

VMR virkesmätning och redovisning

Slutrapport för projekt ”Effektivare Sågtimmermätning”



April 2003

Lars Björklund, VMR
Stig Grundberg, Trätek
Jacob Edlund, SLU

SDC ek för

SDC är skogsnäringens IT-företag som erbjuder service till det svenska skogsbruket avseende virkesredovisning och informationssystem för handel, transport och styrning av virke.

SDCs tre verksamhetsområden:

VIOL

Utveckling och förvaltning

Utvecklar och förvaltar VIOL-systemet

VMR

Verkar för att virkesmätning, virkesredovisning samt kontroll av mätning utförs enligt enhetliga och samordnade regler och arbetar aktivt för att vidareutveckla mätning och redovisning i samverkan med mätningföreningarna och virkesmarknadens parter.

SDC IT

Logistik och virke

Utvecklar och marknadsför IT-lösningar för effektiv hantering av virke och bränsleråvara, virkesadministration, produktionsuppföljning, lagerhantering och transportstöd.

Drift och teknik

Utvecklar och ansvarar för SDCs IT-plattform med dator- och driftstekniska lösningar samt utför datordriftstjänster.

Konsult

Genomför interna och externa projekt, projektledning, systemdesign och utveckling av mjukvara.

VMR virkesmätning och redovisning

Verksamhetsområdet VMR företräder skogsnäringen i frågor som berör virkesmätning och redovisning. VMR skall verka för en gemensam, enhetlig, rättvis, relevant och effektiv virkesmätning och virkesredovisning. Detta omfattar bland annat att:

- Vara virkesmätningens ansikte utåt mot skogsnäringen, myndigheter och allmänhet.
- Medverka i nationell och internationell standardisering. Upprätthålla internationella kontakter samt bevaka utvecklingen i andra länder.
- Fungera som sekretariat för VMR-rådets möten och arbetsgrupper.
- Initiera och planera, samt i förekommande fall även analysera och redovisa, utvecklingsprojekt inom virkesmätning och redovisning.
- Auktorisera mätningföretag
- Godkänna mätningsteknisk utrustning (typgodkännanden).
- Fungera som rådgivare (konsult) gentemot VMF, marknadsintressenter och skoglig allmänhet i frågor rörande mätning och redovisning.
- Ansvara för insamling och redovisning av virkesförbrukningsstatistik.
- Förvalta och utveckla koder och nomenklatur.
- Administrera begärda kontroller.
- Ansvara för kontrollkommissionens verksamhet samt medverka i dess fältarbete.
- Medverka vid framställning av informationsmaterial och läromedel samt planera och genomföra konferenser och seminarier.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	4
1 PROJEKT "EFFEKTIVARE SÅGTIMMERMÄTNING"	6
2 TEKNIKUTVECKLING.....	7
2.1 DIAMETERMÄTNING UNDER BARK.....	7
2.2 TRÄDSLAGSBESTÄMNING	9
2.3 DETEKTERING AV KAPSPRICKOR	11
3 AUTOMATISK KVALITETSKLASSNING MED HJÄLP AV STOCKENS FORM.....	13
3.1 INLEDNING	13
3.2 MATERIAL.....	14
3.3 KROKMÄTNING, INVERKAN AV SNÖ OCH IS SAMT HANTERING AV VIRKESFEL.....	17
3.4 MODELLUTVECKLING.....	19
3.4.1 Resultat från provsågningen.....	19
3.4.2 Val av matematisk grund för klassningsmodellen – principer för utvärdering.....	20
3.4.3 Förslag 1: Modell för automatisk klassning enligt modifierade VMR-klasser.....	21
3.4.4 Förslag 2: Nya formklasser baserade på enkla formdata.....	22
3.4.5 Förslag 3: Nya formklasser baserade på 3D-data.....	22
3.4.6 Andel stockar i de nya klasserna.....	23
3.4.7 Sågutbytets kvalitetsfördelning i de nya stockklasserna.....	25
4 DISKUSSION	26
4.1 TEKNIKUTVECKLING.....	26
4.2 AUTOMATISK KVALITETSKLASSNING	27
REFERENSER OCH PROJEKTDOKUMENTATION	29
BILAGA 1. MATERIALBESKRIVNINGAR – "AUTOMATISK KVALITETSKLASSNING..."	30
BILAGA 2. VARIABELVÄRDEN – FÖRSLAG 1-3	32
BILAGA 3. PROJEKTETS ORGANISATION	34

