. Skogens sociala, biologiska och ekonomiska värden är mer eller mindre gynnade under olika åldersstadier. Ofta är det ändå så att man med ganska enkla medel kan förena och anpassa skogen och skogsbruket så att hänsyn till alla tre värden kan tas under hela skogens liv.

Dikning och dikesrensning

Inom visningsområdet har dikesrensning genomförts, en mycket underskattad produktionshöjande åtgärd inom skogsbruket. Dikning och dikesrensning kan nämligen öka produktionen på skogsmark dramatiskt. Idag finns miljökrav på skogsvårdande åtgärder som kan påverka markvattnet. Detta för att säkerställa att hänsyn tas till hotade arter som kan påverkas när markvattnet förändras. För att ta upp helt nya diken behöver

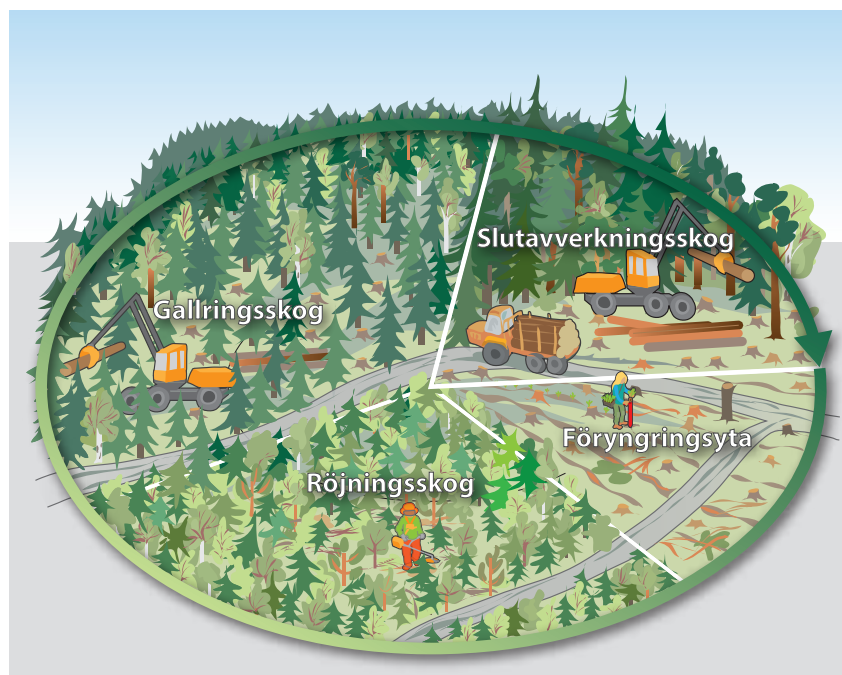
man tillstånd från länsstyrelsen. De främsta orsakerna till att dikesrensning inte utförs i större omfattning tros vara oklara regler kring åtgärden samt dålig praktisk kunskap om behov, effekter och kostnader. Läs mer om dikningsåtgärder på sidan 20.

Ungskogsröjning

Att röja i plant- och ungskogar ger markägaren större möjligheter att påverka den framtida skogen, samtidigt som man förbättrar ekonomin vid skogsproduktion. Genom att gynna vissa trädslag och anpassa röjningen på olika områden kan man också ta tillvara och skapa nya naturvärden i skogen. Skogsstyrelsen räknar med att det i Sverige behövs ungskogsröjas cirka 300 000 hektar årligen. Utöver detta finns ungefär 700 000 hektar med eftersatta röjningar.

Skogsbränsle

Till skillnad från olja och kol, som är ändliga resurser, är skogen en förnybar källa till både produkter och energi. Skogen tillför inte atmosfären nya mängder koldioxid, tvärtom så fungerar växande skog som en koldioxidfälla och tar upp koldioxid. Skogen har därför en given plats i den svenska energipolitiken. Idag kommer ungefär 32 procent (135 TWh) av Sveriges totala energikonsumtion från biobränslen. Sedan 1980 har skogsbränslen femdubblat sin andel av den totala energiförsörjningen i Sverige. Det har bidragit till att



Skogsbrukets olika faser under en omloppstid.



I visningsområdet är skogens åldrar pedagogiskt åskådliggjorda.

Tomteboskogen – en skog för alla

olja- och kolimporten minskat dramatiskt. Potentialen för att öka uttaget av biobränslen från skogen bedöms vara cirka 50 TWh per år i Sverige.

Skogsbränsle är idag det tredje största sortimentet från skogen, vid sidan av timmer och massaved, och det finns mycket att göra när det gäller teknik och logistik för skörd och transport av skogsbränslen. Cirka 50 procent av dagens skogsbränsleuttag består av uttag av grenar och toppar (GROT) från förnyngringsavverkningar och resterande andelar skördas i form av långa okvistade toppar, klena stammar från röjningsgallringar och nedklassat rundvirke. Läs mer om klenträdsavverkning och skogsbränsleskörd på sidorna 18 och 32.

Vägförstärkning med träaska

Förbränning av biobränsle vid kraftvärmeverk resulterar i stora mängder restprodukter i form av askor, som måste tas om hand på något sätt (deponeras eller återanvändas). En del askor innehåller höga halter av kalcium, vilket ger askan egenskaper liknande cement. Dessa askor kan användas för att bygga vägar med goda egenskaper. Genom att blanda aska av god kvalitet med grusmaterial får man elastiska och hållfasta bundna lager i vägen. Askinblandningen gör att ett sämre grusmaterial ges goda egenskaper, och att den totala bärigheten och tjälsäkerheten ökar.

I dagsläget används cirka åtta procent av den aska som produceras i Sverige till vägbyggnationer och

andra ytor. Tyvärr är det relativt komplicerat att använda aska. Det beror dels på de miljökrav som ställs på användningen av aska, dels på att askan som byggnadsmaterial är mer komplicerad och mer varierande än de grusmaterial man normalt arbetar med. Det är också viktigt att avståndet från den askproducerande industrin är kort, eftersom asktransporter är kostsamma.

På vägen genom visningsområdet användes flygaska från Dävamyrens kraftvärmeverk i Umeå. Flygaska är den vanligaste askan vid vägförstärkningar. Askan blandas med väghyvel eller en fräs i ett bärager på vägen. Sedan packas hela lagret och får härda med den naturliga markfuktigheten. Härdningen kan fortgå under många år, vilket är positivt eftersom det innebär att skador på vägen får tid att "självläka".

Som exempel kan nämnas att den potentiella askproduktionen vid Dävamyrens kraftvärmeverk är 10 000–15 000 ton per år, vilket skulle kunna räcka till att förstärka 20–30 kilometer vägar.

Skogens vatten

Vatten är en mycket värdefull resurs. I Sverige finns uppskattningsvis 100 000 sjöar och cirka 60 000 mil vattendrag, som tillsammans utgör cirka 20 procent av landets totala yta. Trots den påverkan vi människor har haft på våra vattendrag, genom exempelvis byggnationer av vattenkraftverk och flottningsleder, har vi fortfarande



Vägförstärkning med aska är ett bra exempel på kretsloppsanpassning.

Tomteboskogen – en skog för alla



de möjlighet att bevara och återskapa värdefulla vattenmiljöer. En god vattenvård kräver att alla människor och näringar som lever och verkar i och invid vatten av olika slag hjälps åt för att värna om våra vatten. Vattnets kemiska och biologiska status är en direkt spegel av förhållandet i landskapet och små insatser från många håll kan leda till stora positiva förändringar.

Det är viktigt att ta hänsyn till de angränsande markområdena till vatten, då många olika arter av växter och djur är knutna till dessa områden. Därför är det också viktigt att ta hänsyn vid alla ingrepp i miljöer nära vattendrag, för att minska påverkan på vattnet och dess närmiljö. Skogsbruket arbetar aktivt för att minska den påverkan som vissa skötselåtgärder kan ha på vattenmiljöer. Detta sker till exempel genom att man lämnar kantzoner mot vattendrag, undviker att köra med skogsmaskiner där körsador lätt kan uppkomma och bygger broar vid passager över vatten.

Naturvård

Skogsbruket avsätter områden där naturvård är prioriterad. Man gör avkall på skogsproduktionen, precis i linje med skogsvårdslagen, där produktionsmål och miljömål är likställda. Målet med naturvårdsområden är att bevara och gynna biologisk mångfald, vilket kan ske på många olika sätt.

I visningsområdet har projektet valt att bedriva naturvårdande skötsel och röja bort gran och gynna gråal på en viss yta för att få ett större lövinslag i området. För att gynna biologisk mångfald och minska antalet hotade arter behövs bland annat lövträd, helst i olika åldrar och stadier. Om lövträdens egenskaper i naturvårdsyften ska tas till vara måste de få möjlighet att växa inne i barrskogen samt få möjlighet att bilda egna bestånd. I lövrika ungskogar kan man gynna en hög artrikedom av gräs, örter och insekter genom en utglesning av träden. Lövrika ungskogar kan på sikt utveckla goda naturvärden och bli fina och värdefulla naturvårdsområden i framtiden.

För markskiktet har även löven från alen en mycket gynnsam effekt i och med att de fäller sina blad gröna, vilket betyder att de har ett högt kväveinnehåll som kan höja kvävehalten i marken. Exempel på några fåglar som är beroende av lövträd är järpar och grönsiskor, som vintertid äter knoppar och frön från dessa träd för att klara sig. Alen är även viktig för humlor och bin eftersom den är en av de växter som blommar tidigast på säsongen. Omkring 250 skalbaggsarter är knutna till alen, bland annat allövbaggen och alviveln. Svampar som eldticka, fnösketicka och lövträdskräfta kan ofta hittas växande på alar.

Kulturlämning

I den svenska skogen finns många historiska spår efter mänskliga aktiviteter. Som markägare är man skyldig att ta hänsyn till sådana spår och se till att de inte skadas när man bedriver skogsbruk eller annan markanvändning. Exempel



Naturvårdshänsyn är en viktig del i skogsbruket.

på detta kan vara att man inte lämnar ris och andra avverkningsrester på kulturlämningar, som gamla husgrunder, tjärdalar och kolmilor.

Vägen som bryter genom visningsområdet är en del av Kustlandsvägen, som har anor från 1600-talet och var den första körbara landsvägen runt Bottniska viken. Kustlandsvägen kan liknas med forna tiders E4, även om färderna bara genomfördes med häst och vagn. Som vinterväg nyttjades vägen från 1500-talet och under 1600-talet gjordes den körbar även sommartid. Detta finns dokumenterat genom att bönderna under denna tid blev ålagda att sköta vägar och broar på uppdrag av staten.



Stenbron i visningsområdet har uppfyllt sitt syfte i hundratals år.

Kustlandsvägens sträckning genom visningsområdet har två stenbroar som än i dag fungerar och visar prov på beständigheten av forna tiders arbete. Av kända resande på vägen kan nämnas bland annat Carl von Linné, som färdades på vägen under sin berömda lapplandsresa år 1732. Vägen användes också flitigt av ryska trupper år 1809 när Umeå belägrades.

Framtidens skogsteknik

För timmer och massaved finns det effektiva och beprövade tekniska lösningar vid skörd och transport till industri. När det gäller nyare sortiment från skogen, som exempelvis träddränslen, är tekniken fortfarande i sin vagg. Utveckling av dessa olika tekniker är en förutsättning för att skogsbruket ska kunna vara konkurrenskraftigt och lönsamt.

Alla åtgärder i skogens värdekedja, inte enbart vid drivning, blir alltmer beroende av avancerad teknik och artificiell intelligens. Kontinuerlig teknisk utveckling krävs för bland annat fröförsörjning, plantproduktion, föryngring och skogsvård. Dessutom krävs vetenskapligt underlag för att de metoder som ny teknik möjliggör blir hållbara och inte påverkar hänsynen till skogens alla andra värden.

På visningsområdet har en studie med krankorridorgallring utförts, vilket är ett nytt arbetsätt. Krankorridorgallring innebär gallring av unga, täta bestånd i ett geometriskt mönster mellan konventio-

Tomteboskogen – en skog för alla

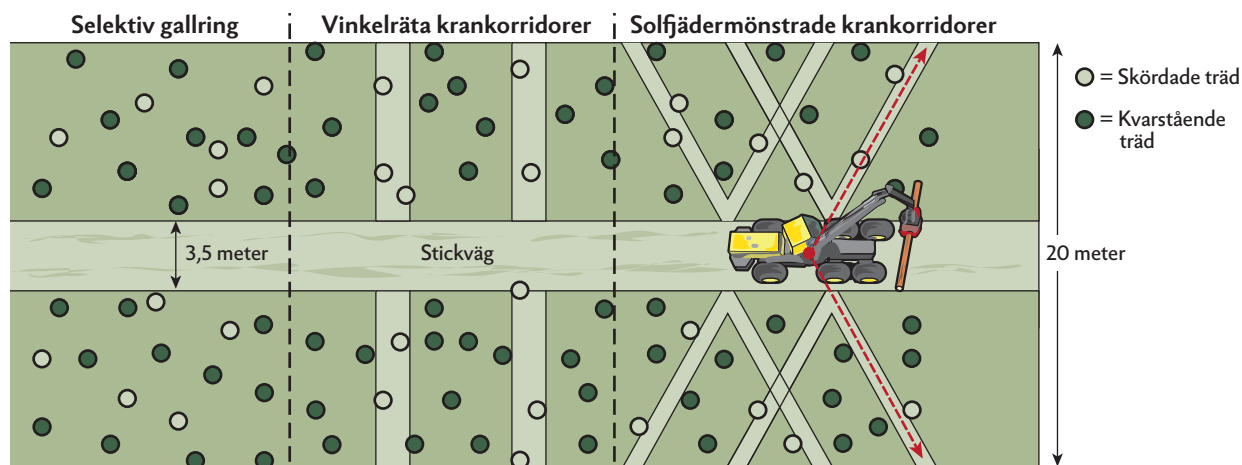


Illustration över möjliga krankorridormönster mellan stickvägar. Vinkelräta korridorer kan vara 1–1,5 m breda och solfjädermönstrade upp till 1 m.

nella stickvägar. Alla träd i en krankorridor, vanligtvis en meter bred och tio meter lång, avverkas i en enda kranrörelse. Avverkning av klena träd är förenat med höga kostnader, men med nya arbetssätt, teknikförbättringar och större intresse för biobränslesortimenten finns nu möjligheter till en ökad lönsamhet.

Skogen i skolan

Barn tillbringar en stor del av sin vakna tid i skolan och skolans sätt att undervisa har stor betydelse för barnens inlärninng och hälsa. Att ha skogen som klassrum har många fördelar. Barn som är mycket ute i skog och mark är ofta mindre stressade och har lättare att ta in kunskap.

Undervisning i skoglig miljö blir mer varierad och

man har möjlighet att förklara teoretiska modeller på ett nytt sätt. Det finns flera organisationer som hjälper lärare och skolor att utveckla sina aktiviteter i skogen. Ett exempel är samverkansprogrammet Skogen i skolan, som stödjer lärare i deras arbete att öka elevernas intresse för skog och mark.

Skolskogen i visningsområdet är en avgränsad del som kan disponeras av skolor. Idag är det främst Sjöfruskolan, med drygt 500 elever, som använder området flitigt för lektioner och utevistelser där teori testas i praktiken. Med Umeå kommuns medgivande får skolklasserna tillstånd att göra lite mer i skolskogen än vad allemansrätten tillåter, som till exempel att anlägga en eldplats, bygga vindskydd eller avverka något enstaka träd.



I skolskogens centrum finns en eldstad och gott om bänkar.

