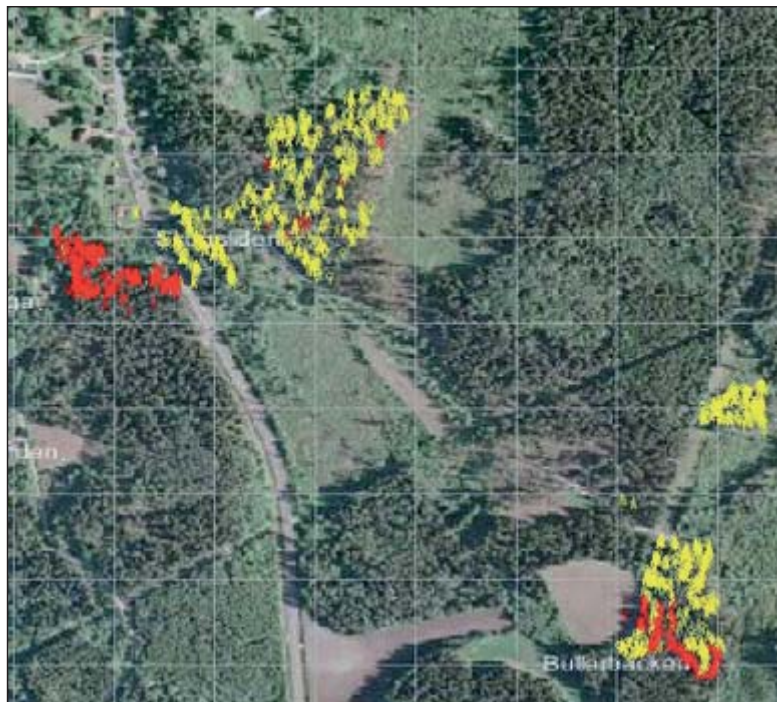


ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 677 2009



Karta genererad med beräkningssystemet som visar grotanpassade (gula trianglar) respektive icke grotanpassade områden (röda trianglar).

Tabell med beräknade kvantiteter grot på ett avverkningsobjekt.

Totalt	Avverkat	GROT- anpassat	Att skota
Torrsvikt (ton)	156,4	118,2	98,2
Fukthalt (%)	49,9	50,0	49,9
Råsvikt (ton)	312,4	236,3	196,0
Volym (m ³ s)	946,1	716,1	594,5
Energi-innehåll			
Fuktig (MWh)	762,6	576,0	478,5
Torr (MWh)	868,7	656,4	545,1

Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata

Johan J. Möller, Björn Hannrup, William Larsson,
Andreas Barth och John Arlinger

Ämnesord: Biomassafunktion, grot, produktionsrapportering.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport sammanfattar resultat från den första delen av projekt ”Standardiserat system för rapportering av bruttoproducerat skogsbränsle och effektivare styrning av nettouttag”. I rapporten beskrivs komponenterna i det system som tagits fram i projektet för att beräkna avverkade kvantiteter skogsbränsle och geografiskt visualisera dessa. Den andra delen av projektet, där systemet utvärderas i praktiska tester hos värdföretag, kommer att avrapporteras i en fristående rapport.

Projektet har finansierats av medel från FoU programmet Effektivare skogsbränslesystem (ESS) vid Skogforsk. Programmet finansieras i sin tur av medel från Energimyndigheten, skogsbruket och energisektorn.

De deltagande företagen har varit representerade i en styrgrupp med sammansättning enligt nedanstående tabell.

Namn	Företag
Peter Nyström	Eon Sverige AB
Daniel Johansson	Holmen Skog AB
Åsa Öhman	Naturbränsle
Marcus Åström	SCA Skog AB
Karl Larsson	SCA Skog AB
Gunilla Castenäs	SDC ek. för.
Lars Henriksson	SDC ek. för.
Anders Löfgren	Skellefteå Kraft AB
Jonas Gustafsson	Sveaskog Förvaltnings AB
Leif Orth	Södra Skogsägarna ek. för.
Mats Johansson	Södra Skogsägarna ek. för.

De maskintillverkande företagen John Deere, Ponsse, Rottne/Dasa har tagit fram en ny funktion i skördarnas mjukvara för trädvis registrering av grotanpassning. Kontaktpersoner från företagen har varit Erik Kindlund (John Deere), Johan Bruun (Ponsse) och Jörgen Eriksson (Dasa).

Framtagandet av systemet för beräkning av avverkade kvantiteter skogsbränsle har skett av en arbetsgrupp vid Skogforsk. Arbetsgruppens sammansättning har varierat under projektiden men har utgjorts av John Arlinger, Andreas Barth, Björn Hannrup, William Larsson och Johan J. Möller. Framtagna lösningar har löpande stämts av mot projektets styrgrupp. William Larsson, Skogforsk, har utfört programmeringen för det prototypprogram för beräkning och visualisering som tagits fram. Johan J. Möller, Skogforsk, har varit projektledare.

Uppsala 2009

Johan J. Möller, Björn Hannrup, William Larsson, Andreas Barth, John Arlinger.

Innehåll

Förord	1
Innehåll	2
Bakgrund	3
Syfte	4
Systemförslag – nyckelkomponenter och arbetsgång	5
1. Datainsamling i skördare	5
2. Inläsning av data från skördare	7
3. Inläsning av styrdata från företagssystem	8
4. Beräkning av skogsbränslekvantiteter	10
5. Redovisning av resultat	14
Diskussion	17
Datainsamling	17
Beräkningsmodeller	18
Utvecklingsbehov	18
Referenser	19
Personligt meddelande	19
Bilaga 1 Genomgång av befintliga beräkningsmodeller	21
Bilaga 2 Funktioner för beräkning av mängden torrsbstans för olika träddelar ..	23
Bilaga 3 Data och funktioner för underlag för biomassafunktioner	33
Bilaga 4 Torr-rådensiteten för olika fraktioner	35
Bilaga 5 Regler för filtrering av stammar	37
Bilaga 6 Energiberäkning (efter Lagringshandboken, 1999)	39

Bakgrund

Tillgång till detaljerad information över mängden skogsbränsle från avverkningsobjekt har ett stort värde i den operativa skogliga och logistiska planeringen. I dag finns inga standardiserade system för insamling av information kring avverkade kvantiteter skogsbränsle i samband med avverkning utan sådan information bygger på subjektiva bedömningar och erfarenhetstal. Med ett standardiserat system för beräkning och informationsinsamling kan kvaliteten på informationen höjas samtidigt som den snabbt och på ett kostnadseffektivt sätt kan göras tillgänglig via de skogliga informationssystemen.

För rundvirket sker i dag en standardiserad produktionsrapportering vid skördaravverkning. Uppgifter över avverkade volymer förs vidare från skördare via skogsbrukets gemensamma IT-företag, SDC, till skogföretagens system, alternativt direkt till skogföretagens egna system. Rapporteringen följer den skogliga standarden (StanForD) d.v.s. den är enhetlig över skogsföretag och skördartillverkare. De uppgifter som företrädesvis förs vidare är uppgifter om avverkade volym/dimensionsfördelningar per sortiment och trädslag d.v.s. aggregerad information per objekt eller del av objekt. För skogsbränsle är ett motsvarande produktionsrapporteringssystem tänkbart, men för att vara användbart måste de inrapporterade avverkade kvantiteterna vara beräknade utifrån data om enskilda träd.

I samtliga nyare skördare är det möjligt att spara trädvis information. Detta görs i de så kallade pri-filerna (production individual) eller hpr-meddelande enligt StanForD 2010 (harvester production message) där bl.a. information om de enskilda trädens geografiska position och brösthöjdsdiameter sparas tillsammans med information om de ingående stockarnas volyms- och kvalitetsuppgifter. Tillsammans med befintliga biomassafunktioner kan uppgifterna i pri-filerna användas för att generera en trädvis beräkning av avverkade kvantiteter skogsbränsle.

Funktioner för skattning av mängden skogsbränslen utifrån data för enskilda träd utarbetades i Sverige på 1980-talet (Marklund 1988) och har därefter vidareutvecklats (Petersson, 1999; Petersson & Ståhl, 2006). Motsvarande funktioner finns framtagna för finska förhållanden (Hakkila, 1989; Kiljunen 2002; Repola m.fl. 2007; Repola, 2008). Med hjälp av funktionerna kan biomassan d.v.s. torrvikten predikteras för träddelarna: stamved, stambark, levande och döda grenar, barr samt stubbar och rötter.

Funktionerna är tillämpbara för trädslagen tall, gran och björk och är utformade med varierande komplexitetsgrad. Samtliga funktioner utnyttjar dock det grundläggande faktumet att mängden biomassa per träd ökar med trädstorleken. De enklare funktionerna innehåller enbart trädstorleksvariabler medan de mera fullständiga inkluderar träd- och beståndsvariabler som ålder, kronlängd, ståndortsindex och marktyp. Ett viktigt steg vid utarbetandet av ett system för beräkning av avverkade kvantiteter skogsbränsle är att klargöra vilka funktioner som är möjliga att använda utifrån skördardata och att i praktiska försök i olika delar av landet jämföra beräknade kvantiteter skogsbränsle med faktiskt in-

mätta kvantiteter. Det senare som underlag för att kunna avgöra vilken/vilka av de användbara funktioner som ger bäst skattningar.

Syfte

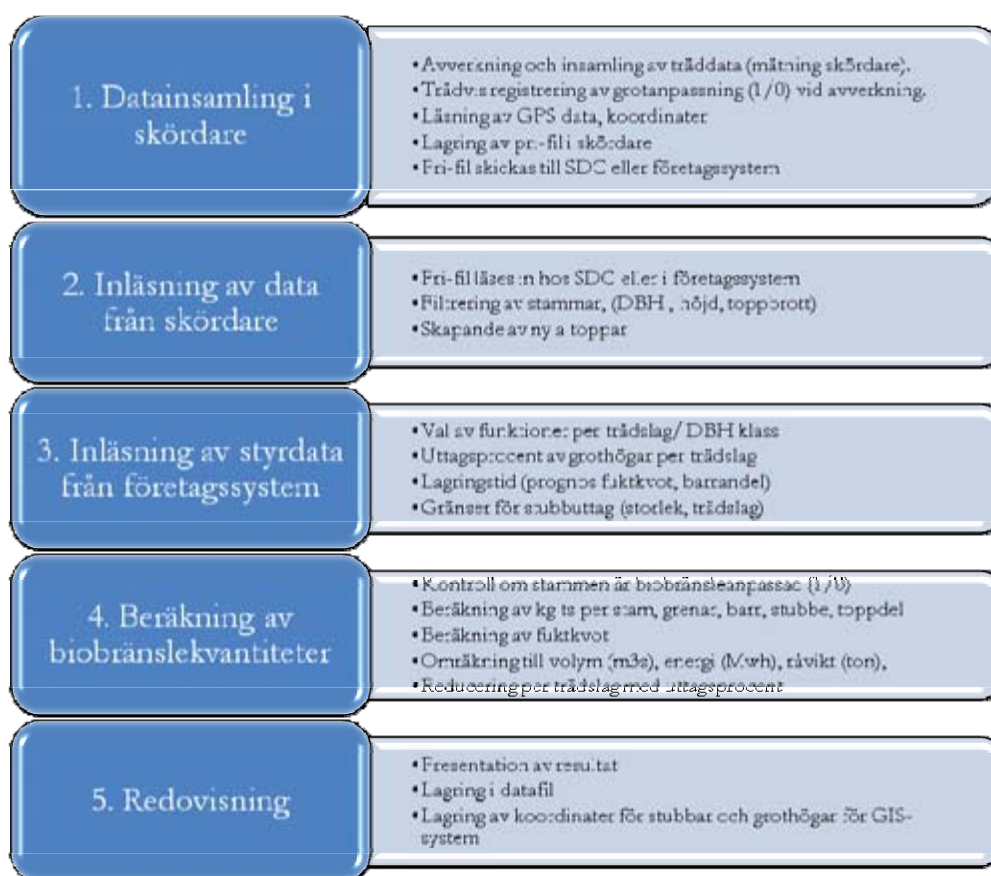
Den här avrapporterade projektdelen syftar till att utforma och föreslå ett system för beräkning av avverkade kvantiteter skogsbränsle. Förslaget skall innehålla lösningsförslag för nyckelkomponenter i systemet och tjäna som dokumentation för en efterföljande implementering av systemet.

För att testa lösningsförslag kring datainsamling, kvantitetsberäkning och visualisering av resultaten skall ett prototypprogram upprättas. Prototypprogrammet skall därmed rymma merparten av den funktionalitet som skall vara inbyggd i ett praktiskt fungerande system.

Projektdelen är avgränsad till att omfatta upprättandet av ett systemförslag. I en parallell studie, vilken avrapporteras separat, kommer systemet att utvärderas. Vid utvärderingen skall beräknade kvantiteter skogsbränsle jämföras med faktiskt inmätta vid värmeverk. Systemförslaget skall omfatta och hantera skogsbränsle i vid bemärkelse d.v.s. grot samt stubbar och rötter. Utvärderingen av systemet kommer dock enbart att göras för grotfraktionen.