Sammanfattning

Projekt "Effektivare Sågtimmermätning" genomfördes från hösten 1999 till våren 2003. Dess övergripande mål var att genom automatisering öka kapacitet och noggrannhet vid stockmätning av sågtimmer. Projektet indelades i två huvuddelar, *teknikutveckling*, som omfattade diamettermätning under bark, bestämning av trädslag och detektering av kapsprickor samt *automatisk kvalitetsklassning* som gick ut på att med ledning av stockens form bestämma dess kvalitet. Genomförandet av projektet uppdrogs åt AB Trätec (teknikutveckling) och Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst för Skogens Produkter och Marknader (automatisk kvalitetsklassning). Projektet leddes av styr- och referensgrupper.

Teknikutveckling

Automatisk trädslagsbestämning (tall mot gran): Den högt satta målsättningen, 99.5 % träffprocent, kunde ej uppnås. Ett system byggt på reflektion från stockens mantelyta inom såväl VIS-området (synligt ljus) som NIR-området (near infra-red) bedömdes visserligen kunna nå målet men risker i form av snö, is och föroreningar ansågs förhindra praktisk tillämpning. Ett alternativ med renkapning av stockändarna avfördes efter en ekonomisk analys. Efter detta beslöts att närmare analysera trädslagsseparering med röntgen (X-ray Logscanner), en teknik som visat lovande resultat. På grund av driftsproblem vid den enda anläggningen i Sverige kunde denna analys ej färdigställas inom projektets tidsram. Skulle denna teknik visa sig uppfylla ställda krav måste ändock konstateras att det lär dröja innan röntgen är allmänt spridd på svenska mätstationer.

Diamettermätning under bark: Detta delprojekt blev en stor framgång. De inom projektet gjorda studierna visade att trakeidmetoden som bygger på att laserljus sprids olika i ved respektive bark fungerade väl. Finns det tillräckligt med barkavskav går det att beskriva stockens diameter såväl på som under bark. De större mättramstillverkarna erbjuder nu denna produkt och planer för typgodkännanden finns fastlagda. På grund av förseningar hos de två största tillverkarna på den svenska marknaden kunde något typgodkännande dock ej ges inom projektets tidsram.

Detektering av kapsprickor: Inledningsvis testades ultraljud. Metoden fungerade dåligt på frusen tall och krävde dessutom att stocken hölls stilla i mätutrustningen. Den avfördes därför från projektet. Istället testades laserljus och bildanalys. I detta fall detekteras laserljusets spridning i sprickor. Metoden fungerade väl i labmiljö men i praktisk drift visade det sig att kamerornas decibelvärde (dynamiskt omfång) begränsade kontrasten i bilderna. Kan decibelvärdet förbättras från dagens 120 bör metoden kunna tillämpas on-line på mätstation. Utvecklingsarbetet kan därför sägas ha varit framgångsrikt. Vi väntar nu på nästa kamerageneration.

Automatisk kvalitetsklassning med hjälp av stockens form.

Vissa kvalitetsfel kan ej korreleras till stockens form. Det gäller exempelvis röta, tjurved och frodvuxenhet samt vissa lågfrekventa fel som källved, kådved och vattved. Då vi ännu ej lyckats automatisera mätningen av dessa betyder det att vi endera måste stryka dem från kvalitetsbedömningen eller behålla ett moment av manuell bedömning. Projektets styr- och referensgrupper ansåg därvid att vissa lågfrekventa fel (exklusive tillredningsfel) borde kunna strykas medan andra

knappast kan tas bort. Man kan då tänka sig att vissa virkesfel bedöms på travnivå varefter en helt automatisk stockmätning följer. Genomförda studier (travstudien) visade dock nedslående resultat varför detta ej kan ses som trolig utveckling. Av detta följer att den helautomatiska visionen ej synes realistisk i dagsläget. Vissa bedömningsmoment kommer att kvarstå. Målet effektivisering kan dock nå eftersom kvarstående bedömningar torde kunna göras vid högre banhastighet än dagens mätning.