Kommunen satsar vidare

Visningsområdet i Tomtebo är en plats för kunskapsutbyte och samverkan mellan allmänhet, näringsliv, offentlig sektor och forskning. Områdets framtida värde som en mötesplats för dessa grupper får naturligtvis inte gå förlorad.

När projektet nu avslutas ser delprojektledaren Per Westergren, mark- och exploateringsingenjör inom Umeå kommun, snarare möjligheter än avveckling.

– Det har varit ett mycket stort intresse för visningsområdet, inte minst från organisationer och skolor. I framtiden kan området utgöra ett viktigt stöd för lärare i undervisningen. Lättillgängligheten gör det här området oerhört värdefullt. Från kommunens sida kommer vi inte att minska på verksamheten i området, snarare tvärtom.

Kräver förnyelse

För Per är förnyelsen mycket viktig.

– Ingenting får förbli statiskt. Folk är kräsna idag, de kräver att det händer nya saker. Det är för tidigt att säga exakt vad vi kommer att utveckla, men jag hoppas att vi kan få igång ett projekt som jobbar med just de här framtidsfrågorna.

Stadsnära skogsskötsel är en av Pers hjärtefrågor, något som han gärna skulle vilja jobba vidare med. I framtiden hoppas han på större insikter och förståelse för vad som ryms i det begreppet.

– Det handlar mindre om kommersiella värden och mer om kunskap och förståelse för hur den stadsnära skogsskötseln påverkar människors livsmiljö och inte minst skogarnas betydelse för hälsa och avkoppling.

Utvecklas vidare

Det lättillgängliga området intill Nydalasjön är strategiskt i många avseenden, vilket borgar för att satsningen kommer att fortsätta.

– Nydalaområdet är ett stort och viktigt rekrea-



Per Westergren, delprojektledare.

tionsområde för umeborna. I den nya fördjupade översiktsplanen över Nydalaområdet ingår ett lättillgängligt område liknande det här, så mycket talar för att visningsområdet är här för att stanna – och utvecklas, meddelar Per Westergren.

Framför allt ser Per möjligheten att nå de som inte redan är "troende", det vill säga barnfamiljer och stadsbor som inte är skogsägare.

– Det här kan bli ett besöksmål man tar med sig picknickkorgen till, upplever under trevliga former och pratar vidare om. Det här området är alldeles för bra för att bara släppa.

Kort om allemansrätten

Allemansrätten är inskriven i en av Sveriges grundlagar. I princip innebär allemansrätten att alla människor har rätt att färdas över privat mark i naturen, att tillfälligt uppehålla sig där och exempelvis plocka bär och svamp. Allemansrätten är ständigt omdebatterad och det är på många sätt ganska oklart vad som egentligen gäller. Lag-

texten är mycket enkel och övergripande, så mycket återstår säkert att pröva rättsligt.

Med rättigheten följer också skyldigheter, inte minst krav på hänsyn mot markägare, natur och djurliv. Naturvårdsverkets formulering sammanfattar det hela på ett ganska bra sätt: "Inte störa – inte förstöra".

Skogsskötsel på marginalmarker

Norra Skogsägarnas delprojekt har framför allt fokuserat på produktionshöjande åtgärder på så kallade marginalmarker, det vill säga marker som har "förfallit" och därmed till stor del förlorat sin produktivitet. För de inblandade skogsägarnas del har det varit en resa från passivitet till en konstruktiv och lönande satsning på framtiden.

I Sverige finns idag avsevärda arealer nedlagd åkermark, marker som delvis förbuskats med klint vide och sly. Det finns cirka 220 000 hektar äldre nedlagd jordbruksmark, 100 000 hektar nyligen nedlagd jordbruksmark och 72 000 hektar nedlagda beten. Till detta kommer 260 000 hektar åkermark som kan komma att läggas ned de kommande 40 åren. Idag finns inga legala hinder för att odla energigrödor eller att plantera skog på dessa marginalmarker.

Dessa marginalmarker är dåligt utnyttjade och kan användas intensivare utan att den biologiska mångfalden försämras. Jordens befolkning står inför stora utmaningar när det gäller omställning från fossila bränslen till förnybara. Skogsodling på nedlagd jordbruksmark ger en ökad kolinbindning och därmed ökade möjligheter att i framtiden ersätta fossila bränslen. Genom produktionshöjande åtgärder på dessa marker går det att öka produktionen av biomassa avsevärt. Att låta åkermarker ligga för fåfot, läcka kväve och förbuskas är ett dåligt alternativ, både ur miljö- och produktionshänseende.

I det här delprojektet har syftet varit att stimulera deltagande skogsägare till att använda nya och befintliga arbetssätt och tekniker för skörd och beskogning av dessa marker. Skogsägarna har haft möjlighet att nyttja projektets samlade kunskaper på området. De har inspirerats att se över sina outnyttjade åkermarker och använda effektiva metoder för att öka produktionen av biomassa på dessa. I huvudsak har det rört sig om klenträdsavverkning, markbehandling och dikning.

Avverkning av klenträd

För att få till en önskvärd föryngring på nedlagd åkermark är det först nödvändigt med en upprepning av befintligt sly och en avverkning av klens träd. Avverkningskostnaden är ofta den tyngsta posten vid borttagandet av sly och klens träd, och kostnaden ökar dessutom snabbt med en minskad medelstam.

Skörd av träddelar handlar om hantering av okvistade träd, hela eller delvis kapade. Erfarenheter visar att aggregat med klipp och ackumulering passar bra i täta bestånd med mycket underväxt och buketter,



Klenträdsavverkning på marginalmarker.

exempelvis efter diken och igenväxta åkermarker. Maskiner med kombinerad utrustning för trädavverkning och rundvirkeshantering är väl anpassade för privatskogsbruket, där det ofta handlar om små avverkningsområden. Insatser som trädavverkning kan därför med fördel kombineras med rundvirkeshantering för bästa totalekonomi.

Potentialen för trädavverkning i skogsdiken, vägdiken och igenväxta åkermarker bedöms som stor. Med projektet som drivkraft har entreprenörer i området investerat i utrustning för klenträdsavverkning, vilket tyder på att dessa avverkningar kommer fortsätta i framtiden.

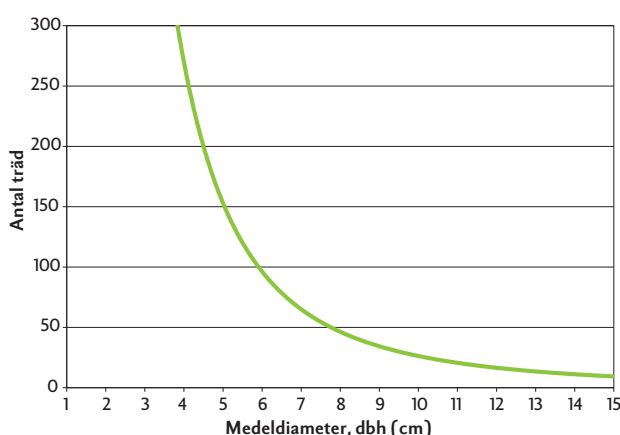
Under projekttiden har klenträdsavverkning på en areal av 400 ha, fördelat på ett 100-tal objekt i Umeå med kranskommuner. Cirka 40 MWh har flisats och levererats till värmeverk. Norra Skogsägarnas delprojekt har haft ett nära och givande samarbete med forskare vid SLU i Umeå. SLU har genomfört produktivitetstudier och tester av olika maskiner och aggregat för uttag av trädavverkningar från marginalmarker. Dessa studieresultat kommer att ge tillförlitliga nyckeltal, som

kommer skogsbruket och de privata skogsägarna till gagn. Läs mer om forskningsresultaten på sidan 34.

Markberedning och plantering

På bördiga, finjordsrika marker är det speciellt viktigt att få till bästa möjliga markbehandling om man vill ha en bra produktion av biomassa. Inte minst är det viktigt för att minimera konkurrensen från markvegetation och risken för frost. Finjordsrika marker är ofta frostkänsliga, vilket missgynnar etableringen. Även lägre partier i terrängen, där kalluft samlas, är särskilt utsatta. Framför allt blir granplantor lätt utsatta för vår- och sommarfrost. Det räcker med ett par minusgrader i början av juni för att årsskotten ska dö. Denna typ av frost kan motverkas av en god markberedning.

Inom projektets ramar har planteringsaggregatet Bracke P11 som klarar både markberedning och plantering, testats flitigt. Aggregatet, som har monterats på en vanlig grävare i storleken 18 ton, har planterat omkring 250 000 plantor under testperioden och fått goda omdömen av både skogsägare och inblandade



Antal hela träd (stam, grenar och barr) som behövs för att uppnå ett ton torrsubbans (cirka två m³f). Kurvan blir brant när brösthöjdsdiametern understiger åtta cm.



Åkerkanter har i regel en stor mängd biomassa.



Klenträds i vägdiken har avverkats med klippaggregat och levererats som skogsbränsle.

Skogsskötsel på marginalmarker



En korrekt utförd markberedning bidrar till att minimera konkurrensen från markvegetation och risken för frost



Planteringsaggregatet p11 klarar både markberedning och plantering.



Delprojektet har monterat ett så kallat skogsunderrede på en grävare, vilket har förbättrat framkomligheten i skogsmark avsevärt.

tjänstemän. Flexibiliteten har visat sig vara maskinkonceptets stora fördel, då samma entreprenör har möjlighet att utföra flera olika åtgärder på plats. Förutom att höglägga och plantera kan entreprenören dikesrensa, skyddsrika och underhålla eller bryta nya vägar, med korta omställningstider mellan momenten.

Under projektiden har totalt drygt 350 hektar höglagts och planterats. Dessutom har projektet monterat ett skogsunderrede på en grävare, vilket har ökat markfrigången med 25 centimeter och därmed förbättrat framkomligheten markant. Montaget har höjt produktiviteten med mellan fem och tio procent.

Varning för borbrist

Vid plantering av framför allt gran på nedlagd åkermark kan tillväxtminskningar uppstå till följd av brist på mikroämnet bor. Borbristsymptom på granar märks framför allt genom buskigt växtsätt och döda eller missbildade skott. En vanlig orsak till borbristen är att man tidigare kalkat åkermarker för att höja pH-värdet och därmed bundit boret i en för växterna otillgänglig form. Erfarenheter av borgödsling, för att häva borbrist, är inte så stora, men de exempel som finns har varit lyckosamma. För självverksamma skogsägare, på mindre objekt upp till några hektar, kan gödsling med Bor 150 vara lämpligt.



Gran på före detta åkermark med typiska borbristsymtom; buskigt växtsätt och döda eller missbildade skott.

Dikningsåtgärder

Dikning i skogsmark har gjorts under en längre tid, både manuellt och maskinellt, med syfte att höja den skogliga tillväxten. Dikning är viktigast under den första delen av ett trädets omloppstid, det vill säga i samband med föryngringen. Tillgången till luftens syre är en nödvändig förutsättning för att rötterna ska kunna växa och ta upp näring och vatten. Om grundvattennivån blir för hög kommer porerna runt rötterna att fyllas med enbart vatten, vilket så småningom leder till att rötterna dör på grund av syrebrist.

Skogsskötsel på marginalmarker

Det finns olika former av dikning beroende på vad man vill uppnå; skyddsdikning, dikesrensning och nydikning. Skyddsdikena är grunda, öppna diken som sänker grundvattennivån under förnygringssta-diet. Det kan ha en avgörande betydelse för förnygringen. Det krävs inget tillstånd för skyddsdikning, men däremot ska den anmälas till Skogsstyrelsen för samråd sex veckor innan den påbörjas.

Dikesrensning innebär att befintliga dikessystem underhålls så att de inte slammar och växer igen, och därmed förlorar möjligheten att transportera bort överskottsvatten. Dikesrensning är idag en underutnyttjad möjlighet till att öka produktionen av förnyelsebara råvaror. Rensning kan ske ned till den gamla dikesbotten utan samråd eller tillståndsansökan. En beräknad tillväxtökning på 10–20 procent är möjlig vid dikesrensning.

Nydikning (även benämnd markavvattning) har som syfte att kontinuerligt sänka grundvattnet på blöta och fuktiga marker. Syretillgången till trädens rötter ökar, vilket ökar produktionen avsevärt på rätt mark. Tillstånd hos länsstyrelsen krävs för denna åtgärd.



Dikning kan öka produktionen på skogsmark dramatiskt, då för mycket vatten i marken oftast hämmar skogens tillväxt.



Dikningsåtgärder bidrar starkt till att beskogning av gammal åkermark ska lyckas.

Skogsskötsel på marginalmarker



En lyckad åkerplantering ger hög tillväxt.

De åtgärder som delprojektet främst har arbetat med är rensning av befintliga diken och skyddsdikning. Många av dikningsåtgärderna har skett i samband med utförd markberedning med grävare. Samma maskin har då kunnat nyttjas till andra åtgärder, vilket inneburit en rationell planering och ett sammantaget positivt ekonomiskt utfall för skogsägaren

Markägarnas vinster

Den skogsägare som planerar att plantera igen åkermark får förmodligen en bra avkastning på sin insats. Ståndortsindex på G24–G28 är ganska vanliga. Uppskattningsvis kan tillväxten öka med sju kubikmeter per hektar och år om outnyttjad jordbruksmark beskogas i stället för att stå outnyttjad. Räknat på den potentiella tillväxtökningen på 400 hektar får man en tillväxtökning på 2 800 kubikmeter per år.

Det vanligaste är att sätta gran på gammal åkermark. Tall lämpar sig bäst till sandiga odlingar där det sällan är den kraftigaste gräsväxten. Gräset konkurrerar med plantorna om vatten och ljus och granen klarar den konkurrensen betydligt bättre än tall. När snön kommer trycker den dessutom ner gräset över plantorna.

Ekonomiska kalkyler pekar på att hybrid-aspen ger ännu högre avkastning. Vårtbjörk ger också högre produktion, men är precis som asp populärt bete för sork, hare och flertalet klövvilt. Därför bör man hägna in området om man väljer dessa trädslag, vilket är kostsamt.



Upprensningen är det första steget för en skogsägare som vill få till en bra föryngring på nedlagd åkermark.

Möjligheter för skogsägarna

För Mikael Forsman, projektledare för Norra Skogsägarnas del av Skog, Klimat och Miljö, är det självklart att man ska nyttja markens produktionsförmåga och göra det bästa möjliga av den.

De flesta av de privata skogsägarna har förmodligen samma grundinställning som Mikael, men ändå är det få som har tagit chansen att tillvarata marginalmarkernas potentiella produktion av biomassa.

– Inför projektet trodde vi att vi skulle behöva övertyga skogsägarna att delta, men glädjande nog har en hel del skogsägare sökt sig till oss. Jag tror att många privata skogsägare är fullt medvetna om sina marginalmarker, men inte har hittat varken kraften eller kunskapen att göra något åt dem. Därför blir de liggande för fädot, år efter år, berättar Mikael.

Positivt prat

Mikael har också stora förhoppningar om att många skogsägare verkligen kommer att ta tag i sina marginalmarker.

– De som har varit engagerade i projektet är mycket nöjda med utfallet. Skogsägare pratar också med varandra, så det är nog bara en tidsfråga innan fler skogsägare tar tag i sina outnyttjade åkermarker. Jag hoppas och tror att det blir ringar på vattnet.

Liksom skogsägare pratar även entreprenörer med andra entreprenörer och med skogsägare. Sammantaget är det här informationskanaler som inte ska underskattas.

Lyckat samarbete

Samarbetet med SLU i Umeå har varit viktigt för Norra Skogsägarnas delprojekt.