Systemförslag – nyckelkomponenter och arbetsgång

Nedan beskrivs arbetsgång och nyckelkomponenter i det föreslagna systemet för beräkning av avverkade kvantiteter skogsbränsle vid avverkning. En utgångspunkt i framtagandet av systemförslaget har varit att det skall bygga på befintliga data och metoder i största möjliga utsträckning. I jämförelse med den produktionsrapportering som sker för rundvirke har ny funktionalitet tagits fram i skördarnas programvara för trädvis registrering av grotanpassning, se vidare nedan. Vidare används skördarnas data för enskilda träd (pri-filer) som ingångsdata i systemet. Algoritmer för filtrering av pri-filer vid inläsningen har tagits fram i projektet.



Figur 1.

Arbetsgång för att beräkna skogsbränslekvantiteter baserat på skördardata. Schematisk bild som beskriver flödet av data från skogen, via inläsning av data hos SDC eller i företagssystem, beräkning och sedan redovisning i utdata-filer.

1. DATAINSAMLING I SKÖRDARE

Val av beräkningspunkt

Beräkning av avverkade kvantiteter skogsbränsle kan ske centralt (hos SDC alternativt i företagssystem) eller i de enskilda skördarna. I projektet förordar vi starkt att alla beräkningar görs centralt. Fördelarna med detta är framför allt att enbart mindre anpassningar av skördarnas programvara är nödvändiga. Dessa är av karaktären att de kan göras i samband med normal programuppdatering. Alternativet, med beräkning i skördarna, skulle kräva att en omfattande ombyggnad av skördarnas programvara gjordes.

Träddata och en ny funktion i skördarna

Data i maskinerna samlas med hjälp av skördarnas mätutrustning för diameter och längd respektive skördarnas GPS för koordinater. I pri-filen registreras en mängd data. För projektet används följande data för varje träd: trädslag, trädens brösthöjdsdiameter ovan bark (DBH) samt trädens koordinater. De koordinater som registreras motsvarar positionerna för skördarnas uppställningsplatser vid upparbetning av de träd som nås från uppställningsplatserna. Detta innebär att trädens verkliga positioner kan avvika ca ± 10 meter från de registrerade. För stockarna i varje träd samlas data över mittdiameter, toppdiameter, längd och volym.

Utöver ovanstående information samlas trädvisa uppgifter om grotanpassning sker eller inte. Detta sker med en ny funktion i skördarna, vilken är en förutsättning för att beräkningssystemet skall ge realistiska värden. Med funktionen registrerar föraren ifall grotanpassning sker eller inte vilket registreras som en 0/1-variabel i pri-filen. Defaultläget är ”grotanpassning på”, vilket indikeras av en grön rektangel på skärmen (figur 2). I detta läge krävs ingen åtgärd från föraren men kommer maskinen till t.ex. ett blött område, där riset behövs som basvägsunderlag, så ställer föraren om till ”grotanpassning av” med en knapptryckning på palett eller pekskärm.

Funktionen har tagits fram av skördartillverkarna John Deere, Rottne/Dasa samt Ponsse. Den registrering som sker i pri-filen följer skogsstandarderna, StanFord.



Figur 2.
Ponsse-dator som är aktiverad för registrering av grotanpassat träd.

Krav på indata

I tabell 1 visas en sammanställning av data som behövs för att beräkna massan torrsubstans med olika funktioner som finns framtagna för grot i Sverige och Finland. Vissa data registreras i pri-filerna medan andra måste beräknas.

Tabell 1.

Beräkningsmodellernas samlade krav på indata för respektive sortiment. X indikerar att data finns i skördarens pri-fil, O indikerar att variabeln måste skattas och A att den måste anges. Funktionerna finns beskrivna i bilaga 1 och 2.

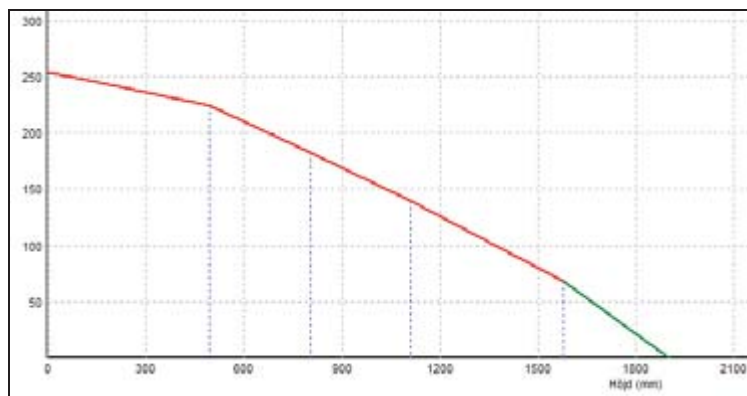
Sortiment	Modell	Indata														
		Diameter						Höjd			Övrigt					
		Stubbe	1 m	DBH	2 m	Krongräns	1 m. nedan sista kap	Kapställe	Träd	Krongräns	Sista kap	Tonvmark	Koordinater	Trädslag	SI/ HOH	Antal
Grot	Kiljunen 1				O		O	X	O					X		
	Kiljunen 2		O		O	O	O	X	O	O	X			X		
	Marklund 1			X					O					X		
	Marklund 2			X					O	O			X	X	O	
	Repola			X					O	O				X		
Grövre stamtoppar	Alla modeller			X				X	O				X	X		
Barr	Kiljunen 1				O		O	X	O					X		
	Kiljunen 2		O		O	O	O					A	X	X		
	Marklund 1			X					O					X		
	Marklund 2			X					O	O			X	X		
	Repola			X					O	O				X		
Stubbe	Marklund			X										X		X
	Marklund 2			X									X	X		X
	Repola			X										X		
Rötter	Marklund			X									X	X		
	Repola			X										X		

2. INLÄSNING AV DATA FRÅN SKÖRDARE

Rekonstruktion och filtrering av stammar

Uppbyggnad av stammar

Med hjälp av pri-filernas träd- och stockdata rekonstrueras de avverkade stammarna. Trädhöjd beräknas genom att stammarnas stockar summeras och en funktion beräknar sedan toppens längd från sista kap i stammen, se figur 3 nedan. I prototypprogrammet används Kiljunens funktion för skapande av ny topp, se bilaga 3 (Kiljunen, 2002).



Figur 3.

Exempel på stam rekonstruerad från pri-filsdata och toppberäkning med hjälp av Kiljunens toppfunktion baserad på skördardata.

Filtrering av data

Kontroll och summering av brutna stammar

I vissa fall har ett träd registrerats som två p.g.a. att stammen har gått av eller att den har dubbeltopp. För dessa träd görs en kontroll för att försäkra sig om att inte stamantalet blir för stort, se vidare bilaga 5. Detta innebär att två skördarstammar ibland skarvats samman till en stam efter filtrering. För att undvika extremt orealistiska trädhöjder går det också att ställa maximal toppkapshöjd för att två stammar skall skarvas ihop. Som default har 38 meter använts. Efter skarvning görs en ytterligare kontroll av trädens toppkapsdiameter och om den överskrider ett gränsvärde (default 200 mm) behandlas trädet som topplost. Toppen kan t.ex. ha brutits av och om det skedde vid avverkningsstillfället antas att den har upparbetats separat och registrerats som en egen stam i skördaren.

Rimlighetskontroll av DBH

I programmet kontrolleras att DBH-värdena är realistiska. DBH-värdet jämförs med rotstockens toppdiameter och en max avsmalning tillåts (se bilaga 5). Denna kontroll är nödvändig eftersom skördarnas mätning av DBH i vissa fall är osäker.

Beräkning av data

Beräkning av ståndortsindex (SI)

SI för gran och tall används i Marklunds mera komplexa funktioner. Då information om SI inte finns i skördardata har en metodik utvecklats för att skatta det automatiskt i beräkningssystemet utifrån data om trädhöjder. Vid avverkning förutsätts att träden i princip växt klart (slutavverkningsposter). Träden sorteras per trädslag i höjdordning och sedan väljs höjden för respektive trädslags 90e percentil som SI. 90 %-gränsen sätts för att filtrera bort eventuellt orealistiska värden som kan bestå av exempelvis två stammar eller träd med dubbeltopp. I formlerna används sedan det trädslaget som det finns mest stammar av i pri-filen. Enligt Marklunds formler skall endast ett SI avvika från 0 (tall eller gran).

En utvärdering av metodiken att skatta SI med hjälp av skördardata kommer att ingå i den större utvärderingen av beräkningssystemet och redovisas i en separat rapport. Som ett alternativ till att skatta SI automatiskt kan regionala eller företagsvisa schablonvärden användas och då läsas in tillsammans med övriga företagsvisa styrdata, se vidare nedan.

3. INLÄSNING AV STYRDATA FRÅN FÖRETAGSSYSTEM

Val av funktioner

För beräkning av grot- och stubbvolymer finns en mängd funktioner som kan kombineras samman i funktionsuppsättningar (se bilaga 2 och 3). Preliminära resultat från utvärderingen av beräkningssystemet visar att olika funktionsuppsättningar är lämpliga i olika delar av Sverige och för olika trädslag. Resultaten visar även att för olika DBH-fraktioner så är olika funktioner bäst lämpade. För att möta dessa krav så bör olika funktionsschema kunna skapas i beräkningssystemet för olika trädslag och DBH-fraktioner. För att kunna göra lokala anpassningar bör det även vara möjligt att kunna korrigera olika funktionsvärden med ställbara kvoter.

Figur 4.
Exempel på inställning av olika funktioner för olika trädslag och DBH-fraktioner.

Inställningsmöjligheter för uttagsprognoser

Vid grotskotning lämnas de undre lagren av de bränsleanpassade högarna kvar på avverkningsobjekten. I vår studie beskrivs detta med en uttagsprocent vid grotskotning som vi definierat som kvoten mellan den uttagna mängden grot vid grotskotning och den totala bränsleanpassade mängden.

Enligt de utförda testerna i projekten ger gran genomgående högre uttagsprocent än tall. Utagsprocenten bör därför kunna ställas per trädslag. För stubbar skall inställningar kunna göras på minsta stubbdiameter (träd-DBH) och trädslag.

Inhämtning		
	Grot (%)	Stubbar
Tall	70	25
Gran	80	25
Björk	75	25

Figur 5.
Inställningsmöjligheter för trädslagsvis uttagsprocent vid grotskotning samt trädslagsvis inställning av minsta stubbdiameter vid stubbrytning.

Lagringstider och fuktkvoter

För att skapa bra prognoser för grot som har lagrats i skogen eller vid väg så måste fukthalter och barmängder gå att ställa. Fukthalten är ganska konstant vid avverkning men minskar generellt vid lagring. Även barmängden påverkas vid lagring, vilket kan ha stor betydelse för skogsbränsleuttaget då barren kan utgöra upp till 20–30 % av volymen grot.

I framtiden kan förhoppningsvis funktioner för fukthaltsberäkning och avbarrning inkluderas i en beräkningsmodul. Angående fukthalter finns bl.a. en del arbeten i Finland som kan användas.

Fukthalt (%)	40
Barmängd (%)	40

Figur 6.
Inställningsmöjligheter av fukthalt och barmängd för prognostillfället.

Ett alternativ till att ställa barmängden är att man justerar ner uttagsprocenten baserat på erfarenhetstal för lagrad grot.

Schablonvärden för ståndortsindex, geografisk position och ålder

Som alternativ till att skatta SI baserat på skördardata (se ovan) kan antingen objektsvisa värden anges manuellt eller kan schablonvärden användas. Schablonvärden kan vara företagsvisa eller följa en regional indelning. I det senare fallet finns värden angivna för tre regioner (tabell 2): ”Syd” = söder om breddgrad 60, ”Mellan” = mellan breddgrad 60 och 65, ”Norr” = norr om breddgrad 65. Schablonvärdena baseras på sammanställning i Skogsstatistisk årsbok men här har något högre värden använts för att justera för att skogsbränsleuttag framförallt sker på de bördigare markerna.

Tabell 2.
Regionala schablonvärden för ståndortsindex, avverkningsålder, breddgrad och höjd över havet (Höh).

Område	Tall				Gran			
	SI	Ålder	Bredd-grad	Höh	SI	Ålder	Bredd-grad	Höh
Syd	T25	85	58	150	G30	75	58	150
Mellan	T23	90	62,5	200	G25	85	62,5	200
Nord	T18	120	66	200	G20	110	66,5	200

Breddgrad och höjd över havet används som ingångsvariabler i Marklunds mera komplexa funktioner. Information om breddgrad och höjd över havet finns i pri-filerna från skördare utrustade med gps. Flertalet skördare har idag sådan utrustning så detta är huvudalternativet för att ta in information om breddgrad och höjd över havet. Alternativt kan företagsvisa eller regionala schablonvärden anges (tabell 2).

Ålder ingår som ingångsvariabel i Marklunds och Petersson & Ståhls mera komplexa biomassafunktioner för stubbar respektive stubb- och rotsystem hos tall och gran. Åldersuppgifter saknas i skördardata och företagsvisa eller regionala schablonvärden kan användas (tabell 2).

4. BERÄKNING AV SKOGSBRÄNSLEKVANTITETER

Beräkning av torrsubstans för olika trädfraktioner

För beräkning av torrsubstans för olika trädfraktioner används befintliga biomassafunktioner av Marklund, Petersson & Ståhl, Repola eller Kiljunen, se bilaga 2. Alla funktioner ger massan torrsubstans (TS i gram eller kg).

