

Datum

2018-01-10

Jacob Edlund

Lars Björklund

Monika Strömgren

Topprotmätning anpassad för sågbara sortiment av tall och gran



Innehåll

SAMMANFATTNING	3
1 INLEDNING	4
1.1 NUVARANDE METODER FÖR FASTVOLYMBESTÄMNING.....	4
1.2 PROBLEM NÄR NUVARANDE METODER TILLÄMPAS PÅ SÅGTIMMER.....	5
1.3 BEHOV AV MÄTMETOD LÄMPAD FÖR AUTOMATISK MÄTNING.....	6
1.4 SYFTE	6
2 MATERIAL OCH METOD	7
2.1 STOCKDATA FRÅN STAMBANKEN.....	7
2.1.1 "Aptering" av stockar med olika längd	7
2.1.2 Filtrering av diametervärden för att erhålla fornutjämnad fastvolym (fub)	8
2.1.3 Automatisk (avsmalningsbaserad) stocktypsuppdelning	9
2.2 STOCKDATA FRÅN VMR	10
2.3 METODER FÖR FASTVOLYMMÄTNING	11
2.3.1 Sektionsmätning (facit i denna studie).....	11
2.3.2 Nuvarande topprotmätning (TR).....	13
2.3.3 Mittmätning (MI).....	13
2.3.4 Toppformtalsmatris (MA).....	14
2.4 NYA TOPPROTFUNKTIONER FÖR STOCKTYP OCH TRÄDSLAG	14
2.5 BERÄKNING AV GENOMSNITTLIGA OCH TILLFÄLLIGA VOLYMAVVIKELSER	15
3 RESULTAT	17
3.1 NY TOPPROTMÄTNING ANPASSAD FÖR SÅGTIMMER	17
3.2 JÄMFÖRELSE AV MÄTMETODER	19
3.2.1 Sågtimmeranpassad topprotmätning ger god skattning av fastvolym.....	19
3.2.2 Generellt god skattning av fastvolym med nuvarande topprotmätning.....	20
3.2.3 Mittmätning bra på övriga stocktyper.....	20
3.2.4 Osäkra volymsskattningar med toppformtalsmatris.....	21
4 DISKUSSION	22
4.1 MATERIAL	22
4.2 STYRKOR OCH SVAGHETER MED DE NYA TOPPROTFORMLERNA.....	22
4.3 VILKA METODER FÖR FASTVOLYMBESTÄMNING BEHÖVER VI?	23
4.4 BARKFUNKTIONER VID TOPPROTMÄTNING I MÄTRAM.....	24
4.5 BEHOV AV FORTSATT UTREDANDE	25
4.6 SLUTSATS	25
REFERENSER.....	26
FIGURBILAGA	26

Sammanfattning

Denna studie syftade till att utveckla en metod för mätning av stockars fastvolym, med fokus på sågtimmer, baserad på två diametermätningar där mätning nära rotstocks rotända inte ingår. I studien ingår även jämförelser av olika volymbestämningsmetoder samt beskrivning av deras för- och nackdelar. Studien initierades eftersom det visat sig vara svårt, såväl manuellt som i mätram, att tillräckligt noga kunna mäta diameter under bark i rotstockars rotsektion. Detta berör både sektionsmätning och nuvarande topprotmätning. En ny metod ska också vara noggrannare än matrisomräkning vilken i vissa fall antas kunna ge alltför stora partivisa avvikelser.

Studien baserades på två databaser. Den ena var data från de stambankar som SLU och LuTH/Trätekn byggde upp på 1990-talet. Stambankarna omfattar 198 tallstammar och 114 granstammar från provytor från hela landet. Från varje stock ”apterades” tre stockar; rot-, mellan- och toppstock. Dessa gjordes i fem längder från 26 till 52 dm. Totalt skapades därmed femton stockar per stam. Den andra databasen samlades in av Virkesmätningsrådet (VMR) på 1990-talet. Totalt användes 2726 stockar från VMR:s databas.

Nya fastvolymfunktioner, för sågtimmeranpassad topprotmätning, baserades på stambanksdata. Två diametermått användes. För ”övrig stock” 10 cm från topp- och rotända precis som vid nuvarande topprotmätning. För rotstocks rotända användes diametern vid 130 cm från rotändan. Funktioner specifika för stocktyp (rotstock och övrig stock) samt för trädslag (tall och gran) skapades genom linjär regressionsanalys. För bestämning av stocktyp användes en gräns på 13 mm avsmalning mellan diametrarna på bark vid 10 respektive 50 cm från rotändan. De framtagna funktionerna verifierades på VMR:s databas och jämfördes de i Sverige vanligast förekommande metoderna för beräkning av fastvolym. De nya funktionerna fick följande form:

$$\begin{array}{ll} \text{Rotstock} & \text{Volym} = a + bV_t + cV_r + eD_r \\ \text{Övrig stock} & \text{Volym} = bV_t + cV_r \end{array}$$

V_t = cylindervolym baserad på toppdiametern

V_r = cylindervolym baserad på rotdiametern

D_r = rot diameter

a = intercept

b, c, e = koefficienter

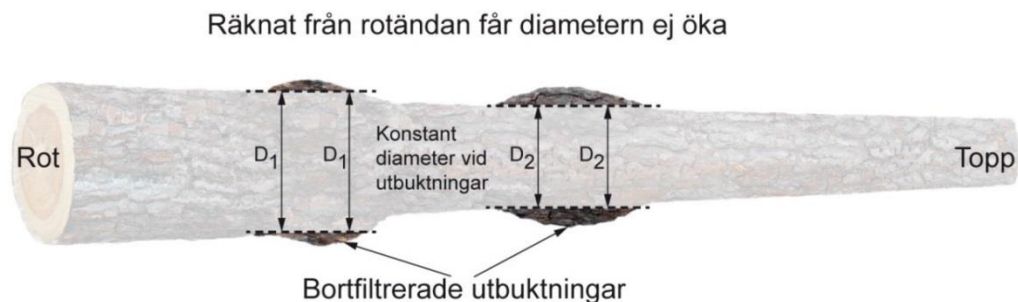
Den sågtimmeranpassade topprotmätningen uppvisade en generellt låg spridning och systematisk avvikelse ofta i nivå med nuvarande topprotmätning eller något bättre. Den klarade dessutom att skatta fastvolym på granstockar bäst av alla de testade metoderna. En förutsättning för att sågtimmeranpassad topprotmätning ska kunna användas är att kunna bestämma stocktypen automatiskt. Studien visade att detta gick att göra med hög noggrannhet genom att mäta skillnaden i diametrarna 10 och 50 cm från rotändan. Detta skulle kunna göras på bark.

Den nya sågtimmeranpassade topprotmätningen bör kunna bli allmänt tillämplig för fastvolymbestämnings av sågtimmer med hjälp av mätramar. Den bör även bli kontrollmetod för mätning av fastvolym på alla sågbara sortiment av tall och gran. Dvs helt ersätta nuvarande topprotmätning för dessa sortiment. I framtiden bör det räcka med två metoder för fastvolymbestämnings; sektionsmätning när hög noggrannhet efterfrågas och topprotmätning som vidareutvecklats för alla sortiment och trädslag på motsvarande sätt som gjorts för sågtimmer i denna studie.

1 Inledning

1.1 Nuvarande metoder för fastvolymbestämning

Enligt den nationella instruktionen ”Mätning av stocks volym under bark” (SDC, 2017) finns två måttslag för rundvirke; toppcylindervolym (m^3_{to}) och formutjämnad fastvolym (m^3_{fub} , fortsatt kallad fastvolym). Fastvolymen utgörs av stockens hela volym där eventuella utbuktningar filtreras bort (se Figur 1). Diametern tillåts alltså inte stiga räknat från stockens grovände.



Figur 1. Definitionen av fastvolym (m^3_{fub}) baseras på att, räknat från stockens grovände, inte tillåta stigande diametrar.

För mätning av fastvolym finns fyra metoder som tillåts för ersättningsgrundande mätning i Sverige. Dessa är sektionsmätning, topprotmätning, mittmätning och fastvolym via toppformtalsmatriser.

Sektionsmätning

Vid sektionsmätning mäts många diametrar utmed stocken. För varje segment skattas sedan en volym genom att använda formeln för en cylinder. Sektionsmätning används vid några sågverk i södra Sverige.

Topprotmätning

Topprotmätning används idag för manuell stockmätning av sågtimmer, massaved, bränsleved etc. Mest utbredd tillämpning är för massaved. Nuvarande topprotmätning baseras på två diametermått (topp- och rotdiameter). Det är en variant av Smalian's funktion, som i volymlberäkningen utgår från genomsnittet av en stocks topp- och rotyta. Vid svensk topprotmätning får dessa ytor däremot olika vikt beroende på stockens längd och diameter via en 3×3 -matris (se tabell 4). Rotstocksansvällning kompenseras genom att rotmåttet flyttas från 10 till 50 cm från stockens rotända. Andersson (1997–1999) ansåg att topprotmätning skulle kunna förbättras om den anpassades efter stocktyp och trädslag. Med automatisk stocktypsdetektering skulle en sådan funktion kunna fungera i dagsläget.

Topprotmätning är (normerande) kontrollmetod för alla metoder för fastvolymbestämning.

Nuvarande topprotmätning är utvecklad för manuell mätning. Skulle den användas vid mätning i mätram skulle en automatisk stocktypsdetektering behövas, så att rotmåttet tas på rätt ställe.

Mittmätning

Vid mittmätning tas bara ett diametermått på stocken, dvs på stockens mitt. Volymen beräknas sedan som en vanlig cylinder. Metoden, som i internationella sammanhang benämns som Hubers funktion, är inte vanligt förekommande i Sverige. Däremot är det den vanligaste metoden i stora delar av

Europa. Eftersom metoden inte skiljer på stocktyp kan man förvänta sig att den underskattar volymen på rotstockar med rotansvällning. I Norge hanteras rotstockproblematiken genom att flytta måttstället för mittdiametern 40 cm mot rotändan (Norsk Virkesmåling 2015).

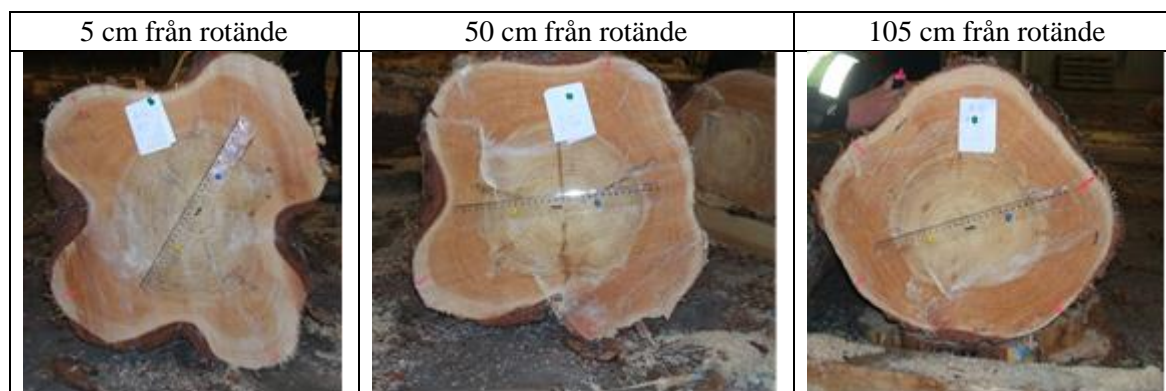
Fastvolym via formtalsmatriser

När fastvolym beräknas utifrån fastvolymsmatriser beräknas först en toppcylindervolym utifrån stockens toppdiameter. Denna multipliceras sedan med ett trädslagspecifikt toppformtal som beror av stockens längd och diameter. Det finns matriser utformade för olika VMF. Formtalsmatriser används i viss utsträckning för ersättningsgrundande mätning.

1.2 Problem när nuvarande metoder tillämpas på sågtimmer

Historiskt har sågtimmer i Sverige främst toppmätts, med måttslag m^3to . När de större mätramstillverkarna (Rema och Sawco) 2005–2006 fick en godkänd metod för automatisk diametermätning under bark öppnades möjligheten att sektionmäta sågtimmer. Pådrivande var Södra, vilka såg fördelar med att kunna ha m^3fub som måttslag för alla stocksortiment i såväl skördarmätning som industrimätning. Sektionsmätning skulle bli den mest exakta metoden för bestämning av stocks fastvolym och avsikten var att tillämpa metoden vid alla Södras sågverk.

Utvecklingen påbörjades utifrån övertygelsen att mätramarna ganska enkelt skulle kunna beräkna sektionmätt volym. Relativt snart visade det sig att det var problem att mäta diametrarna i tallrotstockars rotsektion på grund av orundhet och varierande barktjocklek (Figur 2). För att klara sektionmätningen har därför funktioner för rotdelssektioner och korrigeringsmatriser för diametermåttan tagits fram. Detta har lett till att metoden blivit avsevärt mer komplicerad än vad som ursprungligen avsågs, så komplicerad att man kan ifrågasätta om den ska tillämpas så länge det inte finns bättre metoder för automatisk diametermätning under bark.



Figur 2. Diametermåttan i tallrotstockars rotdel kan vara svåra att bestämma på grovt sågtimmer beroende på varierande barktjocklek och orundhet. Bilderna visar tvärsnitt på en stock på olika avstånd från rotändan.

Ett ytterligare problem med sektionmätning är att det inte finns någon kostnadseffektiv mätmetod för att kontrollera att den automatiska sektionmätningen fungerar. Kontroll utförs endast som topprotmätning. Denna skulle behöva kompletteras med kontroll av slumpvist utvalda sektiondiametrar.