– Att få komplettera de många utförda åtgärderna med fördjupade studier och analyser ger större förståelse och insikt om helheten. Det bidrar till att både skogsägare och entreprenörer blir mer trygga och med större träffsäkerhet kan bedöma utfallet av åtgärderna, konstaterar Mikael.

Medvetna skogsägare

Under projektiden har Mikael jobbat hårt med uppbyggnaden av visningsområdet Tomteboskogen utanför Umeå, och han ser området som en mycket värdefull arena för spridning av kunskap



Mikael Forsman, delprojektledare.

och information. Mikael tror också att projektets klimat- och miljöprofil har nått fram bra via visningsområdet, både till allmänheten och till de privata skogsägarna.

– Skogsägarna märker förstås av klimatförändringarna och ser möjligheten att göra effektiva klimatinsatser med sina egna skogar. Generellt är medvetenheten hög och kämpaglöden stark bland våra skogsägare. De har varit ryggraden i det här delprojektet, avslutar Mikael Forsman.

Skogsägarens kommentar

"Jag slog flera flugor i en smäll"

Pär Holmström, skogsägare och medlem i Norra Skogsägarna

Pär Holmström är en ambitiös skogsägare, som gärna testar nya grepp inom skogsbruket.

– Man måste ju prova, annars får man ju aldrig veta, skrattar Pär Holmström, en inställning som är symptomatiskt för den nyfikne skogsägaren, som har största delen av sitt markinnehav i trakterna runt Granölund.

Kvalitetstid i skogen

För några år sedan valde Pär att avsluta sitt förvärvsarbete och satsa helhjärtat på arbetet i sin egen skog. Pär har alltid haft ett genuint intresse för skogsbruk och fick nu tillfälle att praktisera det mer eller mindre på heltid. Han passade även på att satsa på en hel del livskvalité, genom att uppföra några mindre stugor och grillplatser på noggrant utvalda platser i marken. Pär's insatser har varit för sin egen och familjens skull, men också för allmänhetens trevnad. I den kuperade terrängen i Umeälvens dalgång finns gott om härliga utsiktsplatser, där man kan suga i sig det bästa av svensk natur.

Beskogning av åkermark

Som många andra skogsägare drabbas Pär emellanåt av dåligt samvete. Röjningsbehovet blir ibland övermäktigt och så kallade marginalmarker blir ofta liggande för fädot. Under sommaren 2013 fick han äntligen chansen att ta tag i en riktig "surdeg".

– Jag fick höra talas om SKM-projektet och anmälde mitt intresse att få delta genom att beskoga tre hektar gamla inägor, som har stått för fädot sedan 1940-talet, berättar Pär.

Avverkning och dikesrensning

Redan i början av september tog det fart, då entreprenören Jonssons Flis anlände och satte igång med att avverka på de gamla åkrarna och i diken. Jobbet genomfördes med hjälp av en Valmet Duo 330, ett kombiaggregat med både svärd och klipp.

– Resultatet blev 190 m³ massaved och ungefär lika mycket flis, betydligt mer än jag hade vågat ana, konstaterar Pär.



Pär Holmström, skogsägare.

Därefter var det dags för grävaren att ta vid. Dikesrensning är nämligen mer eller mindre en förutsättning för att beskogning på gammal åkermark ska lyckas.

Högläggning och plantering

Efter dikesrensningen var det sedan bara en kvarts jobb att byta ut skopan mot planteringsaggregatet, som klarade av både högläggningen och planteringen på ett effektivt sätt. Slutligen återstod bara ett sista jobb för grävaren.

– Jag passade också på att anlita honom för att fixa till en vinterväg i närheten. Jag är verkligen nöjd med det fantastiskt väl utförda jobbet, från början till slut. Mycket imponerande, fastslår Pär.

Lättad börda

Så här ett drygt år efter åkerplanteringen är Pär Holmström fortfarande nöjd med resultatet.

– Jag har varit med om misslyckade åkerplanteringar tidigare, men det här ser riktigt bra ut. Det har varit gott om sork men jag har ändå inte hittat några angrepp. Än så länge är det lite för tidigt att säga något om överlevnaden, men till sommaren räknar jag med att inventera och stödplantera vid behov.

För Pär känns det speciellt bra att han har gjort sig av med en stor "surdeg", som har förföljt honom under många, många år. Det är en befriande känsla som han gärna unnar andra.

– Det här är enda chansen att få skog på gamla inägor – och jag hoppas verkligen att fler skogsägare tar chansen att få det gjort på det här smidiga sättet!

Entreprenörens kommentar

"Nu gäller det bara att övertyga skogsägarna"

Alf Johansson, maskinansvarig vid Oskarsson & Nilsson

Alf Johansson blev involverad i SKM-projektet i ett tidigt skede, då företaget Oskarsson & Nilsson engagerades för att utvärdera hur planteringsaggregatet Bracke P11 fungerar i praktiken. Det har länge funnits ambitioner att bemästra högläggning och plantering i samma moment, vilket P11:an klarar galant.

– Tekniken fungerar förträffligt, men det måste ju vara ekonomiskt konkurrenskraftigt också. Studierna visade att själva planteringen blev aningen dyrare, men med alla andra fördelar väger det snarare över åt andra hållet, berättar Alf.

Alf syftar främst på att plantan kommer i jorden snabbare och att överlevnaden i regel är högre.

Framtidens koncept

Alf tror att skogsägarnas största förtjänster ligger i möjligheten att få flera jobb genomförda på fastigheten, med enklare logistik och därmed lägre kostnad.

– En skogsägare har ofta flera jobb som behöver göras. Förutom högläggning och plantering kan det till exempel röra sig om dikesrensning, skyddsdikning, vägunderhåll eller brytning av nya vägar. Det finns förstås stora ekonomiska fördelar med att bara ha en enda maskin på plats för att göra jobbet.

Enligt Alf är den här lösningen, med en maskin som kan hantera flera uppgifter med olika aggregat/verktyg, framtidens maskinkoncept.

– Nu gäller det bara att informera och övertyga skogsägarna om att det verkligen är lönsamt att satsa på det här.

Färre påfyllningar

P 11:ans akilleshäla har varit att aggregatets kassett endast rymmer 80 plantor, vilket i realiteten innebär att föraren måste fylla på onödigt ofta.

– Nu har Cranab, som har tagit över Bracke Forest, utvecklat en kassett som rymmer 200 plantor. Det kan vara hela skillnaden i lönsamhet mellan maskinell och manuell plantering, säger Alf.



Alf Johansson, Oskarsson & Nilsson.

Förhoppningarna är stora och med effektivare system öppnas också möjligheten att fler entreprenörer investerar i aggregaten.

Högre markfrigång

Oskarsson & Nilsson har även monterat ett så kallat skogsunderrede på en av sina grävare. Montering av den förhöjda undervagnen har gjorts i samarbete med SKM i syfte att förbättra framkomligheten i skogsmark.

– Underredet har medfört att markfrigången har ökat med 25 centimeter, vilket ger en fantastisk framkomlighet över stubbar och stenar. Maskinen har inte heller blivit mer instabil av höjningen. Tidigare var man ofta irriterad när grävaren ständigt hängde upp sig. Nu är det en glädje att köra, meddelar Alf Johansson.

Ringar på vattnet

Skogsunderredet är ett bra exempel på hur ett projekt som SKM kan uppmuntra entreprenörer att utveckla sin verksamhet. Inom Oskarsson & Nilsson pågår nu samtal om att montera ett likadant underrede på en annan av företagets grävare.

Restprodukter i kretsloppet

Sveaskogs delprojekt har fokuserat på nyttjandet och skapandet av resurser kopplat till närings- och koldioxidkretslopp. Genom nya praktiska försök och studier om kretsloppet mellan samhälle och skog har målsättningen varit att öka produktionen av förnyelsebar skogsråvara, bidra till en positiv klimateffekt och minska samhällets miljöbelastning genom återföring av näringsämnen.



Sveaskogs gödslingsförsök med bionäring har åskådliggjorts i visningsområdet utanför Umeå.

Samhället efterfrågar successivt större mängder förnyelsebara resurser. Detta sker dels genom politiska påtryckningar i form av riktlinjer och mål där fossila produkter ska fasas ut, men även på grund av att den enskilda individens miljömedvetenhet ökar. I takt med detta har ett ökat fokus lagts på de avfall och restprodukter som samhället skapar och vad dessa bäst används till.

Att omvandla restprodukter från samhället till resurser i ett biologiskt kretslopp minskar miljöpåverkan och ökar bägge systemens hållbarhet. Restprodukter som kan omvandlas och kretsloppsanpassas är till exempel organiskt avfall, avloppsvatten, vedaska och koldioxid. Det förutsätter kompetens, kostnadseffektivitet, teknik och tydliga mål. Klara målsättningar är viktiga för att driva en utveckling där samhälle och skogsbruk optimerar produktion och återanvändning av resurser.

Rent principiellt finns det starka positiva kopplingar mellan skog, klimat och miljö som utgör en bra grund för kretsloppsanpassning. Nyckeln till lösningen är fotosyntesen, som driver hela systemet, kopplat till samhällets behov av resurser och produktion av restprodukter.

Beroende på vilka gröna växter och i vilka typer av ekosystem de växer i, blir effekten av fotosyntesen, möjligheterna att påverka den och därmed resultaten helt olika. Det är stor skillnad om fotosyntesapparaten sitter på en ettårig gröda (jordbruk) eller på en flerårig (skogsbruk). Dels blir resultatet olika typer av biomassa som har olika användningsområden, dels blir effektiviteten i upptag, lagring och avgivning av näring och koldioxid olika och dels krävs skilda tekniker för skörd, transport och förädling.

Det är centralt att den kort- och långsiktiga tillgången på en resurs (restprodukter och levande bio-

massa) är tillräckligt stor och säker för att skapa det nödvändiga intresset för att utveckla teknik och metoder som gör att den är lönsam att nyttja.

Definition av biomassa

Begreppet biomassa kan ha flera innebörder. Biomassa kan betyda all materia som ingår i levande organismer, men även syfta på vegetabiliskt material från jord- och skogsbruk som kan användas som bränsle för energiutvinning. I den här trycksaken används uttrycket uteslutande i ett skogligt sammanhang, där det handlar om produktion av "biomassa", som används som "biobränsle" för produktion av "bioenergi".

Gödsling på fastmark och torvmark

Förädlade restprodukter av två typer, bionäring och granulerad vedaska från Finland, samt två olika handelsgödselmedel, Skog-CAN och Rauta-PK, har använts i fältförsök på fastmark och på torvmark. Handelsgödselmedlen har använts för att undersöka skillnader i tillväxt- och miljöeffekter mellan restprodukterna och de konventionella gödselmedlen.

Försöken lades ut under hösten 2012 på en tidigare dikad torvmark väster om Svartbyn i Överkalix kommun samt i ett skogsbestånd norr om Kukasjärvi, inom Övertorneå kommun. Förutom de fyra gödselmedlen ingick även en kontrolllyta i studien, där ingen gödsling alls genomfördes, som en grund att jämföra de olika gödslingsbehandlingarna mot. På varje försökslokal förlades tre upprepningar av de fem olika behandlingarna.

Gödslingsbehandlingar

- Bionäring definieras som torkad, hygieniserad och pelletterad eller granulerad rest efter rötning av organiskt material.
- Granulerad aska är en askprodukt framställd av bioaskor med möjlighet att tillsätta vissa mineralnäringsämnen, såsom fosfor och kalium.
- Skog CAN är ett konventionellt mineralgödselmedel framför allt innehållande kväve.
- Rauta-PK är ett konventionellt mineralgödselmedel innehållande järn, fosfor och kalium.
- Kontrolllyta, ingen gödsling.

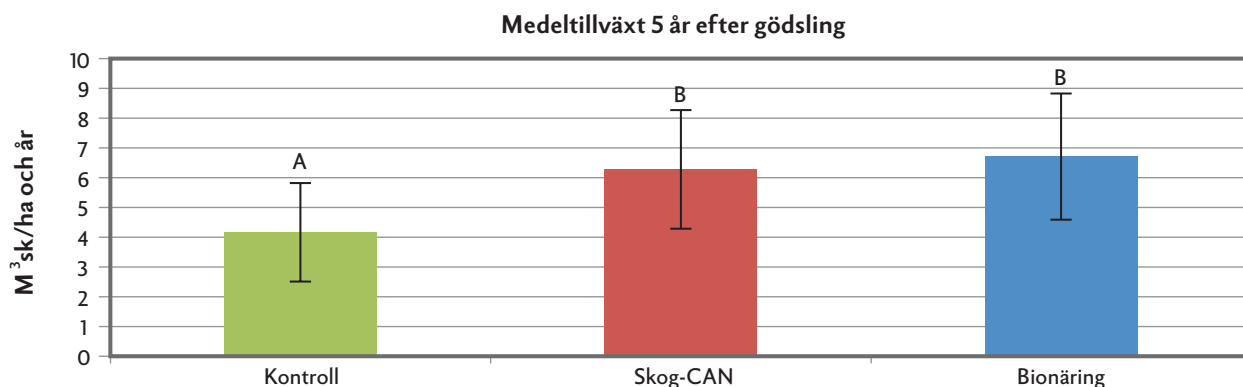


Helikopterspridning av aska på försöksytor utanför Kukasjärvi.

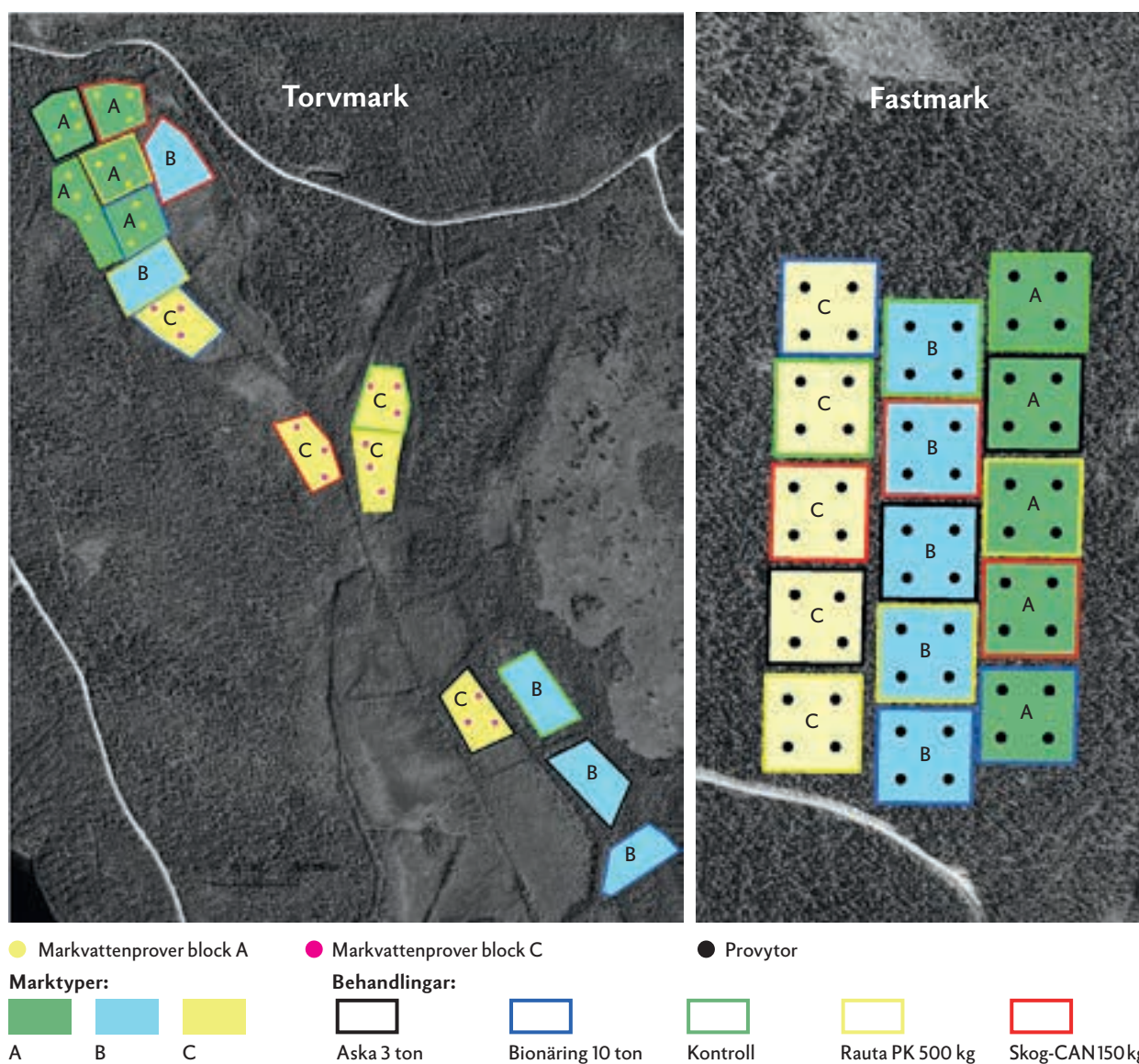


Granulerad aska.

