

KOSTNADSEFFEKTIVA SYSTEM FÖR SKÖRD AV SLYBRÄNSLEN

SLF Proj nr O-17-21-988

Daniel Nilsson, Örjan Grönlund, Maria Iwarsson Wide

1. INLEDNING

1.1. Bakgrund

Under de senaste decennierna har landskapet i stora delar av Sverige blivit alltmer igenväxt med sly. Detta gäller framförallt igenväxande åker- och betesmarker, övergångsytor mellan jordbruksmark och skogsmark, längs brukningsvägar och skogsvägar samt inom stadsnära områden med höga rekreations- och kulturvärden. Det finns också stora arealer i landet där sly regelbundet måste röjas av säkerhetsskäl, men där man inte tillvaratar biomassan, t.ex. längs större vägar, längs järnvägar och i kraftledningsgator. Slyet består främst av buskar och yngre lövträdsarter såsom björk, asp, al och sälg, ofta med inslag av barrträd. Först uppstår det ofta täta buskage som med tiden övergår till trädbestånd genom självgallring och självföryngring.

Mängden stående slybiomassa vid vägkanter, järnvägar, kraftledningsgator, småbiotop åker (åkerkanter, åkerholmar, m.m.), igenväxande åkermark samt ängs- och betesmarker i Sverige uppgår till totalt ca 18 milj ton ts. Denna mängd biomassa motsvarar ca 85 TWh (notera att denna mängd inte innefattar sly som växer på mark klassificerad som skogsmark). Om man antar att hanteringskostnaden får vara maximalt 1000 kr per ton ts, exkl. kostnader för skörd (eftersom skörden i många fall är obligatorisk, t.ex. i kraftledningsgator), så är den tillgängliga kvantiteten 26 TWh. På årlig basis beräknas skördepotentialen vara 6,5 TWh/år om man beaktar årlig tillväxt och andra praktiska faktorer. De största potentialerna finns för ängs- och betesmarker (2,4 TWh/år) och igenväxande åkermark (1,6 TWh/år).

Utnyttjande av biomassa i form av sly har många fördelar jämfört med produktion av biomassa genom odling av energigrödor. Sly kräver inga särskilda odlingsåtgärder i form av markbearbetning, gödsling och kemisk bekämpning, och energikvoten är hög (ca 25:1). Utnyttjande av sly konkurrerar inte heller med mark avsedd för foder- och livsmedelsproduktion. Väl avvägd skörd av sly gynnar den biologiska mångfalden, olika kulturella värden och rekreationsområden, samtidigt som landskapet hålls mer öppet och varierat. Många rödlistade arter är helt beroende av aktiv skötsel av öppna biotoper inom t.ex. ängs- och betesmarker, längs vägar och vid skogsbryn. Det är dock viktigt att komma ihåg att det finns juridiska restriktioner för skörd av sly, t.ex. med avseende på eventuella områdesskydd (biotopskydd, Natura 2000-områden, m.m.) och artskyddsförordningen.

Skörd av sly bidrar till en mer levande landsbygd genom ökat entreprenörskap och ökad sysselsättning. Beräkningar har visat att skörd och utnyttjande av 6 TWh slybränsle per år kan generera 1 300–4 500 nya arbetstillfällen och öka det samhälleliga produktionsvärdet med 2–3,6 miljarder kr/år. En fördel med slyskörd är att arbetet oftast utförs under vinterhalvåret, vilket innebär att det kan vara en kompletterande sysselsättning för lantbrukare med växtodling.

Lönsamheten för en slyentreprenör är beroende både av priset på konkurrerande bränslen (t.ex. skogsflis) och på kostnaderna för att producera slyflis. Kostnaderna för slyflis på marker där röjning är obligatoriskt, t.ex. i kraftledningsgator och på betesmarker med miljöersättning, är betydligt högre än kostnaderna för flisning av exempelvis grenar och toppar (grot). Därför

utnyttjas vanligen inte sly som bränsle idag. Men så länge som de extra kostnaderna för att samla upp, flisa och transportera materialet är lägre än intäkten för flisen, så skulle det vara lönsamt att utnyttja slyet även på dessa marker eftersom den totala nettokostnaden blir lägre.

Förutom intäkter från försäljning av slyflis, kan slytäkt också ge olika former av indirekta intäkter genom ”nyttovärden”. Exempel på sådana nyttor är snabbare upptorkning och längre livslängd för mindre vägar/skogsvägar som röjs, och bättre odlingsförutsättningar och högre avkastning där åkerkanter röjs. På sådana marker är röjning av sly lönsam så länge som flisintäkten plus värdet av nyttan överstiger kostnaderna. Ofta sker röjningarna här med längre tidsintervall, och därför kan biomassamängden per hektar vara större.

En begränsande faktor för ett lönsamt utnyttjande av sly är bristen på erfarenhet och kunskap kring storskalig skörd och hantering av bränslet. En slutsats från tidigare studier av slytäkt är därför att det behöver utvecklas verktyg för att bedöma kostnader och intäkter för olika typer av bestånd och maskinsystem.