Krav på beräkning av ytterligare enheter

Flera enheter är intressanta att använda för redovisningen av skogsbränsle. De med funktionerna skattade mängderna skogsbränsle i torrsvikt (kg) räknas där-

för sedan om till andra lämpliga enheter för redovisning. I tabell 3 redovisas de enheter som systemet hanterar. Alla beräkningar gäller mängd skogsbränsle vid avverkningstillfället, hänsyn till lagringseffekter tas inte inom systemet. Där-
emot bör fuktkvoten vara möjlig att ställa för att anpassa systemet till normala lagringseffekter.

Tabell 3.
Sammanställning av vilka enheter som används i redovisningen för de olika sortimenten.

Beskrivning	Enhet	Grövre stamtoppar					Beräkning	Användning
		Grot	Grövre stamtoppar	Barr	Stubbe	Rötter		
Torrsvikt	kg	X	X	X	X	X	Biomassafunktioner	Beräkningar
Fukthalt	%	X	X	X	X	X	Erfarenhet och fraktions- fördelning	Beräkningar
Råsvikt	kg	X	X	X	X	X	Torrsvikt och vattenhalt	Skotning och logistik
Energi	MWh	X	X	X	X	X	Funktion av torrsvikt och fukthalt	Prissättning
Antal	st				X	X	Skördarnas pri-fil	Stubbrytning
Volym	m ³ s	X	X	X	X	X	Densiteter och torrsbstans	Prissättning och flishantering
Volym	m ³ f	X	X	X	X	X	Densiteter och torrsbstans	Prissättning

Vid avverkningstillfället beräknas skogsbränslets torrsvikt, för planering beräk-
nas råsvikt för avverkningstillfället och energivärde på skogslagret. Datum för
avverkning registreras och användaren gör en subjektiv bedömning om aktuell
råsvikt vid skotning och vidaretransport till värmeverk. Omräkning görs också
till m³s och m³f. Med hjälp av funktioner för trädets avsmalning beräknas för
grövre stamtoppar även volymen i m³f.

Skördaren beräknar antalet avverkade träd och utifrån krav på diameter kan
andelen stubbar över en viss diameter redovisas. Precis som för grot och gröv-
re stamtoppar beräknas torrsvikt för stubbar och rötter. Även för stubbar be-
räknas sedan råsvikt vid avverkningstillfälle och energivärde.

Beräkning av fuktkvoter

För bestämning av andra storheter än torrsbstansen så måste ytterligare be-
räkningar göras. Ungefär hälften av rätt trämaterial består av vatten. Fukthalten
definieras enligt Lagringshandboken som vattnets procentuella andel av mate-
rialets råa massa (Lehtikangas, 1999) och beräknas enligt följande formel:

$$Fukthalt (\%) = 100 - (Torr\ massa / Rå\ massa) \times 100$$

För att beräkna råsvikter och effektivt energiinnehåll så måste fukthalten vara
känd. Fukthalten beror exempelvis på vilken del (barr, rötter, grenar, stamved)
av trädet det är, trädets densitet och kärnvedsandel. De fukthaltvärden som
används i beräkningssystemet och som är baserade på litteraturuppgifter redo-
visas i tabell 4. Fukthalten minskar generellt med ökad lagring.

Tabell 4.

Fukthalter som används i de första prototypmodellerna för nyavverkad ved (Siffror från Hakkila m.fl. samt pers. medd. Raida Jirjis).

	Stamdelar, gamla träd- delar	Stramdelar < 30 år	Grenar inkl. bark	Bark (ung/gammal)	Barr	Hela kronor inkl levande grenar*	Stubbar
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Tall	45	55	54	45–55	54	55	45
Gran	45	55	45	45–55	54	50	45
Björk	45	45	42	50	70	45**	45
Övrigt löv	45	45	45	50	70	45**	45

* Inkluderas döda grenar i kronan så sjunker fukthalten 2–3 %.

** I björks siffror ingår inte löv.

Beräkning av energiinnehåll (efter Lehtikangas, Lagringshandboken, 1999)

Variation i värmevärde inom och mellan träd

Variation i värmevärde inom och mellan träd beror på skillnader i den kemiska sammansättningen. De delar av träd som innehåller mycket extraktivämnen eller lignin har också det högsta värmevärdet. I kapitel 1 i Lagringshandboken visas tabeller över olika kemiska komponenters procentuella fördelning hos olika trädslag och i olika delar av träd.

Hos barrträd är kvistars värmevärde högst, därefter följer barr- och bark. Det sämsta värmevärdet har stamveden. Det effektiva värmevärdet (se bilaga 6) för torrt material (W_a) kan inom träd variera mellan 19 och 21 MJ/kg torrsubstans. Hos lövträd har barken vanligen högst värmevärde, vilket kan uppgå till 23 MJ/kg TS. Stamveden har lägst värmevärde även hos lövträd. Generellt kan man säga att barrträdens stamved har högre värmevärde än lövträdens framför allt p.g.a. högre andel lignin (ca 28 % resp. 20 %). Barkens värmevärde är å andra sidan högre hos lövträd. Skillnaderna mellan olika svenska trädslag är dock ganska små, tall har det högsta och asp det lägsta värmevärdet, skillnaden mellan de båda trädslagen är ca 5 %.

Tabell 5.

Effektiva värmevärdet (W_a) uttryckt i MJ/kg TS för olika bränslefraktioner hos tall gran och björk. Källa: Hakkila, 1978.

Bränslefraktion	Slutavverkning			Gallring		
	Tall	Gran	Björk	Tall	Gran	Björk
Stamved	19,3	18,8	18,8	19,2	19,0	19,0
Bark	19,8	18,7	20,5	19,4	19,8	22,3
Grenar	20,5	19,8	19,8	20,2	19,8	20,3
Barr	21,1	20,0		21,1	19,8	

Värmevärdet per kg torrsubstans skiljer sig inte mycket mellan olika trädslag men räknat per volym kan skillnaderna vara stora. Orsaken till detta är skillnader i densitet. Till exempel har björk relativt lågt energi-innehåll per kg TS men eftersom björk har hög densitet så ger det högt energi-innehåll per m^3 fub ved. VMR rekommenderar värmevärdet (W_a) 19,2 MJ/kg TS eller 5,33 kWh/kg TS *grot*. Detta används av SDC vid beräkning av energi-innehåll (VMR, 1998) för samtliga trädslag.

Det effektiva värmeverket för fuktigt material (W_{eff}) är den värmemängd, som teoretiskt kan tas ut ur fuktigt bränsle. Detta värde kan anges som energimängd per kg torrs substans eller rå massa. Denna formel används normalt vid bestämning av energimängd vid värmeverk. Formeln innebär att energimängden (effektiv) sjunker med ökad fukthalt. Energimängd per kg torrs substans beräknas enligt följande:

VMRs formel

$$W_{eff} = 19,2 - (2,45 \times \text{fukthalt} / (100 - \text{fukthalt})) \text{ MJ} / \text{kg TS}.$$

Om föroreningsaska förekommer i veden skall W_a reduceras med andelen föroreningsaska. Detta görs ej vid beräkning på skördardata då ingen föroreningsaska ingår i den beräknade volymen med torrs substansformler.

Om resultatet divideras med 3,6 erhålls värmeverket i kilowattimmar per kilo (kWh/kg). Exempelvis 17 MJ motsvarar 4,72 kWh (= 17/3,6) per kg torr substans.

Beräkning av volymsenheter för flis

Vid handel med flisad grot så är m^3s (volym stjälp mått av flis) ett vanligt handelsmått, även m^3fub förekommer som handelsmått. För att beräkna volymen stjälp mått om man inte har flisade volymer så utgår man från m^3fub volymen och multiplicerar den med 2,5 – 2,7 (erfarenhetsmässigt är fastvolymandelen mellan 34–37 %). (Hakkila m.fl, Lagringshandboken).

För att kunna beräkna fastvolymen med de funktioner som finns för att beräkna torrvikten så måste man känna till olika trädfraktioners torr/rådensitet. Genom att dividera torrvikten med torr rådensiteten så erhålls fastvolymen (använda schablonvärden för torr-rådensiteten se bilaga 4).

$$m^3fub = (\text{Torrvikt kg} / \text{Torr-rådensitet kg/m}^3)$$

$$m^3s = (\text{Torrvikt kg} / \text{Torr-rådensitet kg/m}^3) \times 2,5 \text{ (40 \% fastvolymandel)}$$

Fastvolymandelen 40 % används då grönflis med mycket små fraktioner beräknas i projektet. Enligt Hakkilla (1978) rekommenderas 34–37 %.

Beräkning av beståndsdelar eller sortiment

Skogsbränsle beräknas i systemet i fem sortiment, grot, grövre stamtoppar, barr, stubbe och rötter (tabell 6), i praktiken motsvarar det tre sortiment grot, stubbar och grövre stamtoppar. Kvantifieringen sker i mindre fraktioner för olika trädpartier beroende av beräkningsmodell. Dessa summeras sedan ihop i de fem olika sortimenten. En fördel med att redovisa barren som ett separat sortiment är att det blir enklare att göra kalkyler med respektive utan barr. På samma sätt kan stubben delas upp i två fraktioner vilket skapar flexibilitet att redovisa torrsvikt för hela stubben med eller utan rötter.

Tabell 6.
Bestämda sortiment för redovisning och deras definitioner.

Sortiment	Definition
Grot	Grenar (levande och döda) och stam klenare än 5 cm på bark.
Grövre stamtoppar	Stam grövre än 5 cm på bark.
Barr	Barr.
Stubbe	Stubbe utan rötter.
Rötter	Rötter grövre än 5 cm på lågkant.

Summering av skogsbränsledata

Efter att ha beräknat skogsbränslekvaniteter för enskilda beståndsdelar så summeras dessa för enskilda träd. I nästa steg så summeras och sammanställs data för olika träd eller stubbar beroende på om de är grotanpassade eller ej. Följande steg kan väljas i systemet:

Steg 1 är att beräkna avverkad kvantitet, vilket är totala beräknande skogsbränslekvaniteten för alla avverkade stammar. Motsvarar ”Avverkat” i tabell 7.

Steg 2 innebär att grotanpassade kvantiteter summeras utifrån registrering av grotanpassning med den nya funktionen i skördarna. Ej grotanpassade volymer kan vara t.ex. ris som används att köra på eller grot från område av avverkningen där grotanpassning inte skett t.ex. blockterräng eller myr, se vidare nedan. Motsvarar ”GROT-anpassat” i tabell 7.

Steg 3 är att prognos på kvantiteter att skota beräknas utifrån inställda uttagskvoter för bränsleanpassade volymer. Detta är grotanpassade volymer reducerade med uttagsprocenten vid risskotning ca 70–90 % beroende av trädslag och volym per arealenhet. Motsvarar ”Att skota” i tabell 7.

Steg 4 är att prognosen på skotade volymer kan korrigeras utifrån hur länge materialet har lagrats genom korrigerings av fuktkvot och befintlig barmängd.

Tabell 7.
Redovisning av kvantiteter grot beräknade med hjälp av skördardata.

Totalt	Avverkat	GROT-anpassat	Att skota
Torrsvikt (ton)	91,1	86,7	72,7
Fukthalt (%)	49,3	49,3	49,3
Råsvikt (ton)	179,7	171,2	143,3
Volym (m ³ s)	546,4	520,6	436,2
Energi-innehåll			
Fuktig (MWh)	443,9	422,8	354,2
Torr (MWh)	504,2	480,2	402,3

För stubbar kan dessutom väljas att beräkna volymen för olika trädslag och eller minimumdiameter på stubbarna.

5. REDOVISNING AV RESULTAT

Krav på presentationer av resultat

I dag används som tidigare nämnts olika enheter för olika ändamål. Till exempel så används råsvikt eller m³s för transportplanering och ersättning, medan MWh används för energiberäkning vid affärsuppgörelser mellan värmeverken

och logistikorganisationerna. Andra varianter av enheter kan också förekomma. För att tillfredsställa hela marknaden måste flera olika enheter beräknas där sedan respektive användare kan bestämma vad man är intresserad av, se figur 7. Totalt redovisas 5 enheter. Möjligheterna bör vara uppdelade på:

1. Olika enheter.
2. Olika sortiment/ fraktioner.
3. Olika lagerpunkter.

Dessutom bör geografisk information finnas med.