Restprodukter i kretsloppet



Figur 1. Försöken med en gödselgiva bionäring (540 kg N/ha) och två givor Skog-CAN har visat på 2,55 respektive 2,11 m³ sk/ha och år högre medeltillväxt än för kontrollytan (ingen behandling).



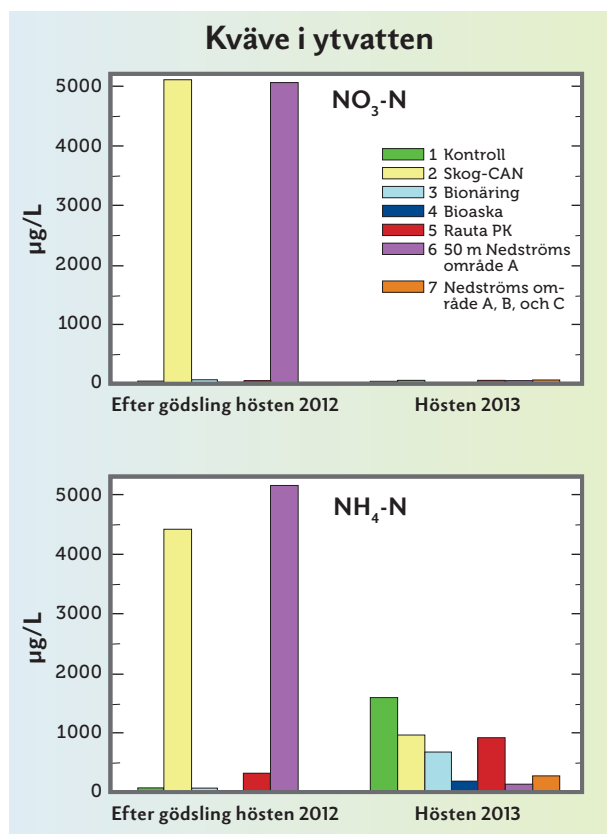
De tre upprepningarna är på torvmark, utlagda inom tre områden med olika hög bonitet, varierande från T13–T21. På fastmarken är blocken utlagda inom ett liknande bestånd men med varierande grad av lutning.

De olika upprepningarna på torvmarken är utlagda inom områden med olika hög bonitet. Block A = T22 Block B = T17 Block C = T13. Upprepningarna på fastmark ligger inom samma bestånd med likvärdig bonitet.

Tidigare försök utlagda med bionäring och mineralnäring visar på en tydlig tillväxteffekt på fastmark. Figur 1 beskriver skillnaden i tillväxt mellan kontrollytan och de två gödslingsbehandlingarna. Bägge gödslingsbehandlingarna, med bionäring och mineralnäring, har gett en statistisk signifikant tillväxtökning. För bionäring har tillväxten ökat med 2,55 m³sk/ha/år och för mineralnäringen har tillväxten ökat med 2,11 m³sk/ha/år.

Liten miljöpåverkan

Spridning av Skog-CAN utan skyddszon till vattendrag ger en direkt mätbar påverkan i form av en ökad halt av nitrat- och ammoniumkväve i ytvattnet. Utifrån dessa mätningar ses dock ingen effekt av detta en kilometer nedströms i avrinningsområdet samma höst som gödslingen eller ett år efter utförd gödsling (figur 2).



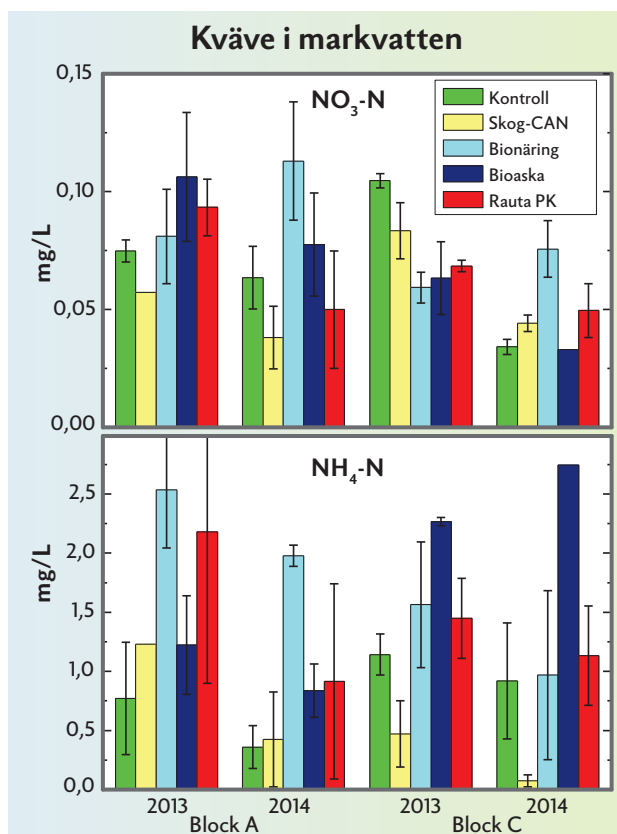
Figur 2. Mätningar av kvävehalten i ytvatten direkt efter gödsling samt ett år efter utförd gödsling.

Mätningar av markvatten från försöken visar inte på några tydliga trender och på mycket låga halter av nitrat- och ammoniumkväve, för nitrat < 0,15 mg/l och för ammonium < 3 mg/l. De högsta halterna uppmättes på Block A, där bionäring och aska spreds. På Block C var halten av ammoniumkväve högst för aska (figur 3).

Före gödslingen 2012 var pH-värdet i markvattnet cirka 6,5. Det var i stort sett lika på båda djupen och i medeltal för alla provtytor på båda blocken. Vid provtagningarna 2013 och 2014 hade pH-värdet sjunkit för de flesta gödslingsbehandlingarna, mest där Rauta PK använts. Gödsling med Skog-CAN resulterade däremot inte i någon tydlig pH-sänkning (figur 4, nästa sida).

Restprodukternas potential

Genom praktiskt tillämpad forskning har projektet kunnat visa på stora fördelar med att använda samhällets restprodukter till att skapa en nytta i skogen och bidra till ett mer hållbart samhälle och ett bättre kretslopp. Försöken tyder på små eller inga mätbara miljöeffekter under projektiden. Dessutom visar utvärde-



Figur 3. Halter av nitrat- och ammoniumkväve hösten 2013 och 2014 på 80 cm djup i torvmark inom Block A och C för de fem behandlingarna.

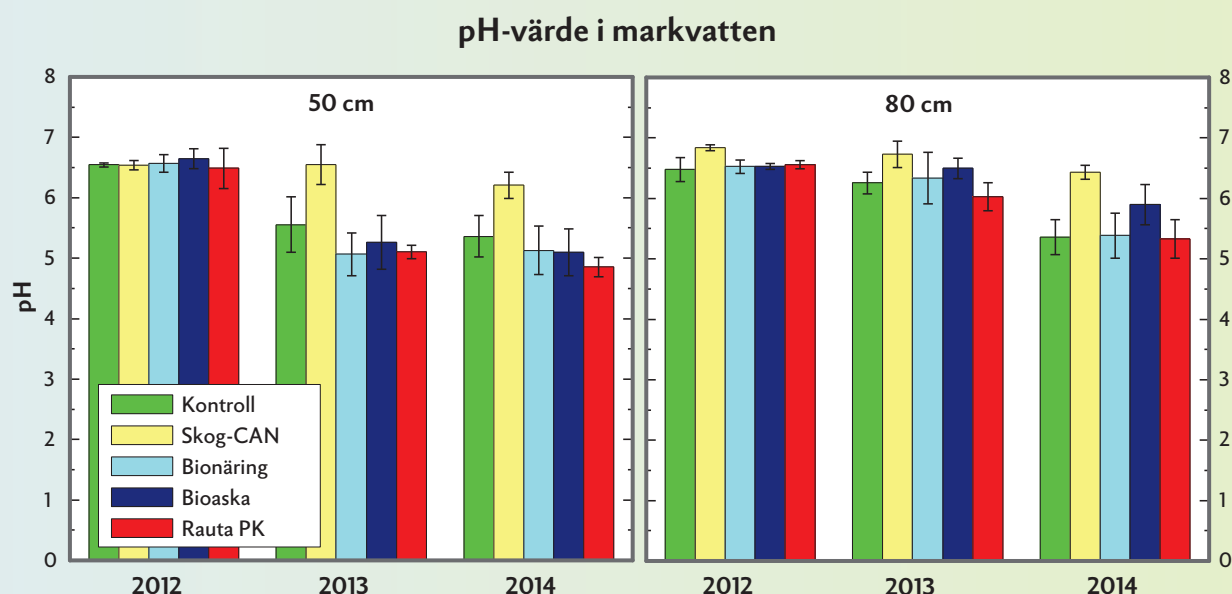
Restprodukter i kretsloppet

ringar och beräkningar från äldre försök, där återföring av näring från samhället har utförts, på en tydlig potential att öka tillväxten i våra nordliga skogar.

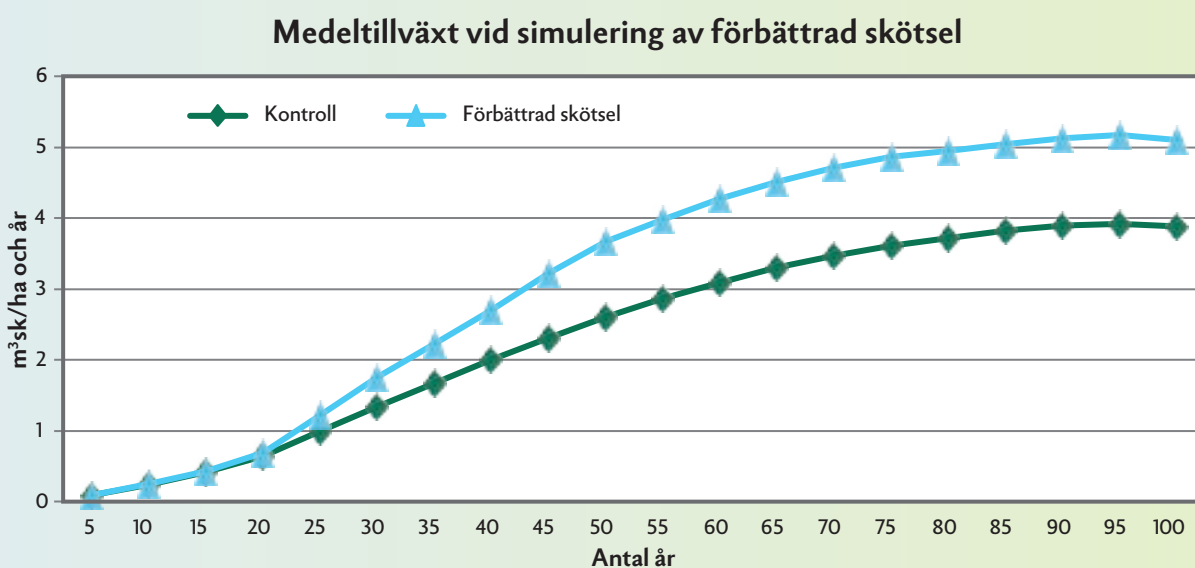
Förbättrad skogsskötsel

Sveaskogs delprojekt har även studerat effekter av olika skötselåtgärder. Modelleringar av förbättrade skogsskötselåtgärder visar på en potential att med

idag förekommande skogsskötselmetoder, inom skogsvårdslagens ramar, öka tillväxten med i genomsnitt cirka $1 \text{ m}^3\text{sk/ha/år}$ under hela omloppstiden (figur 5). En ökad produktion med $1 \text{ m}^3\text{sk/ha}$ och år på Norrbottens cirka tre miljoner hektar brukade skogsmarksareal, skulle betyda ungefär 3000 nya jobb, om man förutsätter att produktionen skördas och förädlas på liknande sätt som sker idag.



Figur 4. pH-värde i markvatten från 50 och 80 cm djup inom block A och C på torvmark för de fem försöksleden. Vattenproverna är tagna i september 2012 före gödsling samt hösten 2013 och 2014.



Figur 5. Medeltillväxten för 136 ha virtuella bestånd där "Kontroll" innebär skötsel enligt dagens standard och "Förbättrad skötsel" en ökad investering i 400 plantor/ha vid förnygring, ett tätare bestånd efter röjning samt tre normala gödslingar med 150 kg/N/ha innan slutavverkning.

Restprodukter är framtiden

Johan Lundbäck, projektledare för Sveaskogs delprojekt, anser att projekttiden med Skog, Klimat och Miljö har varit en mycket intressant och givande resa. Han känner ett starkt engagemang för delprojektets inriktning och har stärks i sin uppfattning att restprodukter, såsom bionäring och aska, verkligen har en framtid inom svenskt skogsbruk.

– Vi som jobbar inom skogen måste försöka bidra till omställningen till ett mer kretsloppsanpassat biosamhälle. Det här är just en sådan möjlighet, där vi kan skapa en klarare bild av potentialen och åtgärdernas miljöpåverkan, säger Johan Lundbäck.

Oro för skador

Spridning av restprodukter i skogsmiljöer är inte praxis idag. Det finns en oro från myndigheter och allmänheten att produkterna kan skapa betydande skador på naturmiljön.

– Vi har en del dokumenterade resultat inom ämnet, men det är viktigt att fortsätta med försöken för att skaffa underlag till miljömässigt riktiga beslut. Än så länge har vi inte hittat något i våra försök som tyder på en större negativ miljöpåverkan. Det ger oss förhoppningar om att kunna utveckla och förbättra kretsloppet mellan samhälle och skog, samtidigt som en klimatnytta uppstår i och med ökad koldioxidbindning i växande skog, berättar Johan.

Viktiga analyser

Sveaskogs gödslingsförsök har varit omfattande, med ett tiotal engagerade fältarbetare, helikoptrar och stöd från Sveaskogs forskningsledare Hans Winsa samt Kenneth Sahlén, forskare på SLU. Till sin hjälp i analyseringen av alla data har Johan och hans kollegor haft Heureka-systemet, en programserie utvecklad av SLU.