1.2. Syfte och mål

Det övergripande syftet med detta projekt är att utveckla ett beslutsstöd för att bedöma lönsamheten i skörd och hantering av sly. Ett specifikt mål är att ta fram en datorbaserad simuleringsmodell med vilken man kan beräkna avverkningsprestandan och lönsamheten under olika förutsättningar när det t.ex. gäller beståndens täthet, trädens storleksfördelning, ålder och biomassavkastning, val av maskinteknik, geografiska förutsättningar såsom transportavstånd, etc. Ett digitalt verktyg ska också utvecklas som ska vara allmänt tillgängligt och kunna användas av landsbygdsföretagare (lantbrukare, maskinentreprenörer, bränsleleverantörer, m.fl.) men även av markägare och skötselansvariga (kommuner, länsstyrelser, m.fl.) för att uppskatta kostnaden för slyskörd.

2. METOD

2.1. Avgränsningar och system- och modellöversikt

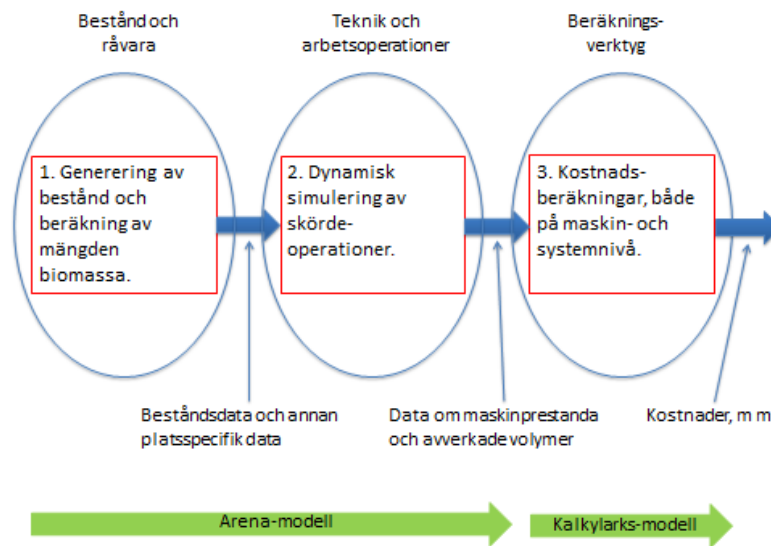
“Sly” definieras här som yngre träd och buskar spontant uppkomna längs vägar, längs åkerkanter, på igenväxande åker-, ängs- och betesmarker, i kraftledningsgator, i kulturellt intressanta områden, i stadsnära rekreationsområden, etc. Sly som växer på skogsmark som nyttjas för skogsbruk ingick alltså inte i denna studie.

Denna studie omfattar tre steg; (1) generering av slybestånd, (2) val av teknik och arbetsoperationer vid skörd (dynamisk simuleringsmodell) och (3) beräkning av kostnader (figur 1).

Det är mycket kostsamt att mäta upp stammarnas exakta positioner, trädslag, brösthöjdsdiameter och mängden torrsubstans (ts) i ett slybestånd. I projektet har därför en s.k. beståndsgenerator tagits fram, med vilken man kan skapa fiktiva verklighetstroga bestånd. En dynamisk modell för att simulera avverkning och skotning med syfte att få fram maskinprestanda under olika bestånds- och maskinförutsättningar har också tagits fram. I denna modell är endast avverkning och skotning medtagna. När skotaren väl har samlat in slyet och transporterat det till avläggen, kan man anta att det inte är några större skillnader i prestanda och kostnader jämfört med hantering av t.ex. grot (grenar och toppar). En särskild modell har

också konstruerats för beräkningar av kostnaderna, dels på maskinnivå och dels på systemnivå från bestånd till användare (t.ex. värmeverk).

När det gäller geografiska systemgränser, så ingår transporter mellan bestånd och mellan bestånd och avlägg i den dynamiska simuleringsmodellen. Anledningen till att beakta transporter mellan olika skördeområden är att det ska vara möjligt att ta hänsyn till att slybestånden kan ha låga avverkningsvolymmer, ha liten areal och vara geografiskt utspridda, vilket kan få stor betydelse för de totala kostnaderna vid slyskörd.



Figur 1. De tre stegen i modellarbetet.

2.2. Beståndsgenerator

I beståndsgenerators definieras först beståndets geografiska utsträckning (areal och form) genom koordinater i x- och y-led. Därefter bestäms antalet stammar i beståndet (utifrån aktuell/vald stamdensitet), varefter de simulerade stammarna tilldelas ett trädslag (utifrån aktuell/vald trädslagsfördelning). I modellen finns fyra trädslagskategorier: tall, gran, björk och övrigt löv. Om man exempelvis uppskattar att inslaget av björk är 65 % i det bestånd som ska skördas, genererar modellen ett bestånd där 65 % av träden är björk.