Beståndsdelar				Resultatinformation					Stamvolymer			
<input checked="" type="checkbox"/> Bränsleanpassat												
<input checked="" type="checkbox"/> Barr												
<input checked="" type="checkbox"/> Grenar och toppar < 5 cm												
<input checked="" type="checkbox"/> Toppar > 5 cm												
<input type="checkbox"/> Stubbar												
<input type="checkbox"/> Rötter > 5 cm												
<input type="checkbox"/> Stamved												
				TALL					GRAN			
				Björk					LOV2			
				Totalt								
Antal stammar				39	392	137	0	568				
Volym (m3fub)				20,44	172,92	15,89	0	209,25				
Medelstam (m3fub)				0,52	0,44	0,12	0	0,37				
				Volym upp till: <input checked="" type="radio"/> toppkap					<input type="radio"/> diameter 5 cm <input type="radio"/> trädets höjd			

Tall	Averkat	GROT-anpassat	Att skota	Björk	Averkat	GROT-anpassat	Att skota
Torrsvikt (ton)	2,7	1,8	1,4	Torrsvikt (ton)	10,7	4,2	3,4
Fukthalt (%)	54,2	54,2	54,2	Fukthalt (%)	43,2	43,1	43,1
Råsvikt (ton)	5,9	4	3	Råsvikt (ton)	18,9	7,4	5,9
Volym (m3s)	17,2	11,6	8,7	Volym (m3s)	54,2	21,2	17
Energiinnehåll				Energiinnehåll			
Fuktig (MWh)	13,4	9	6,8	Fuktig (MWh)	53,5	20,9	16,7
Torr (MWh)	15,6	10,5	7,9	Torr (MWh)	59	23,1	18,5

Gran	Averkat	GROT-anpassat	Att skota	Totalt	Averkat	GROT-anpassat	Att skota
Torrsvikt (ton)	54,6	29,8	25,3	Torrsvikt (ton)	68,1	35,8	30
Fukthalt (%)	49,1	49	49	Fukthalt (%)	48,5	48,7	48,7
Råsvikt (ton)	107,2	58,4	49,7	Råsvikt (ton)	132,1	69,8	58,6
Volym (m3s)	328,8	179,2	152,3	Volym (m3s)	400,2	212	178
Energiinnehåll				Energiinnehåll			
Fuktig (MWh)	265,5	144,8	123,1	Fuktig (MWh)	332,3	174,7	146,6
Torr (MWh)	301,3	164,3	139,6	Torr (MWh)	375,9	197,9	166

Figur 7.

Möjlig redovisning av data från beräknade skogsbränslekvantiteter baserade på skördardata.

Krav på data i utdatafiler för företagsanpassade system

I tabell 8 visas exempel på data insamlade i skördaren. Dessa data är exempel på data som ett system bör generera för varje avverkat träd i ett företagssystem. Ytterligare data av intresse för företagsvisa beräkningar är beräknad fukthalt, prognos kvantitet efter skotning och t.ex barrandel. Dessutom bör identitetsdata vara kopplade till varje träd.

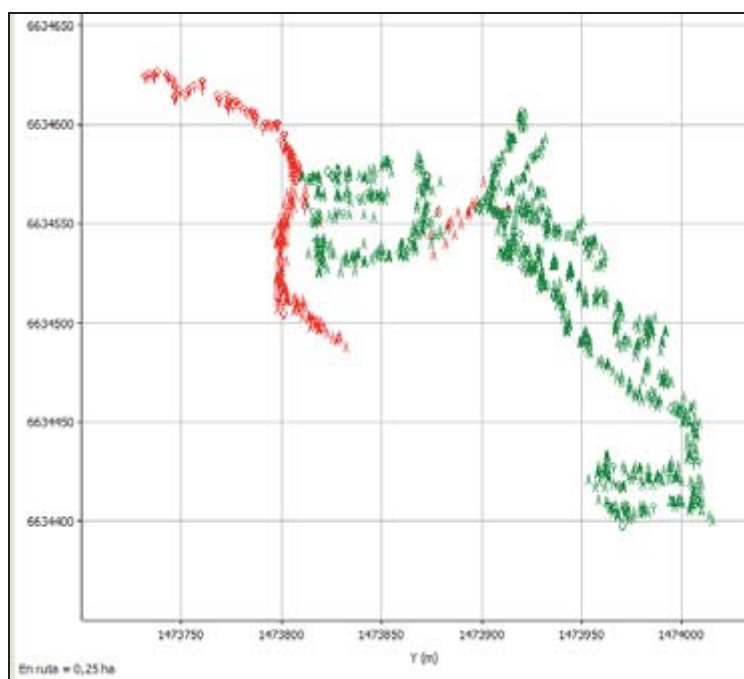
Tabell 8.

Exempeldata från fyra träd där grotkvantiteter har beräknats med data som samlats i en skördare.

Stam	Trädslag	DBH (mm)	Höjd (m)	RT90X (m)	RT90Y (m)	Bio-grot	TS (kg)	Råvikt (kg)	Energi-torr (kWh)	Energi-fuktig (kWh)	Vol (m ³ s)
1	Tall	157	10,39	6634621	1473734	1	20,5	44,9	117,8	101,2	131,14
2	Gran	339	26,91	6634457	1473985	1	147,9	292,2	815,7	717,6	888,04
3	Björk	146	14,99	6634454	1473995	1	13,9	24,3	76,5	69,4	70,38
4	Tall	172	11,28	6634620	1473736	0	20,9	45,6	120,2	103,4	133,2

Geografisk data

Geografiska data för varje avverkat träd finns i en pri-fil när en GPS är kopplad till skördardatorn. Dessa data kan användas för att läsas in direkt i skotardatorn. Alternativt kan en shape-fil med koordinater per stam och beräknande skogsbränslekvantiteter skapas.

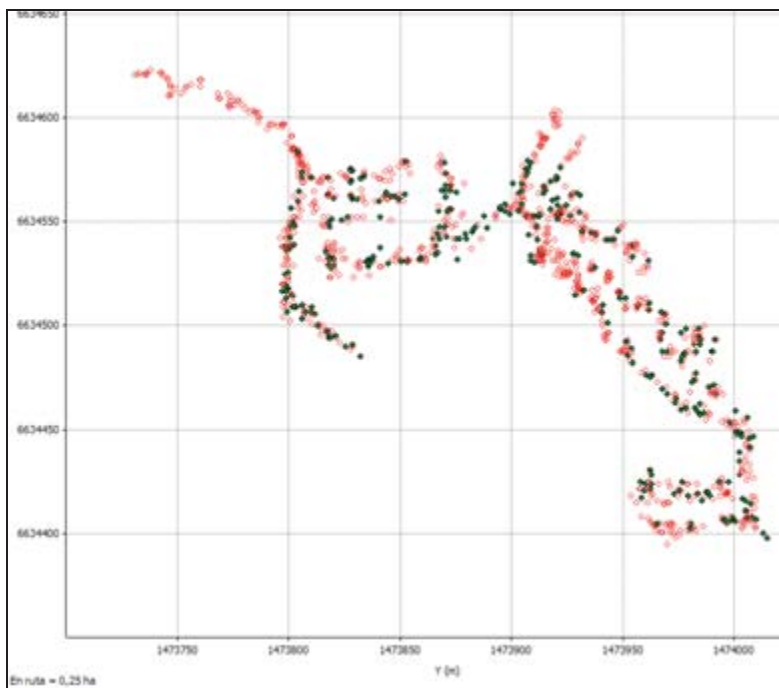


Figur 8.

Illustrering av alla avverkatte stammar för ett objekt. Röd markering: Ej grotpassade träd.

Grön markering: Grotpassade träd. Spetsiga symboler gran, runda tall och ovala löv.

Data för avverkatte träd kan redovisas enligt figur 8 ovan där varje enskilt träd redovisas separat och med färg beroende på om det är grotpassat eller ej. Även olika trädslag har olika symboler. Man kan även välja att beräkna skogsbränslevolymer per en bestämd yta och redovisa detta med exempelvis olika färger. Även stubbar som uppfyller uppställda kriterier kan redovisas enligt samma modell, se figur 9. I denna figur är alla granstubbar större än 25 cm redovisade gröna och övriga röda.



Figur 9.

Illustrering av alla stubbar. Granstubbar större än 25 cm är grönmärkade och övriga som ej uppfyller kriterierna är rödmärkade.

Diskussion

DATAINSAMLING

Skördardata, och data beräknade utifrån dessa, används genomgående som indata i beräkningssystemet för skogsbränslekvantiteter. Vi ser detta som en stor styrka framför allt av följande skäl:

- Det medger att ett helt automatiserat beräkningssystem kan byggas som kontinuerligt förser företagets lagersystem med uppgifter om skogslagret av skogsbränsle.
- Indata i form av skördardata är en resurs som i huvudsak redan finns i systemet för produktionsrapportering av rundvirke d.v.s. inga betydande kostnader tillkommer för att generera indata.
- Vi anser att kvaliteten på skördardata generellt är hög, speciellt från skördare som är anslutna till systemet för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning.
- Skördedata följer en standard, StanFord, vilket gör det relativt enkelt att i ett och samma system hantera data från ett stort antal skördarfabrikat.

Den funktion för trädvis registrering om grotanpassning som utarbetats inom projektet är avgörande för att beräkningssystemet skall fungera. Denna funktion har börjat installeras i skördare och under slutet av 2009 kommer troligen flera skördartillverkare ha den som standard i nya datorversioner.

En annan kritisk punkt för systemets utveckling är att företagen börjar använda sig av pri-filer. I dag använder man normalt prd-filer för att rapportera produktionsdata. En orsak till att man ännu inte har gått över till pri-filer har varit bristande överföringskapacitet i kommunikationsnäten och även att SDC inte har anpassat sina system för att läsa in pri-filer. Båda dessa punkter är på väg att lösas.

BERÄKNINGSMODELLER

Parallellt med den nu avrapporterade systemdelen av projektet pågår en studie syftande till att validera befintliga biomassa-funktioner genom att jämföra beräknade kvantiteter skogsbränsle med inmätta kvantiteter från värmeverk. Preliminära resultat från denna studie visar att olika funktioner lämpar sig bäst för olika typer av skogar och olika delar av landet. Troligtvis måste regionala val av modeller göras efterhand som systemet körs.

För stubbar bör också validering göras då detta inte ingår i det pågående projektet.

UTVECKLINGSBEHOV

I stort fungerar systemet med hjälp av standarddata och de befintliga mätningar som kan göras i dagens moderna skördare. Nedan listas dock några viktiga steg som håller på att genomföras eller som bör genomföras:

1. Bygga upp infrastruktur för att rapportera pri-data till företagssystem/ SDC (företagsbeslut).
2. Anpassning av skördare för skogsbränsleregistrering (1/0 trädvis) (maskintillverkarna).
3. Anpassning av skördare och skotare för att läsa grotanpassade träd. Kartprogram skall redovisa grothögar (maskintillverkare/ skogs-företag).
4. Implementering pri-beräkning i företagssystem och hos SDC (SDC/ skogsföretag/systemleverantörer).
5. Möjlighet att registrera grotvolymer som tas ur systemet på grund av till exempel svag bärighet. Denna registrering bör ske i samband med skotarrapportering (prl)(maskintillverkare/skogsföretag/ SDC).
6. Ytterligare validering av stubbfunktioner (forskning/ Skogforsk/ SLU).

Referenser

- Anon. 1998. Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobränslen. Fastställd av Virkesmätningsrådet 1998-11-25. VMR <http://www.virkesmatningsradet.org> Internetupplaga biobräns.pdf 1999-12-13.
- Anon. 2009. StanForD – Standard for Forest Data and communication. Se www.skogforsk.se
- Hakkila, P. 1989. Utilization of Residual Forest Biomass. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Kiljunen, N. 2002. Estimating dry mass of logging residues from final cuttings using a harvester data management system. *International Journal of Forest Engineering* 13(1): 17–25.
- Lehtikangas, P. 1999. Lagringshandbok för trädbränslen, 2:a upplagan ISBN 91-576-5564-2 © 1999, SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Marklund, L. 1988. Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden. The Swedish University for Agricultural Sciences, Department of Forest Survey. Report 45. 73 pp. ISBN 91-576-3524-2. (In Swedish with English summary.)
- Petersson, H. 1999. Biomassfunktioner för trädfractioner av tall, gran, björk i Sverige. Arbetsrapport no. 59. Umeå. Inst. för skoglig resurshållning, Sveriges Lantbruksuniversitet. 1-31.
- Petersson, H. & Ståhl, G. 2006. Functions for below-ground biomass of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 84-93.
- Repola, J., Ojansuu, R. & Kukkola, M. 2007. Biomass functions for Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute, no. 53. 1–27.
- Repola, J. 2008. Biomass Equations for Birch in Finland. *Silvae Fennica* 42 (4): 605–624.
- Repola, J. 2009. Biomass Equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silvae Fennica* 43 (4): 625-640.
- Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Spångberg, K., Lundqvist, S-O., Grahn, T., Hedenberg, Ö. & Olsson, L. 2002. Models for Predicting Wood Properties in Stems of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Sweden. *Scand. J. For.Res.* 17:4, pp 330–350.

Personligt meddelande

Raida Jirjis, 2008. Institutionen för energi och teknik. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Genomgång av befintliga beräkningsmodeller

I Sverige och Finland finns ett antal olika beräkningsmodeller för att skatta torrvikten av biomassa ovan och under jord för olika fraktioner av tall, gran och björk.

Många modeller baseras på data som typiskt samlas in i nationella inventeringar men det finns också enklare modeller. Dessa baseras exempelvis på information om trädens brösthöjdsdiameter och höjd. En finsk beräkningsmodell är speciellt utvecklad för data insamlat av skördare.

Marklund

Under 1980-talet samlade Marklund in data från drygt 130 bestånd på Domänverkets mark. Beräkningsmodeller togs fram för stam på bark, stamved, bark och grenar (levande/döda). För tall och gran finns också funktioner för barr, stubbrottsystem, stubbe och rötter (små/stora). För varje fraktion tog Marklund fram ett antal alternativa beräkningsmodeller. De enklaste beräkningsmodellerna baseras på diametern i brösthöjd, men det finns också modeller som kompletterar diametermått med höjd. Mer avancerade varianter finns också vilka även baseras på beståndsdata och data om trädets krona. Fördelar: (i) baseras på ett stort material som är insamlat över hela landet, (ii) stubbarna kan skattas i mindre fraktioner såsom stubbe, grova rötter och finrötter, (iii) finns både enklare och mer avancerade modeller, (iv) alla beräkningsmodeller baseras på samma data.