Variabler som beskriver stockens form är till exempel avsmalning, bulighet, krok och ovalitet. Av dessa vet vi att avsmalningsmått korrelerar med stocktyp (rot-mellan- eller toppstock) och att bulighet beskriver kvistighet. Dessa är därför lämpade för automatisk kvalitetsklassning medan krok och ovalitet är resultatet av mer slumpmässiga ”olyckor” som trädet kan råka ut för. De sistnämnda bör därför inte ingå gemensamt med avsmalning och bulighet i modeller för kvalitetsklassning. Vad gäller krok har dock flera studier visat på god korrelation med det sågade utbytets formstabilitet. Bättre än vad tjurvedsbedömning ger. Krok kan därför åsättas gränsvärden vilka ersätter dagens regler för tjurvedsbedömning. I en mindre delstudie påvisades relativt god repeterbarhet för olika krok-mått.

Modellutvecklingen baserades på provsågningar av 722 stockar från tre sågverk. Provsågningen visade på små skillnader i utbyteskvalitet mellan klass 1 och 3 för tall. Det var också svårt att via formdata separera klasserna 4, 5 och vrak för tall respektive 4 och vrak för gran. Dessa resultat föranledde klassammanslagningar i förslaget på automatisk klassning. Modellerna testades dels på ett kontrollstocksmaterial om 10521 stockar, dels på fem virkespartier vid tre sågverk. I projektet testades flera varianter av avsmalnings- och bulighetsmått vilka alla bygger på diameter, avsmalning och kvistvarvsbulor. Små bulor av den typ som ingår i dagens mätbestämmelser och som ofta behöver mätas med ”bulometern” kan ej detekteras med dagens 3D-ramar.

I den avslutande rapporten från denna del av projektet ”Nya system för klassning av sågtimmer” föreslås tre olika system. Gemensamt för dessa förslag är att vrak samt lägsta kvalitetsklass (sekunda) erhålls via virkesfel bedömda av virkesmätare eller via gränsvärden för krok (flera krokvariabler är tänkbara) och dimension. Därefter klassas prima stockar i ett antal klasser. Antalet klasser kan teoretiskt sett vara stort. Men för att en klass ska vara berättigad bör dels sågutbytet skilja sig kvalitetsmässigt från andra klassers, dels bör andelen stockar som hamnar i klassen överstiga något minimum. De genomförda studierna indikerade, som nämndes ovan, att antalet hellre bör vara lägre än högre jämfört med dagens system. I de tre system som utvärderades delades prima stockar in i tre klasser för såväl tall som gran. I förslag 1 och 3 görs klassningen med hjälp av diskriminantanalys. Detta är en beräkningsmetod där sannolikheten för att en stock tillhör en viss klass beräknas med hjälp av linjära funktioner. Sannolikheten beräknas för varje klass och stocken allokeras till den klass som fått högst sannolikhet. Metoden anses lämplig när det finns fler än två klasser. De tre förslagen benämndes:

1. Modifierade VMR-klasser via fullständig 3D-data.
2. Nya formklasser baserade på begränsad mängd och manuellt mätbar formdata.
3. Nya formklasser baserade på fullständig och icke manuellt mätbar formdata.

Förslagen representerar viktiga principiella skillnader vad gäller erforderligt data, matematisk grund för klassningen, möjlighet till manuell mätning samt nyttjande av begreppet träffprocent. Träffprocent, så som det används i dagens system, är tillämpligt endast för förslag 1. Analyserna av detta förslag visade att först när den automatiska klassningen kombineras med stockvis bedömning av virkesfel nås en träffprocent i nivå med (strax under) den ordinarie manuella klassningen. För såväl tall som gran var automatisk klassning mer problematisk på grova stockar än på klena. Någon skillnad mellan norra och södra Sverige kunde inte påvisas.