Därefter tilldelas träden en brösthöjdsdiameter (dbh). Om det finns uppmätta data om alla stammars dbh används dessa, annars tilldelas stammarna sina dbh genom sannolikhetsfördelningar. Tidigare studier har visat att Weibull-fördelningen är en lämplig sannolikhetsfördelning för brösthöjdsdiametrar i ett bestånd. Weibullfördelningar beskrivs av tre olika parametrar; en formparameter (α), en skalparameter (β) och en lägesparameter (γ). Om $\alpha \approx 3-3,5$ liknar fördelningen en normalfördelning och om $\alpha = 1$ blir det en exponentialfördelning. Skalparametern β indikerar var på x-axeln som täthetsfunktionen är lokaliserad. Om man har data om brösthöjdsdiameterarnas medelvärden och standardavvikelse för de olika trädslagen i beståndet, kan approximativa värden på α och β erhållas från tabeller eller numeriska lösare.

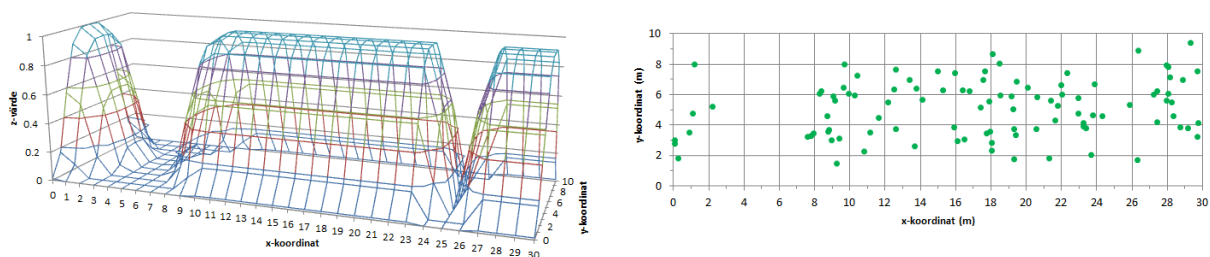
Efter att stammarna har tilldelats en brösthöjdsdiameter, beräknas deras höjd i beståndsgenerators (om hela populationens dbh och höjd har mätts, görs givetvis inte denna beräkning i modellen). Om dbh och höjd har mätts för alla träd inom ett antal provtytor i beståndet, kan

kurvanpassningar göras, t.ex. med logaritmiska funktioner eller andragradspolynom. Dessa funktioner används sedan i beståndsgeneratoren för att beräkna höjden hos alla träd i beståndet.

I de fall då höjddata saknas för det aktuella beståndet, har andragradspolynom tagits fram med hjälp av höjddata från Marklunds studier ("Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige", SLU, Umeå, 1988). Marklund genomförde en landsomfattande undersökning för att ta fram s.k. biomassafunktioner för att beräkna mängden torrsbstans i stam på bark, stamved, levande grenar, döda grenar, stubbar, rötter, m.m. hos tall, gran och björk. I studien mättes också trädens höjd, som redovisas i tabeller som funktion av olika diameterklasser. Vid kurvanpassningen av dessa data användes andragradspolynom för att på ett enkelt sätt få fram funktioner med interceptet 1,3 m, d.v.s. när dbh ligger nära noll ($dbh > 0$), så närmar sig höjden 1,3 m. När stammarnas dbh och höjder är kända, beräknas sedan mängden biomassa (torrsbstans) hos varje träd med hjälp av en biomassafunktion.

I beståndsgeneratoren positioneras varje stam genom tilldelning av x- och y-koordinater. Det finns olika sätt att positionera träd utifrån data om trädslag, kronutbredning, åldersfördelning, höjd, dbh , etc. Här har en förenklad metod använts, som utgår ifrån minsta tillåtna avstånd mellan stammar beroende på trädslag och dbh . En tysk studie ligger till grund för den använda metoden, där man mätte avstånden mellan spontant uppkommen lärk och bok för ett stort antal stammar. Resultaten från denna studie används för att bestämma minsta avstånd mellan barrträd (tall-tall, gran-gran, tall-gran), mellan barrträd och lövträd (tall-björk, tall-övr. löv, gran-björk, gran-övr. löv) och mellan lövträd (björk-björk, övr. löv-övr. löv, björk-övr. löv), beroende på respektive stams dbh (för mer info, se Nilsson m.fl. (2020)). För varje nytt träd av ett visst trädslag som genereras, så beräknas avstånden till redan positionerade träd i beståndsgeneratoren. Om avståndet till ett granträd med ett visst trädslag är kortare än det minsta tillåtna avståndet, genereras nya x- och y-koordinater tills positionen blir "godkänd".

Stammarnas positionering i beståndet bestäms också av en särskild faktor $Z(x,y)$ ($0 \leq Z(x,y) \leq 1$), som beror av skördeytans variationer inom beståndet. Om man t.ex. har luckor i beståndet, blir $Z(x,y) = 0$, medan $Z(x,y) = 1$ innebär att träden kan stå så tätt som det är teoretiskt möjligt med hänsyn tagen till minsta tillåtna stamavstånd (fig. 2) (se även Nilsson m.fl., 2020).



Figur 2. Exempel på en sannolikhetsfördelning (i z-led) för att en viss stam ska placeras inom en avlång yta (30 m x 10 m) med två luckor i beståndet (t.v.), t.ex. längs en vägsträcka, och resultat från en simulering där björkstammar (medel- $dbh = 5,9$ cm) har positionerats (t.h.).