Nackdelar: (i) enklare modeller ger inte lika noggranna skattningar när det gäller att skatta barr och grenar som den gör för stamveden.

Petersson

Under senare år har Petersson använt Marklunds data och kompletterade inventeringar för att ta fram nya beräkningsmodeller. Syftet med dessa har varit att kvantifiera biomassa för nationell rapportering och baseras därför ofta på data typiskt från Riksskogstaxeringen. Dessa modeller är inte lämpliga att använda i beräkningssystemet eftersom de innehåller ingångsvariabler som inte finns i skördardata, alternativt är svåra att beräkna, t.ex. radiell tillväxt sista fem åren.

Petersson och Ståhl har också tagit fram beräkningsmodeller för hela stubbar med rötter ner till 0,5 respektive 0,2 cm. Varje modell finns i flera varianter där de enklaste baseras på diameter eller diameter och trädålder. De mer avancerade modellerna baseras på grundyta, kronlängd och markfuktighet.

Fördelar: (i) stort material med ytterligare kompletteringar till Marklunds data finns även för björk, (ii) beräkningar av stubbar kan göras med både enkla och fulla beräkningsmodeller.

Nackdelar: (i) för grot krävs indata från fältinventeringar, många variabler måste annars skattas, (ii) även här måste torrvikten för gagnvirket subtraheras.

Hakkila

I Finland tog motsvarande beräkningsmodeller fram av Hakkila, också detta gjordes under 1980-talet. Nyare beräkningsmodeller har tagits fram delvis baserat på samma data men också på helt nya data.

Fördelar: (i) stort material med beräkningsmodeller för biomassa både ovan och under jord.

Nackdelar: (i) höga krav på indata vilket medför att många ingångsvariabler måste skattas, (ii) något begränsat dataunderlag enligt finska utvärderingar som föredrar Marklund, (iii) finns nyare finska modeller.

Repola et al.

Nya finska beräkningsmodeller som baseras på finska data insamlat i 110 bestånd mellan 1983–2003. Precis som Marklund finns enklare och mer avancerade modeller. De enklaste baseras på diameter och trädhöjd, dessa finns för stamved, bark, barr, grenar (levande och döda), stubbe och rötter >1 cm. I en jämförelse mellan de olika modellerna konstaterades att kronlängd som oberoende variabel förbättrade noggrannheten i modellen när biomassa, grenar och barr skattades. På samma sätt hjälper ålder och de fem senaste årens tillväxt till att göra bättre skattningar av stamvolym och barktjocklek för att skatta barken. Kan vara intressanta att testa som alternativ till Marklund.

Fördelar: (i) finns både som enkla och fulla modeller, (ii) bra dokumentation och jämförelser med andra beräkningsmodeller.

Nackdelar: (i) saknar bra beräkningsmodeller för stubbe på tall.

Kiljunen

Är den enda beräkningsmodellen särskilt framtagen för att skatta mängd grot baserat på skördardata? Trädhöjd behövs dock för skattningen, vilket skattas i en separat funktion baserat på samma data. Beräkningsmodellerna baserat på Hakkilas material från 41 slutavverkningsbestånd. Funktioner finns för stam (topp), grenar och barr. En fördel med dessa beräkningsmodeller är att de är testade i skördare. Genomsnittlig avvikelse för enskilda träd är mellan 21–28 % medan noggrannheten på beståndsnivå är betydligt bättre, omkring 10 %. I praktiken innebär det att de flesta prognoser kommer att ligga inom intervallet ± 20 %. Dessa modeller baseras på flera diametermått på olika höjder av stammen, även trädhöjd vid krongräns och sista kap.

Fördelar: (i) är anpassad till data från skördare, (ii) baseras på trädets avsmalning, utvärderad och testad vid avverkning.

Nackdelar: (i) baseras på ett begränsat material och inte testat i större skala.

Funktioner för beräkning av mängden torrsubstans för olika träddelar

Parallellt med denna systemstudie utvärderas det föreslagna beräkningssystemet genom att beräknade och inmätta kvantiteter grot jämförs. Fem uppsättningar med funktioner utvärderas i studien:

- Marklund 1. Marklunds enklare funktioner dvs. de funktioner som enbart innehåller variabler relaterade till trädstorlek.
- Marklund 2. Marklunds mera komplexa funktioner dvs. de som utöver trädstorleksvariabler även innehåller ståndortsvariabler som ståndortsindex och geografisk position.
- Kiljunen 1. Kiljunens enklare funktioner dvs. de funktioner som enbart innehåller variabler relaterade till trädstorlek.
- Kiljunen 2. Kiljunens mera komplexa funktioner dvs. de som även innehåller variabler som andel grönkrona och markförhållanden.
- Repola m.fl. Repolas funktioner innehållande variabler relaterade till trädstorlek samt kronlängd.

Samtliga funktioner som ingår i de fem funktionsuppsättningarna finns redovisade nedan. I slutet på bilagan finns ett räknescema som åskådliggör vilka funktioner som ingår i de olika funktionsuppsättningarna och hur dessa använts vid beräkningen av mängden torrsubstans för olika grotfraktioner (tabell 9). Ingångsdata till de valda funktionerna utgörs av skördardata eller data som är möjliga att beräkna utifrån skördardata, se vidare bilaga 3.

Stubbar och rötter ingår inte i utvärderingen. För att undvika framtida merarbete är det dock viktigt att beräkningssystemet redan i nuläget kan hantera samtliga förekommande rot- och stubbfunktioner. I tabell 10 finns en sammanställning av de funktioner som finns inlagda i beräkningssystemet.

MARKLUND

h = total trädhöjd (m)

d = diameter brösthöjd (cm)

kl = kronlängd (h – krongränshöjd) (m)

NKO = Nord-koordinat i rikets nät (Rikets nät 1988?) (km*10²)

HÖH = Altitud, höjd över havet (km!)

SI = Ståndortsindex, H100 för tall eller gran (m)

t = ålder

Tall

Stam på bark (kg)

$$T-2: \ln(\text{stam p.b.}) = 7.5939 * (d / (d + 13)) + 0.0151 * h + 0.8799 * \ln(h) - 2.6768$$

Levande grenar inklusive barr (kg)

$$T-14: \ln(\text{levande grenar \& barr}) = 13.3955 * (d / (d + 10)) - 1.1955 * \ln(h) - 2.5413$$

$$T-15: \text{Ln}(\text{levande grenar \& barr}) = 11.4337*(d/(d+10)) - 1.4815*\text{Ln}(h) + 0.9825*\text{Ln}(kl) - 0.0235*\text{NKO} - 0.9137$$

Barr (kg)

$$T-18: \text{Ln}(\text{barr}) = 12.1095*(d/(d+7)) + 0.0413*h - 1.5650*\text{Ln}(h) - 3.4781$$

$$T-19: \text{Ln}(\text{barr}) = 9.8471*(d/(d+7)) + 0.0260*h - 1.6717*\text{Ln}(h) + 1.0419*\text{Ln}(kl) - 0.0123*\text{NKO} - 2.6024$$

Döda grenar (kg)

$$T-22: \text{Ln}(\text{döda grenar}) = 7.1270*(d/(d+10)) - 0.0465*h + 1.1060*\text{Ln}(h) - 5.8926$$

$$T-23: \text{Ln}(\text{döda grenar}) = 7.1889*(d/(d+10)) - 0.0850*h + 1.3027*\text{Ln}(h) - 0.0702*\text{NKO} - 1.0568*\text{HÖH} - 0.9305$$

Stubbe (kg)

$$T-28: \text{Ln}(\text{stubbe}) = 11.0481*(d/(d+15)) - 3.9657$$

$$T-29: \text{Ln}(\text{stubbe}) = 9.5137*(d/(d+15)) + 0.3105*\text{Ln}(t) - 0.0326*\text{NKO} - 2.1762$$

Rötter >5 cm (kg)

$$T-31: \text{Ln}(\text{rötter} > 5 \text{ cm}) = 13.2902*(d/(d+9)) - 6.3413$$

$$T-32: \text{Ln}(\text{rötter} > 5 \text{ cm}) = 13.6524*(d/(d+9)) - 0.0467*SI_{TALL} - 0.0448*SI_{GRAN} - 0.0306*\text{NKO} - 3.5882$$

Endast en av variablerna SI_{TALL} och SI_{GRAN} får ha ett värde skilt från 0.

Gran

Stam på bark (kg)

$$G-2: \text{Ln}(\text{stam p.b.}) = 7.4690*(d/(d+14)) + 0.0289*h + 0.6828*\text{Ln}(h) - 2.1702$$

Levande grenar inklusive barr (kg)

$$G-12: \text{Ln}(\text{levande grenar \& barr}) = 10.9708*(d/(d+13)) - 0.0124*h - 0.4923*\text{Ln}(h) - 1.2063$$

$$G-13: \text{Ln}(\text{levande grenar \& barr})^1 = 10.4621*(d/(d+13)) - 1.5211*\text{Ln}(h) + 1.0179*\text{Ln}(kl) + 0.0121*SI_{TALL} + 0.0110*SI_{GRAN} - 1.1209$$

¹ Endast en av variablerna SI_{TALL} och SI_{GRAN} får ha ett värde skilt från 0.

Barr (kg)

$$G-16: \text{Ln}(\text{barr}) = 9.7809*(d/(d+12)) - 0.4873*\text{Ln}(h) - 1.8551$$

$$G-17: \text{Ln}(\text{barr}) = 8.4127*(d/(d+12)) - 1.5628*\text{Ln}(h) + 1.4032*\text{Ln}(kl) - 1.5732$$

Döda grenar (kg)

$$G-20: \text{Ln}(\text{döda grenar}) = 3.6518*(d/(d+18)) + 0.0493*h + 1.0129*\text{Ln}(h) - 4.6351$$

$$G-21: \text{Ln}(\text{döda grenar}) = 5.6333*(d/(d+18)) + 2.7826*\text{Ln}(h) - 1.7460*\text{Ln}(kl) - 5.3924$$

Stubbe (kg)

$$G-26: \text{Ln}(\text{stubbe}) = 10.6686 * (d / (d + 17)) - 3.3645$$

$$G-27: \text{Ln}(\text{stubbe}) = 10.6925 * (d / (d + 17)) - 0.0196 * \text{SI}_{\text{TALL}} - 0.0188 * \text{SI}_{\text{GRAN}} - 0.0305 * \text{NKO}$$

¹ Endast en av variablerna SI_{TALL} och SI_{GRAN} får ha ett värde skilt från 0.

Rötter > 5 cm (kg)

$$G-28: \text{Ln}(\text{rötter} > 5 \text{ cm}) = 13.3703 * (d / (d + 8)) - 6.3851$$

$$G-29: \text{Ln}(\text{rötter} > 5 \text{ cm}) = 13.6140 * (d / (d + 8)) - 0.0204 * \text{SI}_{\text{TALL}} - 0.0211 * \text{SI}_{\text{GRAN}} - 6.0559$$

¹ Endast en av variablerna SI_{TALL} och SI_{GRAN} får ha ett värde skilt från 0.

Björk

Stam på bark (kg)

$$B-2: \text{Ln}(\text{stam p.b.}) = 8.2827 * (d / (d + 7)) + 0.0393 * h + 0.5772 * \text{Ln}(h) - 3.5686$$

Levande grenar (kg)

$$B-12: \text{Ln}(\text{levande grenar}) = 12.7821 * (d / (d + 10)) - 0.8525 * \text{Ln}(h) - 0.0409 * \text{NKO} + 0.0432$$

$$B-13: \text{Ln}(\text{levande grenar}) = 10.7485 * (d / (d + 10)) - 1.2066 * \text{Ln}(h) + 1.0409 * \text{Ln}(kl) - 0.0415 * \text{NKO} + 0.0282$$

Döda grenar (kg)

$$B-16: \text{Ln}(\text{döda grenar}) = 11.2872 * (d / (d + 30)) - 0.3081 * h + 2.6821 * \text{Ln}(h) - 6.6237$$

$$B-17: \text{Ln}(\text{döda grenar}) = 12.0799 * (d / (d + 30)) - 0.3448 * h + 2.7062 * \text{Ln}(h) + 1.5634 * \text{HÖH} - 0.0914 * \text{NKO} - 0.6700$$

PETERSSON & STÅHL

DBH = Brösthöjdsdiameter (mm)

Age = Ålder i brösthöjd (år)

Tall

Stubb och rotsystem ned till rotdiametern 5 mm (g)

$$PT_i: \text{Ln}(\text{stubb_rot}) = 3.39014 + 11.06822 * (\text{DBH} / (\text{DBH} + 113))$$

$$PT_ii: \text{Ln}(\text{stubb_rot}) = 3.57249 + 11.07427 * (\text{DBH} / (\text{DBH} + 113)) - 0.05119 * \text{DBH} / \text{age}$$

Gran

Stubb och rotsystem ned till rotdiametern 5 mm (g)

$$PG_i: \text{Ln}(\text{stubb_rot}) = 4.52965 + 10.57571 * (\text{DBH} / (\text{DBH} + 142))$$

$$PG_ii: \text{Ln}(\text{stubb_rot}) = 4.60559 + 10.60542 * (\text{DBH} / (\text{DBH} + 142)) - 0.02489 * \text{DBH} / \text{age}$$

Björk

Stubb och rotsystem ned till rotdiametern 5 mm (g)

$$PB_i: \text{Ln}(\text{stubb_rot}) = 4.90864 + 9.91194 * ((\text{DBH} / \text{DBH} + 138))$$

KILJUNEN

m_{top} = Torrsvikt stamtopp (kg)

$m_{branches}$ = Torrsvikt grenar (kg)

d_1 = Träddiameter 1 meter ovan stubbskär (mm)

d_2 = Träddiameter 2 meter ovan stubbskär (mm)

$d_{pulpwood}$ = Träddiameter vid sista kap (mm)

$d_{pulpwood-1}$ = Träddiameter 1 meter nedanför sista kap (mm)

d_{crown} = Träddiameter vid krongräns, levande grenar (cm)

h = Trädhöjd exkl. stubbe (dm)

h_{crown} = Höjd från stubbe till krongräns (dm)

$h_{pulpwood}$ = Höjd från stubbe till sista kap (dm)

CR = kronandel, $(h-h_{crown})/h$

Needle-% = Andel av total torrsvikt biomassa som består av barr

PL = Dummy, 1 om trädet står på odikad torvmark, annars noll.