När den tänkta sektionmätningen inte har kunnat tillämpas på sågtimmer har fastvolymen istället beräknats med hjälp av toppformtalsmatris. Det är en metod med lägre noggrannhet på enskild stock. En stam har vid toppen en konvex avsmalning som övergår till en konstant avsmalning i mitten och vidare till en konkav avsmalning i roten. Den totala avsmalningen på en stam varierar dessutom mellan bestånd beroende på ståndort och annat. Matriserna utgör medeltal baserade på ett omfattande dataunderlag, men problemet är alltså att det inte går att beakta den enskilda stockens avsmalning eller avsmalningen för ett specifikt virkesparti.

För att korrekt beräkna fastvolymen på stocknivå och partinivå behövs därför fler än ett mått i toppen för respektive stock. Topprotmätning är en sådan metod, men även den nuvarande formen av topprotmätning har problem med diametermätning i rotstockars rotsektion. Diametern på rotstockar mäts då 50 cm in från rotändan, men även där kan stockar ha betydande orundhet och mycket varierande barktjocklek.

1.3 Behov av mätmetod lämpad för automatisk mätning

Vi kan därför konstatera att det finns behov av en mätmetod för fastvolym som lämpar sig för automatisk mätning av sågtimmer. Den bör vara enklare än sektionmätning, noggrannare än toppformtalsmatriser och den bör inte baseras på mätpunkter nära rotstockars rotända. Metoden skulle kunna vara enpunkts- eller tvåpunktsmätning.

Den bästa varianten av enpunktsmätning är mittmätning eftersom metoden beaktar stockens avsmalning. Men man ska komma ihåg att vi av främst sorteringskäl även behöver mäta stockens toppdiameter. Mittmätning är alltså inte ett förstahandsalternativ.

För tvåpunktsmätningen kan man tänka sig en variant av topprotmätning eller topp-mittmätning. Fördelen med två mätningar jämfört med en, är att det ger en säkrare skattning än en mätning med avseende på alla osäkerhetsfaktorer och att det ger ett mått på stockens avsmalning. Vad gäller olika mätpunkter kan vi konstatera:

- Toppdiametern behöver mätas av sorterings- och prislisteskäl.
- Att mäta mitt på stocken är besvärligt vid manuell (kontroll)mätning.
- Ju längre från rotändan man kommer desto mer kommer man ifrån problemet med orundhet och varierande barktjocklek, men samtidigt förloras information avseende avsmalning.

Det är också rimligt att hantera stockar från olika delar av stammen olika eftersom de har olika form. Erfarenhet visar att det i mätningar går att bestämma om stocken är rotstock eller inte med relativt god säkerhet. Vid manuell mätning eftersträvar virkesmätaren att se om stocken biologiskt sett är en rotstock. Oftast är detta enkelt men i vissa fall är rotansvällningen minimal och andra tecken som exempelvis märken från skördaraggregatet används för att göra bestämningen. Vid maskinell mätning kan i princip endast avsmalningsmått användas. Syftet med stocktypsuppdelning är att lägga stocken i rätt grupp med avseende på hur den bäst kan volymbestämmas. Då kan det vara bättre att rotstockar utan rotansvällning hamnar i gruppen övrig stocktyp. Det motsatta, att övrig stock hamnar i gruppen rotstockar, är mindre sannolikt.

1.4 Syfte

Denna studie syftar till att utveckla en metod för mätning av stockars fastvolym, med fokus på sågtimmer, baserad på två diametermätningar där mätning nära rotstocks rotända inte ingår. I studien

jämförs även olika mätmetoder samt beskrivs deras för- och nackdelar. Studien initierades eftersom det visat sig vara svårt, såväl manuellt som i mätram, att tillräckligt noga kunna mäta diameter under bark i rotstockars rotsektion. Detta berör både sektionmätning och topptomätning. En ny metod ska också vara noggrannare än matrisomräkning vilken i vissa fall antas kunna ge alltför stora partivisa avvikelser

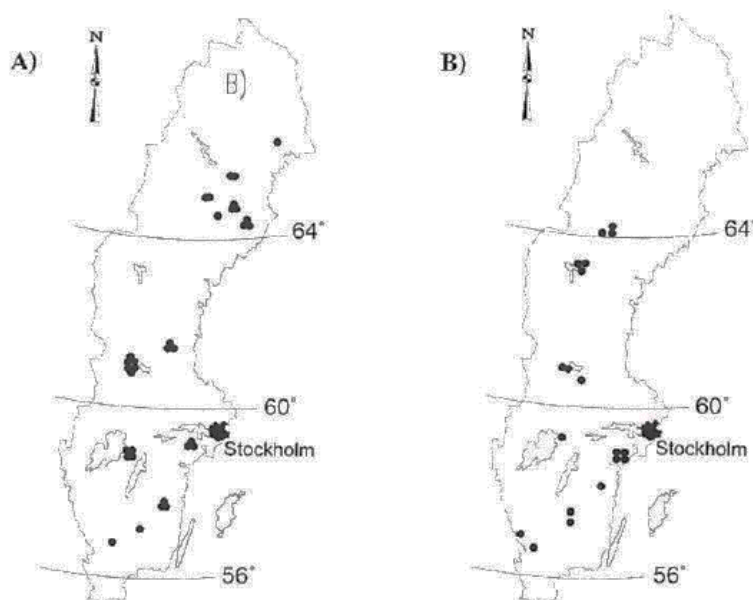
2 Material och metod

2.1 Stockdata från stambanken

För att ta fram nya funktioner för att beräkna fastvolym anpassade för sågtimmer användes data från de stambankar som SLU och LuTH/Träteknik byggde upp på 1990-talet (Grönlund et al 1995, Moberg 1999). Stambankarna omfattar 198 tallstammar och 114 granstammar från provytor från hela landet (Tabell 1, Figur 3). Stammarna apterades först i respektive bestånd till sågtimmer i fallande längder. Stockarna transporterades till Skellefteå och mättes i en datortomograf under mycket kontrollerade förhållanden. Från tomografmätningarna har stockarnas diameter (areabaserad diameter) under bark beräknats för varje dm. Information från enskilda stockar inom en stam har satts ihop till en hel stamprofil. Data från ett fåtal stockar hade påverkats av en felaktig kalibrering vid inläsning och uteslöts därför ur analyserna.

Tabell 1. Information om stammarna i stambanken. Siffror i parentes avser standardavvikelse.

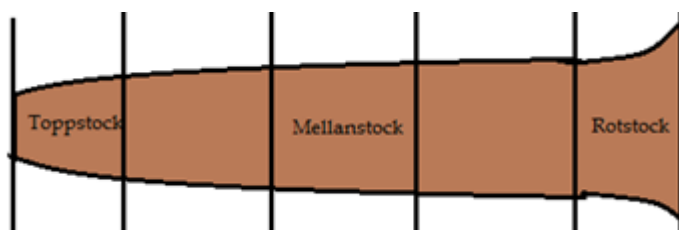
Trädslag	Antal bestånd	Antal stammar per bestånd	Antal stammar totalt	Medel på toppdiam. (cm)	Medel på rotdiam. (cm)	Medellängd sågtimmer (cm)
Tall	33	6	198	14,8 (2,1)	31,4 (6,0)	1398 (338)
Gran	19	6	114	13,3 (1,6)	33,7 (7,2)	1656 (462)



Figur 3. Platser för de 33 tallbestånden (A) respektive 19 granbestånden (B) där stammar togs ut till stambanksdatabasen.

2.1.1 "Aptering" av stockar med olika längd

Då datamaterialet var i form av stammar motsvarande hela sågtimmerutbytet kunde stockar skapas (apteras) med valfri längd och position. I studien skapades rotstockar med början i stammens rotända, toppstockar med början i stammens toppända och mellanstockar mitt i stammen (Figur 4). För att utreda eventuellt längdberoende i fastvolymsberäkningarna skapades fem stocklängder; 26, 34, 40, 46 och 52 dm. Totalt skapades därmed femton stockar per stam. För de minsta stammarna, och de fall när långa stockar skapades, kunde stockpositionerna överlappa varandra. Från stambanken skapades fler än 4500 virtuella stockar (Tabell 2).



Figur 4. För varje position (rot-, mellan- och toppstock) apterades fem längder (26, 34, 40, 46 och 52 dm). Totalt skapades därmed femton stockar per stam.

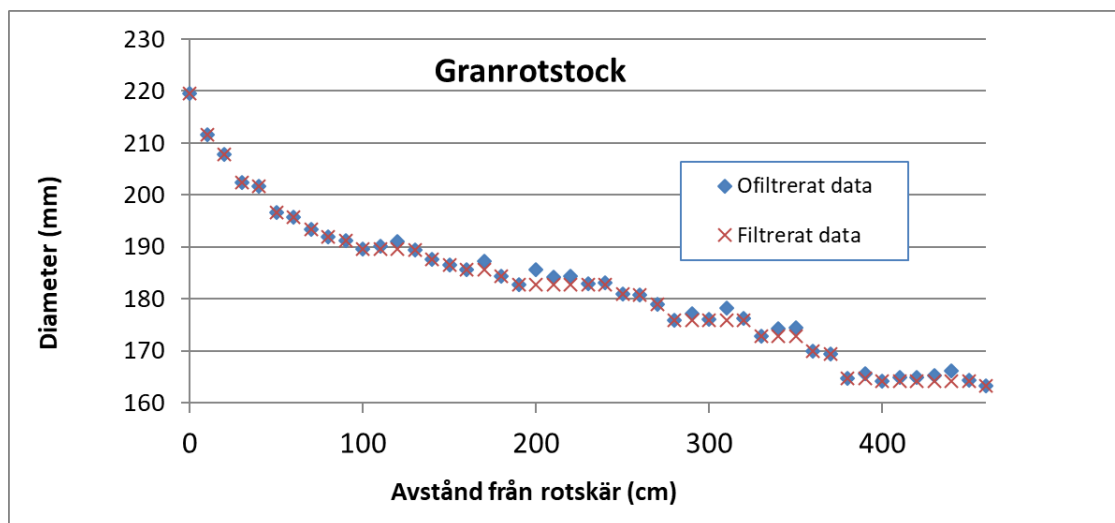
Tabell 2. Antal och medelvolym (dm^3) på de stockar från stambank och VMR som användes i analyserna i denna studie.

Trädslag	Stocktyp	Stambank		VMR	
		Antal	Medelvolym	Antal	Medelvolym
Tall	Rotstock	965	194	686	208
	Mellanstock	983	142		
	Toppstock	981	91		
	Övrig stock	1975	116	726	167
Gran	Rotstock	529	229	624	247
	Mellanstock	562	159		
	Toppstock	549	81		
	Övrig stock	1119	121	690	198

2.1.2 Filtrering av diametervärden för att erhålla formutjämnad fastvolym (fub)

I nationella instruktionerna för stockmätning anges att alla diametermått oavsett metod för volymbestämning ska filtreras med avseende på utbuktningar (SDC, 2017). Räknat mot toppända görs bortfiltrering av utbuktningar genom att ej tillåta stigande diameter. Vid en utbuktning får måttstället den minsta diameter som rådde mellan utbuktningen och stockens rotända.

I originaldata från stambanken var diametrarna inte filtrerade. För att testa om filtrering var betydelsefull gjordes ett första test. Ett filter tillämpades enligt instruktionen i stockmätningen (SDC, 2017) och jämfördes med ofiltrerade värden. Det visade sig vara en signifikant lägre sektionvolym när beräkningarna baserades på filtrerat jämfört med ofiltrerat data (-0,5 % för tall och -0,7 % för gran). Ett exempel visas i Figur 5. Analyserna i denna studie baseras på filtrerat data.



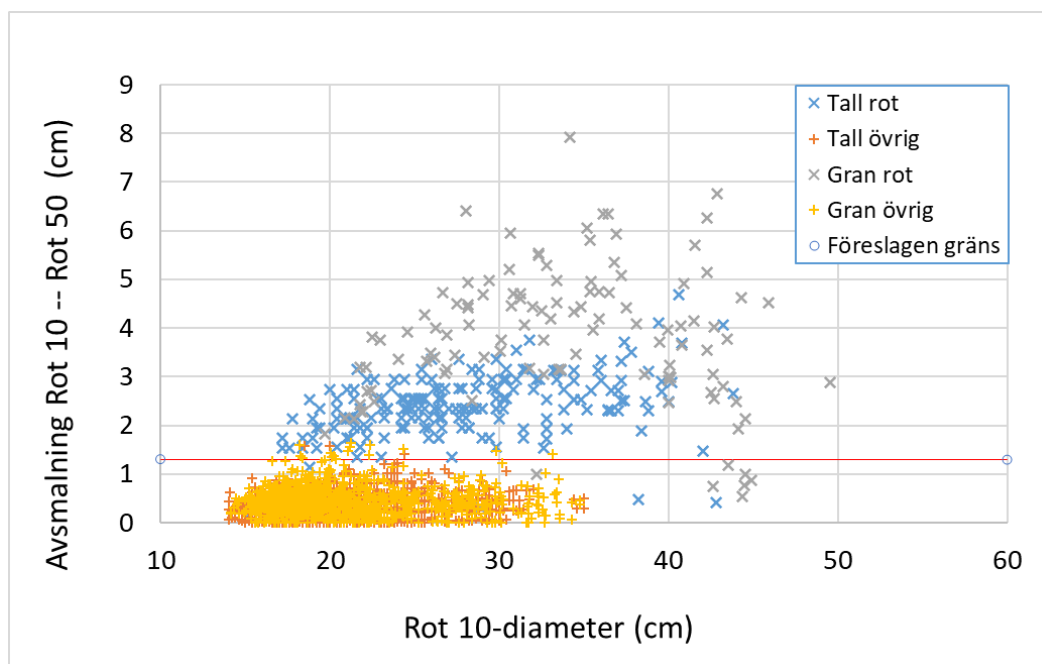
Figur 5. Jämförelse mellan filtrerad och icke filtrerad diameterprofil från en stam i stambanken.