Förslag	Klasser	Antal klasser per trädslag	Erforderligt data	Matematisk modell	Möjlighet till manuell mätning	Träffprocent
1	Modifierade VMR 1-99	3	Komplett 3D	Diskr.-analys	Ja	Något sämre än dagens ordinarie mätning
2	Nya klasser baserade på stockform	3	Enkla formdata	Gränsvärden	Ja (med viss tvekan för bulighet)	Relevant endast om manuell mätning anses vara facit. Då troligen hög träffprocent
3	Nya klasser baserade på stockform	3	Komplett 3D	Diskr.-analys	Nej	Kan ej anges eftersom stockvis kontroll saknas

1 Projekt "Effektivare Sågtimmermätning"

Mätning av barrsågtimmer som underlag för betalning sker idag i stor omfattning som stockmätning, dvs som mätning stock för stock av ett virkesparti. Metoden bygger på ett stort inslag av subjektiva bedömningsmoment och ställer stora krav på virkesmätaren. Den är således arbetsdryg vilket leder till att mätningskapaciteten blir begränsad. Eftersom virkesmätningen i regel är integrerad med sågverkets dimensionssortering blir effekten också att sorteringsanläggningens kapacitet inte kan utnyttjas till fullo. Virkesmätningen kan bli en "flaskhals" i timmerhanteringen. Då ny teknik vinner insteg i virkesmätningen kan det vara av värde att ge plats för nya innovationer som kan avlasta mätarna dessa moment. Dagens klassningssystem är framtaget med tanke på manuell klassning och därmed svårt att tillämpa i ett automatiskt system eller i kombinationer av olika system. Exempel på försvårande regler vid en automatisering är bestämmelserna för tjurved och volymbehandling.

Virkesmätningrådet beslöt i april 1999 att genomföra projekt "Effektivare Sågtimmermätning". Dess övergripande mål var att genom automatisering öka kapacitet och noggrannhet vid stockmätning av sågtimmer. Projektet indelades i två huvuddelar, *teknikutveckling*, som omfattade dimensionsmätning under bark, bestämning av trädslag och automatisk registrering av kapsprickor samt *automatisk kvalitetsklassning* som gick ut på att med ledning av stockens form bestämma dess kvalitet. Utvecklingen av automatisk klassning skulle i första hand riktas in på att följa nuvarande VMR-klasser (VMR 1/99). I andra hand skulle nya klasser utvecklas med utgångspunkt från relevanta formvariabler. Projektet planerades

omfatta en tredje del, *metoder/arbetsätt* vilket avsågs vara ett "syntesprojekt" baserat på resultat från de två första delprojekten samt på pågående utveckling av SDCs mätplatssystem. Detta delprojektet aktiverades inte men är viktigt att ha i åtanke vid kommande utvärdering av handlingsalternativ eftersom arbetsätt/bemanning på mätplatserna har stor inverkan på produktivitetsspekten inom helhetsbegreppet "effektivitet".

Genomförandet av projektet uppdrogs åt AB Trätec (teknikutveckling) och Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst för Skogens Produkter och Marknader (automatisk kvalitetsklassning). Projektet leddes av styr- och referensgrupper underställda rådets styrelse. Projektets organisation och bemanning framgår av bilaga 3.

2 Teknikutveckling

2.1 Diametermätning under bark

Målsättning vid projektets start

- Ta fram mätteknik som bestämmer förekomst av bark samt barkens tjocklek på timmerstockar under långsmatning upp till 3,0 m/s.
- Integrera mättekniken med befintliga mätsystem för beräkning av stockars dimension/form under bark.
- Implementera och verifiera en funktionsprototyp i en pilotanläggning/timmersortering.
- Genomföra tekniköverföring till kommersiella teknikleverantörer för exploatering.