– Heureka är ett kraftfullt system som har varit mycket värdefullt i våra analyser och prognostiseringar av tillväxteffekterna när man gödslar med aska och bionäring. Systemet ger en möjlighet att prognostisera den långvariga effekten av olika skötselåtgärder och vilka möjligheter nya metoder skulle innebära inbakat i ett skötselsystem.



Johan Lundbäck, delprojektledare.

Även om projektet avslutas vid årsskiftet kommer ytterligare data att analyseras under vintern. Engagemanget är stort och mycket talar för att Johan på ett eller annat sätt kommer att jobba vidare i sina ambitioner att bidra till omställningen mot ett grönare samhälle.

– Samhällets restprodukter är inte enbart miljöfarligt avfall, de kan istället innebära nya möjligheter, avslutar Johan Lundbäck.

Skörd och transport av trädbränslen

SLU:s delprojekt har fokuserat på att studera produktivitet och kostnader för konventionella och innovativa maskinsystem, för skörd, sönderdelning och transport av klena träd på beskogad jordbruksmark. Utifrån detta har projektet identifierat tekniska och metodmässiga utvecklingssteg för ökad effektivitet.

En ökad hållbar produktion av biomassa skapar förutsättningar för en ökad ekonomisk tillväxt och sysselsättning med minskad klimatpåverkan som resultat. Därför är det viktigt att fortsätta utveckla teknik och metoder för effektivare skörd av biomassa i skogsbruket med god lönsamhet, samtidigt som hållbarhetskriterier uppnås. Forskning och utveckling på tekniska lösningar för klenträdsshantering för unga täta gallringsskogar har pågått intensivt de senaste tio åren, vilket resulterat i en effektivisering. Men det finns fler områden med skiftande förutsättningar, där utveckling av teknik och metoder är nödvändiga för fortsatt utveckling av energi- och kostnadseffektivitet. Potentialen att skörda biomassa från biomassatäta marginalmarker, till exempel igenväxta åkermarker, åkerkanter och vägkanter är betydande, upp till cirka tio TWh per år.

För att skapa förutsättningar för ett bättre utnyttjande av dessa marker krävs ny kunskap och kunskapsöverföring samt att markägare erbjuds möjligheten att ansluta lämpliga arealer för produktion av biomassa för exempelvis energiändamål. Endast i Västerbottens län finns cirka 40 000 hektar "övergiven" jordbruksmark vars produktionsförmåga nästan inte alls utnyttjas. Genom restaureringsåtgärder (t.ex. avverkning och återbeskogning) kan man dock använda dessa marker bättre. Detta arbete sker genom användande av konventionella system från skogsbruket, det vill säga till exempel skördare och skotare, flisning vid bilväg samt vidaretransport på lastbil.

Om man kan dra nytta av den forskning och utveckling som sker på metoder och teknik för energigallring och transport av klena, ogallrade skogar vid



SLU har bland annat studerat olika system för flisning och transport av trädbränslen.

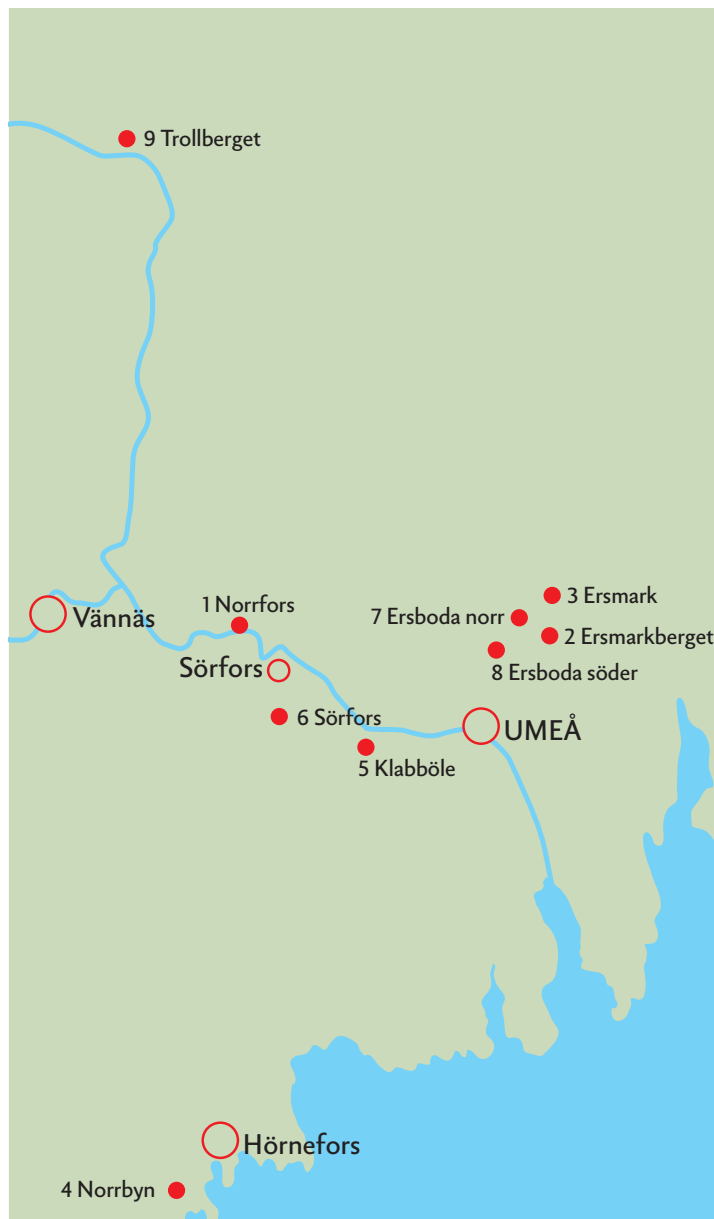
skörd av marginalmarker, kan det sannolikt ge stora ekonomiska fördelar. Exempel på detta är ökat maskinutnyttjande, som ger minskade skördekostnader, samt att planering av åtgärder på marginalmarker och skog kan integreras. Skörd på marginalmarker skiljer sig från traditionellt skogsbruk, men det är skogsbrukets maskiner som används och därför finns det även behov av att utveckla samplanering av resurser för effektivt genomförande.

Inventering av marginalmarker

I fältstudierna har ett omfattande inventeringsarbete av marginalmarker utförts, där olika typer av marker söktes ut via Norra Skogsägarnas register. Ett urval av dessa marker har sedan besökts i fält. Noggranna inventeringar har utförts, där trädarter, trädens storlek, arealer och drivningsförhållanden, exempelvis markens bärighet och terrängtransportavstånd, har mätts. Syftet har bland annat varit att besvara följande frågeställningar: Vilka olika typer av marginalmarker finns det? Hur kan dessa marker klassas utifrån ett drivningsperspektiv? Hur är de belägna i landskapet och hur ser de ut? Vilka är de dominerande trädslagen? Hur mycket volym/biomassa finns att skörda på markerna?

Inventeringar utfördes på 19 olika marginalmarker inom nio områden i Västerbottens län, från oktober 2013 till augusti 2014. Inventering av trädarter och deras storlekar samt markernas drivningsförhållanden utfördes i systematiskt utlagda cirkelprovytor/transekter i varje studieområde.

För att beräkna de stående volymerna ($\text{m}^3\text{sk/ha}$) och trädens biomassa/torrsubstans (TS) på tall, gran, björk och övrigt löv användes kända funktioner från litteraturen. För vissa studieområden vägdes den skördade biomassan antingen med kranvåg på skotaren, med vägning av skotarens axeltryck på vågceller eller vid värmeverk. Skördad areal mättes med en GPS för att kunna beräkna mängden biomassa per hektar.



Karta över de nio studieområdena av marginalmarker i Västerbotten.

Studieområden och kategorier av marginalmarker

Studieområde	Typ av marginalmark	Antal inventerade objekt
1 Norrfors	Åkerkant	1
2 Ersmarksberget	Tätortsnära mark	2
3 Ersmark	Åker-/dikeskant	4
4 Norrbyn	Igenväxt åker	4
5 Klabböle	Igenväxt inäga	1
6 Sörfors	Skogskant, igenväxt åker	3
7 Ersboda norr	Igenväxt åker/inäga	1
8 Ersboda söder	Igenväxt åker	2
9 Trollberget	Väggkant	1
Totalt		19

Skörd och transport av trädbränslen



Igenväxt åkermark i Sörfors, Umeå.



Markering av ett åkerkantsobjekt i landskapet.

Studien visade att åkerkanter och igenväxta åkermarker representerade de mest biomassarika marginalmarkerna över alla kategorier, med en biomassa som i genomsnitt uppgick till 125 ton TS/ha (202 m³sk/ha) på åker- och dikeskanter samt 83 ton TS/ha (128 m³sk/ha) på igenväxt åkermark. Biomassadensiteten var hög på grund av att träden växte i täta rader längs kanterna och volymen på träden låg runt 110 dm³ (liter). I dessa kantzoner och jordbruksmarker är tillgänglighet till vatten och näring gynnsamt för hög produktion. Markerna uppvisade dock stor variation, där vissa zoner var "tomma" eller endast innehöll underväxt som medförde att den genomsnittliga biomassan per hektar blev betydligt lägre i jämförelse med dikeszonerna. Tätortsnära beskogade marker och vägkanter hade mindre biomassa men i medeltal kortare skotningsavstånd.

Tjällossningssäsongen måste undvikas på de flesta studerade områden, eftersom bärighet på vägarna och markerna i bestånden försämras mycket. Markbärig-

heten på de studerade områdena ligger från medelgoda grundförhållanden (klass 3) till mellanklass (klass 4), vilket betyder att skogsmaskiner inte ska köra på marken under perioder med hög markfuktighet, samt att man bör undvika att köra om marken inte är frusen. Detta är generellt för de studerade marginalmarkerna, vilka i regel befinner sig i anslutning till åker- eller betesmark och har en fin jordtextur med lite armering. Däremot har markerna god ytstruktur som ligger på klass 1, vilket innebär att det finns få eller inga hinder (stenar, block, gropar) som kan påverka maskinkörningen. Däremot kan planeringen av maskinkörningen bli påverkad av diken med rinnande vatten, då maskinerna måste bygga broar eller köra runt för att kunna passera.

Träddimensioner och biomassatillgångar från fältstudierna visar att skörd på dessa marker kan ge stora volymer och det kan vara möjligt att kombinera uttag av biobränsle (mindre träddimensioner, grenar och toppar) och rundvirke (massaved och klentimmer). Den största begränsningen vid skörd på dessa marker är att den bör genomföras vintertid när marken är frusen, eller under den torraste perioden på sommaren.

Fältstudier på maskinsystem

På ett urval av de inventerade markerna har tidsstudier på olika maskinsystem för skörd och terrängtransport av träddelar genomförts, med syfte att kvantifiera de olika maskinernas produktivitet under olika förhållanden, exempelvis vilken typ av marginalmark det gäller. Både konventionella maskinsystem och innovativa (nya) system har studerats. Dessutom har olika typer av system för flisning och transport av bränslen tidsstuderats. I samband med dessa studier har även bränslen insamlats för kvalitetsanalyser. Nedan följer en sammanfattande redovisning av de drivningssystem som har utförts inom projektet.

1 Ponsse Fox vs. Fixteri på igenväxt åkermark

I maj 2014, i Norrbyn söder om Hörnefors, genomfördes en studie på två olika maskinsystem på en igenväxt åkermark. En yta av cirka en hektar valdes ut för genomförandet av försöket. Innan skörd inventerades försöksytan. System 1 ("konventionellt"), bestod av en Ponsse Fox skördare utrustad med H5 skördaraggregatet med ackumuleringsarmar. System 2 ("innovativt") bestod av Logman 811FC drivare utrustad med ett Fixteri FX15a buntsystem och ett Nisula 285E ackumulerande klippaggregat. För båda systemen användes samma skotare, en

Skörd och transport av trädbränslen



Ponsse Fox skördare utrustad med H5 aggregat med flerträdshanteringsfunktion.

Komatsu 865 skotare utrustad med E36 Gripen och en kranvåg av modell Intelweigh XW 50PS.

Försöksytan delades i två lika stora arealer och skördades med de olika systemen. Ytan hade förröjts innan studien och all stående trädbiomassa skördades (kalavverkning). Skördaren i System 1 producerade två olika sortiment; massaved och GROT, som skotades separat till avlägget vid bilväg. Bunt-skördaren i System 2 producerade träddebelsbuntar som också skotades till avlägget. Beståndet var dominerat av lövträd (73 % björk, 20 % gråal) med inslag av gran (6 %) och tall (1 %). Beståndstättetheten var i medeltal 4 341 träd/ha, med 1 640 träd/ha över fem cm i diameter i brösthöjd (dbh). Trots att ytan hade förröjts så fanns det mindre områden med underväxt (träd < 5 cm dbh). Medeldiametern var 14,9 cm och medelhöjd 12,9 m, vilket gav en medelstamvolym av 140 dm³ (grundytavägd). Markens bärrighet var av medelgod klass (G=3).

Den konventionella skördaren och buntskördaren uppnådde en produktivitet av 8,22 ton TS/Go-timme (effektiv tid utan avbrott) respektive 6,58 ton TS/Go-timme. Medelvikten på varje producerad bunt var 460 kg färsk vikt (233 kg TS). Buntarna har en längd av 2,6 m och diameter av 60–70 cm. Vid skotning av massaved, GROT och buntar uppnådde skotaren en produktivitet av 12,03 ton TS/Go-timme, 9,31 ton TS/Go-timme respektive 14,6 ton TS/Go-timme (figur 1, nästa sida).

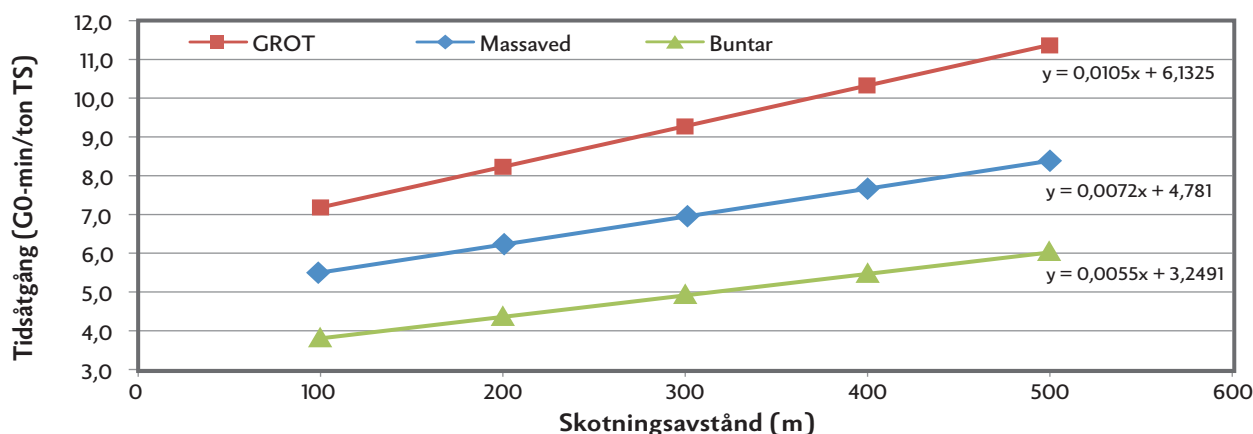


Ett innovativt bunt-skördarsystem, Fixteri FX15a.



Komatsu 865 skotare vid skotning av träddebelsbuntar.