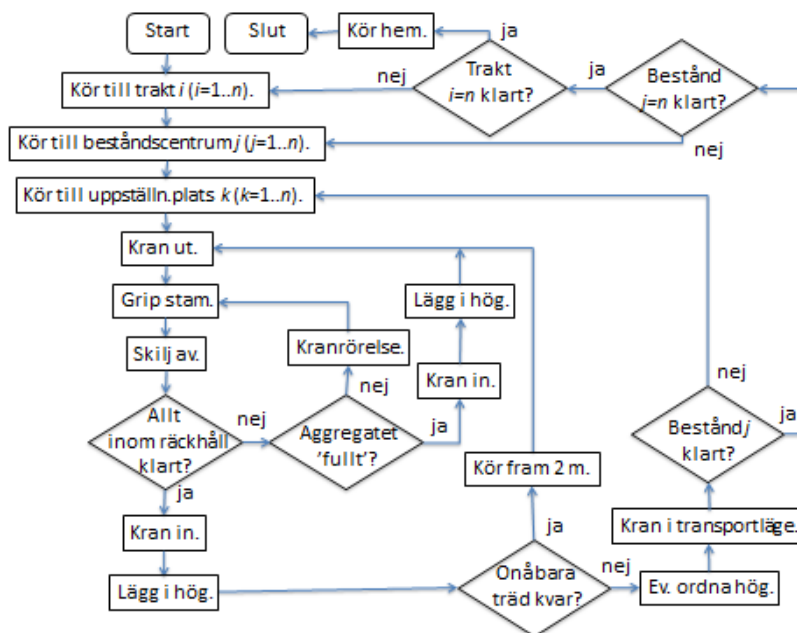
2.3. Dynamisk skördemodell

Den dynamiska modellen för simulering av avverkning och skotning implementerades i simuleringsprogrammet Arena. I modellen "flödar" s.k. entiteter genom modellstrukturen och genomgår olika processer. En entitet kan representera konkreta begrepp, t ex en trädstam,

eller mer abstrakta begrepp, som t ex en viss typ av information. Varje entitet bär med sig vissa egenskaper som kallas attribut. Attributen för en stam kan t ex vara *dbh*, stammens x-koordinater, tidpunkt för avverkning, m.m. Entiteterna genomgår olika processer utförda av olika resurser, t.ex. basmaskiner som utför processen ”kapning av stam”.

I den modell som har utvecklats för slyskörd utgår maskinerna från en s.k. hemmastation, vilket kan vara en gård, maskinstation, terminal el. dyl. När de ska ut på ett uppdrag, kör de till ett område (trakt) som innehåller ett eller flera sammanhängande bestånd. Exempel på sådana beståndsytor kan vara åkerkanter som ska röjas eller vägkanter vid brukningsvägar som ska röjas på båda sidor. Maskinerna kör från bestånd till bestånd och utför sitt arbete, och när alla bestånd är klara återvänder de till sin trakt/hemmastation. Varje bestånd har ett beståndscentrum, vid vilket röjningen påbörjas, och dit maskinen återvänder efter att beståndet är avverkat. Det avverkade materialet, som läggs i högar vid avverkningsmaskinens uppställningsplatser i beståndet, transporteras av skotare till en lämplig avläggsplats. Varje avläggsplats tillförs träd från ett eller flera bestånd, beroende på beståndens avverkade volymer och transportavstånd. I modellen definieras varje avläggsplats som ett traktcentrum.

Skördemodellen initieras bl.a. genom att filer med data om stammarna (träslag, dbh, x-koordinat, y-koordinat, höjd, biomassamängd) läses in från beståndsgeneratoren. Avverkningsmaskinen, bestående av en basmaskin med ett ackumulerande aggregat (i basscenariot) följer sedan en viss logisk struktur i sitt arbete (se flödesschema i figur 3).



Figur 3. Flödesschema för skördarens arbetsoperationer.

En krancykel antas bestå av följande moment (motsvarande tidsåtgång inom parentes): kran ut (t_{kranut}), greppa stam (t_{greppa}), avskilja stam ($t_{avskilja}$), kranrörelse till nästa stam ($t_{nästast}$), greppa stam o.s.v. tills aggregatet är 'fullt'; därefter kran in och nedläggning i hög (t_{kranin}). När alla stammar inom avsett räckviddsområde är klara, antas en viss tid åtgå för att bl.a. ordna till högen ($t_{ordnhög}$) innan maskinen förflyttar sig framåt till nästa uppställningsplats. Momentet ”kranut” börjar när förflyttning har skett eller när stammarna har lagts i hög på marken och avslutas när aggregatet har lagt an mot en ny stam. Kranrörelserna mellan stammarna beror av avstånden mellan stammarna, som beräknas utifrån stammarnas positioner. omentet ”kranin”

börjar när sista stammen har avskiljts och avslutas när aggregatet har släppt stammarna i högen. Den maximala mängd stammar som kan rymmas i aggregatet bestäms av trädens *dbh*.