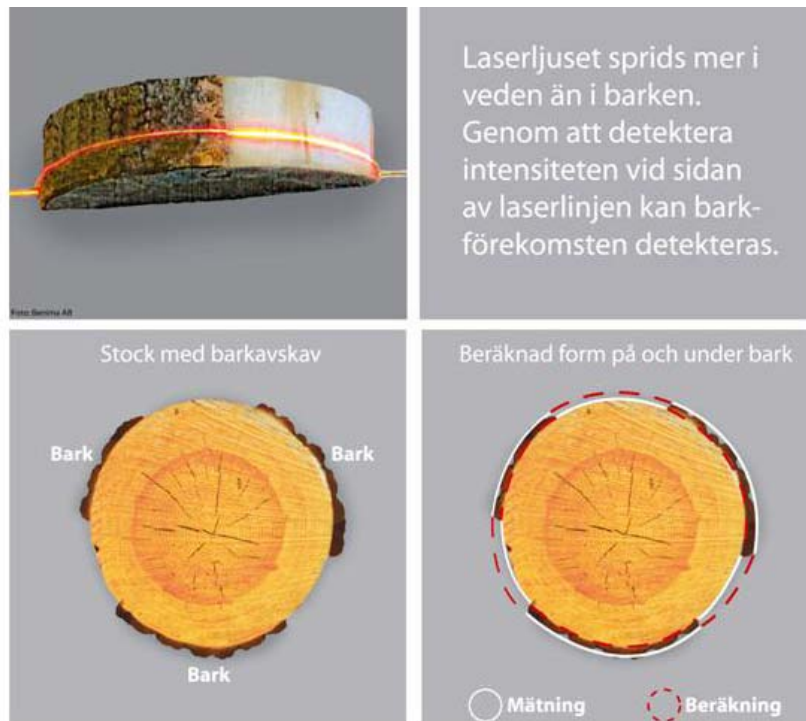
Genomförande

Under hösten 1999 installerades en första enkel fältmätutrustning på mätstationen i Forssjö Bruk. Detta arbete föregicks av provmätningar i laboriemiljö hos Soliton AB som av AB Trätec anlitas som underleverantör i utvecklingsarbetet. Beräkningsrutiner togs fram för att utifrån laserljusets spridning i ved (trakeider) kontra bark kunna mäta förekomsten av bark. Preliminära prov visade på lovande resultat för "normala" stockar. Förutom "trakeiddata" gav systemet även profildata, som skulle kunna användas för att mäta barktjockleken.

Under år 2000 fortsatte utredningarna med bland annat ett examensarbete vid KTH. På normalt barkskadade, torkade och nedsmutsade stockar registrerades en överensstämmelse mellan barkmätare och manuell uppmätning om 80 till 90 % av ytan av förekommande barkskador. Resultaten visade också att stockar som var mörka på grund av bevattning eller blånad var svårbedömda eftersom den mörka ytan av barkmätaren uppfattas som bark. Funktionen vid snö och is studerades i laboratoriesimuleringar och även här noterades problem. En prototyputrustning med sex givare för linjelaser och fyra kameror för detektering av bark installerades i Forssjö Bruk. Vidare träffades ett avtal mellan STFI och Soliton AB rörande ersättning för utnyttjande av ett av STFI ägt patent rörande barkmätning med laser. RemaControl AB verkställde det programarbete som behövdes för att ta emot och bearbeta information från barkmätaren.

I september 2001 konstaterades att mätsystemet fungerade så att det kombinerade barkdetektering med mätning av barktjockleken. Felet i den automatiska bestämningen av diametern under bark hade en standardavvikelse på 2,9 mm. Felkällorna i systemet visade sig dock vara fler än de som kunde direkt härledas till själva barktjockleksmätningen. De utgjordes både av mätfel i 3D-mätsystemet och felaktig uppskattning av barkandelen i barkmätaren. Fel i den manuella bestämningen av facitdiametern förelåg med all sannolikhet också. Slutsatsen av utförda studier var ändå att barktjockleksmätningen fungerade och att den trots nämnda ofullkomligheter i systemet gav resultat i nivå med det manuella förfarandet. Med en förfinad programvara och bättre kalibrerad 3D-mätare skulle noggrannheten i det automatiska systemet kunna höjas ytterligare.

Mätramsleverantörerna Rema Control AB och AB Pronyx (numera Benima AB) implementerade tekniken med automatisk barkmätning i egna system och under 2002 erhöll båda tillverkarna order på sådan utrustning. Innan automatisk barkmätning får användas vid vederlagsgrundande mätning skall respektive tillverkares utrustning typgodkännas av VMR. Planer för hur sådana ska genomföras finns fastlagda. På grund av förseningar hos tillverkarna kunde något typgodkännande dock ej ges inom projektets tidsram.



Figur 1. Principerna för diametermätning under bark.

2.2 Trädslagsbestämning

Målsättning vid projektets start:

Målsättningen var att identifiera lämplig detekteringsteknik för robust och säker separering av tall och gran i sågverkens timmersortering. Följande kravspecifikation fastställdes:

Materialflöde: 3 m/s vid längsgående transport i timmersorteringen. Alternativt kan bedömningen göras då stocken tvärmatas i anslutning till timmersorteringen.

Robust: Timret har en stor variation vilken ska täckas in. På mätstationen råder ogynnsamma förhållanden, t.ex. vibrationer, smuts och damm.