Skörd och transport av trädbränslen



Figur 1. Tidsåtgång för skotaren beroende av skodat sortiment och skotningsavstånd (enkel väg).

Tidsbegreppet grundtid

Go = Effektiv arbetstid utan avbrott.
G15-timme = Den effektiva tidsåtgången, inkl. avbrott kortare än 15 minuter.

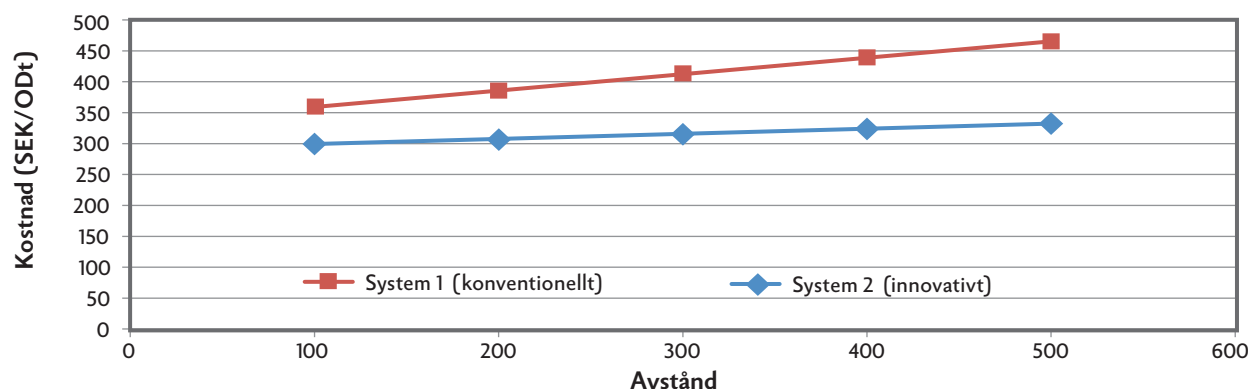
Resultat visar att Ponsse-skördarens produktivitet var ungefär 25 % högre än på Fixteri bunt-skördaren. Produktiviteten vid skotning av trädelsbuntar blev dock 45 % högre än vid skotning av massaved, och 89 % högre än för GROT (vid ett terrängtransportavstånd på 100 m, enkel väg). Beräknat på hela systemet, skörd och skotning, är det innovativa bunt-systemet 55 % effektivare än det konventionella, vid ett skotningsavstånd på 300 m. Skillnaden ökar till 80 % vid 500 m skotningsavstånd. I studien skördades förhållandevis stora träd, på ett effektivare sätt än vad bunt-skördarsystemet är utvecklat för (utvecklat för förstagallring), vilket medförde att buntningssenheter var begränsande. Detta visade sig genom att kranen ibland fick vänta med avlämnande tills buntaren hade matat in alla träd och kunde ta emot igen.

En kostnadsanalys för de två systemen vid skörd och skotning till bilväg utfördes, antaget en kostnad av 1 250 SEK/G15-timme för skördaren, 1 436 SEK/G15-timme för bunt-skördaren och 810 SEK/G15-timme för skotaren (figur 2). För System 1 antogs en fördelning av skördad biomassa, stamved och GROT, (vikt-baserat) på 62 % och 38 %. G15-tiden antogs innehålla 10 % avbrottstid för alla maskinsystem.

2 Skörd av igenväxt tätortsnära mark med Brackes MAMA prototypaggregat

I november 2013 vid Ersmarksberget, ett tätortsnära område strax utanför Umeå, utfördes en studie på ett innovativt maskinsystem bestående av en Valmet 901 skördare utrustad med prototypaggregatet MAMA, tillverkat av Bracke Forest AB. Aggregatet är designat för fällning, ackumulering och knäckkvistning av träddeklar i förstagallringar. Knäckkvistningen genomförs genom att ett flertal fällda och ackumulerade träd buntvis matas genom aggregatet under komprimering och apteras i virkeslängder.

Grundförhållandena var goda och studieområdet dominerades av gråal (85–100 %) med visst inslag av



Figur 2. Skördekostnad (skörd och skotning) för System 1 (konventionellt) och System 2 (innovativt) beroende av skotningsavstånd.

tall. På den studerade ytan identifierades två olika typområden. Den skördade arealen som representerade ytan med "stora träd" var 1 498 m² (70 % av studieytan), med en volym av 16,95 råa ton träd-
delar, vilket motsvarade 52,5 ton TS/ha. Den skördade arealen som representerade området med "små träd" var 633 m² (30 % av studieytan), med en volym av 3,75 råa ton biomassa, vilket motsvarade 27,4 ton TS/ha. Biomassa i hela studieområdet var i snitt 45 ton TS/ha.

Skördaren uppnådde en produktivitet av 3,34 ton TS/Go-timme för "stora träd" och 2,05 ton TS/Go-timme för "småträd". Skotaren uppnådde en produktivitet på 9,8 ton TS/Go-timme i medeltal vid en lastvikt på 2,6 ton TS vid 206 m skotningsavstånd. Studien visar att storleken på skördade träd har en stor betydelse för skördarens produktivitet. Skördaren blir 63 % produktivare när trädhöjden ökar från 6,6 m till 8,4 m. För hela systemen, inklusive skotningsarbetet, blir motsvarande ökning 51 %.

Den uppskattade åldern för de skördade träden var, baserat på räkning av årsringar, tolv år i genomsnitt. Detta indikerar att man kan skörda relativt stora biomassavolymer (52,5 ton TS/ha) efter relativt kort omloppstid. Det använda prototypaggregatet fungerade utan större tekniska avbrott. En bidragande orsak till den höga tillförlitligheten var sannolikt att ingen uppbearbetning utfördes, det vill säga träden endast fälldes och höglades.

3 Knäckkvistning av klena träd från tät första-gallring med prototypaggregatet MAMA

I projektets visningsområde Tomteboskogen utfördes ytterligare tidsstudier på prototypaggregatet MAMA i november 2013. I detta fall analyserades även bränslekvaliteten på de producerade träddelarna och andelen näring som lämnades kvar i skogen vid skörd uppskattades.

20 träddebuntar av tall producerades, uppdelade i två storleksklasser; en klass med buntar av "små träd" (10 buntar, 5 träd/bunt, med träd från 4 till 8 cm i dbh), och en annan klass av buntar med "stora träd" (10 buntar, 3 träd/bunt, med träd från 8 till 13 cm i dbh). Inom varje klass blev hälften av träden fällda och apterade ("obearbetade buntar"). Den andra hälften upparbetade med aggregatet, det vill säga matades genom aggregatet ("upparbetade buntar"). Den avskavda biomassan samlades in och vägdes och buntarnas längd mättes liksom



Figur 3. Studieytan vid Ersmarksberget. Området avgränsat med blå färg visar området med förhållandevis stora träd och arealen avgränsad med gul färg visar mark med förhållandevis små träd.



Valmet 901 skördare utrustad med det innovativa prototypaggregatet MAMA, tillverkat av Bracke Forest AB.



Rottne Solid F9-6 skotare fullastad med träddelar under mätning av axeltrycket med vågsystemet Telub.

Skörd och transport av trädbränslen

omkretsen i rotskäret, på mitten och toppen. Ett urval av buntarna flisades för sig och flisprover togs för att utvärdera bränslekvaliteten, det vill säga fukthalten, partikelstorleksfördelningen och askhalten. Studiens resultat finns samlade i tabellen nedan.

4 Skörd av knäckkvistade träddelar från åkerkanter med Log Max 5000Bio

I januari 2014 utfördes en studie på en åkerkant utanför Ersmark, norr om Umeå (se karta nedan). I studien ingick ett system bestående av en Eco Log 560D skördare

	Små träd		Δ	Stora träd		Δ
	Obearbetade	Upparbetade		Obearbetade	Upparbetade	
Dbh träd i bunt (cm)	5,7	5,9		9,8	9,8	
Höjd träd (m)	7,0	7,1		9,3	9,4	
Biomassa bunt (kg TS)	36	Före Efter		70	Före Efter	
		38 36	-5 %		62 58	-7 %
Volym bunt (m ³ s)	0,6	0,4	-32 %	1,1	0,6	-41 %
Bulkdensitet (kg TS/m ³ s)	65	88	+35 %	67	117	+76 %
Askhalten bunt (%)	0,66	0,61	-7 %	0,56	0,51	-10 %
Askhalten plockade fraktioner (%)		1,50			1,67	

Egenskaper på trädbuntar i medeltal. (Δ) anger skillnaden mellan obearbetade och upparbetade buntar.



Studieytan i Ersmark. Effektiv skördad areal markerat med gul färg. Blå markering visar placering av träddelsvältan och röd visar grusvägens slut.



Tigercat 1055 skotare fullastad med träddelar.



Arbete med skördaren Eco Log 560D på den studerade åkerkanten.



Log Max 5000Bio aggregat, modifierat med täckta kvistknivar för knäckkvistningsfunktion.

utrustad med ett Log Max 5000D aggregat med flerstädshanteringsfunktion (då kallat 5000Bio). Aggregatets kvistknivar täcktes med ett metallstycke för möjlighet till knäckkvistning, vilket innebär att endast en liten del av grenbiomassan avskavs (främst barr och finkvist) samtidigt som trädbuntens volym minskas (komprimeras). Skotaren i studien var en Tigercat 1055.

Åkerkanten var dominerad av lövträd (49 % björk, 10 % gråal, 4 % sälg) och barr (32 % gran, 5 % tall). Arealet som skördades längs åkerkanten var 3 478 m² och totalt skördades 66,1 råa ton träddelar, vilket motsvarade 97,0 ton TS/ha. Skördaren uppnådde en produktivitet av 6,71 ton TS/Go-timme. I medeltal hanterade skördaren fyra stammar/krancykel med en frekvens på 123 krancykler/Go-timme, vilket motsvarar 441 stammar/Go-timme. Skotaren uppnådde i genomsnitt en produktivitet på 7,59 ton TS/Go-timme. Skotningsavståndet varierade från 37 till 448 m och var i genomsnitt 196 m. Medelhastigheten på skotaren vid tomkörning var 85 m/min, 24 m/min mellan lastningar och 47 m/min lastad.

Resultaten visar en skillnad på 57 % mellan uppskattad biomassa (153 ton TS/ha) och invägd biomassa (97 ton TS/ha), vilket sannolikt till störst del beror på att inventeringen före skörd överskattade vad som skördades (en del träd lämnades). Bredden på inventerade arealer före skörd var i medeltal 6,1 m, och 5,7 m efter skörd.

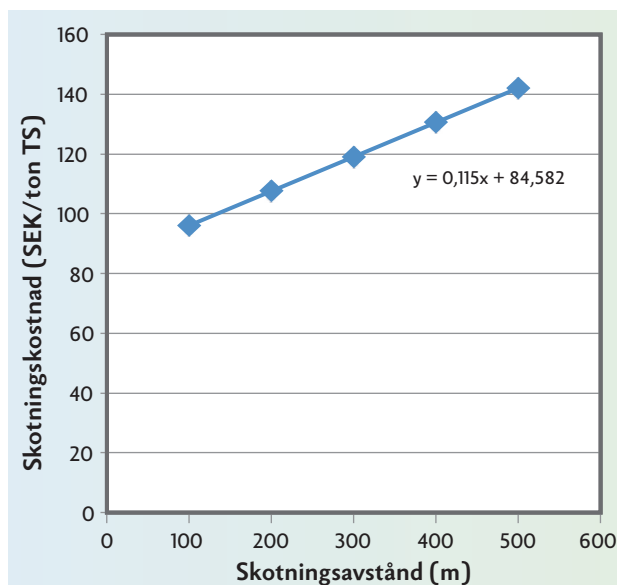
5 Skotning av buntade träddelar från efter-satta röjningar med Komatsu Forest 865

På Umeå kommuns mark i Holmsund genomfördes en studie i maj 2013 på en Komatsu Forest modell 865, vid skotning av buntade träddelar från klen gallring. Området bestod av både tall, björk och gran i gallringsålder (förstagallring). Skotaren uppnådde i medeltal en produktivitet på 5,93 ton TS per G15-timme (6,04 ton TS/Go-timme) (Figur 5). Skotningsavståndet varierade mellan 117 och 1 400 m enkel väg, med ett medelavstånd på 437 m. Totalt tidstuderades 24 lass, bestående av totalt 211 råa ton, motsvarande 101 ton TS, fördelade på 487 buntar. De buntar som lastades under tidstudien hade en medelvikt på 434 kg (207 kg TS) och varierade mellan 335 och 511 kg. Under tidstudien lastades i genomsnitt 20 buntar på varje lass, antalet buntar per lass varierade mellan 10 och 28. Lassen vägde i genomsnitt 8 462 kg (4 037 kg TS) och varierade mellan 4 188 (1 942 kg TS) och 12 340 kg (5 785 kg TS). Medelhastigheten för körning med tomt lass, respektive under lastning och med fullt lass, var 3,6 km/h (0,99 m/s), 1,8 km/h (0,33 m/s) och 2,8 km/h (0,78 m/s).

Skotaren var standardutrustad för normal rundvirkeskotning. Den hade alltså tre lastbankar, vilket i detta fall gjorde att föraren var tvungen att lägga stor möda vid att lägga buntarna precis rätt för att lasset skulle ligga kvar under terrängkörning samt för att kunna utnyttja lastutrymmet maximalt. En lastbank till skulle varit att föredra, då varje bunt då skulle ha fått två lastbankar att ligga på såsom i tidigare studier från Finland, där skotning av samma typ av buntar har studerats. Även ett längre chassi (vilket är tillgängligt för denna modell) hade varit att föredra så att den bakre lastbanken hade gått att placera ännu längre bak.



Skördad åkerkant där en bredd av ungefär fem meter skördats.



Figur 5. Kostnad för skotning av buntar i förstagallring beroende av skotningsavståndet (kronor/ton TS), baserat på en lastvikt på 4 500 kg TS.

Skörd och transport av trädbränslen

Flisning och vägtransport

Slutligen har olika kombinationer av drivningssystem och system för flisning och transport av trädbränslen (leveranssystem) modellerats. Kostnaden för de olika leveranssystemen, från skog till industri, har sedan beräknats och jämförts med varandra. Syftet har här varit att identifiera de mest kostnadseffektiva systemen. Nedan följer de system för flisning och vägtransport som har studerats.

6 Flisning av buntar med ett semi-mobilt system kombinerat med lastväxlarbil

I maj 2014 utfördes en studie på ett flisningssystem i Holmsund. Systemet bestod av ett Doppstadt DH-910 (dieseldriven 612 hk motor, fjärrstyrd), semimobil flishugg samt en lastbil med kran för matning till flishuggen och förflyttning av flishuggen och en lastväxlarbil med tre containrar (vardera 38 m³). Flisning av buntade träddelar från klena förstagallringar studerades. Flishuggen flisade direkt ner i containrarna vid avlägg och lastväxlarbilen betjänade flishuggen med containrar. När en container var full körde lastväxlarbilen den till rangeringsplatsen för att byta mot en tom container. När tre containrar (ett lass) hade fyllts upp körde lastväxlarbilen containrarna till

värmeverket för avlastning och körde sedan tillbaka till avlägget för att fortsätta betjäna flishuggen.