2.1.3 Automatisk (avsmalningsbaserad) stocktypsuppdelning

En förutsättning för flera mätmetoder av fastvolym är att stocktypen kan bestämmas automatiskt. Eftersom rotstockar generellt har en konkav form (neiloidisk), skulle bestämning av stocktyp kunna baseras på rotsektionens avsmalning. I ett test beräknades därför avsmalningen på diametrarna 10 och 50 cm från rotändan. I analyserna antogs att det både är enklare och mer utslagsgivande om diametermätningen görs på bark. Eftersom dimensionerna för stambanksstockarna var angivna under bark, lades därför bark till enligt funktioner från Skogforsk (Hannrup, 2004).

Rotstockarna hade som väntat en betydligt större avsmalning i rotändan jämfört med övriga stockar (Figur 6). Bland rotstockarna överskred 96,5 % en avsmalning på 13 mm (motsvarar 32,5 mm/m). Bland övriga stockar överskred 1,1 % en avsmalning på 13 mm mellan dessa diametermått. Genom att använda en gräns i avsmalning på 13 mm kunde 98 % av stockarna apterade i stambanken få korrekt bestämd stocktyp (Tabell 3). Även om tallrotstockar generellt hade en mindre avsmalning än granrotstockar kunde en gräns på 13 mm användas för att bestämma stocktyp för båda träslagerna. Att uttrycka gränsen som ett relativt tal, med avseende på stockens diameter, skulle inte förbättra uppdelningen (Figur 6).

Microtec har i en studie baserad på samma diametermått, på bark 10 respektive 50 cm från rotändan, kommit fram till en gräns på 12 mm för att urskilja stocktyp (Bacher, M & Fontanini F. 2017). Detta är mycket nära den gräns som användes i analyserna på stambanksstockarna. Eftersom det är mycket liten andel av stockarna i stambanken som har en avsmalning på 12–14 mm, skulle en gräns på 12 mm inte ge några större förändringar i fördelningen av stocktyper bland dessa stockar.



Figur 6. Skillnad mellan diameter 10 och 50 cm från rotända för rotstockar respektive övriga stockar. Den röda linjen visar den föreslagna gränsen på en diameterskillnad upp till 1,3 cm för övriga stockar (motsvarar avsmalning på 32,5 mm/m).

Tabell 3. Antal stockar av olika stocktyper skattad genom en avsmalningsgräns på 13 mm jämfört med dess verkliga stocktyp. Tall och gran. De gula fälten visar stockar där verklig och skattad stocktyp är lika, vilket motsvarar 98 % av alla stockar.

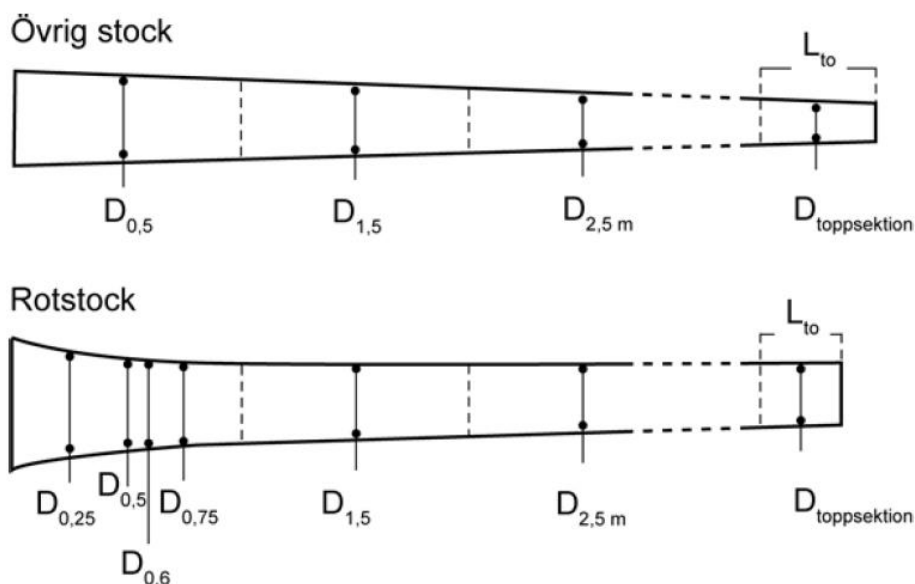
		Skattad stocktyp (antal)		Totalt (antal)	Andel (%)
		Rotstock	Övrig stock		
Verklig stocktyp (antal)	Rotstock	299	11	310	33,3
	Övrig stock	7	613	620	66,7
Totalt (antal)		306	624	930	100
Andel (%)		32,9	67,1	100	

2.2 Stockdata från VMR

De nya sågtimmeranpassade funktionerna för topprotmätning tillsammans med de tre vanliga metoderna för fastvolymbestämning testades även på en databas som togs fram av VMR (Virkesmättningsrådet) under mitten av 1990-talet. Databasen består av drygt 10 000 stockar, varav 40 % rotstockar. Den användes för framtagandet av nuvarande metod för topprotmätning (Andersson, 1997), och även för framtagande av toppformtalsmatriser. I analyserna i den här studien användes enbart sortimenten sågtimmer och kubb. Dessutom togs en del stockar bort där uppgifter om längd och diameter på något sätt bedömdes vara felaktiga. Totalt användes 2726 stockar från VMR:s databas (Tabell 2).

Diametern bestämdes via klavning, tydligt ovala måttställen korsklavades. Det är oklart hur diameter mätts vid utbuktningar. Det var inte lika tätt mellan diametermåten på stockarna i databasen från VMR som för stockarna i stambanken. För varje en-metersektion mättes på VMR-stockarna en

mittdiameter (Figur 7). Eftersom stockarna varierar i längd fås en toppsektion som kan vara kortare än en meter. En mittdiameter mättes därför även för denna sektion. För rotstockar användes två halv-meters-sektioner vid rotändan, med diametermått vid 0,25 och 0,75 m från rotändan. Utöver detta mättes även diametern vid 45 cm från rotändan, stockens mittdiameter samt diametern 10 cm från toppändan på alla stockar.



Figur 7. Måttställen för sektionmätning av stockar från VMRs databas (Figur från Andersson, 1997). I den här studien användes inte diametrarna vid 0,5 m och 0,6 m för sektionmätning.

I databasen från VMR saknades diametermåtten 10 cm och 130 cm från rotändan som behövdes för fastvolymberäkningar i vissa metoder. Diametern 130 cm från rotändan behövdes enbart för rotstockar och interpolerades från diameter och avsmalning från närmast tillgängliga diametermått (75 och 150 cm från rotändan). När det gäller rot 10-måttet behövdes det enbart på övriga stocktyper. Detta extrapolerades utifrån avsmalning på diametrarna 150 cm och 50 cm från rotändan.

2.3 Metoder för fastvolymmätning

Med utgångspunkt från ovanstående två stockdatabaser jämfördes de i Sverige vanligast förekommande metoderna för beräkning av fastvolym.

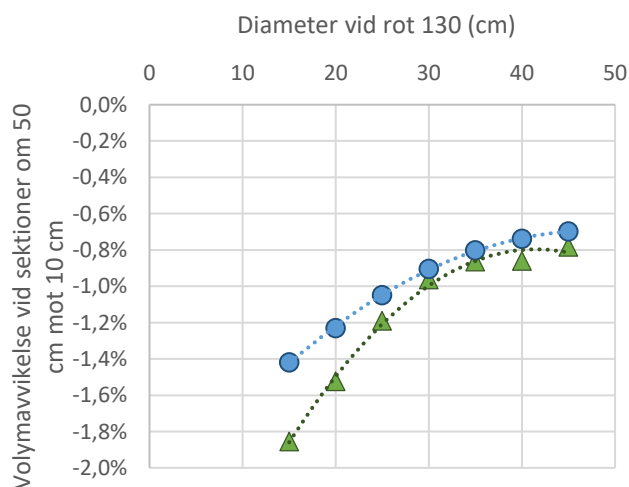
2.3.1 Sektionsmätning (facit i denna studie)

I denna studie används sektionmätning som "facit" avseende fastvolym (Figur 8). För varje 10-cm-sektion beräknades volymen genom att använda sektionens mittdiameter. För stockarna i stambanken användes en filtrerad diameter, dvs diametern fick inte öka mot toppen. Om man i VMR:s databas har tagit hänsyn till eventuella utbuktningar eller inte framgick inte i informationen om databasen. Sektionsvolymerna summerades sedan till en fastvolym per stock.



Figur 8. Måttställen för diameter vid sektionmätning (SDC 2016). I studien användes sektionslängd 10 cm på stockar tagna ur stambanken.

Eftersom sektionmätningen baserades på färre måttställen för stockarna från VMR jämfört med de från stambanken skulle den verkliga volymen för framförallt rotstockar kunna underskattas. I ett test beräknades volymen på den första metern av rotstocken på sektionslängder om 1 cm, 10 cm respektive 50 cm. Diameterbestämningen byggde i testet på den finska rotfelsfunktionen (Förordning nr 15/06). Testet visade att skillnaden mellan sektionslängder på 1 cm och 1 dm var marginell. Underskattningen för stockar med 15 cm diameter 130 cm från rotändan låg bara på 0,06 % och var ännu mindre än så för grövre stockar. När beräkningen gjordes på sektionslängder om 50 cm underskattades rotstockens fastvolym med 1,4 till 1,9 % för samma stockdimension (Figur 9).



Figur 9. Volymavvikelse av en 100 cm rotsektion hos tall (blå cirkel) och gran (grön triangel) om sektionmätningen görs med en sektionslängd av 50 cm istället för 10 cm.

För att kompensera för denna underskattning multiplicerades rotsektionsvolymen på rotstockar med ett korrigeringstal. Korrigeringstalet (k), togs fram utifrån en andragradsekvation anpassad till punkterna för respektive trädslag (Figur 9):

$$k = \frac{1}{1 + (-0,674D_r^2 + 6,4676D_r - 224,35) \cdot 10^{-5}}$$

D_r är stockens diameter 130 cm från rotändan och anges i cm. För gran användes motsvarande korrigeringstal:

$$k = \frac{1}{1 + (-0,1514D_r^2 + 12,564D_r - 340,34) \cdot 10^{-5}}$$

2.3.2 Nuvarande topprotmätning (TR)

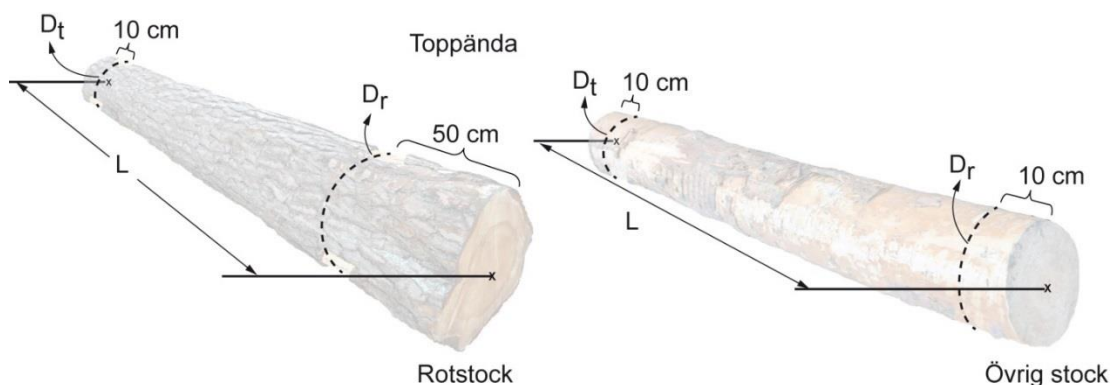
Topprotmätning innebär att stockens volym bestäms med hjälp av två diametermått; ett från rotändan (D_r) och ett från toppändan (D_t). Diametermåten tas 10 cm från respektive stockända med undantag för rotstocks rotända där måttet tas 50 cm från ändan (Figur 10). Stockens fastvolym (V) beräknas enligt formeln

$$V = \frac{\pi \cdot L}{4} (\alpha D_r^2 + (1 - \alpha) D_t^2)$$

där L betecknar stockens längd och α är en konstant, som varierar beroende på stockens diameter och längd enligt Tabell 4.

Tabell 4. Konstanten α i formeln för beräkning av topprotmätt volym.

Toppdiameter, mm	Längdklass, cm		
	-349	350-449	450+
-149	0,485	0,485	0,485
150-249	0,465	0,460	0,455
250-	0,440	0,430	0,420

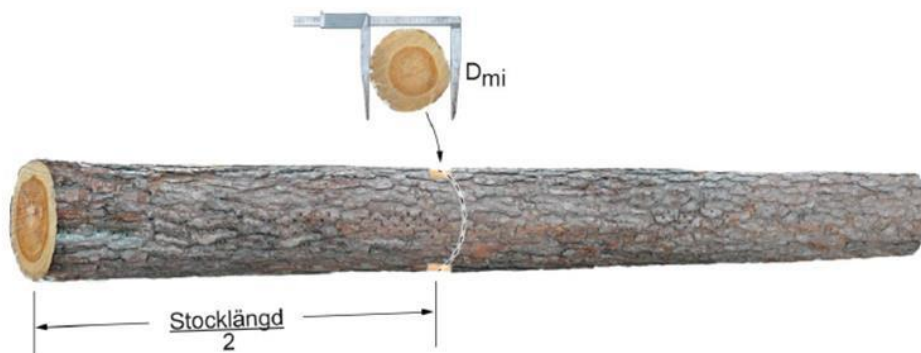


Figur 10. Måttställen för diameter vid topprotmätning.