Ofta finns det hinder vid röjningen, t.ex. värdefulla träd som ska sparas, ledningsstolpar, etc. I modellen kan positionerna och bredden för hinder läggas in, och vid skördarbetet tas sedan hänsyn till de extra kran- och maskinrörelser som måste göras p.g.a. hindren.

Vid skotningen samlas de träd in som avverkningsmaskinen har lagt i högar vid avverkningen, och sedan transporteras dessa till en avläggsplats. Varje hög som avverkningsmaskinen lämnar efter sig registreras med avseende på traktnummer, beståndsnummer, uppställningsplatsens nummer, uppställningsplatsens x-koordinat samt antal stammar, genomsnittligt *dbh* och totalt innehåll av torrsubstans i högen. De fyra första variablerna beskriver var varje hög är lokaliserad, och de tre sista beskriver vad högen innehåller. Vid modellering av skotarens arbete är det på så sätt känt exakt var högarna finns och vad de innehåller. Maskinen följer ett visst arbetsmönster (liknande det i figur 3) och kör från hög till hög i varje bestånd, från bestånd till bestånd inom varje trakt, och från trakt till trakt tills allt är klart.

Den totala prestandan hos skotaren antogs vara beroende av tidsåtgången för bl.a. följande arbetsmoment: kran ut, grip, kran in, släpp och tillrättaläggning, förflyttning under lastning, förflyttning till avlägg, lossning, förflyttning med tomt lastutrymme samt övrig (produktiv) tid. Prestandan påverkas också av lastvikt, gripvolym vid lastning och vid lossning, transporthastigheterna under lastning och vid tomt respektive fullt lastrede samt av avstånden mellan högarna och mellan bestånd/högar och avläggsplats. För att få rimliga och tillförlitliga värden på dessa prestandaparametrar, har data använts från studier med liknande typer av biomassa.

Simuleringsmodellen har validerats genom att jämföra resultaten från simulerade avverkningar med resultaten från fältstudier. Modellen ansågs tillförlitlig utifrån projektets syfte.

2.4. Ekonomisk kalkylmodell

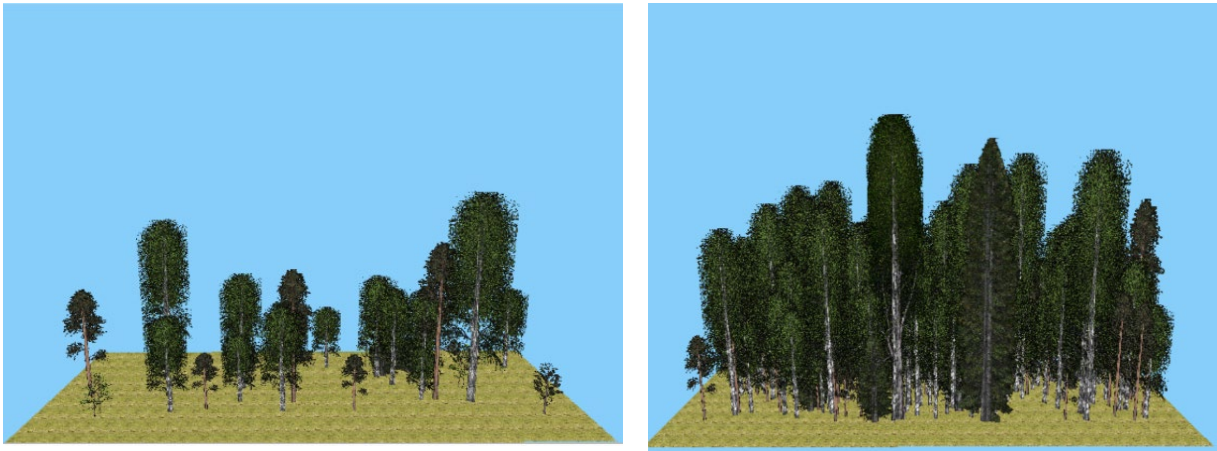
Resultaten från simuleringarna kan sedan användas i en ekonomisk kalkylmodell. Inom projektet har ett digitalt kalkylverktyg utvecklats som kommer finnas tillgängligt på Skogforsk's hemsida. Kalkylverktyget låter användaren ange egenskaperna på en 25-meterssträcka genom att ange subjektiva värden på tre egenskaper: trädens diameter (liten, mellan eller stor), homogenitet (är det liten eller stor skillnad i storlek på träden på ytan) samt täthet (beroende på tidigare val ges 3-6 alternativ). Detta tillsammans med ett alternativ för sträckor utan träd ger totalt 29 typbestånd. Användaren visas då en bild av en 25-meterssträcka med dessa egenskaper. Därefter kan användaren upprepa proceduren och lägga till ytterligare sträckor tills hela den tilltänkta ytan är beskriven i verktyget. Därefter får användaren ange information om maskinkostnader, transportavstånd, energipris och alternativkostnader (exv. röjning). Slutligen presenteras kostnader och intäkter för respektive del och den totala lönsamheten.