Tall

$$\begin{aligned} \ln(m_{top}) &= -9.293 - 0.876 \cdot \ln(d_2) + 0.003492 \cdot h_{pulpwood} + 3.047 \cdot \ln(d_{pulpwood}) \\ &+ 1.220 \cdot (d_{pulpwood}/d_{pulpwood-1}) \end{aligned}$$

$$\ln(m_{branches}(I)) = -11.166 + 2.915 \cdot \ln(d_2) - 0.006380 \cdot h$$

$$\begin{aligned} \ln(m_{branches}(II)) &= -8.356 + 1.919 \cdot \ln(d_2) + 0.00205 \cdot h_{crown} + 0.724 \cdot \ln(d_{crown}) \\ &- 0.001964 \cdot h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= 93.780 - 24.579 \cdot \ln(d_2) + 1.093 \cdot h_{pulpwood} + 25.374 \cdot (d_{pulpwood}/d_{pulpwood-1}) \\ &+ 0.507 \cdot d_{pulpwood} \end{aligned}$$

$$\text{Needle-}\%(I) = 44.921 - 0.09661 \cdot d_2$$

$$\text{Needle-}\%(II) = 37.882 - 0.08850 \cdot d_2 + 11.085 \cdot CR$$

Gran

$$\begin{aligned} \ln(m_{top}) &= -11.161 - 0.610 \cdot \ln(d_1) + 0.002527 \cdot h_{pulpwood} + 3.298 \cdot \ln(d_{pulpwood}) \\ &+ 0.888 \cdot (d_{pulpwood}/d_{pulpwood-1}) \end{aligned}$$

$$* \ln(m_{branches}(I)) = -8.195 + 2.349 \cdot \ln(d_2) - 0.001767 \cdot h + 0.05$$

* Funktionen ovan har ett annat utseende i rapporten från Kiljunen (2002). Den här redovisade funktionen har erhållits efter korrespondans med författaren.

$$\ln(m_{branches}(II)) = -3.415 + 0.378 \cdot \ln(d_1) + 1.753 \cdot \ln(d_{crown}) - 0.0009532 \cdot h$$

$$\begin{aligned} h &= 69.244 - 20.755 \cdot \ln(d_1) + 0.686 \cdot d_{pulpwood} + 1.086 \cdot h_{pulpwood} \\ &+ 21.651 \cdot (d_{pulpwood}/d_{pulpwood-1}) \end{aligned}$$

$$\text{Needle-}\%(I) = 42.005 - 0.0817 \cdot d_2 + 0.0651 \cdot h - 14.518 \cdot PL$$

$$\text{Needle-}\%(II) = 24.610 - 0.124 \cdot d_2 + 0.110 \cdot h + 23.305 \cdot CR - 14.308 \cdot PL$$

Björk

$$\begin{aligned} \ln(m_{top}) &= -8.025 - 1.066 \cdot \ln(d_2) + 0.00470 \cdot h_{pulpwood} + 3.172 \cdot \ln(d_{pulpwood}) \\ &+ 0.636 \cdot (d_{pulpwood}/d_{pulpwood-1}) \end{aligned}$$

$$\ln(m_{branches}(I)) = -10.629 + 2.913 \cdot \ln(d_2) - 0.002480 \cdot h - 1.166 \cdot (d_2/d_1)$$

$$\ln(m_{branches}(II)) = -7.085 + 1.560 \cdot \ln(d_2) + 1.067 \cdot \ln(d_{crown}) - 0.947 \cdot (d_2/d_1)$$

$$h = 160.388 - 37.517 \cdot \ln(d_1) + 1.151 \cdot h_{\text{pulpwood}} + 0.832 \cdot d_{\text{pulpwood}} + 10.533 \cdot (d_{\text{pulpwood}} / d_{\text{pulpwood}-1})$$

REPOLA ET AL. 2007

y = torrsubstans (kg)

$d_s = 2 + 1.25 \cdot d_{\text{BH}}$ (cm)

d_{BH} = brösthöjddiameter (cm)

h = trädhöjd inkl. stubbe (m)

cl = kronlängd (m)

Tall

Stamved

$$\text{RT-2: } \ln(y) = -3.778 + 8.294 \cdot (d_s / (d_s + 14)) + 4.949 \cdot (h / (h + 12)) + (0.002 + 0.008) / 2$$

Stambark

$$\text{RT-3: } \ln(y) = -4.756 + 8.616 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 0.277 \cdot \ln(h) + (0.013 + 0.054) / 2$$

Levande grenar

$$\text{RT-26: } \ln(y) = -5.224 + 13.022 \cdot (d_s / (d_s + 12)) - 4.867 \cdot (h / (h + 8)) + 1.058 \cdot \ln(cl) + (0.020 + 0.067) / 2$$

Barr

$$\text{RT-27: } \ln(y) = -2.385 + 15.022 \cdot (d_s / (d_s + 4)) - 11.979 \cdot (h / (h + 1)) + 1.116 \cdot \ln(cl) + (0.034 + 0.095) / 2$$

Döda grenar

$$\text{RT-6: } \ln(y) = -5.334 + 10.789 \cdot (d_s / (d_s + 16))$$

Empirisk korrektionsfaktor: $y = e^{\ln(y)} \cdot 1.242$ (se s. 9 i Repola et al. 2007)

Stubbe

$$\text{RT-8: } \ln(y) = -6.739 + 12.658 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + (0.009 + 0.044) / 2$$

Rötter > 1 cm

$$\text{RT-9: } \ln(y) = -9.601 + 15.931 \cdot (d_s / (d_s + 8)) + 0.065 / 2$$

Alternativt kan total biomassa ovan jord beräknas och gagnvirke subtraheras.

Biomassa (ovan jord)

$$\text{RT-7: } \ln(y) = -3.215 + 9.764 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 2.889 \cdot (h / (h + 20)) + (0.001 + 0.013) / 2$$

Gran

Stamved

$$\text{RG-10: } \ln(y) = -3.655 + 7.942 \cdot (d_s / (d_s + 14)) + 0.907 \cdot \ln(h) + 0.018 \cdot h + (0.006 + 0.008) / 2$$

Stambark

$$\text{RG-11: } \ln(y) = -4.349 + 9.879 \cdot (d_s / (d_s + 18)) + 0.274 \cdot \ln(h) + (0.016 + 0.036) / 2$$

Levande grenar

$$\text{RG-28: } \text{Ln}(y) = -2.945 + 12.698 \cdot (d_s / (d_s + 14)) - 6.183 \cdot (h / (h + 5)) + 0.959 \cdot \text{Ln}(cl) + (0.013 + 0.072) / 2$$

Barr

$$\text{RG-29: } \text{Ln}(y) = 0.286 + 16.286 \cdot (d_s / (d_s + 4)) - 15.576 \cdot (h / (h + 1)) + 1.170 \cdot \text{Ln}(cl) + (0.021 + 0.090) / 2$$

Döda grenar

$$\text{RG-14: } \text{Ln}(y) = -5.467 + 6.252 \cdot (d_s / (d_s + 18)) + 1.068 \cdot \text{Ln}(h)$$

Empirisk korrektionsfaktor: $y = e^{\text{Ln}(y)} \cdot 1.181$ (se s. 9 i Repola et al. 2007)

Stubbe

$$\text{RG-16: } \text{Ln}(y) = -3.962 + 11.725 \cdot (d_s / (d_s + 26)) + (0.065 + 0.058) / 2$$

Rötter > 1 cm

$$\text{RG-17: } \text{Ln}(y) = -2.295 + 10.649 \cdot (d_s / (d_s + 24)) + (0.105 + 0.114) / 2$$

Alternativt kan total biomassa ovan jord beräknas och gagnvirke subtraheras.

Biomassa (ovan jord)

$$\text{RG-15: } \text{Ln}(y) = -1.729 + 9.697 \cdot (d_s / (d_s + 20)) + 0.398 \cdot \text{Ln}(h) + (0.004 + 0.015) / 2$$

Björk

Stamved

$$\text{RB-18: } \text{Ln}(y) = -5.001 + 9.284 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 1.143 \cdot \text{Ln}(h) + (0.003 + 0.005) / 2$$

Stambark

$$\text{RB-19: } \text{Ln}(y) = -5.449 + 9.967 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 2.894 \cdot (h / (h + 20)) + (0.011 + 0.044) / 2$$

Levande grenar

$$\text{RB-20: } \text{Ln}(y) = -4.279 + 14.731 \cdot (d_s / (d_s + 16)) - 3.139 \cdot (h / (h + 10)) + (0.035 + 0.071) / 2$$

Löv

$$\text{RB-21: } \text{Ln}(y) = -29.566 + 33.372 \cdot (d_s / (d_s + 2)) + 0.077 / 2$$

(Finns funktioner för levande grenar och löv också med kronandel som ingångsvariabel)

Döda grenar

$$\text{RB-22: } \text{Ln}(y) = -7.742 + 11.362 \cdot (d_s / (d_s + 16))$$

Empirisk korrektionsfaktor: $y = e^{\text{Ln}(y)} \cdot 2.245$ (se s. 9 i Repola et al. 2007)

Stubbe

$$\text{RB-24: } \text{Ln}(y) = -3.677 + 11.537 \cdot (d_s / (d_s + 26)) + (0.021 + 0.046) / 2$$

Rötter > 1 cm

$$\text{RB-25: } \text{Ln}(y) = -3.183 + 7.204 \cdot (d_s / (d_s + 22)) + 0.892 \cdot \text{Ln}(h) + (0.047 + 0.027) / 2$$

Alternativt kan total biomassa ovan jord beräknas och gagnvirke subtraheras.

Biomassa (ovan jord)

$$\text{RB-23: } \text{Ln}(y) = -3.662 + 10.329 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 3.411 \cdot (h / (h + 22)) + (0.001 + 0.007) / 2$$

REPOLA 2008/2009

y = torrsubstans (kg)

$d_s = 2 + 1.25 \cdot d_{\text{BH}}$ (cm)

d_{BH} = brösthöjddiameter (cm)

h = trädhöjd inkl. Stubbe (m)

cl = kronlängd (m)

cr = kronandel, cl/h

t = antal årsringar i brösthöjd

Tall

Stamved

$$\text{RT-A1: } \text{Ln}(y) = -4.018 + 8.358 \cdot (d_s / (d_s + 14)) + 4.646 \cdot (h / (h + 10)) + 0.041 \cdot \text{Ln}(t) + (0.001 + 0.008) / 2$$

Stambark

$$\text{RT-A2: } \text{Ln}(y) = -4.695 + 8.727 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 0.228 \cdot \text{Ln}(h) + (0.014 + 0.057) / 2$$

Levande grenar

$$\text{RT-A3: } \text{Ln}(y) = -5.166 + 13.085 \cdot (d_s / (d_s + 12)) - 5.189 \cdot (h / (h + 8)) + 1.110 \cdot \text{Ln}(cl) + (0.020 + 0.063) / 2$$

Barr

$$\text{RT-A4: } \text{Ln}(y) = -1.748 + 14.824 \cdot (d_s / (d_s + 4)) - 12.684 \cdot (h / (h + 1)) + 1.209 \cdot \text{Ln}(cl) + (0.032 + 0.093) / 2$$

Döda grenar

$$\text{RT-A5: } \text{Ln}(y) = -5.318 + 10.771 \cdot (d_s / (d_s + 16))$$

Empirisk korrektionsfaktor: $y = e^{\text{Ln}(y)} \cdot 0.913$ (se s. 630 i Repola 2009)

Stubbe

$$\text{RT-10: } \text{Ln}(y) = -6.753 + 12.681 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + (0.010 + 0.044) / 2$$

Rötter > 1 cm

$$\text{RT-11: } \text{Ln}(y) = -5.550 + 13.408 \cdot (d_s / (d_s + 15)) + 0.079 / 2$$

Alternativt kan total biomassa ovan jord beräknas och gagnvirke subtraheras.