2.3.3 Mittmätning (MI)

En stocks volym enligt mittmätning utgörs av en cylinder med stockens längd (L) och med en diameter som är lika med stockens mittdiameter under bark (D_m). Stockens volym (V) beräknas enligt formeln

$$V = \frac{\pi \cdot L \cdot D_m^2}{4}$$



Figur 11. Måttställe för diameter vid mittmätning.

2.3.4 Toppformtalsmatris (MA)

Vid användning av toppformtalsmatris bestäms stockens fastvolym (V) som produkten av toppmått volym (V_t) och ett toppformtal (β):

$$V = \beta \cdot V_t$$

I beräkningar av fastvolym enligt toppformtalsmatriserna i den här studien användes de matriser som gäller för VMF Qbera och VMF Syd (SDC, 2015). Toppformtalen varierar med toppdiameter och stocklängd (se Tabell 5) och är separat utformade för gran respektive tall.

Tabell 5. Utdrag ur toppformtalsmatris för tall gällande inom VMF Qbera och VMF Syd (SDC, 2015).

Toppdiameter mm	Stocklängd i cm				
	280–309	310–339	340–369	370–399	400–429
<110	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33
111–120	1,26	1,27	1,28	1,29	1,3
121–130	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27
131–140	1,21	1,22	1,23	1,24	1,24

2.4 Nya topprotfunktioner för stocktyp och träslag

Framtagandet av fastvolymfunktioner anpassade för sågtimmer baserades på stambanksdata. Två diametermått användes eftersom de även ger ett mått på en stocks avsmalning. Diametrarna mättes 10 cm från topp- och rotända precis som vid nuvarande topprotmätning, men för att komma från problem med orundhet och ojämn barktjocklek i rotstocks rotända användes diametern vid 130 cm från rotändan på rotstockar istället för vid 50 cm som används vid nuvarande topprotmätning.

Funktioner specifika för stocktyp (rot och övrig stock) samt för träslag (tall och gran) skapades genom linjär regressionsanalys på stockar ur stambanken. För bestämning av stocktyp användes en gräns på avsmalning i rotända på 13 mm.

Nuvarande topprotformel för fastvolym (V) kan liknas vid att en rotcylindervolym (V_r) och en toppvolymcylinder (V_t) viktas ihop (jämför stycke 2.3.2). Rotcylindern har en vikt motsvarande α , medan toppvolymcylindern har ett värde på $\alpha-1$. Detta kan matematiskt beskrivas som:

$$V = \alpha V_r + (\alpha - 1) V_t$$

I de nya funktionerna för sågtimmeranpassad topprotmätning utgicks också från dessa två cylindervolymer. Dessutom lades parametrar som stockens toppdiameter (D_t), rotdiameter (D_r) och längd (L) in. I en första regressionsanalys testades en komplicerad funktion:

$$V = a + bV_t + cV_r + dD_t + eD_r + fL$$

där a är ett intercept och b till f är koefficienter. I en andra omgång regressionsanalyser plockades först parametrar som inte var signifikanta bort. I ytterligare regressionsanalyser plockades den parameter med lägst signifikansnivå bort, parameter för parameter ända till en enklaste funktion där bara de båda volymsparametrarna fanns kvar:

$$V = bV_t + cV_r$$

Funktionerna verifierades sedan på stockar från VMR-databasen. Diametermått för att bestämma stocktyp saknades däremot för stockar från VMR, så där användes den stocktyp som angetts i databasen. I test på stockar från stambanken var resultaten i princip oberoende av vilken stocktypsbestämning som användes, eftersom den avsmalningsbaserade stocktypsbestämningen och den biologiska stocktypen hade en mycket hög överensstämmelse.

Bland alla testade funktioner valdes slutligen *en* funktion för varje stocktyp och trädslag. Den enklaste versionen som bäst uppfyllde följande krav valdes:

1. Volymavvikelse beräknad med funktion jämfört med verklig volym (residualer) fick inte nämnvärt påverkas av stocks diameter, längd och/eller volym. Detta innebar exempelvis att en funktion där volymen överskattades betydande på långa stockar jämfört med korta stockar inte tilläts.
2. Lägst systematisk avvikelse när funktionen tillämpades på oberoende stockdata eller obetydligt högre (<0,1 %-enhet).
3. Lägst spridning (standardavvikelse) eller obetydligt högre (<0,1 %-enhet).

2.5 Beräkning av genomsnittliga och tillfälliga volymavvikelser

Beräkningar av fastvolym med olika metoder gjordes på stockar från stambanken samt VMR. För de metoder där bestämning av stocktyp ingick användes den avsmalningsbaserade stocktypsindelningen för stambanksstockar medan den biologiska stocktypen användes för VMR:s stockar .

Genomsnittlig volymavvikelse ($\Delta\bar{V}$) mellan volym beräknad med respektive mätmetod (V_{metod}) och sektionsmätning (V_{sek}) beräknades genom att summera de absoluta volymavvikelserna och dela med det totala antalet stockar (n):

$$\Delta\bar{V} = \frac{\sum(V_{metod} - V_{sek})}{n}$$

Standardavvikelsen (s) för dessa volymavvikelser beräknades på de absoluta volymavvikelserna:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(V_{metod} - V_{sek})^2}{n - 1}}$$

I metodjämförelserna redovisas medelavvikelsen ($\Delta\bar{V}$) och dess standardavvikelse i relation till den genomsnittliga stockvolymen för respektive stocktyp och trädslag. Man ska alltså vara medveten om att en högre procentuell avvikelse på en toppstock jämfört med en rotstock kan motsvara en lägre volymavvikelse i absoluta tal. Resultaten redovisas dels med uppdelning på rotstock, mellanstock och toppstock, dels med sammanslagning av mellan- och toppstock till ”övrig stock”. Vid praktisk mätning kan det vara mycket svårt att skilja på mellan- och toppstockar varför det då är rimligast med uppdelningen rotstock och övrig stock. Men för förståelsen av hur en viss mätmetod fungerar är det intressant att belysa eventuella skillnader emellan mellan- och toppstockar.

Volymfördelningen av de olika stocktyperna kan säkert variera över tid och på olika mätplatser. För att få en grov skattning på hur den systematiska avvikelsen skulle kunna se ut för alla stocktyper gemensamt beräknades en systematisk avvikelse genom att vikta avvikelserna från de olika stocktyperna. För stockar i stambanken viktades denna systematiska avvikelse efter den aritmetiska medelvolymen för respektive stocktyp. Detta innebar att för tall antogs volymsandelen rotstockar vara 46 %, mellanstockar 33 % och toppstockar 21 %. Motsvarande volymsandelar för gran var 49 %, 34 % och 17 % för respektive stocktyp. För stockar från VMR vägdes en medelavvikelse efter den volymsandel aktuell stocktyp representerade i databasen (volymsandel rotstockar var 54 % för tall och 53 % för gran).

3 Resultat

3.1 Ny topprotmätning anpassad för sågtimmer

Analys av alternativa funktioner

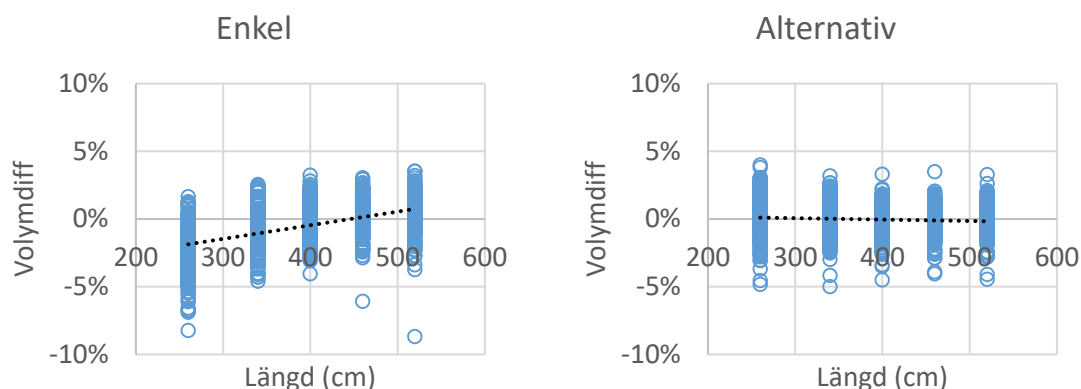
Alla testade funktioner för fastvolym där både cylindervolymerna vid topp och rot ingick hade en mycket hög förklaringsgrad ($r^2 > 99,5\%$). Det var generellt mycket låga systematiska avvikelser mellan fastvolym skattad med funktion och sektionmätt fastvolym för de stocktyper, träslag och databaser som funktionerna tillämpades på (Tabell 6). När det gäller övriga stockar från VMR:s databas överskattade däremot de nya funktionerna den verkliga fastvolymen med 1,3 % för tall och 1,6 % för gran.

De tillfälliga felen låg från 1,4 % till 2,5 % för stockar från stambanken och var upp till 4,3 % för stockar från VMR (Tabell 6). Det var ingen större skillnad mellan de olika funktionerna när det gäller systematisk avvikelse eller tillfälligt fel.

Tabell 6. Systematisk avvikelse och tillfälligt fel av fastvolym enligt skattning på stockar från Stambanken och VMR med tre av de testade funktionerna. I funktionen "Optimal" ingår alla signifikanta parametrar, i funktionen "Alt" ingår två cylindervolymer och en rot diameter och i funktionen "Enkel" ingår bara två cylindervolymer och inget intercept. Avvikelsen anges i procent och är relaterad till medelvolym för respektive stocktyp och databas.

		Stambank			VMR			
	Trädslag	Stocktyp	Optimal	Alt	Enkel	Optimal	Alt	Enkel
Systematisk avvikelse	Tall	Rot	0,0	0,0		-0,4	-0,4	
		Mellan	0,0	-0,1	-0,1			
		Topp	0,2	0,1	0,3			
		Övrig	0,1	0,0	0,1	1,5	1,4	1,3
	Gran	Rot	0,1	0,0		0,3	0,1	
		Mellan	-0,1	-0,1	-0,2			
		Topp	0,2	0,2	0,3			
		Övrig	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	1,6
Tillfälligt fel (%)	Tall	Rot	1,4	1,4		1,9	1,9	
		Mellan	1,3	1,3	1,3			
		Topp	2,1	2,1	2,1			
		Övrig	1,6	1,6	1,7	3,2	3,2	3,2
	Gran	Rot	2,1	2,1		2,6	2,5	
		Mellan	1,5	1,5	1,5			
		Topp	2,5	2,5	2,5			
		Övrig	1,9	1,9	1,9	4,2	4,3	4,2

När fastvolymen av rotstockar av tall och gran beräknades med de enklaste funktionerna underskattades volymen av korta stockar (för tallrotstockar, se Figur 11). För övriga rotstocktyper fanns det däremot inga större systematiska volymavvikelser som påverkades av stockens volym, längd eller diameter (se Figur 1–4 i bilaga).



Figur 11. Volymavvikelse för **tallrotstockar** från stambanken vid tillämpning av en enkel funktion (två cylindervolymer, inget intercept) jämfört med en alternativ funktion (intercept, två cylindervolymer och rotdiameter).

Valda funktioner

För rotstockar av tall och gran föreslås de mer komplicerade funktionerna. Detta för att uppfylla kraven på att den skattade fastvolymen (V) varken ska överskattas eller underskattas vid stora eller små diametrar, längder eller volymer. Förutom de båda cylindervolymerna (V_t, V_r) ingick även rotdiameter (D_r) och intercept i den funktion som uppfyllde dessa krav:

$$V = a + bV_t + cV_r + eD_r$$

För övriga stockar däremot uppfyllde den enklaste funktionen samma krav både för tall och gran:

$$V = bV_t + cV_r$$

Värden för konstanterna (a , b , c och e) för respektive stocktyp och trädslag finns angivna i tabell 7. Figurer över hur funktionernas volymavvikelser påverkas av stockarnas volym, diameter och längd visas i figur 1–4 i bilaga.

Tabell 7. Värden för de konstanter som ingick i de fyra utvalda funktionerna för fastvolym genom topprotmätning anpassad för stocktyp och trädslag. Konstanterna gäller om cylindervolymerna anges i dm^3 och diametern i cm och ger då en fastvolym i dm^3 .

Trädslag	Stocktyp	a	b	c	e
Tall	Rot	-13,6	0,314	0,637	1,149
	Övrig		0,504	0,499	
Gran	Rot	-18,0	0,340	0,604	1,589
	Övrig		0,525	0,480	

3.2 Jämförelse av mätmetoder

De nya funktionerna för sågtimmeranpassad topprotmätning (Ny TR) jämfördes med de vanligast förekommande metoderna för skattning av fastvolym. Resultat på systematisk avvikelse och tillfällig avvikelse från verklig fastvolym (sektionsmätning) finns summerade i tabell 8 samt i figur 5–8 i bilaga.

Tabell 8. Systematisk avvikelse av fastvolym och dess tillfälliga fel enligt skattning på stockar från Stambanken och VMR med nuvarande topprotformel (TR), formtalsmatris (MA), mittmätning (MI) och ny sågtimmeranpassad topprotformel (Ny TR). Avvikelserna anges i procent och är relaterade till medelvolym för respektive stocktyp för de två databaserna. Feta värden anger den metod med lägst avvikelse för respektive trädslag, stocktyp och databas.