Årstidsoberoende: Utrustningen ska klara av olika årstidsförhållanden.

Kostnadsnivå: Priset bör inte överstiga 500 kkr. En övre gräns sattes dock till 750 kkr.

Träffprocent: Bör uppnå 99,5% med reservation för snö- och istäckta stockar.

Genomförande

Delprojektet inleddes med en kunskapsinventering rörande stocktyper och mantelytor. Denna redovisades i dokumentet ”*Olika typer av bark och defekter på tall- och granstockars mantelyta*”. Under 1999 påbörjades också en inventering av olika mättekniker. Man tittade på:

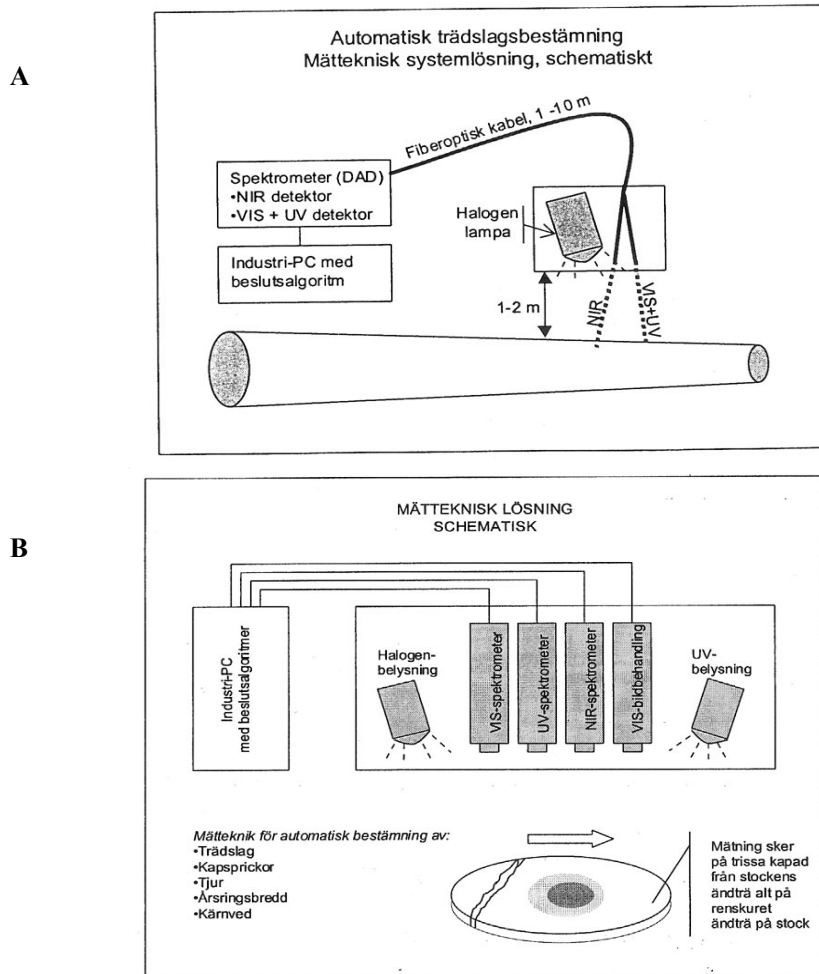
Spektrala metoder: Ultraviolett ljus (UV), synligt ljus (VIS), nära infrarött ljus (NIR) och infrarött ljus (IR).

Struktur/topografi: Mikrostruktur, makrostruktur/topografi.

Övriga metoder: Kemisk reagens, densitetsvariationer, emissioner och ljudvågor.

Resultatet av denna kartläggning redovisades i februari 2001. Slutsatsen var att ingen av metoderna entydigt och klart uppfyllde kraven på kapacitet, precision och total systemkostnad. Ett fler-sensorsystem byggt på spektral reflektans vid mätning på stockens mantelyta inom såväl VIS-området som NIR-området skulle möjligen kunna uppfylla kraven men bedömdes ha begränsningar vid snö, is och föroreningar på mantelytan. Denna risk skulle kunna elimineras genom renkapning av stockändarna. Styrgruppen konstaterade att även om metoder som förutsätter renskärning av stockändytan kan förefalla tekniskt komplicerade så bör de kunna tillföra annan värdefull information utöver trädslaget som t ex kapsprickor, årsringsbredd, röta och tjur. Trätek fick därför i uppdrag att projektera dels ett flersensorsystem för mätning på mantelytan, dels ett system baserat på renskärning av stockändar. Dessa två projektförslag presenterades i juni 2001 (figur 2). Renskärning av stockändar var specificerat till att göras med cirkelklinga i båda stockändarna. Med en snittbredd på 8 mm, trisstjocklek om 20 mm och 10 mm för egalisering skulle den sammanlagda bortkapslängden bli ca 76 mm.