Biomassa (ovan jord)

$$\text{RT-A6: } \text{Ln}(y) = -3.416 + 9.555 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 3.592 \cdot (h / (h + 24)) + 0.395 \cdot cr + (0.008 + 0.009) / 2$$

Gran

Stamved

$$\text{RG-A7: } \text{Ln}(y) = -4.000 + 8.881 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 0.728 \cdot \text{Ln}(h) + 0.022 \cdot h - 0.273 \cdot (d_s / t) + (0.003 + 0.008) / 2$$

Stambark

$$\text{RG-A8: } \text{Ln}(y) = -4.437 + 10.071 \cdot (d_s / (d_s + 18)) + 0.261 \cdot \text{Ln}(h) + (0.019 + 0.039) / 2$$

Levande grenar

$$\text{RG-A9: } \text{Ln}(y) = -3.023 + 12.017 \cdot (d_s / (d_s + 14)) - 5.722 \cdot (h / (h + 5)) + 1.033 \cdot \text{Ln}(cl) + (0.017 + 0.068) / 2$$

Barr

$$\text{RG-A10: } \text{Ln}(y) = -0.085 + 15.222 \cdot (d_s / (d_s + 4)) - 14.446 \cdot (h / (h + 1)) + 1.273 \cdot \text{Ln}(cl) + (0.028 + 0.087) / 2$$

Döda grenar

$$\text{RG-A11: } \text{Ln}(y) = -5.317 + 6.384 \cdot (d_s / (d_s + 18)) + 0.982 \cdot \text{Ln}(h)$$

Empirisk korrektionsfaktor: $y = e^{\text{Ln}(y)} \cdot 1.208$ (se s. 630 i Repola 2009)

Stubbe

$$\text{RG-18: } \text{Ln}(y) = -3.964 + 11.730 \cdot (d_s / (d_s + 26)) + (0.065 + 0.058) / 2$$

Rötter > 1 cm

$$\text{RG-19: } \text{Ln}(y) = -2.294 + 10.646 \cdot (d_s / (d_s + 24)) + (0.105 + 0.114) / 2$$

Alternativt kan total biomassa ovan jord beräknas och gagnvirke subtraheras.

Biomassa (ovan jord)

$$\text{RG-A12: } \text{Ln}(y) = -2.141 + 9.074 \cdot (d_s / (d_s + 20)) + 0.570 \cdot \text{Ln}(h) + 0.403 \cdot cr + (0.006 + 0.013) / 2$$

Björk

Stamved

$$\text{RB-7: } \text{Ln}(y) = -4.879 + 9.651 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 1.012 \cdot \text{Ln}(h) + (0.00263 + 0.00544) / 2$$

Stambark

$$\text{RB-8: } \text{Ln}(y) = -5.401 + 10.061 \cdot (d_s / (d_s + 12)) + 2.657 \cdot (h / (h + 20)) + (0.01043 + 0.04443) / 2$$

Levande grenar

$$\text{RB-9: } \text{Ln}(y) = -4.152 + 15.874 \cdot (d_s / (d_s + 16)) - 4.407 \cdot (h / (h + 10)) + (0.02733 + 0.07662) / 2$$

Löv

$$\text{RB-12: } \text{Ln}(y) = -29.566 + 33.372 \cdot (d_s / (d_s + 2)) + 0.077 / 2$$

(Finns funktioner för levande grenar och löv också med kronandel som ingångsvariabel)

Döda grenar

$$\text{RB-10: } \text{Ln}(y) = -8.335 + 12.402 * (d_s / (d_s + 16))$$

Empirisk korrektionsfaktor: $y = e^{\text{Ln}(y)} * 2.0737$ (se s. 610 i Repola 2008)

Stubbe

$$\text{RB-13: } \text{Ln}(y) = -3.574 + 11.304 * (d_s / (d_s + 26)) + (0.02154 + 0.04542) / 2$$

Rötter > 1 cm

$$\text{RB-14: } \text{Ln}(y) = -3.223 + 6.497 * (d_s / (d_s + 22)) + 1.033 * \text{Ln}(h) + (0.0480 + 0.02677) / 2$$

Alternativt kan total biomassa ovan jord beräknas och gagnvirke subtraheras.

Biomassa (ovan jord)

$$\text{RB-11: } \text{Ln}(y) = -3.654 + 10.582 * (d_s / (d_s + 12)) + 3.018 * (h / (h + 22)) + (0.00068 + 0.00727) / 2$$

UTRÄKNING AV TORRSUBSTANS PER FRAKTION

Torrsubstansen per fraktion/sortiment beräknas med beskrivna funktioner ovan eller via volymsdata baserat på skördarnas volymsuppgifter, se nedan.

Barr

Beräknas med funktion eller utfall för funktion för grenar inklusive barr multiplicerat med barrandel (beräknad med annan funktion).

Grot inklusive topp <50 mm

Beräknas med funktion för torra och levande grenar och subtraherar beräknad barrandel. Dessutom adderas toppen <50 mm genom att toppvolymen beräknas baserat på en kon till trädhöjd (se bilaga 3) och schablondensitet baserat per trädslag (se bilaga 4).

Stamved >50 mm

Beräknad volym baserat på sista kap och utlagd kon (se bilaga 3) multiplicerat med schablondensitet (se bilaga 4).

Stubbar och rötter

Beräknas med funktioner.

RÄKNESHEMA

Nedan redovisas ett räknescema som åskådliggör hur enskilda torrsubstansfunktioner för grot kombinerats samman i de fem utvärderade funktionsuppsättningarna. Därefter följer en sammanställning av de stubb och rotfunktioner som finns inlagda i beräkningssystemet.

Tabell 9.

Räknescema för beräkning av torrsubstans för olika grotfractioner med de fem utvärderade funktionsuppsättningarna

Funktionsuppsättning	Trädslag	Barr ¹⁾	Grenar	Topp <50 mm	Stamved >50 mm
Marklund 1	Tall	T18	T14–T18+T22	Skördardata, Kiljunens trädhöjdsfunktion (bilaga 3), schablon densitet (bilaga 4)	Skördardata, Kiljunens trädhöjdsfunktion (bilaga 3), schablon densitet (bilaga 4)
Marklund 1	Gran	G16	G12–G16+G20	Se ovan	Se ovan
Marklund 1	Björk		B12+B16	Se ovan	Se ovan
Marklund 2	Tall	T19	T15–T19+T23	Se ovan	Se ovan
Marklund 2	Gran	G17	G13-G17+G21	Se ovan	Se ovan
Marklund 2	Björk		B13+B17	Se ovan	Se ovan
Kiljunen 1	Tall	$m_{\text{branches(I)}} * \text{Needle-}\%(\text{I})$	$m_{\text{branches(I)}} - m_{\text{branches(I)}} * \text{Needle-}\%(\text{I})$	Se ovan	Se ovan
Kiljunen 1	Gran	$m_{\text{branches(I)}} * \text{Needle-}\%(\text{I})$	$m_{\text{branches(I)}} - m_{\text{branches(I)}} * \text{Needle-}\%(\text{I})$	Se ovan	Se ovan
Kiljunen 1	Björk		$m_{\text{branches(I)}}$	Se ovan	Se ovan
Kiljunen 2	Tall	$m_{\text{branches(II)}} * \text{Needle-}\%(\text{II})$	$m_{\text{branches(II)}} - m_{\text{branches(II)}} * \text{Needle-}\%(\text{II})$	Se ovan	Se ovan
Kiljunen 2	Gran	$m_{\text{branches(II)}} * \text{Needle-}\%(\text{II})$	$m_{\text{branches(II)}} - m_{\text{branches(II)}} * \text{Needle-}\%(\text{II})$	Se ovan	Se ovan
Kiljunen 2	Björk		$m_{\text{branches(II)}}$	Se ovan	Se ovan
Repola et al. 2007	Tall	RT27	RT26+RT6	Se ovan	Se ovan
Repola et al. 2007	Gran	RG29	RG28+RG14	Se ovan	Se ovan
Repola et al. 2007	Björk		RB20+RB22	Se ovan	Se ovan
Repola 2009	Tall	RTA4	RTA3+RTA5	Se ovan	Se ovan
Repola 2009	Gran	RGA10	RGA9+RGA11	Se ovan	Se ovan
Repola 2008	Björk		RB9+RB10	Se ovan	Se ovan

¹⁾ För björk skattas torrsubstansen exklusive löv med samtliga funktionsuppsättningar.

Tabell 10.

Förteckning över de stubb- och rotfunktioner som finns införda i beräkningssystemet.

Trädslag	Stubbar	Rötter	Stubb- och rotsystem
Tall	T28, T29, RT8, RT10	T31, T32, RT9, RT11	PT_i, PT_ii
Gran	G26, G27, RG16, RG18	G28, G29, RG17, RG19	PG_i, PG_ii
Björk	RB24, RB13	RB25, RB14	PB_i

Data och funktioner för underlag för biomassafunktioner

Nedan följer funktioner för beräkning av trädhöjd och krongränsberäkning baserat på skördardata. Dessa beräkningar används för samtliga biomassafunktioner enligt bilaga 2 och i det utvecklade prototypprogrammet för skogsbränsleberäkning.

TRÄDHÖJD

Kiljunen (baserad på skördardata)

d_1 = Träddiameter 1 meter ovan stubbskär (mm)

d_2 = Träddiameter 2 meter ovan stubbskär (mm)

h = Trädhöjd exkl. stubbe (dm)

h_{pulpwood} = Höjd från stubbe till sista kap (dm)

d_{pulpwood} = Träddiameter vid sista kap (mm)

$d_{\text{pulpwood-1}}$ = Träddiameter 1 meter nedanför sista kap (mm)

$$h_{\text{Tall}} = 93.780 - 24.579 * \text{Ln}(d_2) + 1.093 * h_{\text{pulpwood}} + 25.374 * (d_{\text{pulpwood}} / d_{\text{pulpwood-1}}) + 0.507 * d_{\text{pulpwood}}$$

$$h_{\text{Gran}} = 69.244 - 20.755 * \text{Ln}(d_1) + 0.686 * d_{\text{pulpwood}} + 1.086 * h_{\text{pulpwood}} + 21.651 * (d_{\text{pulpwood}} / d_{\text{pulpwood-1}})$$

$$h_{\text{Björk}} = 160.388 - 37.517 * \text{Ln}(d_1) + 1.151 * h_{\text{pulpwood}} + 0.832 * d_{\text{pulpwood}} + 10.533 * (d_{\text{pulpwood}} / d_{\text{pulpwood-1}})$$

Baserat på skördarens data och beräknad trädhöjd (Kiljunen) så beräknas toppvolymen på stammen. Detta görs genom att en kon skapas från sista kap med sista kapets diameter och beräknad längd enligt trädhöjdberäkningen.

KRONLÄNGD

Kronlängd används som ingångsvariabel i Marklunds, Kiljunens (indirekt via kronandel) och Repolas funktioner. Kronlängd beräknas utifrån modifierade formler för krongränshöjd, ursprungligen framtagna av Wilhelmsson m. fl (2002).

H_{tot} är trädens totalhöjd (m). Skattas via Kiljunens trädhöjdsfunktion, se ovan. DBH_{pb} är trädens brösthöjdsdiameter på bark (mm)

Tall

$$\text{Kronlängd} = (2.396 * DBH_{\text{pb}} + 19.2 * H_{\text{tot}}) / 100$$

Gran

$$\text{Kronlängd} = (2.5694 * DBH_{\text{pb}} + 37.53 * H_{\text{tot}}) / 100$$

ÅLDER OCH STÅNDORTSINDEX

För Marklund 2 krävs bl.a ålder, h.ö.h. och SI. För att underlätta så skall dessa data gå att ställa manuellt per objekt. Om dessa uppgifter saknas föreslås att schablonvärden används vid beräkning, se vidare sidan 10.

Torr-rådensiteten för olika fraktioner

Torr-rådensiteten används som underlag för beräkning av torrsubstans i stamdelar och stamtoppar. Dessutom ligger torr-rådensiteten som underlag för beräkning av volymen m³s efter flisning. Schablonvärden i tabell 11 används för olika fraktioner och trädslag vid beräkning i prototypprogrammet.

Tabell 11.

Schablonvärden som används för olika skogsbränslefraktioners torr-rådensitet (lagringshandboken/ Hakkila m.fl./ Wilhelmsson et al. 2002).

Sortiment	Trädslag	Torr-rådensitet/ (kg/m ³)
Barr	Tall	370
	Gran	350
Grot ex barr	Tall	405
	Gran	465
	Björk	500
	Öv löv	400
Stubbar	Tall	440
	Gran	420
	Björk	490
	Öv löv	385
Toppar < 5 cm	Tall	370
	Gran	400
	Björk	450
	Öv löv	370
Stamved	Tall	390
	Gran	385
	Björk	490
	Öv löv	385

Regler för filtrering av stammar

Innan biomassafunktionerna tillämpas bör mätdata i pri-filen kontrolleras och filtreras för att undvika orimliga och felaktiga resultat. Nedan följer en beskrivning av den filtrering som funnits lämplig och som är integrerad i prototypprogrammet. Filtren körs i samma ordning som de presenteras.