			Stambank				VMR			
	Trädslag	Stocktyp	TR	MA	MI	Ny TR	TR	MA	MI	Ny TR
Systematisk avvikelse	Tall	Rot	-0,4	2,1	-3,8	0,0	0,4	-0,4	-5,1	-0,4
		Mellan	-1,4	4,8	0,0	-0,1				
		Topp	-1,2	-4,7	0,1	0,3				
		Övrig ¹	-1,3	1,1	0,0	0,1	-0,5	-0,3	0,1	1,3
		Alla ²	-0,9	1,6	-1,7	0,0	0,0	-0,4	-2,7	0,4
	Gran	Rot	0,8	0,1	-6,6	0,0	1,4	-1,8	-5,6	0,1
		Mellan	-1,3	4,7	0,0	-0,2				
		Topp	0,0	-7,4	-0,7	0,3				
		Övrig ¹	-0,9	0,6	-0,3	0,0	0,0	-1,3	-0,1	1,6
		Alla ²	-0,1	0,1	-3,1	0,0	0,7	-1,7	-3,0	0,8
Tillfällig fel	Tall	Rot	1,5	3,6	3,1	1,4	2,8	6,6	4,7	1,9
		Mellan	1,7	3,6	1,4	1,3				
		Topp	2,7	10,8	3,0	2,1				
		Övrig ¹	2,2	8,2	2,0	1,7	3,2	7,3	3,0	3,2
	Gran	Rot	3,2	5,1	4,6	2,1	4,5	7,8	6,9	2,5
		Mellan	1,9	3,9	1,6	1,5				
		Topp	2,8	11,8	3,1	2,5				
		Övrig ¹	2,3	8,6	2,2	1,9	3,9	7,4	3,3	4,2

¹ Övrig stocktyp är en sammanslagning av mellan- och toppstockar.

² För alla stocktyper avses ett vägt medel mellan stocktyper. För stockar i stambanken har medelavvikelsen vägts efter den aritmetiska medelvolymen (andel rotstockar var 46 % för tall och 49 % för gran). För stockar från VMR har medelavvikelsen vägts efter den volymsandel aktuell stocktyp representerade i stockarna som användes i analysen (volymsandel rotstockar var 54 % för tall och 53 % för gran).

3.2.1 Sågtimmeranpassad topprotmätning ger god skattning av fastvolym

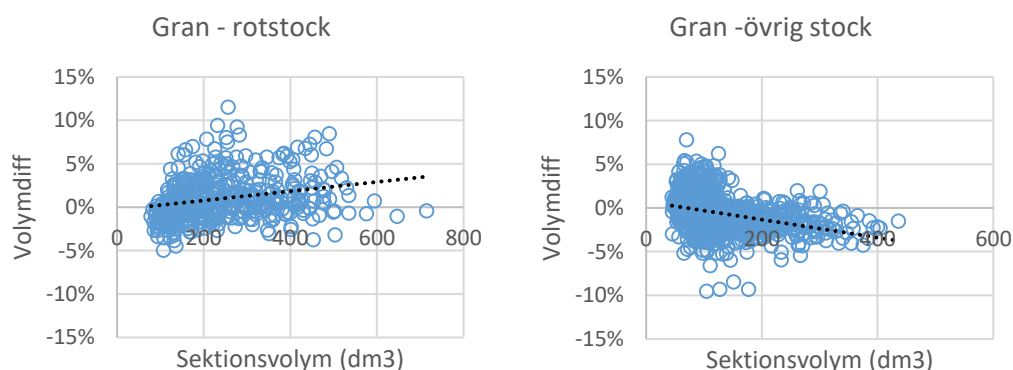
Sågtimmeranpassad topprotmätning hade generellt lägst eller bland de lägsta systematiska och tillfälliga avvikelserna (Tabell 8). Att de systematiska och tillfälliga avvikelserna var mycket låga för denna mätmetod vid tillämpning på stambanksstockar är naturligt eftersom funktionerna skapades utifrån det datasetet. Metoden låg bra till även då den tillämpades på rotstockar från VMR:s databas, där de systematiska och tillfälliga avvikelserna var lägre än för de andra metoderna. På övriga stocktyper däremot överskattades den verkliga volymen generellt (1,3–1,6 %) och spridningen var något högre, men låg i nivå med beräkningar enligt nuvarande topprotmätning.

De tillfälliga avvikelserna vid skattning av fastvolym med sågtimmeranpassad topptomtning uppvisade inga tydliga korrelationer med stockarnas volym, längd eller diameter (se figur 1–4 i bilaga). Detta innebär att metoden inte förväntas underskatta eller överskatta andra dimensioner av stockar till bekostnad av någon annan dimension.

3.2.2 Generellt god skattning av fastvolym med nuvarande topptomtning

Topptomtning är den gängse metoden att manuellt skatta fastvolymen på rundvirke i Sverige. Enligt denna studie har topptomtning, givet att rot50-måttet kan mätas, låg spridning och systematisk avvikelse vid jämförelse med sektionmätning (Tabell 8). Mätmetoden underskattade generellt volymerna något på stockar från stambanken, medan stockarna från VMR:s databas skattades bättre generellt. Detta kan troligen förklaras av att metoden utvecklats just på stockarna från VMR.

Metoden levererade sämre resultat på granrotstockar än övriga stocktyper. Volymen överskattades med 0,8 % på stambankens stockar och 1,4 % på VMR:s stockar. De tillfälliga avvikelserna för granrotstockar var högre än för andra stocktyper. Analyserna visade dessutom att överskattningen av volymen på granrotstockar ökade med stockens volym (Figur 12). När det gäller övriga stocktyper av gran underskattade nuvarande topptomtformeln fastvolymen på grövre granstockar jämfört med klenare stockar (Figur 12). Effekten av detta samband kan ses i en systematisk underskattning av fastvolymen av mellanstockar av gran, medan beräkningar på toppstockarna inte uppvisade några systematiska skillnader (Tabell 8).



Figur 12. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym i relation till verklig fastvolym (sektionsvolym) hos granrotstockar och övrig stocktyp från stambanken med **nuvarande form av topptomtning**. En punkt motsvarar en stock.

3.2.3 Mittmätning bra på övriga stocktyper

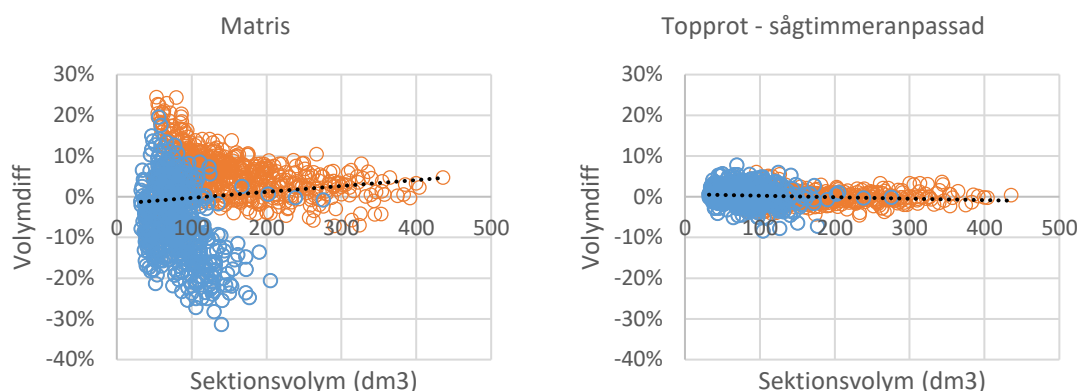
Fastvolymsskattning med mittmätning (MI) underskattade systematiskt fastvolymerna på rotstockar eftersom metoden inte tar hänsyn till rotansvällningen. De hade dessutom generellt något högre tillfälliga fel på rotstockstyper än beräkningarna enligt topptomtning, men något lägre än de tillfälliga felen för fastvolym beräknat med toppformtalsmatris.

När det gällde övriga stocktyper uppvisade mittmätning däremot mycket låga systematiska avvikelser både för tall och gran. För dessa stocktyper var även de tillfälliga felen låga.

3.2.4 Osäkra volymsskattningar med toppformtalsmatris

Generellt överskattades volymen på stockar från stambanken med toppformtalsmatrisen, medan stockar från VMR underskattades något (Tabell 8). Osäkerheten i skattning av fastvolym var störst för toppformtalsmatriserna oavsett stocktyp, träslag och databas matriserna tillämpades på (Tabell 8, för exempel se figur 13, se även figur 4–8 i bilaga).

Det var stora skillnader i fastvolymsskattning genom toppformtalsmatris mellan topp- och mellanstockar. För mellanstockar överskattades fastvolymen systematiskt med nästan 5 % (Tabell 8, Figur 13). Fastvolymen på toppstockar däremot underskattades lika mycket, vilket ledde till att den systematiska avvikelserna enbart låg på någon procent när mellan- och toppstockar slogs samman till övrig stocktyp.



Figur 13. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym i relation till verklig fastvolym (sektionsvolym) hos granstockar med övrig stocktyp från stambanken. Skattning har gjorts genom toppformtalsmatris (vänster) och sågtimmeranpassad topprotmätning (höger). Varje punkt motsvarar en mellanstock (orange) eller toppstock (blå).

4 Diskussion

4.1 Material

De nya topprotformlerna utvecklades med hjälp av en databas, stambanken och testades på en annan, VMR-data. Båda databaserna härstammar från 1990-talet. Att stammar och stockar skulle se annorlunda ut idag finns ingen anledning att misstänka. Att man idag har färre längdmoduler i apteringen kan möjligen påverka toppformtalerna. Några styrkor (+) och svagheter (-) med databaserna:

Stambanken:

- + Nationell databas
- + Noggrant mätta stammar
- + Möjlighet att aptera stockar från kända positioner i stammen
- + Möjlighet att simulera stocklängder
- Lågt antal stammar, särskilt för gran

VMR-data:

- + Stor nationell databas
- Rotdelen mindre noggrant mätt jämfört med stambanken
- Oklarhet kring hur diameter mätts vid utbuktningar
- Relativt många stockar behövde strykas på grund av misstänkta datafel

Det kan inte uteslutas att analyser baserade på nya och större databaser skulle resultera i något förändrade koefficienter i formlerna.

4.2 Styrkor och svagheter med de nya topprotformlerna

Den sågtimmeranpassade topprotmätningen uppvisade en generellt låg spridning och systematisk avvikelse ofta i nivå med nuvarande topprotmätning eller något bättre. Den klarade dessutom att skatta fastvolym på granstockar bäst av alla de testade metoderna. Fördelen med att använda dessa topprotfunktioner är att själva mätningen av rotstockars diameter sker vid rot-130 där barktjocklek och rundhet är mer förutsägbara och att den tar hänsyn till stocktypen. En förutsättning för att sågtimmeranpassad topprotmätning ska kunna användas är att stocktypen kan bestämmas automatiskt om den tillämpas vid automatiska mätningar. Den här studien visar på att stocktypen med hög noggrannhet kan bestämmas genom att mäta skillnaden i diametrarna 10 och 50 cm från rotändan. Detta skulle kunna göras på bark. Det är även möjligt att en biologisk rotstock, som skulle klassas som övrig stocktyp på grund av låg avsmalning i rotändan, skulle kunna skattas bättre med en funktion anpassad för övriga stocktyper. Redan Andersson (1997–1999) argumenterade för att anpassa funktionerna efter stocktyp i sin rapport. Ett argument mot detta var då att stocktyp inte fanns med i det stockdata som registrerades. Detta argument bör anses ha förlorat sin relevans i och med den ökade flexibilitet som VIOL-förnyelsen innebär.

Styrkor:

- I funktionerna för rotstockar ingår diametern vid rot130 istället för rot50. Att inte behöva använda rot50 var en huvudanledning till arbetet med nya funktioner.
- Funktionerna är uppdelade på träslag och stocktyp. De kan därför förväntas få bättre förklaringsgrad jämfört med funktioner som omfattar alla stockar. Träslag och stocktyp är variabler man bör kunna ha koll på vid såväl maskinell som manuell mätning.

- Funktionerna är noggrant testade med avseende på att inte ha nämnvärda beroenden till stockarnas längd, diameter eller volym. I nuvarande topprotmätning finns en 3 x 3-matris för längd och diameter för att minska sådana systematiska fel.
- Tack vare automatisk stocktypsbestämning ska funktionerna kunna tillämpas i alla nuvarande mättramar i Sverige.

Svagheter:

- Vid manuell mätning / kontrollmätning på mätbänk är det något svårare att komma åt att mäta diametern vid rot130 jämfört med vid rot50. Diametermätningen i sig blir dock enklare tack vare mindre orundhet.
- Funktionerna omfattar än så länge bara sågbara dimensioner av tall och gran. Vi får därmed två olika former av topprotmätning. Åtminstone tills kompletterande undersökningar gjorts.

4.3 Vilka metoder för fastvolymbestämning behöver vi?

I nuvarande instruktion för stockmätning beskrivs fyra metoder för bestämning av fastvolym. Med tillägg av en ny metod för topprotmätning blir det alltså fem metoder. Man kan då fråga sig om alla dessa behövs?

Sektionsmätning

Sektionsmätning möjliggör en mycket noggrann volymbestämning. Den baseras på definitionen av (formutjämnad) fastvolym – att diametern inte tillåts stiga i riktning mot stockens toppände. Sektionsmätning är därför den metod mot vilka andra metoder ska utvärderas i studier av det slag som föreliggande studie representerar. Sektionsmätning används vid ett antal sågverk i främst södra Sverige. Även skördarna sektionsmäter stammar/stockar. Sektionsmätning är alltför tidskrävande för att kunna tillämpas vid manuell mätning.