3. EXEMPEL PÅ SIMULERINGSRESULTAT

3.1. Avverkning av olika typbestånd

De 29 typbestånden togs fram med hjälp av beståndsgeneratoren, och visualiserades sedan (figur 4). Dessa typbestånd kan t.ex. vara representativa vid röjning längs vägar eller på

igenväxta åker- eller betesmarker. Varje typbestånd var 25 m långt och 5 m brett. Avverkningen (10 st 25 m-bitar i rad för att undvika kanteffekter) simulerades, och sedan beräknades kostnaderna per 25 m-bit.

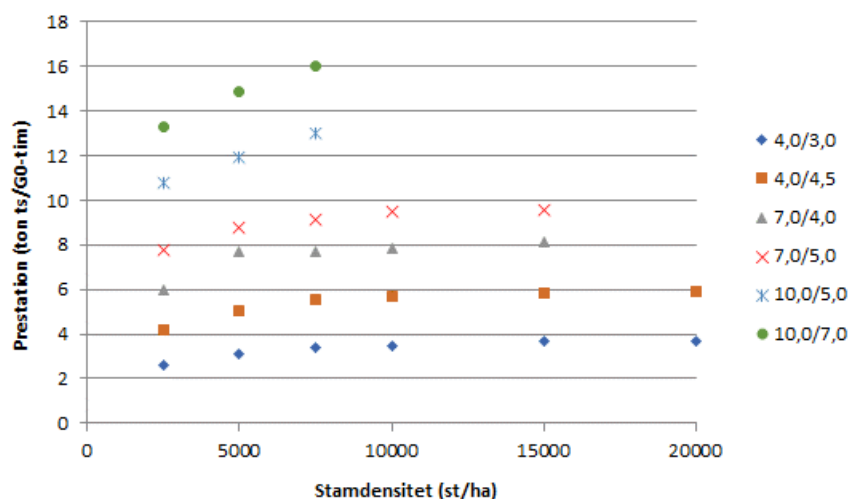


Figur 4. Visualisering av två typbestånd (båda 25 m x 5 m, med 30 % tall, 5 % gran och 65 % björk). Beståndet t.v. har en stamdensitet på 2 500 stammar/ha, en medeldiameter i brösthöjd på 4,0 cm och ett ts-innehåll på 0,13 ton (ca 11 ton ts/ha), medan motsvarande värden för beståndet t.h. är 15 000 stammar/ha, 7,0 cm och 2,36 ton ts (189 ton ts/ha).

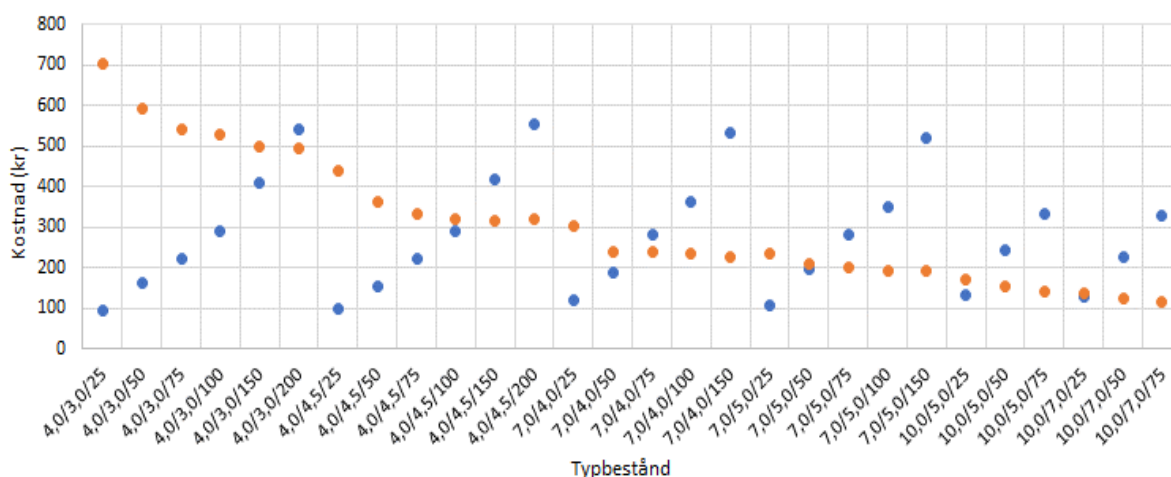
Typbestånden hade varierande brösthöjdsdiametrar, stamtätheter och mängd ts per ha (de betecknades *medel-dbh/standardavvikelse-dbh/stamtäthet i hundratal*). Simuleringarna i beståndsgeneratoren visade att spridningen (d.v.s standardavvikelsen) av brösthöjdsdiametern har en mycket stor inverkan på den totala mängden torrsubbstans. Avverkningssimuleringarna visade som väntat att prestationen vid röjning av sly är starkt beroende av stammarnas tjocklek och täthet (figur 5). Vid ca 10 000 stammar/ha planar dock kurvan ut, medan en ökad diameter på träden i princip alltid är fördelaktigt.