Systemet studerades i totalt 2,64 G15-timmar, där avbrottstiden var 2,0 %, vilket gav 2,59 Go-timmar. Flishuggen arbetade 70 % av den produktiva arbetstiden (uppstart 4,5 %, flisning 65,7 %) och byte av container stod för 30 %. Totalt studerades tre fulla lass (totalt 111,6 ton eller 48,9 ton TS), där ett lass bestod av tre containrar, vilket i genomsnitt, gav 37,2 ton (16,3 ton TS) per lass. I genomsnitt tog det 52 minuter att producera ett fullt lass, inklusive byte av containrar (fyllningstid per container var 12 minuter). Avståndet från avlägget till rangeringsplatsen var 245 m. Totalt flisades 241 buntar. Kranen matade in en bunt/krancykel och passade på att placera buntar på inmatningsbandet till huggen när lastbilen höll på att växla containrar. Ingen förflyttning av flishuggen uppstod för samma lass, eftersom alla buntarna kunde nås från samma position.

Vid matning till flishuggen var buntarna lätta att hantera och de höll ihop bra, endast några buntar gick sönder under hanteringen. De plastsnören som höll ihop buntarna orsakade inget problem för flishuggen. Systemet kan klassificeras som "hett" eftersom det krävs en bra synkronisering mellan lastväxlarbilen och flishuggen för att minimera väntetider. I detta fall var



Avlägget (flisningsområdet) och maskiner involverade i systemet. Från vänster till höger: Lastbil som driver kranen, flishuggen med containrar och lastväxlarbilen.

Skörd och transport av trädbränslen

avståndet till värmeverket kort, cirka 24 km, men med längre avstånd bör fler lastväxlarbilar vara involverade. De observerade nackdelarna med systemet var att det krävs stora vändplaner för att placera flishuggen och växla mellan containrar samt bra grundförhållanden för att de tunga maskinerna inte ska köra fast. I detta fall utfördes studien på en relativt torr gräsplan. Flisningen av de studerade buntarna krävde en stor hugg som kan ta in diametrar på i detta fall 60–70 cm. Ett alternativ till flishuggen är att använda en kross, men kvaliteten på det producerade bränslet skulle då sannolikt bli sämre.

De observerade prestationerna i studien användes för att modellera systemets produktivitet som en funktion av transportavstånd till värmeverk. Ett medelvärde för tidsåtgången för de olika arbetsmomenten i studien, det vill säga flisning (inkl. uppstarttid) och containerbyte (inkl. körning till rangeringsplatsen, 245 m) användes. Modellen antar ett fullt lass av 16,3 ton TS och att bilen kör tillbaka till samma hugg. Kalkylerna inkluderar inte eventuella väntetider, som till exempel tiden som huggen måste vänta när bilen växlar mellan containrar eller körningstid till värmeverk. Analysen visar att vid ett transportavstånd på 25 km uppnår flishuggen en verkningsgrad på 31 % (produktiv tid). Systemets tidsåtgång ökar med cirka 30 % från ett transportavstånd på 25 km till 50 km (Figur 6).

7 Flisning och transport med huggbil

I februari 2014 utfördes studier på två objekt, i Andersfors och Drängsmark inom Skellefteå kommun. Studierna genomfördes på ett system bestående av en huggbil, (Scania R620V8, 4-axlar, 700 hk motor) utrustad med en flishugg (Bruks 805,2 PCT) med en balja på 27 m³ och ett flissläp på 76 m³ (eller Tyllis

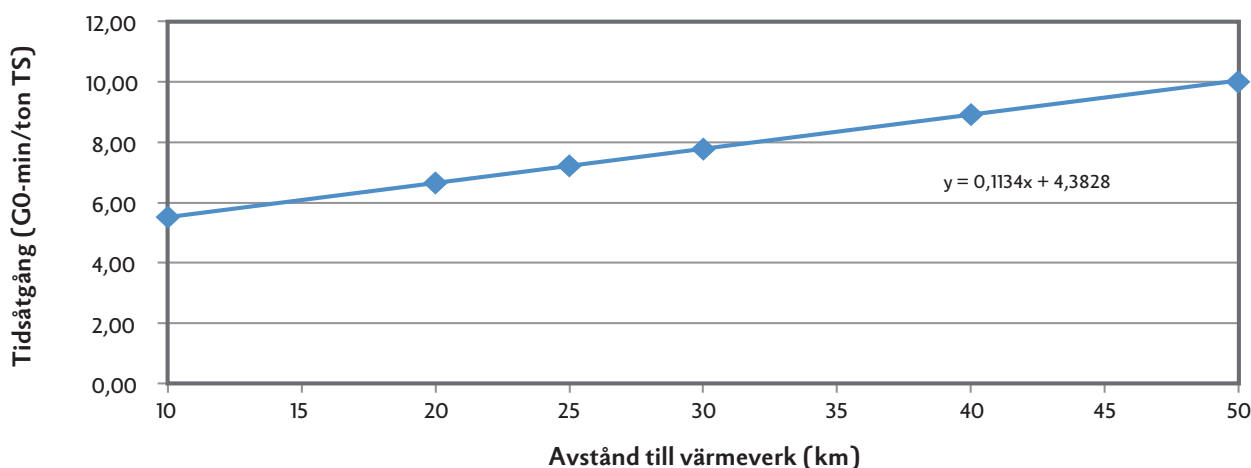
på 67 m³). Systemet bestod även av en lastväxlarbil (tre axlar) med en CMT-container (45 m³) som växlade containrar till huggbilen. Sortimentet i Andersfors bestod av GROT och i Drängsmark av träddeklar. Huggbilen flisade i sin balja på lastbilen och därefter i släpet. När baljan och släpet var fyllda körde huggbilen till lastväxlarbilen på rangeringsplatsen.



Tippning av baljan in i lastväxlarbilens container vid rangeringsplatsen. Båda släpen har redan kopplats av.



Huggbilen vid flisning av GROT i Andersfors.



Figur 6. Modellerad tidsåtgång av systemet beroende av avstånd till värmeverk (baserat på 245 m till rangeringsplatsen).

Skörd och transport av trädbränslen



Traktorburen flishugg vid flisning (vänster) och skopbilen (höger) vid lastning.



Tippning av flisbaljan vid väggkant. Körsträckan från vältan var cirka tio meter.

Där kopplade huggbilen av det fyllda släpet och tippade baljan in i en container på lastväxlarbilen. Därefter kopplade huggbilen på det tomma släpet (som lastväxlarbilen hade med sig) och körde tillbaka till vältan. Lastväxlarbilen körde sedan till värmeverket för att leverera flisen (och tillbaka till rangeringsplatsen).

Huggbilens arbete stod för en total arbetstid av 6,46 G15-timmar, där avbrottstiden utgjorde 1,9 %, vilket ger 6,34 Go-timmar produktiv arbetstid. Flisningsarbetet stod för 45 % av den produktiva arbetstiden (verkningsgrad 45 %). Medelhastigheten för tom flisbil var 62 km/timme och fullastad 59 km/timme.

Resultaten visar att flisning av träddeklar var mycket effektivare än flisning av GROT. Avverkningsresterna (mest gran och lite björk) hade lagrats

vid avlägget ungefär ett år och var placerat i diket. Föroreningar (sten och jord) orsakade avbrott, vilket medförde att knivarna i huggen byttes mot nyslipade knivar efter ungefär 35 timmars arbete (för träddeklar byttes knivarna efter 5 dagar!). Det tog ungefär 30 minuter att byta knivar. En av nackdelarna med systemet är att det behövs en vändplan i anslutning till skogsbilvägen för huggbilen samt en lämplig rangeringsplats för att kunna byta lass. Detta gjorde att rangeringsplatserna varierade för varje lass i studien; en bensinmack, ett industriområde och en korsning.

8 Flisning med traktorhugg och transport med skopbil

Från februari till april 2014 genomfördes studier där vältor inventerades i 40 olika områden runt Umeå. Biomassan kom från avverkningar på marginalmarker och konventionell skogsmark. Systemet som studerades bestod av en skotarburen flishugg, med ett Bruks 805 CT hugg (450 hk motor, två knivar på trumman och 18–21 m³ tippbar flisbalja) och en skotare, Komatsu 860.4 som basmaskin, samt en skopbil med container och släp (total volym på ekipaget 122 m³). Traktorhuggen flisade vid vältan på hygget eller vid väggkant och tippade materialet i stackar på marken (ingen täckduk mot mark användes). Skopbilen lastade sedan materialet och körde till värmeverket. Den traktorburna flishuggen hjulade mellan olika vältor inom samma bestånd och även mellan olika bestånd vid korta avstånd.

Flishuggen studerades 31,27 G15-timmar, där avbrottstid utgjorde 5,4 %, vilket ger 29,58 Go-timmar produktiv arbetstid. Totalt studerades 32 lass av GROT och 35 lass av träddeklar från tolv olika studieområden. Ett fullt lass av GROT hade en vikt av 3,93 ton TS i genomsnitt (medelfukthalten, FH, var 37,9 %) och ett fullt lass av träddeklar vägde 3,42 ton TS (FH 44,5 %). Effektiviteten på flishuggen (enbart vid flisning) var i snitt 4,33 Go-minuter/ton TS för GROT och 3,67 Go-min/ton TS för träddeklar. Avståndet från vältan till avlägg/väggkant för att tippa flisbaljan var 46 m i genomsnitt (min 10 m, max 154 m). Medelhastigheten på fullastad traktor var 36 m/min och medelhastigheten tom var 48 m/min.

Skopbilens arbete studerades för en total arbetstid av 2,64 G15-timmar, där avbrottstid utgjorde 18,7 %, vilket ger 2,15 Go-timmar produktiv arbetstid. Totalt studerades tre fulla lass på flisade träddeklar, som i genomsnitt hade 22,9 ton TS (medelfukthalt på de studerade lasserna var 37,5 %). Skopbilens effektivitet mellan lastning av flis var 1,86 Go-minuter/ton TS, vilket motsvarar en produktivitet av 32,3 ton TS/Go-

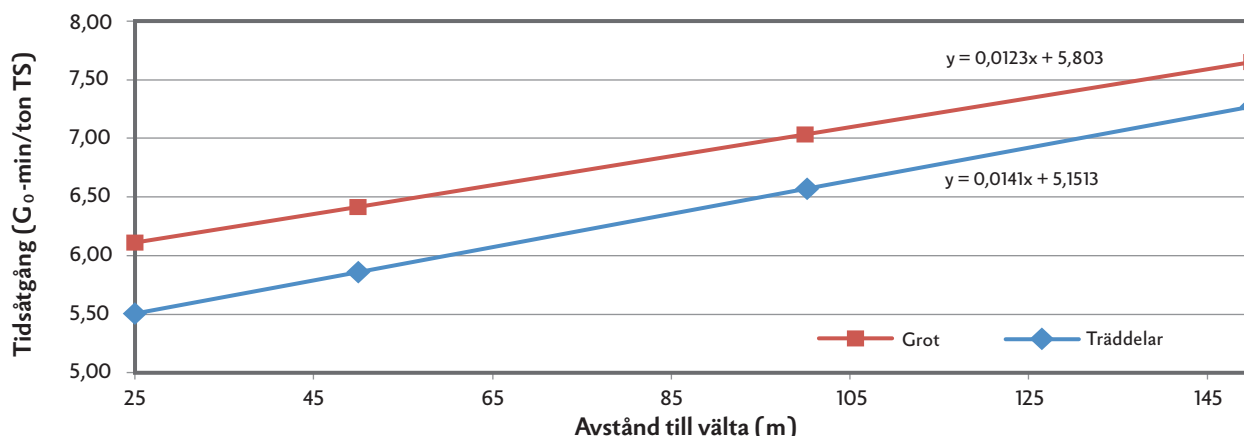
Skörd och transport av trädbränslen

timme (max 35,4 – min 28,9 ton TS/Go-timme).

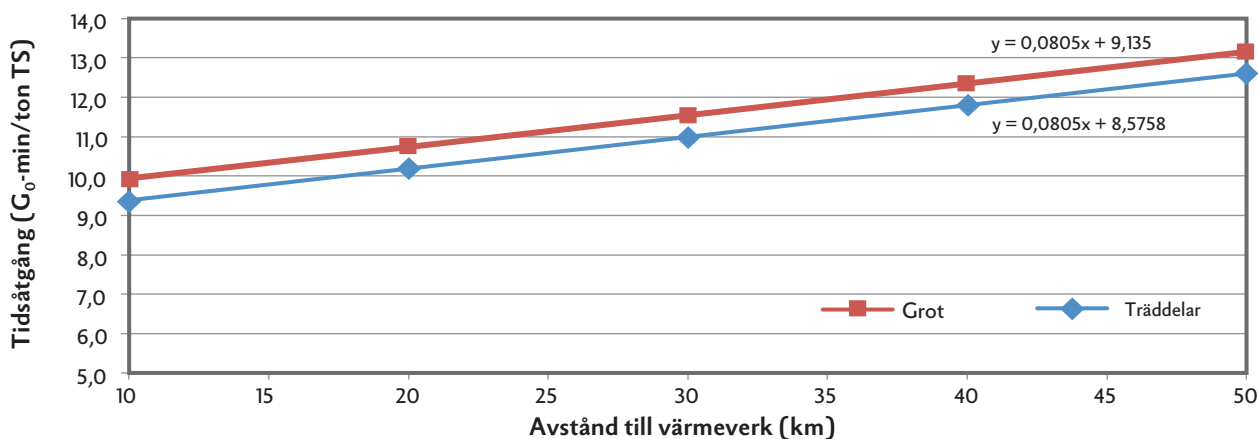
Produktiviteten på flishuggen påverkades av mängden föroreningar i vältorna. Det var därför viktigt att skotningsarbetet utfördes så att jord och sten inte medföljde. Avståndet till en lämplig plats för att tippa flisbaljan påverkade också produktiviteten. Lågt liggande kraftledningar tvingade flishuggen att hitta alternativa platser för att tippa baljan på vissa objekt. Fukthalten i vältorna skiljde sig mycket åt mellan de olika studieområdena, vilket kan förklaras av att lagringstiderna var olika samt att vältorna placerats olika. I vissa fall var vältorna placerade i diken, vilket absolut ska undvikas. Analyserna visar att produktiviten vid flisning och vägtransport blev högre för träddelar än GROT (Figur 7 och 8).

Egenskaper	Träddelar	GROT
Antal studieområden	14	20
Antal vältor	43	29
Fukthalt (%)	46,1 (min 34,1–max 56,2)	45,0 (min 24,5–max 61,2)
Rädensitet vältor (kg TS/m ³ s)	59 (min 48–max 80)	68 (min 32–max 97)
Medelvältor		
Vikt (ton TS)	29	43
Volym (m ³ s)	496 (max 1600–min 72)	639 (max 1729–min 116)
Volym (m ³ f)	70	95
Höjd (m)	3,6 (max 5–min 1,65)	3,4 (max 4,8–min 2,1)
Längd (m)	17,7	28,5
Bredd (m)	8,4	6,3
Energivärde (0% FH, MWh)	142	211

Inventering av vältor. Egenskaper på träddelar och GROT-vältor. Bara vältor som flisades redovisas. En mindre del inventerades men flisades inte på grund av en tidig tjällossningssäsong.



Figur 7. Modellerad tidsåtgång för traktorburen flishugg vid flisning och transport från vältor till avlägg/väggkant (tippningsplats) beroende av avstånd till tippningsplatsen.



Figur 8. Modellerad tidsåtgång för systemet beroende av avstånd till värmeverk. Terrängkörningsavståndet för flishuggen var 50 meter mellan vältan och plats för att tippa baljan.

Skörd och transport av trädbränslen

Jämförelser av leveranssystem

Baserat på tidigare delstudier modellerades olika leveranssystem och dess kostnader för skörd, transport och sönderdelning jämfördes vid olika transportavstånd. Analysen baserades på skörd av beskogad åkermark för två av de studerade systemen, Fixteri och Logmax 5000Bio. En standardskotare (medelstor) alternativt en jordbrukstraktor utrustad med griplastarvagn transporterade biomassan för alla system.