Nuvarande topprotmätning

Nuvarande topprotmätning är normerande kontrollmetod för all fastvolymbestämning i Sverige. Främsta anledning är att den kan utföras manuellt på alla platser där mätning bedrivs vilket i sin tur garanterar likformig mätning. Topprotmätning tillämpas också för all stickprovsmätning av massaved.

Mittmätning

Mittmätning tillämpas endast på ett sågverk i södra Sverige. Anledningen är att man där sågar längre stockar än vad som tillåts vid topprotmätning.

Mittmätningen ger, som påpekats tidigare i denna rapport, en avsevärd systematisk underskattning av rotstockars volym. Ett sätt att undvika detta är att flytta måttstället, så som det görs i andra länder där mittmätning tillämpas. Några svenska undersökningar med syfte att förbättra mittmätningen har inte gjorts på mycket lång tid. Ska mittmätning finnas kvar som mätmetod i Sverige behöver studier om måttställets placering på rotstockar göras.

Fastvolym med hjälp av toppformtalsmatris

Toppformtalsmatriserna togs ursprungligen fram med syftet att få ett underlag för uppföljning och jämförelser av volymer som mätts in med olika metoder. De har senare kommit att användas även för betalning och kom att ingå i den nationella instruktionen för stockmätning från 2014-01-01.

Toppformtalen utgör medeltal baserade på stora antal stockar från syd- och Mellansverige respektive norra Sverige. Om enskilda partier kommer från skog med avvikande form kan de partivisa felen komma att överstiga de gränser som finns i virkesmätninglagen.

Nya topprotmätningen

Bör vidareutvecklas så att alla trädslag, stocktyper och dimensioner omfattas.

Det bör i framtiden räcka med sektionmätning och (ny) topprotmätning för ersättningsgrundande fastvolymbestämning

Det ovan sagda kan sammanfattas med att det bör räcka med två metoder för ersättningsgrundande fastvolymbestämning:

1. Sektionsmätning: noggrann metod att använda vid forskning och utveckling av nya metoder, eller när koefficienter i topprotformler ska fastställas. Sektionsmätning kan förväntas fortsätta ha viss tillämpning på sågverk och bred tillämpning i skördare.
2. (Ny) topprotmätning: bred tillämpning i såväl mätramar som vid manuell stockmätning. Kontrollmetod för (formutjämnad) fastvolym (m^3fub)

Nuvarande topprotmätning, och även mittmätningen, kan fasas ut i takt med att det utvecklas nya topprotfunktioner för fler trädslag och dimensioner. Toppformtalsmatriserna kan behöva finnas kvar för att i planerings- och lagersystem kunna omvandla m^3 till m^3fub . Men de ska inte användas för ersättningsgrundande mätning i de fall avvikande stamform kan misstänkas ge partivisa avvikelser överskridande kraven i virkesmätninglagen.

En annan vinkling på frågan om hur många mätmetoder för fastvolymbestämning vi behöver är att gentemot utrustningstillverkare fokusera på att informera om hur kontroll av fastvolymmätning går till. Kontrollen bör kunna begränsas till de faktorer som styr stockens värde:

- Stocklängd
- Toppdiameter under bark
- Stockens volym

Exakt hur volymeräkningen gått till blir då en sekundär fråga. Mätningen godkänns när kontrollkriterierna uppfylls.

4.4 Barkfunktioner vid topprotmätning i mätram

Topprotmätning baseras på diameter under bark vid två måttställen. Diameter under bark kan erhållas via

1. Visuellt bedömning av barktjocklek och barkavskav
2. Automatisk underbarksmätning

Visuellt bedömning avser barken i stockens toppända. Det är inte rimligt att göra två barkbedömningar per stock. Barkavdraget för rotdiametern måste därför baseras på barkfunktioner. Dessa kan ha barkavdraget för toppdiametern som utgångstal. Man kan ha skilda barkfunktioner för respektive stocktyp.

Idag har SDC IT-stöd för barkavdraget på toppdiametern. Vid maskinell topprotmätning behöver IT-stödet utvecklas så att topp- och rotdiametrar kan hanteras separat. Alternativt kan denna funktionalitet ligga i mätramsdatorn.

4.5 Behov av fortsatt utredande

Studierna gjordes på stocklängder omfattande kubblängder och normalsågtimmer. Eftersom vissa sågverk sågar längre stockar bör det utredas om de framtagna funktionerna även kan användas på längre stockar. Sådana studier kan göras på stambanken.

De nya funktionerna bör även testas på massaved. Detta kan göras på VMR-data. Dessa tester bör inkludera stocktypsseparatorering.

I det fortsatta utredandet bör man kunna tänka sig att topprotmätning kan se något olika ut för olika sortiment och dimensioner. En vidareutveckling för massaved skulle kunna behålla rot50 men i övrigt likna de nya funktionerna. Den funktion som används i ordinarie mätning ska också användas i kontrollen. För ett visst sortiment / dimension ska bara en funktion finnas. Att det då kan bli ett större antal topprotfunktioner bör inte innebära några problem att hantera i dataklave eller andra datasystem. Det såg annorlunda ut för 20 år sedan.

4.6 Slutsats

Den nya sågtimmeranpassade topprotmätningen ger avsevärt bättre fastvolymbestämning jämfört med toppformtalsmatriser, och något bättre jämfört med nuvarande topprotmätning. En avgörande fördel är att rotmåtten på rotstockar flyttats från 50 till 130 cm från rotändan. Den sågtimmeranpassade topprotmätningen bör därför kunna bli allmänt tillämplig för fastvolymbestämning av sågtimmer med hjälp av mätrammar. Den bör även bli kontrollmetod för mätning av fastvolym på alla sågbara sortiment av tall och gran, dvs helt ersätta nuvarande topprotmätning för dessa sortiment.

Referenser

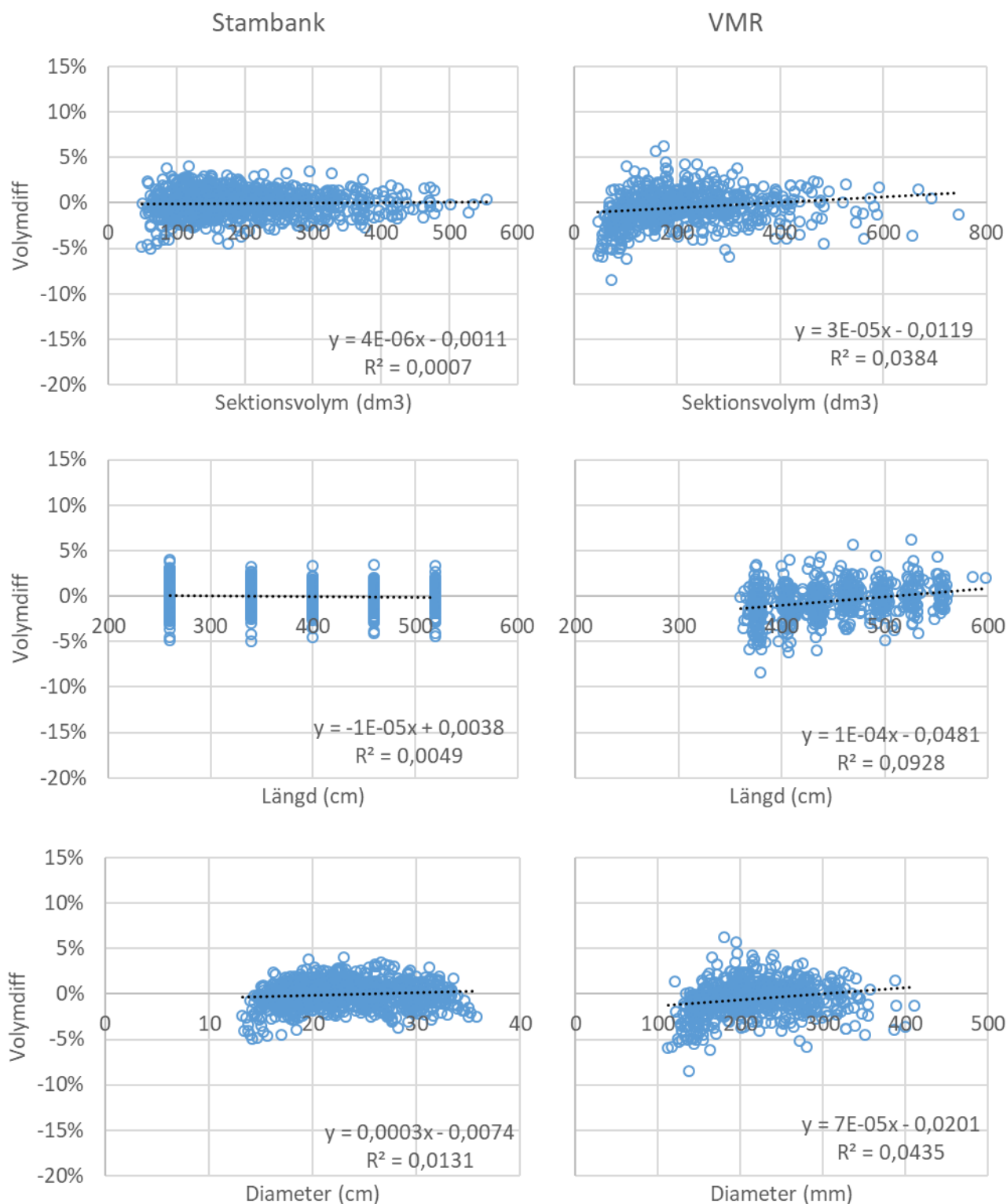
- Adolfsson, J. 2006. Redovisning i m³fub vid stockmätning av timmer. VMF Syd.
- Andersson, R. 2000. Toppformtal – omräkningstal till m³f vid toppmätning av sågtimmer, Virkesmätningrådet, Arbetsrapport.
- Andersson, R. 1997-1999, Jämförande volymmätning 1-3, Virkesmätningrådet, Arbetsrapporter.
- Bacher, M & Fontanini, F. 2017. Analysis of butt-log detection methods for Swedish-grown pine. Intern arbetsrapport. Microtec.
- Norsk virkesmåling 2015. Målereglement for skogsvirke Generelle bestemmelser.
- SDC 2015. VIOL Koder v 6.7, Kap 50.4 Omräkningstal till m³f under bark. Regelverk 5-8 (VMF område 5-8).
- SDC 2017. Nationella instruktioner för virkesmätning. Mätning av stocks volym under bark.
- Björklund et al. 2009. Jämförelser mellan metoder för fastvolymbestämning av stockar, Department of Forest Products, SLU Rapport nr 15.
- Björklund, L. & Moberg, L. 1999. Modelling the inter-tree variation of knot properties for *Pinus sylvestris* in Sweden, Department of Forest Management and Forest Products, Studia Forestalia Suecica, N0.207 = 1999, ISSN 0039-3150
- Grönlund, A., Björklund, L., Grundberg, S. & Berggren, G. 1995. Manual för furustambank. Avdelningen för träteknik, Luleå tekniska universitet, Skellefteå, Teknisk Rapport 1995:19T. 25 s. ISSN 0349-3571.
- Moberg, L. 1999. Models of knot properties for Norway Spruce and Scots Pine. Doktorsavhandling. Silvestria 121. SLU, Uppsala.
- Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare, SkogForsk, Arbetsrapport nr 575.

Figurbilaga

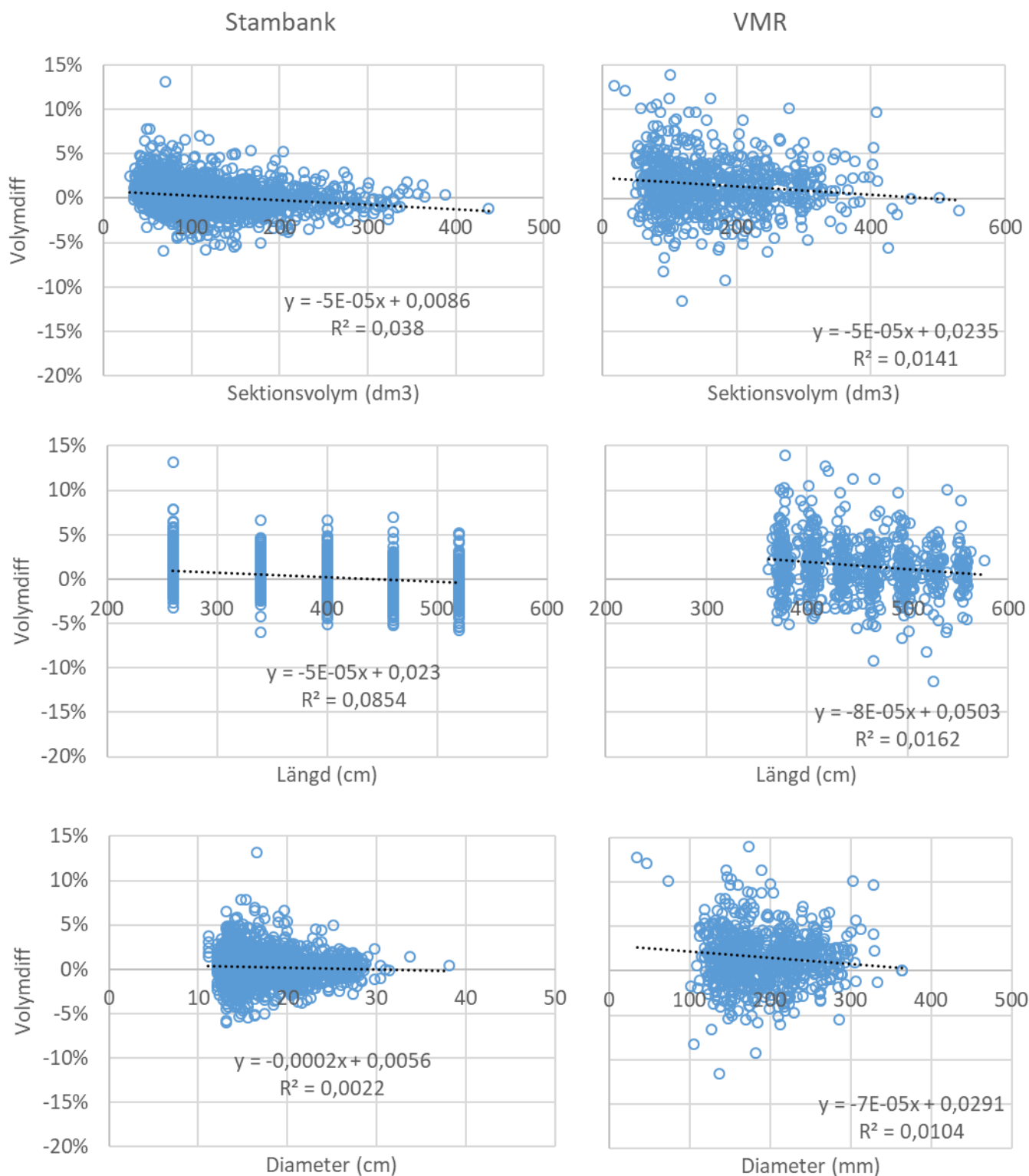
I denna bilaga visar alla figurer volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym.