Borttagning av orimligt korta stockar

Stockar som är kortare än en angiven minsta stocklängd tas bort. Förinställt värde är 100 mm och huvudanledningen är att undvika trissor som första stock innan rimlighetskontroll av DBH.

Rimlighetskontroll av DBH

I programmet kontrolleras att DBH-värdena är realistiska. DBH-värdet jämförs med första stocks toppdiameter, som i regel är ett säkrare mått eftersom det bygger på flera föregående mätningar. Detta sker i två steg:

Filtrera orimligt låga DBH

1. Är det första stocken och är den längre än brösthöjden?
2. Är DBH mindre än stockens toppdiameter?
3. Om ja på ovanstående punkter ersätts orimligt lågt DBH med stockens toppdiameter (cyldrisk rotstock).

Filtrera orimligt höga DBH

1. Är det första stocken?
2. Är diameteravsmalningen från brösthöjd till rotstockens toppkap större än gränsvärdet A (default $A = 2$ cm/m)?
3. Om ja på ovanstående punkter justeras DBH så att avsmalningen till stockens toppända blir 2 cm/m utifrån skördarens mätning av toppdiametern på stocken.

Sammanlagning av avbrutna stammar

Denna filtrering är för att undvika att avbrutna träd eller träd med dubbeloppar räknas flera gånger. I de fall där en avbruten topp (alternativt en av dubbeltopparna) har upparbetats direkt efter moderstammen och registrerats som ett ny stam kan dessa två läggas samman. Följande regler beskriver hur detta kan ske:

1. Är toppdiametern för sista stocken i träd_x större än Y mm (default $Y = 150$ mm)?
2. Är DBH för efterföljande träd_{x+1} mindre än toppdiametern för träd_x?
3. Är träd_x och träd_{x+1} av samma trädslag?
4. Blir toppkapshöjden vid sammanslagning av samtliga stockar i träd_x och träd_{x+1} mindre än H m (default $H = 38$ m)?

Om samtliga ovanstående punkter kunde besvaras med 'ja' läggs de två träden ihop till ett nytt träd_x (träd_x=träd_x+träd_{x+1})

Identifiering av stammar utan topp

I sista steget bedöms vilka träd som rimligtvis inte bör ha någon topp vid beräkning av kvantiteten grot. Efter den föregående sammanslagningen av stammar antas alla stammar med toppkapsdiameter över ett gränsvärde Z (default Z = 150 mm) vara utan topp. En avbruten topp (alternativt en av dubbeltopparna) som inte har upparbetats i direkt anslutning till moderstammen kommer att behandlas som ett eget träd och således kommer dess biomassa ändå med i beräkningarna.

Energiberäkning (efter Lagringshandboken, 1999)

Värmevärde

Kalorimetriskt värmevärde (W_{kal}) är all kemisk energi som är bunden i bränslet. Det kalorimetriska värmevärdet kan mätas genom förbränning i en bombkalorimeter (SS-ISO, 1928). Bombkalorimetern mäter temperaturskillnaden i kalorimeterns vatten före och efter förbränningen och på så sätt kan materialets värmevärde beräknas. Förbränning av materialet sker under optimala förhållanden med konstant temperatur och tryck.

Riktvärde för W_{kal} för svensk grot är 20,4 MJ/kg TS

Det effektiva värmevärdet för torrt material (W_a) är det värmevärde som kan tas ut vid fullständig förbränning av torrt material d.v.s. det kalorimetriska värmevärdet minus den förlust som sker för att förångas det vatten, som bildas av syre (O_2) och väte (H_2) i trädet. Detta beräknas med en formel:

$$W_a = W_{kal} - (2,45 * 9 * H^2 / 100) \text{ MJ/ kg TS}$$

där 2,45 = vattnets ångbildningsvärme vid 20°C (MJ/kg), 9 = antalet delar vatten bildade av en del väte (= 9,0074) och H_2 = bränslets vätehalt i procent, normalt 6 % för skogsbränsle av barr och 9 % för björk.

W_a varierar normalt i träd från 19–21 MJ/ kg torrsubstans, riktvärdet att använda för svensk helträdsflis är 19,2 MJ/kg TS (VMR, 1999). Enligt Hakkila, 1978 ligger W_a för hyggesrester utan barr på 20,4 MJ/kg TS för tall, 19,7 MJ/kg TS för gran och björk. För barr är nivån lite högre ca 21 MJ/kg TS för tall och 20 MJ/kg TS för gran. För stamved med bark ligger nivån ca 0,5 enheter lägre än för hyggesflis. I riktvärdet är reducering för normal askhalt gjord på 1–2 %.

Det effektiva värmevärdet för fuktigt material (W_{eff}) är den värmemängd, som teoretiskt kan tas ut ur fuktigt bränsle. Detta värde kan anges som energimängd per kg torrsubstans eller rå massa. Energimängd per kg torrsubstans beräknas enligt följande:

$$W_{eff} = W_{kal} - (2,45 * 9 * H^2 / 100) - (2,45 * fukthalt / (100 - fukthalt)) \text{ MJ/ kg TS}$$

Om föroreningsaska förekommer i veden skall W_a reduceras med andelen föroreningsaska. I W_a ingår normal askhalt på ca 1–2 %, är askhalten högre p.g.a. föroreningar så skall W_a reduceras. Normalt förutsätter man att föroreningsaskan är 1–2 %. Formel inklusive föroreningsaska:

$$W_{eff} = W_{kal} - (2,45 * 9 * H^2 / 100) * ((100 - A) / 100) - (2,45 * fukthalt / (100 - fukthalt))$$

VMR rekommenderar värmevärdet (W_a) 19,2 MJ/kg TS eller 5,33 kwh/kg TS. Detta används av SDC vid beräkning av energiinnehåll (VMR 1998).

A = förorenings-askandel i procent.

Om det effektiva värmevärdet för fuktigt material skall anges som energimängd per rå massa (MJ/kg rå) skall Weff multipliceras med torrhalten. Exempelvis, om det effektiva värmevärdet (Weff) är 17 MJ/kg TS och torrhalten är 50 % (fukthalt 50 %), är motsvarande energivärde per råmassa: $17 \text{ MJ} * 0,50 = 8,5 \text{ MJ}$. Om resultaten divideras med 3,6 erhålls värmevärdet i kilowattimmar (kWh) per kilo. Exempelvis 17 MJ motsvarar 4,72 kWh ($= 17 / 3,6$) per kg torr substans.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2008

År 2008	
Nr 652	Löfgren, B., Nordén, B. & Lundström H. 2008. Fidelitystudie av en skogsmaskin-simulator. 30 s.
Nr 653	Norén J., Rosca, C. & Rosengren, P. 2008. Riktlinjer för presentation av apterings-information i skogsskördare. 70 s.
Nr 654	Sonesson, J. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulsintensiv laserscanning.
Nr 655	Jönsson, P. & Nordén B. 2008. Skotare med ALS och tredelade stöttor – Studier av prestation och helkroppsvibrationer i galling. 14 s.
Nr 656	Persson, T., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Rosvall, O., Sonesson, J., Stener, L.-G. & Westin, J. 2008. Lägesrapport 2007-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
Nr 657	Stener, L.G. 2008. Study of survival, height growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in southern Sweden. 11 s.
Nr 658	Almqvist, C. & Eriksson, M. Ökad produktion i plantage 501 Bredinge – försök med rotbeskärning och gibberellinbehandling. 13 s.
Nr 659	Rytter, R.M. 2008. Detektion av röta i bok med 4-punkters mätning av resistivitet. 14 s.
Nr 660	Bergkvist, I., Iwarsson Wide, M., Nordén, B. & Löfroth, C. 2008. Jämförande prestationsstudier – Röjsåg med klinga kontra kedjeröjsåg. 21 s.
Nr 661	Johansson, K. Snytbaggen – kunskapsläget 2008. 18 s.
Nr 662	Österman, Öd. D., Rimquist, L. & Hanson, M. 2008. Geststyrning för engreppsskördare – en första undersökning – Projektarbete Ergonomi och Design VT-2008. 64 s.
Nr 663	Westlund, K. & Andersson, G. 2008 Vägstandardens inverkan på skogsnärings transportarbete. 58 s.
Nr 664	Hannrup, B. 2008. Slutrapport för projekt ”Mätteknik för avverkningsrester”. 52 s.
Nr 665	Rosvall, Ola., Wennström, U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. 38 s.
Nr 666	Barth, A., Hannrup, B., Möller J. J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. 44 s.
Nr 667	Baez, J. 2008. Vibrationsdämpning av skotare. 67 s.
Nr 668	Björklund, N., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Effekter av förhöjt knivtryck i skördar-aggregat på barkskadorna hos massaved och följeffekter på produktionen av granbarkbollar. 34 s.
År 2009	
Nr 669	Almqvist, C., Eriksson, M. & Gregorsson, B. 2009. Cost functions for variable costs of different Scots pine breeding strategies in Sweden. 12 s.
Nr 670	Andersson, M. & Eriksson, B. 2009. HANDDATORER MED GPS. För användning vid röjningsplanläggning och röjning. 25 s.
Nr 671	Stener, L.G. 2009. Study of survival, growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in Rånna, Sweden. 12 s.
Nr 672	Lindgren, D. 2009. Number of pollen in polycross mixtures and mating partners for full sibs for breeding value estimation. 15 s.
Nr 673	Bergkvist, I. 2009. Integrerad avverkning av grotbuntar. 21 s.
Nr 674	Rosvall, O. 2009. Kompletterande strategier för det svenska förädlingsprogrammet. 26 s.
Nr 675	Arlinger, J., Barth, A. & Sonesson, J. 2009. Förstudie om informationsstandard för stående skog. 21 s.
Nr 676	Nordström, M. & Möller J. J. 2009. Den skogliga digitala kedjan – Fas 1. 38 s.
Nr 677	Möller J.J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. 36 s.

Nr 678	Enström, J. & Winberg, P. 2009. Systemtransporter av skogsbränsle på järnväg. 27 s.
Nr 679	Iwarsson Wide, M. & Belbo, H. 2009. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag. – Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E, Bracke C16.A och LogMax 4000, Mellanskog, Färila. 43 s.
Nr 680	Iwarsson Wide, M. 2009. Jämförande studie av olika metoder för skogsbränsleuttag. Metodstudie – uttag av massaved, helträd, kombinerat uttag samt knäckkvistning i talldominerat bestånd, Sveaskog, Askersund. 25 s.
Nr 681	Iwarsson Wide, M. 2009. Teknik och metod Ponsse EH25. – Trädbränsleuttag med Ponsse EH25 i kraftledningsgata. 14.
Nr 682	Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag med Bracke C16. – Bränsleuttag med Bracke C16 i tall respektive barrblandskog. 14 s.
Nr 683	Thorsén, Å. & Tosterud, A. 2009. Mer effektiv implementering av FoU-resultat. – En intervjuundersökning bland Skogforsks intresenter. 58 s.
Nr 684	Rytter, L., Hannerz, M., Ring, E., Högbom, L. & Weslien, J.-O. 2009 Ökad produktion i Svenska kyrkans skogar – Med hänsyn till miljö och sociala värden. 94 s.
Nr 685	Bergkvist, I. 2009. Skördarstorlek och metod i förstagallring av tall och gran – studier av prestation och kvalitet i förstagallring. 29 s.
Nr 686	Englund, M. 2009. Röststyrning av aggregatet på en engreppsskördare – En Wizard of Oz-studie. 32 s.
Nr 687	Lindgren, D. 2009. Polymix breeding with selection forwards. 14 s.
Nr 688	Eliasson, L., Nordén, B. 2009. Fyra olika studier med A-gripen. 31 s.
Nr 689	Larsson, F. 2009. Skogsmaskinföretagarnas kundrelationer, lönsamhet och produktivitet. Under bearbetning. 44 s.
Nr 690	Jönsson, P., Löfroth, C. & Englund, M. 2009. Förarstol för stående arbetsställning – en pilotstudie. 12 s.
Nr 691	Brunberg, T., Lundström, H. & Thor, M. 2009. Gallringsstudier hos SCA vintern och sommaren 2009. 26 s.
Nr 692	Eliasson, L. & Johannesson, T. 2009. Underväxtens påverkan på bränsleanpassad slutavverkning – Studie från avverkning hos Sca Skog AB. 11 s.
Nr 693	Nordén, B. & Eliasson, L. 2009. En jämförelse av ett Hugglinksystem med en traktormonterad flishugg vid flisning på avlägg. 9 s.
Nr 694	Hannrup, B. et al., 2009. Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle. 42 s.
Nr 695	Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag i vägkanter. Prestationsstudie – uttag av Skogsbränsle i vägkant med BRACKE C16. 12 s.
Nr 696	Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag i vägkanter. Prestationsstudie – uttag av Skogsbränsle i vägkant med ponsse dual med EH 25. 14 s.
Nr 697	Almqvist, C. & Wennström, U. 2009. Granfröplantageskötselresa 2009-08-31–200-09-03. Noter från besök i respektive plantage. 22 s.
Nr 698	Wilhelmsson, L. m.fl. 2009. D3.1 Initial analysis of drivers and barriers. 41 s.
Nr 699	Wilhelmsson, L. m.fl. 2009. D3.2 Existing models and model gap analyses for wood properties. 54 s.