Känslighetsanalyser visade att en ökning av kranens räckvidd med 30 % ökade den genomsnittliga prestationen (alla typbestånd medtagna) med ca 3 %. Längre kran hade dock mindre betydelse ju tätare stammarna stod. En ökning av mängden torrsubbstans i fällaggregatet (vid varje krancykel) med 30 %, ökade prestationen med i genomsnitt ca 6 %. Antalet stammar per krancykel, vilket i sig är en intressant kapacitetsparameter, varierade i grundscenariot från ca 5,0 för bestånden med medel-dbh 4 cm, till ca 3,0 för bestånden med medel-dbh 5 cm och ca 2,0 för bestånden med medel-dbh 10 cm. En ökad aggregatvolym är fördelaktigt, men detta måste bl.a. vägas mot ett eventuellt ökat tidsbehov för kranrörelser mellan träden. Vid simuleringar med båda dessa förändringar samtidigt, ökade prestationen med i genomsnitt 9 %.

Avverkningskostnaderna skiljer sig markant mellan de olika typbestånden, både med avseende på kostnad per 25 m-bit och per avverkad mängd TS (figur 6). Simuleringarna av skördarens arbete för avverkning visade på ett tydligt samband mellan total kostnad och antalet stammar som avverkades. Däremot var kostnaden per avverkat ton torrsubbstans styrt av en kombination av storlek på träd och antal träd som avverkades (lägst kostnad vid avverkning av ett stort antal grova träd och vice versa).



Figur 5. Avverkningsprestation i ton ts per produktiv timme (G_0 -tim) för typbestånden som funktion av stamdensiteten. Beteckningarna t.h. avser medel-dbh/standardavv.-dbh.



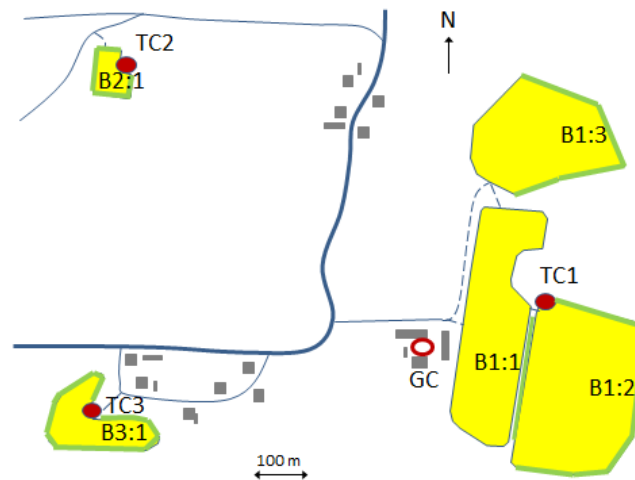
Figur 6. Kostnad för avverkning per 25 m (blå punkter) och per ton skördad TS (orange punkter) för de olika typbestånden. Tidsbehovet har här räknats om till G_{15} -timmar (d.v.s. avbrott ingår i arbetstiden). Endast avverkning ingår; skotning, flisning, m.m. är ej inräknat.

3.2. Röjning av sly längs åkerkanter på ett lantbruk

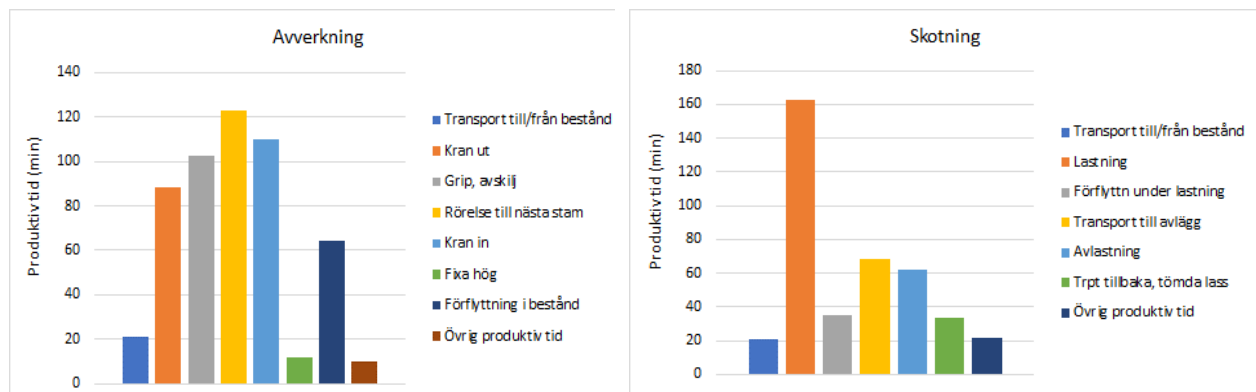
En fallstudie gjordes för att få ett helhetsperspektiv när det gäller röjning på en enskild gård. Det antogs att gården hade fem bestånd som skulle röjas (figur 7). Dessa bestånd genererades i beståndsgeneratoren med olika trädslagsfördelningar, stamdensiteter, brösthöjdsdiametrar, etc. (se Nilsson m.fl., 2020). Generellt var röjningsytorna (totalt 0,65 ha) ganska kraftigt igenväxta (totalt 5 912 stammar med ett totalt ts-innehåll på 41,5 ton).