Figur 1–4: Topprotmätning anpassad för sågtimmer tillämpat på stockar från stambank och VMR. Relation till fastvolym, stocklängd och stockdiameter. Figurer fördelade på trädslag och stocktyp.

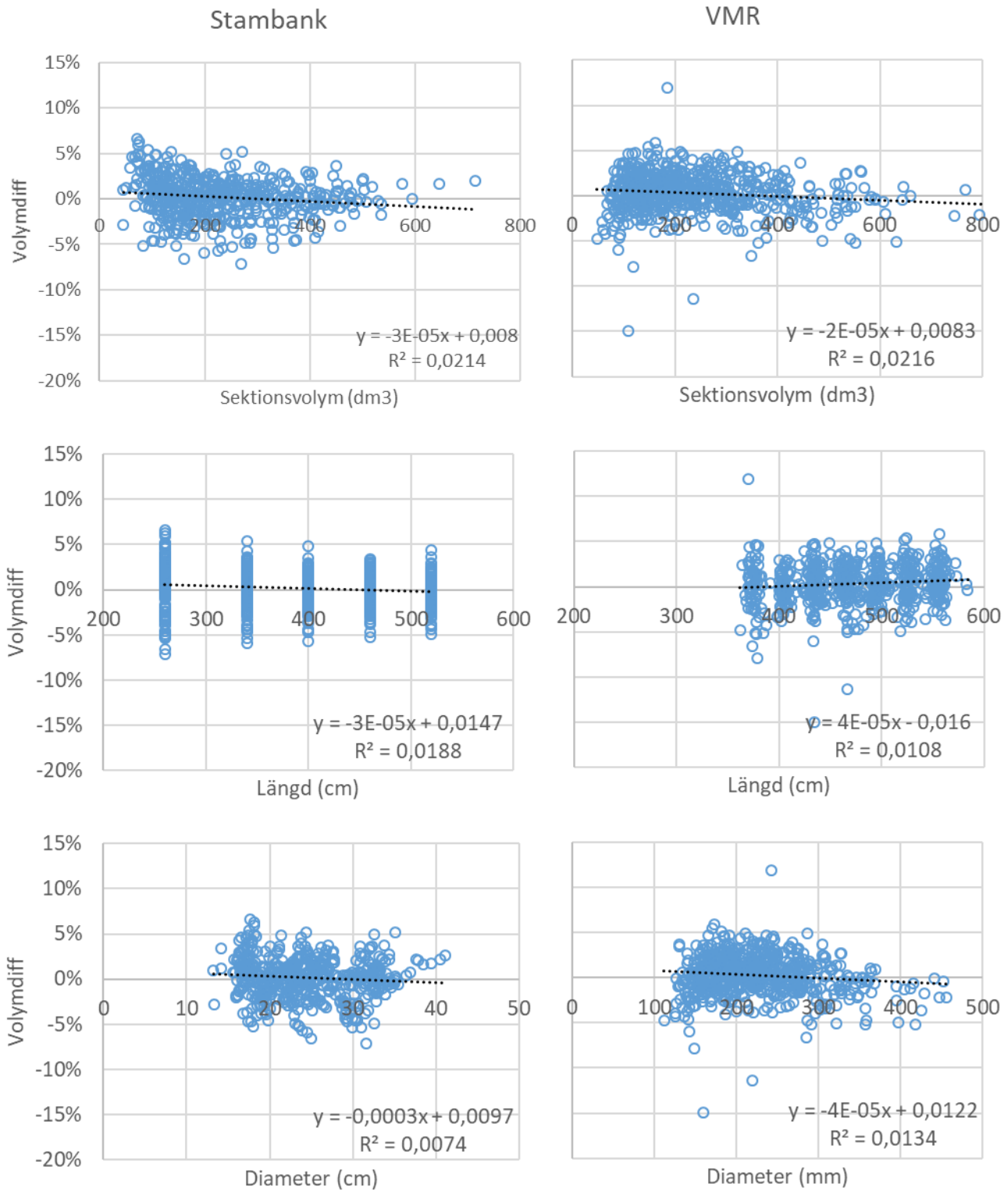
Figur 5–8. Jämförelse mellan fem metoder att skatta fastvolym. Enbart stockar från stambanken. Relation till verklig fastvolym.



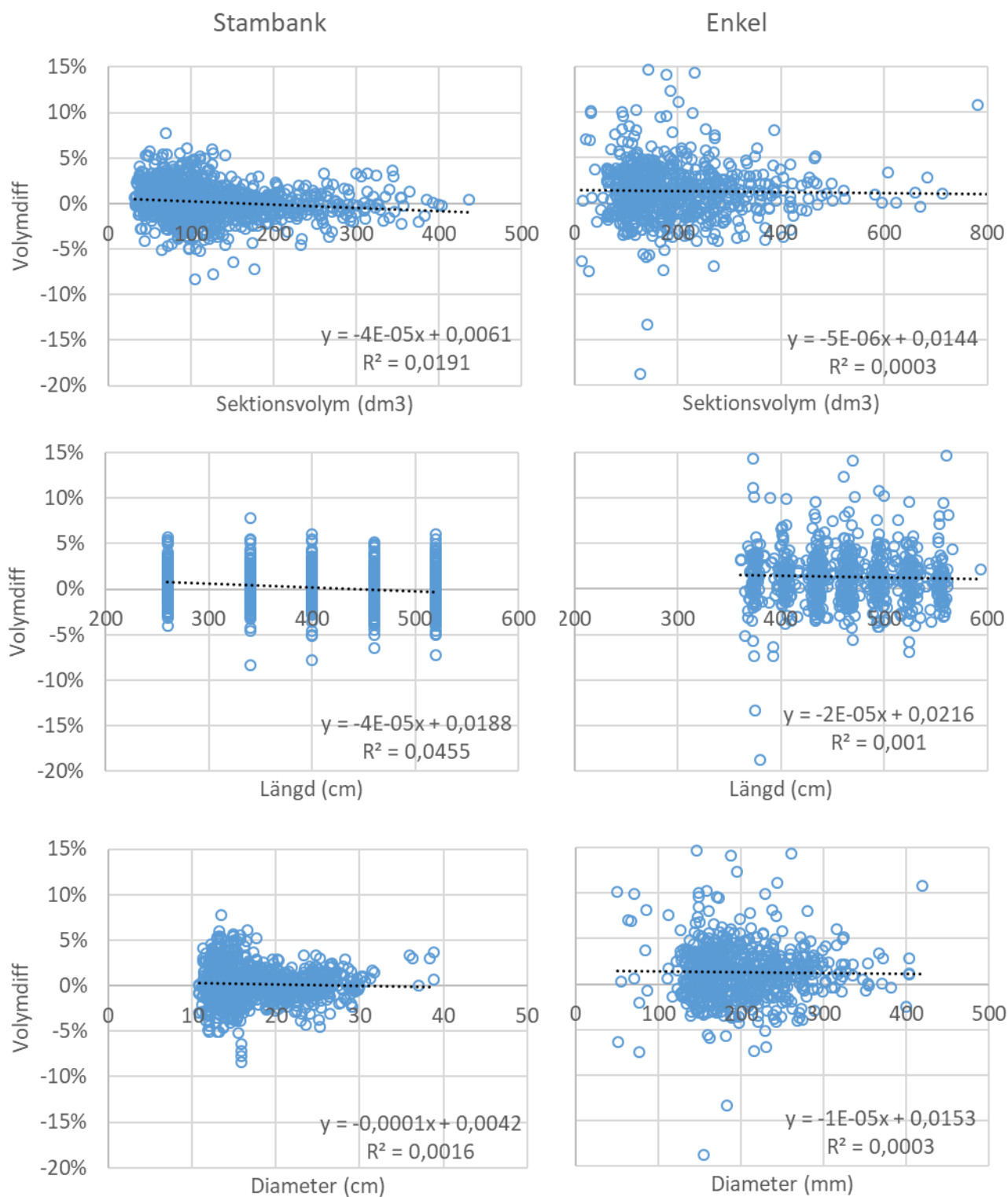
Figur 14. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym relation till verklig fastvolym (sektionsvolym), stocklängd och toppdiameter hos **tallrotstockar**. Den skattade fastvolymen har beräknats enligt topptomtning anpassad för sågtimmer på stockar från stambanken och VMR, där funktionen anpassats efter stockar från stambanken. Funktion: $V = -13,6 + 0,314V_t + 0,635V_r + 1,149D_r$



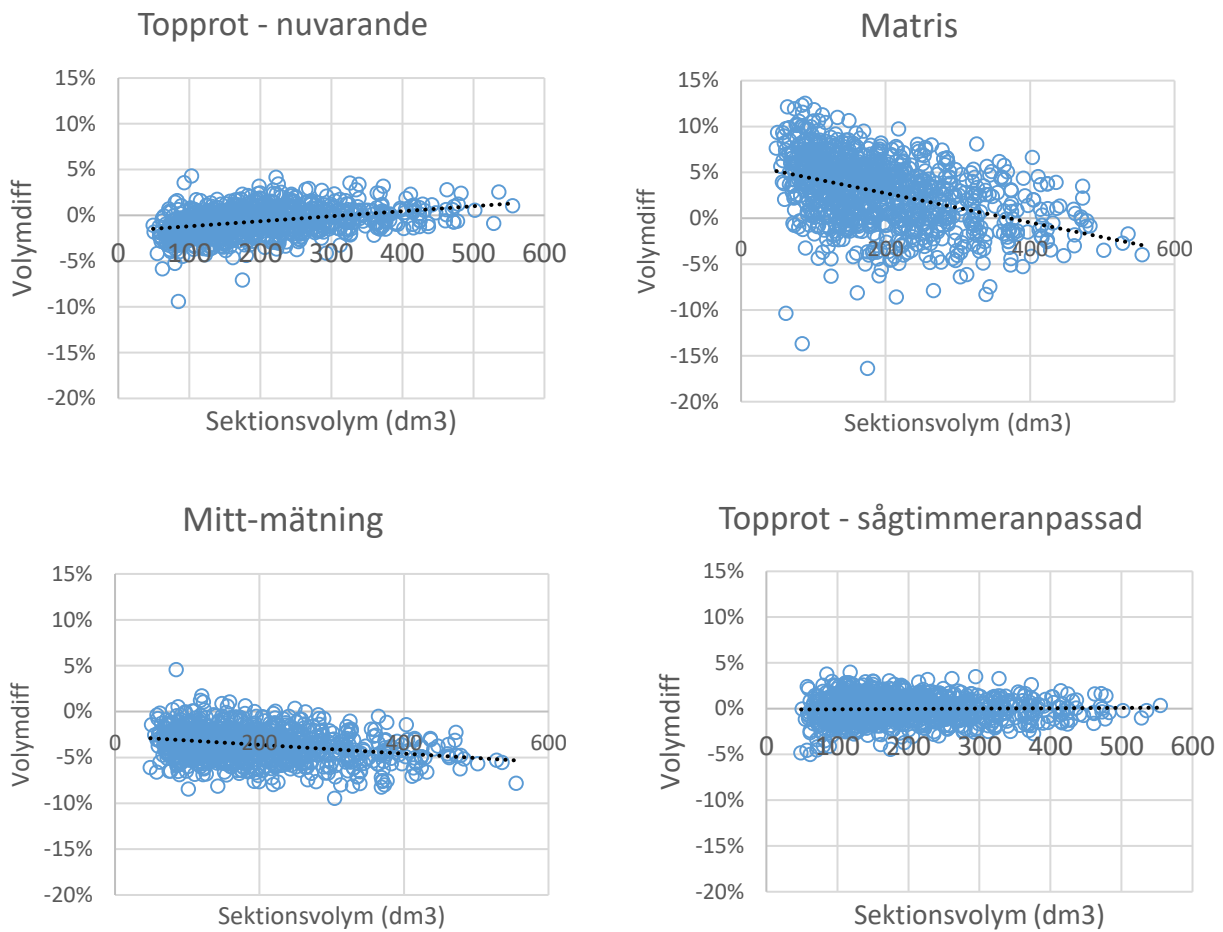
Figur 15. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym relation till verklig fastvolym (sektionsvolym), stocklängd och toppdiameter hos **tallstockar** med **övriga stocktyper**. Den skattade fastvolymen har beräknats enligt topptomätning anpassad för sågtimmer på stockar från stambanken och VMR, där funktionen anpassats efter stockar från stambanken. Funktion: $V = 0,504V_t + 0,499V_r$