Alternativet med ett fler-sensorsystem för mätning på mantelytan avfördes från dagordningen eftersom det inte kunde förväntas fungera under stora delar av året i norra Sverige på grund av snö och is. Alternativet med renskärning av stockändar utreddes vidare. Man konstaterade då att det visserligen är tekniskt möjligt att kapa trissor men att stor osäkerhet rådde dels kring hur funktionssäker trädslagsbestämningen kunde bli, dels kring detekteringen av virkesfel. Man noterade också att trenden i dag går mot oförstörande provning.



Figur 2. I juni 2001 presenterades två koncept för automatisk trädslagsbestämning.
A: mätning på mantelytan, B: mätning på renkapad ändyta.

Ny plan våren 2002 – trädslagsbestämning med X-ray LogScanner

När det visat sig att det ursprungliga målet inte kunde uppnås bestämdes att genomlysning med röntgen skulle utredas. Detta eftersom bra trädslagsbestämning, 99 % korrekt bestämning, uppnåtts med X-ray LogScanner vid simuleringar på tomograferade stockar. Praktiska försök vid Valåsens sågverk visade dock på sämre resultat. Varför det blev så samt hur det skulle kunna åtgärdas hade inte undersökts i tillräcklig omfattning. Problemet var att grova furustockar hade en tendens att bedömas som gran samt att klana granstockar hade en tendens att bedömas som furustockar. Den viktigaste grunden för att skilja på gran och tall med X-ray LogScanner är variabler som registrerar kvistar mellan kvistvarven. På gran finns det sådana medan de inte förekommer på furustockar. Det nya delprojektet skulle studera hur dessa variabler kan förbättras. Man skulle också studera hur trädslagsbedömningen kan ytterligare förbättras genom att ta hänsyn till

ojämn fördelning mellan trädslagen. Vid ”trädslagsrena” sågverk bör andra tröskelvärden användas jämfört med vid trädslagsblandade.

På grund av driftsproblem vid anläggningen i Valåsen kunde denna analys ej färdigställas inom projektets tidsram. Skulle denna teknik visa sig uppfylla ställda krav måste ändå konstateras att det lär dröja innan röntgen är allmänt spridd på svenska mätstationer.

2.3 Detektering av kapsprickor

Målsättning vid projektets start:

Målsättningen var att installera och utvärdera en prototyp, baserad på ultraljudsteknik, för stickprovsvis bestämning av kapsprickor hos barrsågtimmer i samband med inmätning.