Simuleringarna visade att avverkningsmaskinens andel av ”nyttigt” skördearbete (kran ut/in, kranrörelser mellan stammar, grip/avskilj) var förhållandevis hög (82 %) i förhållande till tiden för transporter, förflyttningar, m.m. (18 %) (figur 8). Även skotarens tid för lastning och avlastning visade på relativt hög nyttjandegrad (figur 8), då andelen total tid för lastning och avlastning samt övrig produktiv tid var drygt 60 %. En förklaring är att traktcentra (avläggs-

platserna) i detta fall låg nära de röjda bestånden. Totalt körde skotaren ut 9 lass med en genomsnittlig vikt på 2,4 ton ts (i simuleringarna var maxlasten 2,5 ton ts).



Figur 7. Översiktsbild för fallstudien med ett gårdscentrum (GC), tre traktcentra (TC1, TC2, TC3) (avläggsplatser) och fem röjningsbestånd (gröna linjer: B1:1 längs ett dike, 310 m x 1,5 m med två längre luckor i beståndet; B1:2 längs en åkerkant, 700 m x 3 m; B1:3 längs en åkerkant, 500 m x 3 m; B2:1 längs en åkerkant 260 m x 3 m med röjningshinder i form av 5 ekar; B3:1 längs en åkerkant 550 m x 3 m med röjningshinder i form av 6 elstolpar).



Figur 8. Fördelning av total produktiv tid (G_0 -min) för avverkning (t.v.) och skotning (t.h.) vid röjning på en gård med fem slybestånd (se Nilsson m.fl., 2020) längs åkerkanter.

Utifrån antagandet att skördarkostnaden var 1 200 kr per timme och skotarkostnaden 950 kr per timme, blev de totala kostnaderna för avverkning och skotning i detta fall 16 220 kr resp. 8 510 kr. Kostnaden för flisning beräknades vara 10 520 kr och kostnaden för transport till en användare 10 260 kr. Totalt fram till användare blev alltså kostnaderna 45 510 kr. Intäkterna för den sålda flisen blev 44 720 kr (Nilsson m.fl., 2020), vilket innebär en förlust på 790 kr. Om man skulle röja motormanuellt (utan att sälja biomassan), skulle förlusten (d.v.s. kostnaden) bli ca 2 600 kr. Därtill kommer eventuella kostnader för bortforsling av de större stammarna. Om man antar att skörden av t.ex. vårkorn skulle öka med 30 % på en yta fem meter ut från de röjda fältkanterna (totalt ca 1,2 ha) p.g.a. minskad beskuggning och bättre odlingsförhållanden, skulle intäkterna öka med ca 1 700 kr/år (4 ton/ha, kornpris 1,2 kr/kg). Detta skulle göra slyskörden lönsam redan efter ett år, inkl. flisförsäljning, vid mekaniserad skörd.

4. SLUTSATSER OCH NYTTA FÖR NÄRINGEN

De viktigaste slutsatserna och nyttorna med projektet var:

- Den beståndsgenerator som har utvecklats är ett mycket användbart redskap för att ta fram fiktiva, men ändå verklighetstroga, beståndstyper för skörd av sly.
- Dynamisk simulering av slyskörd är ett effektivt sätt att jämföra olika skördesystem, och valideringarna visade att den modell som har tagits fram i detta projekt är tillräckligt tillförlitlig med tanke på modellens syfte. Med hjälp av modellen kan prestationen för en rad olika skördealternativ undersökas.
- Det framtagna kalkylverktyget på Skogforsks hemsida (www.skogforsk.se) är ett hjälpmedel som underlättar för markägare och landsbyggsföretagare att bedöma kostnaderna för röjning av sly.
- Lönsamheten för slytäkt är låg, och det är därför viktigt att tänka sig för innan beslut tas när det gäller val av maskinsystem (t.ex. maskinellt eller motormanuellt) och avverkningstidpunkt (i år, eller om fem år för att få ett högre utbyte av biomassa).
- Avverkning av sly kan ge stora indirekta värden, men det är svårt att uppskatta dessa värden mer exakt. Men även bedömningar med stor osäkerhet är bättre än att avstå från bedömningar.

5. REFERENSER

Nilsson, D., Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2020. Kostnadseffektiva system för skörd av slybränslen. Rapport 115. Institutionen för energi och teknik, SLU, Uppsala.

6. RESULTATFÖRMEDLING

Vetenskapliga publiceringar	Nilsson, D., Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2020. Kostnadseffektiva system för skörd av slybränslen. Rapport nr 115. Inst för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 81 sid. https://pub.epsilon.slu.se Nilsson, D. & Grönlund, Ö. 2020. A simulation model for performance analysis of strip harvest of brushwood and young trees along agricultural field edges and roads. Manuscript to be submitted in 2021.
Övriga publiceringar	-
Muntlig kommunikation	Några relevanta konferenser, m.m., för spridning av resultaten, har ej varit möjliga att besöka under 2020 p.g.a. coronapandemin.
Studentarbete	-
Övrigt	Ett kalkylverktyg för slyskörd görs allmänt tillgänglig på Skogforsks hemsida (www.skogforsk.se). Facktidningar (Land, Lantmannen, ATL, Jordbruksaktuellt) har kontaktats för spridning av resultaten.