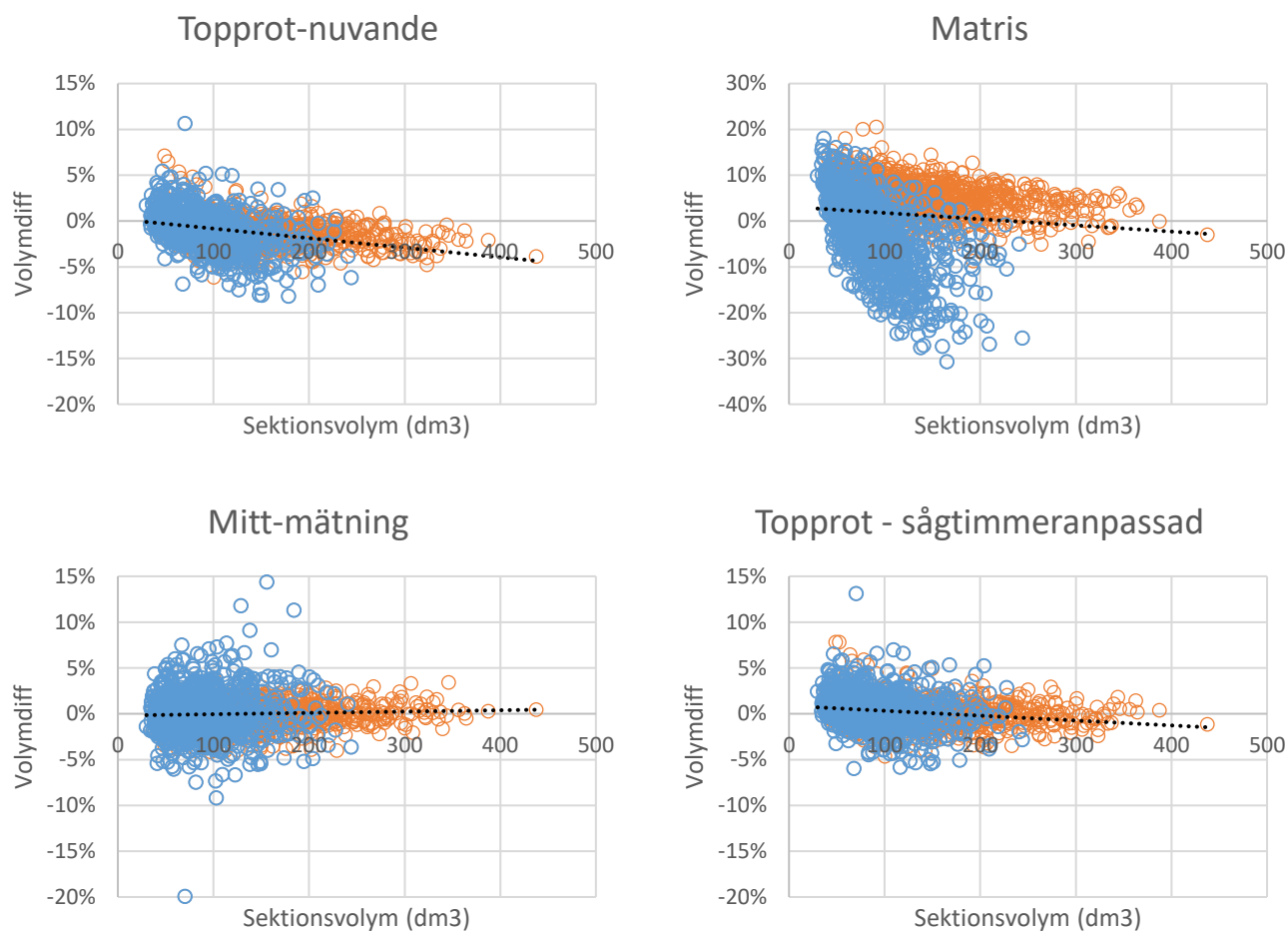
Figur 16. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym relation till verklig fastvolym (sektionsvolym), stocklängd och toppdiameter hos granrotstockar. Den skattade fastvolymen har beräknats enligt topptomtning anpassad för sågtimmer på stockar från stambanken och VMR, där funktionen anpassats efter stockar från stambanken. Funktion: $V = -18,0 + 0,340V_t + 0,604V_r + 1,589D_r$



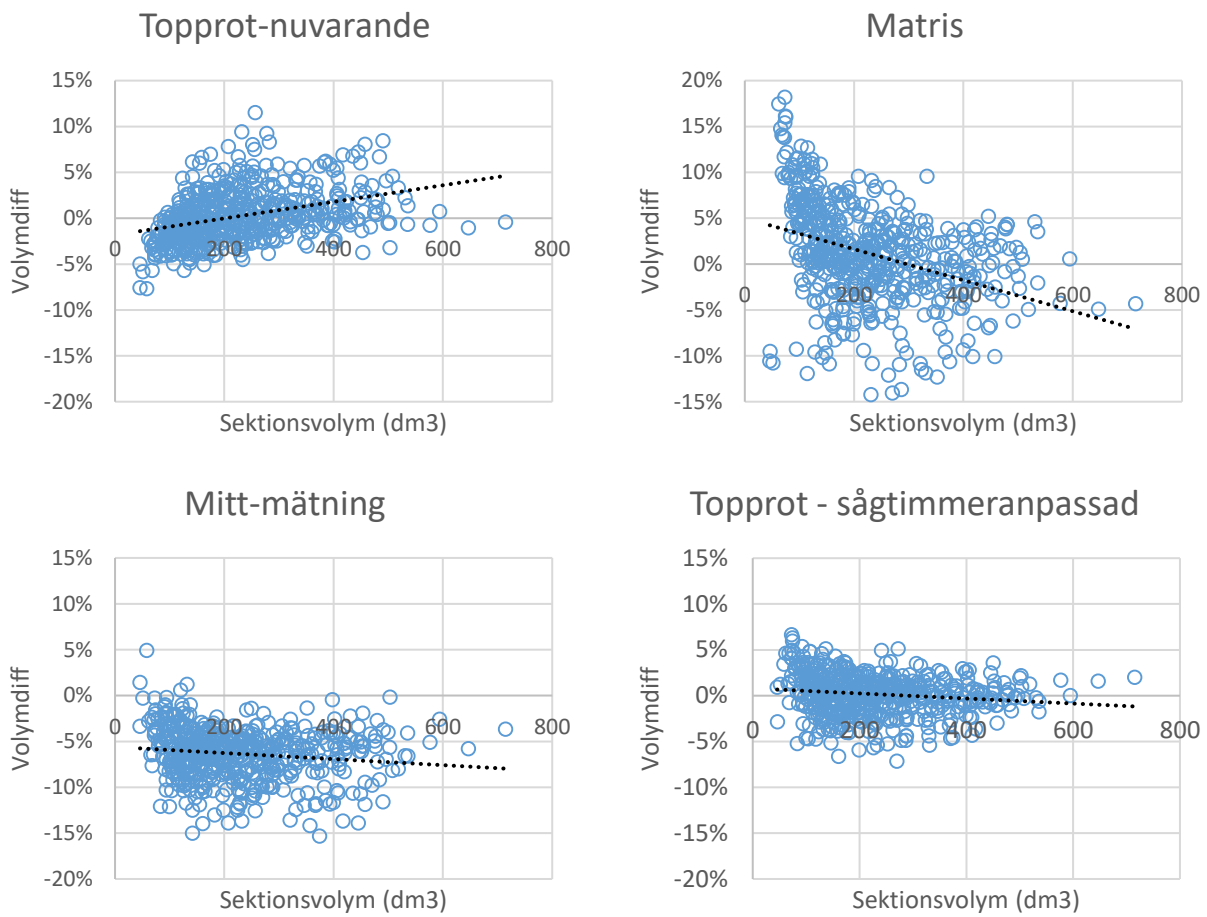
Figur 17. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym relation till verklig fastvolym (sektionsvolym), stocklängd och toppdiameter hos **granstockar** av **övriga stocktyper**. Den skattade fastvolymen har beräknats enligt topptomtning anpassad för sågtimmer på stockar från stambanken och VMR, där funktionen anpassats efter stockar från stambanken. Funktion: $V = 0,525V_t + 0,480V_r$



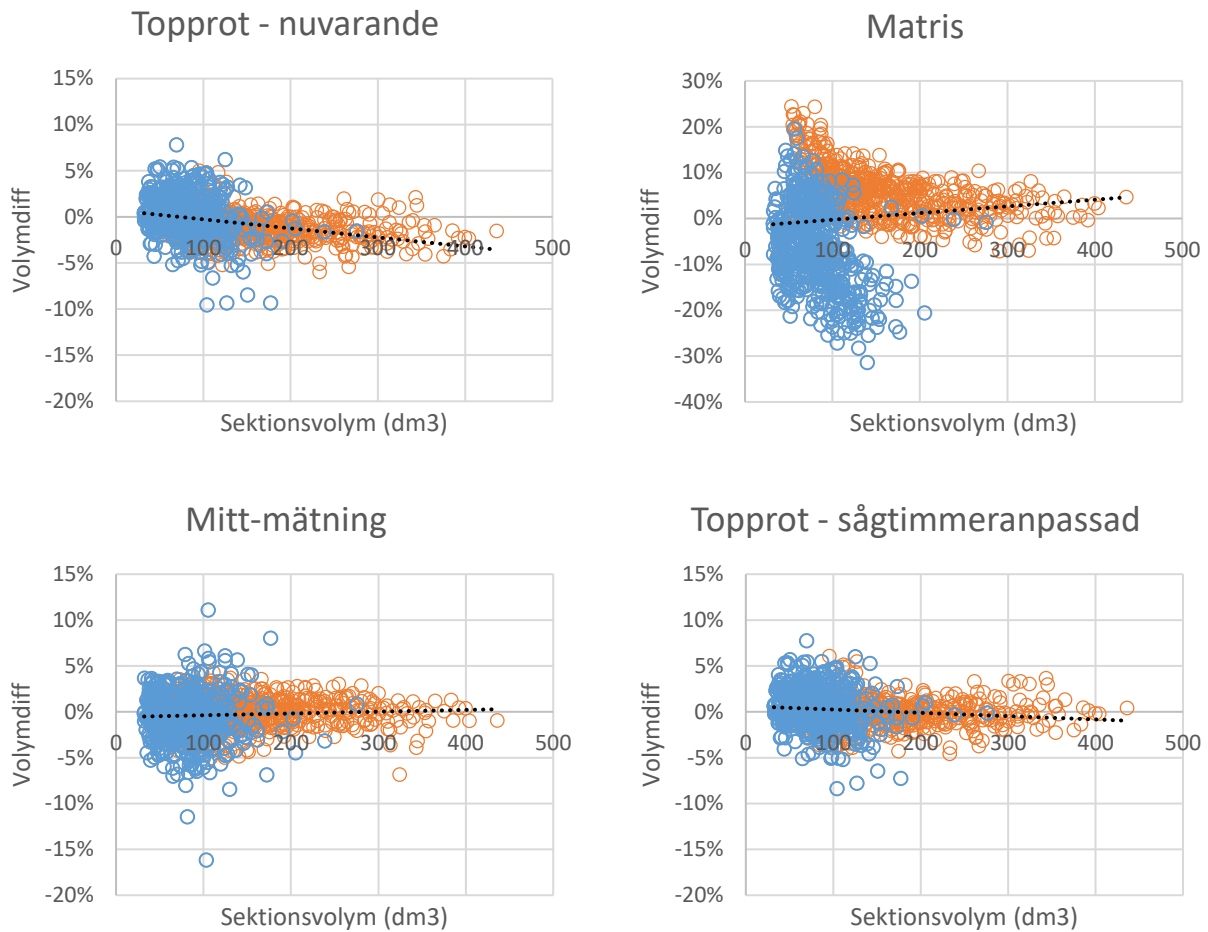
Figur 18. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym i relation till verklig fastvolym (sektionsvolym), hos **tallrotstockar** från stambanken för fyra olika metoder. En punkt motsvarar en stock.



Figur 19. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym i relation till verklig fastvolym (sektionsvolym) hos tallstockar av övrig stocktyp från stambanken för fyra olika metoder. Varje punkt motsvarar en mellanstock (orange) eller toppstock (blå). Observera den större skalan på y-axeln för den matris-skattade fastvolymen.



Figur 20. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym i relation till verklig fastvolym (sektionsvolym) hos **granrotstockar** från stambanken för fyra olika metoder. En punkt motsvarar en stock. Observera den större skalan på y-axeln för de matris-skattade fastvolymerna.



Figur 21. Volymavvikelse mellan skattad och verklig fastvolym i relation till verklig fastvolym (sektionsvolym) hos **granstockar** av **övrige stocktyp** från stambanken för fyra olika metoder. Varje punkt motsvarar en mellanstock (orange) eller toppstock (blå). Observera den större skalan på y-axeln för de matris-skattade fastvolymerna.