Flyttkostnaden för skogsmaskiner sattes till 2 000 kr/maskin och 526 kr för traktor med griplastarvagn (räknat på körning i G15-timme; förflyttar sig själv).

Systemens totalkostnad beräknades för ett terrängtransportavstånd på 300 m för skotarna och 50 m för traktorhuggen och beroende av vägtransportavstånd till industri. Skördade och levererade energimängder baserades på ett effektivt värmevärde av 19,2 MJ/kg TS och en fukthalt av 50 %, vilket motsva-

Egenskaper	"Fixteri"	"Logmax 5000Bio"
Timkostnad (kr/G15-timme)	1436	1300
Produktivitet (ton TS/G15-timme)		
Ersmarksberget	3,63	4,43
Ersmark	4,94	6,04
Norrbyn	5,93	7,23
Skotare		
Sortiment	Buntar	Knäckkvistade träddeklar
Lastvikt (ton TS)	5,1	3,3
Effektivitet (G15-timme/ton TS)	$y=0,0002x+0,0602$	28,5
	$y=0,0003x+0,1118$	6,3
	142	211
Traktor med griplastarvagn		
Lastvikt (ton TS)	5,1	3,3
Effektivitet (G15-timme/ton TS)*	$y=0,0002x+0,0738$	$y=0,0003x+0,1398$

Beskrivning av de analyserade maskinerna.



Analyserade system för transport.

Överst; skopbil. Mitten; träddeklarbil. Nederst; rundvirkesbil.

	A Flishugg (+lastbil)	B Skotarburen hugg	C Skopbil (flis)	D Rundvirkes-lastbil (buntar)	D Skopbil (träddeklar)
Timkostnad (kr/G15-timme) ¹	3 000	1 550	495	338	346
Effektivitet (G15-timme/ton TS) ²	$y=0,0411$	$y=0,0003t+0,0954$	$y=0,9943$ G ¹⁵ /lass	$y=1,1505$ G15/lass	$y=1,1505$ G15/lass
Kapacitet (ton TS)			19,0	20,0	12,5
Kapacitet (m ³)			122	–	
Flyttkostnad (kr)	8 000	3 000	226 kr/lass 9,7 kr/km	169 kr/lass 9,0 kr/km	177 kr/lass 10,3 kr/km

Tre system för sönderdelning och transport analyserades: 1) Transport av träddeklar med träddeklarbil (E) och flisning vid industri med semimobil flishugg (A); 2) Transport av buntar med rundvirkeslastbil (D) och flisning vid industri med semimobil flishugg (A); 3) Flisning vid avlägg med skotarburen flishugg (B) och transport med skopbil (C).

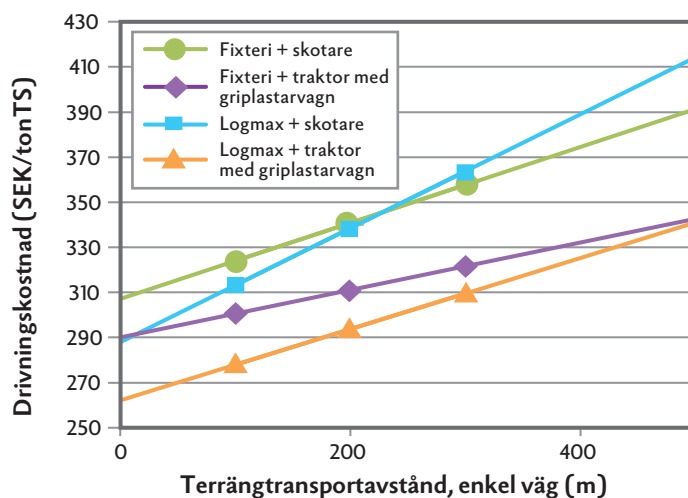
Skörd och transport av trädbränslen

rar 4,65 MWh/ton TS. Priset på leverans av bränslen, inklusive flisningskostnaden vid industri för träddeklar, sattes till 140 kr/MWh (± 40 kr/MWh i känslighetsanalysen).

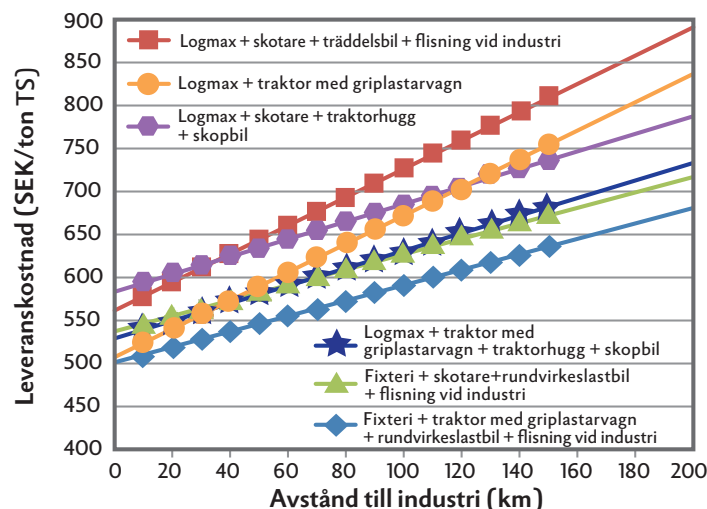
Analyserna visar att drivningskostnaden för bunt-skördarsystemet och Log Max-systemet, båda med skotare, uppvisar liknande kostnader, men att träddeklarssystemet blir effektivare vid relativt korta transportavstånd, och det omvända för bunt-skördarsystemet (Figur 9). Kostnadseffektiviteten blir likvärdig vid ett terrängtransportavstånd på cirka 250 m. Vid användande av traktor med griplastarvagn ger Logmax-systemet lägsta kostnader.

Analysen visar att leverans av knäckkvistade träddeklar i träddeklarbil ger högst kostnader vid leveranser över cirka 30 km (Figur 10). Om man istället flisar träddeklarna vid bilväg och transporterar materialet med skopbil sänker man kostnaden med cirka 6% vid ett transportavstånd på 100 km. Om man däremot buntar träddeklarna och transporterar den med konventionella rundvirkesbilar, och flisar med storskalig teknik vid industri, minskar kostnaden istället med 14% vid ett transportavstånd på 100 km. Generellt sänker man leveranskostnaden med cirka 6–8% om man kan utnyttja mer kostnadseffektiva maskiner, som traktorer med griplastarvagn, vid terrängtransporten.

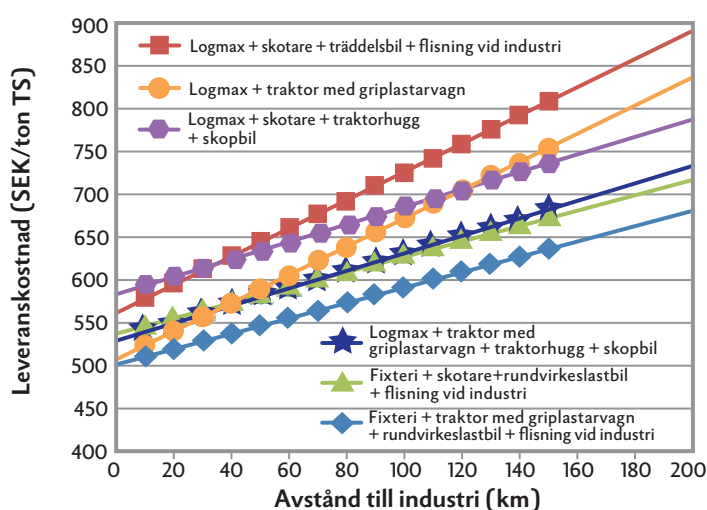
Den faktor som påverkar lönsamheten mycket vid leverans av skogsbränslen är priset vid industrin (Figur 11). Antaget ett relativt högt pris (180 kr/MWh fritt levererat vid industri för flisat material) uppvisar träddeklarssystemet med flisning vid industri, buntsystemet och flisningssystemet vid bilväg (alla system med konventionella skotare) lönsamhet (givet en marginal på 50 kr/ton TS; 11 kr/MWh) vid transportavstånd på cirka 130 km, >200 km respektive cirka 200 km. Motsvarande transportsträckor vid ett bränslepris på 140 kr/MWh blir 20 km, 70 km respektive 15 km. Marginalerna kan hållas relativt höga, även med låga bränslepriser, om man kan kombinera effektiva bunt-skördarsystem, kostnadseffektiv terrängtransport med jordbrukstraktorer, vägtransport med rundvirkesbilar och effektiv sonderdelning vid industri.



Figur 9. Drivningskostnader (kr/ton TS) för skörd av beskogad åkermark beroende av terrängtransportavstånd (enkel väg, inklusive flyttkostnader).



Figur 10. Leveranskostnaden beroende av vägtransportavstånd.



Figur 11. Avstånd från skog där leveranssystemen når break-even (kostnad=intäkt). Övre röd linje=180 kr/MWh (837 kr/ton TS) fritt industri, mitre linje=140 kr/MWh (651 kr/ton TS), nedre linje=100 kr/MWh (465 kr/ton TS).

Skörd och transport av trädbränslen

Slutsatser

Tekniker som medför att man kan komprimera biomassan redan vid skörd, genom exempelvis knäckkvistning eller buntning, ger ökad transporteffektivitet. Dessa tekniker medför dock en ökad kostnad för att skörda materialet, men det hämtas igen vid transporterarna. Buntning medför även att biomassan kan transporteras med rundvirkesbilar, vilket ger stora logistiska fördelar då man inte behöver separata transportlösningar för trädbränslen och rundvirke.

Flisningskostnaden kan kraftigt reduceras om man använder sig av storskalig teknik på terminal/industri istället för till exempel traktorhuggar och skopbilar vid bilväg. Buntade träddelar är även betydligt effektivare att hantera än "lösa" träddelar, vilket också kan ge ökad effektivitet vid flisning. Dock avgör biomassakoncentrationen och transportavståndet vilket system som blir mest lönsamt. Dessa analyser måste utföras för större leveranser där årsvariationer i flöden och avstånd beaktas. Resultaten ger dock en ögonblicksbild över vilka systemlösningar som kan vara effektivast. Fältstudier på jordbrukstraktorer med griplastarvagnar är av största vikt för att kunna bekräfta, eller dementera, de resultat som uppnåtts, det vill säga att dessa system ger betydligt lägre kostnad än konventionella skotare på marginalmarker.

I medeltal ger leverans av trädbränslen från marginalmarker sannolikt lägre kostnader än motsvarande

leveranser för bränslen från exempelvis klena gallringar. Tekniken för att skörda dessa biomassor är dock likvärdiga. Tillsammans ger dessa marker en potential motsvarande cirka 20 TWh, en betydande och till stor del outnyttjad resurs. Ett leveranssystem bestående av följande enheter ger stora möjligheter för integrerad skörd av marginalmarker och skogsmark: a) En skördare som klarar att fälla träd upp mot cirka 40 cm i dbh samt aptera rundvirke, eller fälla och ackumulera flertalet klena träd effektivt och mata dessa till en buntningsenhet, eller knäckkvista träden, i kombination med en jordbrukstraktor med griplastarvagn för marginalmarker och en skotare för skogsmark, b) Rundvirkeslastbil och c) Flisning med storskalig teknik vid industri. Exempelvis kan en kombination av Fixterisystemet med Logmax 5000Bio ge stor flexibilitet. Buntskördarna blir dock tunga, vilket är en nackdel för drivningen. Ett alternativ är att utveckla fristående buntningsenheter som har egen drivning och är fjärrstyrda från skördaren. Detta skulle ge ännu större flexibilitet. Dels behöver man ingen drivare som basmaskin, dels kan buntningen ske oberoende av skördarens arbete (om nödvändigt) och vice versa. Slutligen kan buntaren "lånas" mellan olika entreprenörsgrupper. Fortsatt arbete med utveckling av samplanering på dessa marker kommer sannolikt ge en ytterligare effektivisering av leveranser av trädbränslen, både från marginalmarker och skogsmarker.



Hugglink med separat upparbetningsdel.

"En viktig pusselbit"

Delprojektledaren Dan Bergström, teknologie doktor vid SLU i Umeå, är mycket nöjd med hur projektet har utvecklat sig och med de tekniska framsteg som gjorts.

– Vi har studerat några riktigt spännande innovativa maskinsystem för skörd av biomassa, till exempel en drivare utrustad med ett buntningssystem. Den här typen av innovationer är ett stort steg i rätt riktning vid utvecklandet av effektiva leveranssystem av okvistad trädbiomassa, vilket i sin tur medför att man kan skörda fler arealer kostnadseffektivt.

Marknaden styr

Hindren som måste överbryggas handlar inte bara om utveckling av teknik och metoder. Det gäller också att övertyga omvärlden om att vi måste vara mer energieffektiva i framtiden och öka vår hållbara produktion av biomassa. Inte minst måste marknaden själv börja tro på skogsbränslen på allvar och lägga grunden för att trygga skogsbränslesortimentens framtid.

– Marknaden måste stabiliseras, det vill säga skillnaden, främst nedgången, i efterfrågan på biobränslen får inte variera alltför mycket mellan olika år. Detta skapar en osäkerhet för investerare vid utveckling av nya skogsbränslesystem, konstaterar Dan.

Fler insatser krävs

Dan framhåller att de biomassatäta marginalmarkerna har en mycket stor potential, inte minst inom privatskogsbruket i norr. Han är övertygad om att ny teknik och effektiva metoder för skörd av biomassa finns inom räckhåll, men han vill också betona att vi fortfarande har en bra bit kvar.



Dan Bergström, delprojektledare.

– Vi har lagt ytterligare en pusselbit på vägen för att kunna skörda biomassa på ett effektivt sätt. Nya forskningsinsatser på marginalmarkernas betydelse, dess egenskaper och effektiva skördesystem är däremot ett krav för att vi ska kunna uppnå våra långsiktiga målsättningar.

Ytterligare ett led i att utveckla trädbränslenas roll i "energisystemet Sverige" är att även arbeta med att utveckla nyttjandet av våra tätortsnära skogar.

– Tillsammans med marginalmarkerna ligger de tätortsnära skogarna som en mosaik i skogslandet. Därför bör skötseln av dessa resurser integreras, för att kunna uppnå hög kostnadseffektivitet vid brukande samtidigt som man säkerställer att miljömål och rekreationsvärden uppnås på landskapsnivå, avslutar Dan Bergström

Vidare läsning

Mikael Forsman, Martin Lundgren och Niklas Karlsson 2011. **Bioenergiårdar – Slutrapport delprojekt Skog.** Norra Skogsägarna.

Di Fulvio, F. & Bergström, D. 2013

Analyses of a single-machine system for harvesting pulpwood and/or energy-wood in early thinnings. International Journal of Forest Engineering, 24(1): 2–15.

Di Fulvio, F., Bergström, D. & Nordfjell, T. 2011.

Skörd av skogsbränsle och/eller massaved i första-

gallringar, vägkanter och på igenväxt åkermark.

Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, Arbetsrapport 343. SLU-SRG-AR-343-SE.

Bergström, D., Ulvcrone, T., Nordfjell, T., Egnell, G. & Lundmark, T. 2010.

Skörd av skogsbränsle i förstagallringar.

Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, Umeå. Arbetsrapport 281.



REGION
VÄSTERBOTTEN



En investering för framtiden



EUROPEISKA
UNIONEN
Europeiska
regionala
utvecklingsfond



Länsstyrelsen
Västerbotten