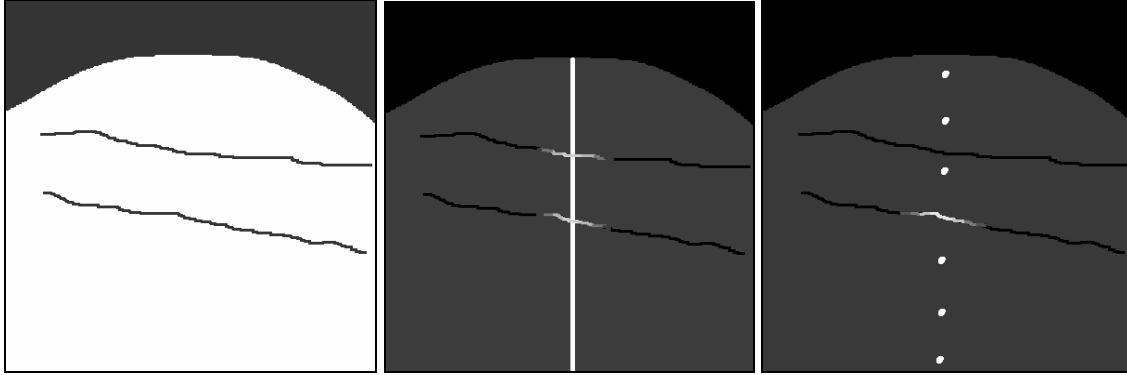
Genomförande

Projektet var inledningsvis inriktat på berörande mätning med ultraljud. Funktionsproven gjordes hos Graninge Skog och Trä och finansierades av Träforsk och Nutek. Detta delprojekt låg alltså finansiellt sett utanför projekt "Effektivare Sågtimmermätning". De första resultaten från studier på ofruset virke var positiva och laboratorieförsök i USA hade visat att tekniken med ultraljud även fungerar på fruset virke. De studier som gjordes visade dock att metoden ej fungerade på frusen tall. Kravet på fysisk kontakt och behovet att mäta runt stockens omkrets skulle också förhindra on-line lösningar. Av dessa anledningar avbröts arbetet med ultraljud.

Ny plan våren 2002 – Laser och kamerateknik

Under arbetet med trädslagsbestämning framkom att sprickor framträdde tydligare när de belystes med överljusteknik dvs någon form av mycket kraftig belysning. Det beslöts därför att undersöka möjligheten att med tekniskt och ekonomiskt tillgänglig kamerateknik mäta kapsprickor på stockändar i praktisk timmermätning. Detta arbete genomfördes under hösten 2002.

Tre belysningsprinciper testades. Med *fotobelysning* syns sprickorna som mörka streck i bilden. Med *laserlinje* kan man se dem som både en dämpning av intensiteten på linjen och en spridning i sprickans riktning. Sprickorna måste bilda en vinkel på minst 45 grader mot linjen för att spridningen ska vara tydlig. *Laserpunkterna* liknar linjen, fast här måste punkten träffa i sprickan. För punkter finns dock inget krav på sprickornas orientering. Intensiteten i punkterna, och därmed i spridningen, är högre än med linjen (figur 3).



Figur 3. Principen för de tre olika belysningarna. Från vänster: fotobelysning, laserlinje och laserpunkter.

Valet av belysning för prototypsystemet föll på laserlinje. Resistiviteten mot s.k. false positives ansågs vara viktigare än den minskade känsligheten/tydligheten jämfört med fotobelysningen. Begränsningen att sprickor måste ligga vinkelrätt mot linjen väntas gå att kringgå i ett vidareutvecklat system med en andra laserlinje vinkelrät mot den första.

Inledande resultat i labbmiljö var mycket lovande. Vid praktiska tester i Munksunds sågverk framkom dock begränsningar. Det som hindrade tekniken från att fungera var främst att bilder inte kunde inhämtas med tillräckligt hög kvalitet, och till mindre del att beräkningskraften inte räckte för att analysera fler bilder per stock. Bedömningen var att tekniken går att vidareutveckla till ett väl fungerande system för tvärtransport med följande förändringar:

- Bättre kamerautrustning för att fånga den komplicerade bild som ges. Högre dynamiskt omfång krävs (mer än 120 dB).
- Kraftigare lasermodul, nödvändigt för att särskilja informationen från den omkringbelysning som kommer att finnas i en praktisk implementation, även om täckelse sätts upp. Den lasermodul som användes hade en total uteffekt på 27 mW.
- Optimerad beräkningsalgoritm, plus kraftigare hårdvara t.ex. flerprocessorsystem som sköter beräkningen.

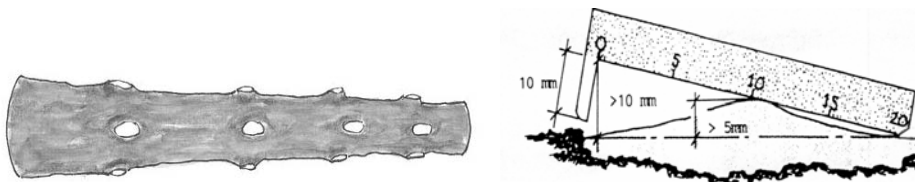
Tvärsmatningen innebär många fördelar. På en längsmatad bana är hastigheten högre, stocken passerar in och ut genom optimal fokuspunkt både för kamera och laser, och perspektivet man måste ta för att undvika att hamna i stockens färdväg är inte optimalt.

3 Automatisk kvalitetsklassning med hjälp av stockens form

3.1 Inledning

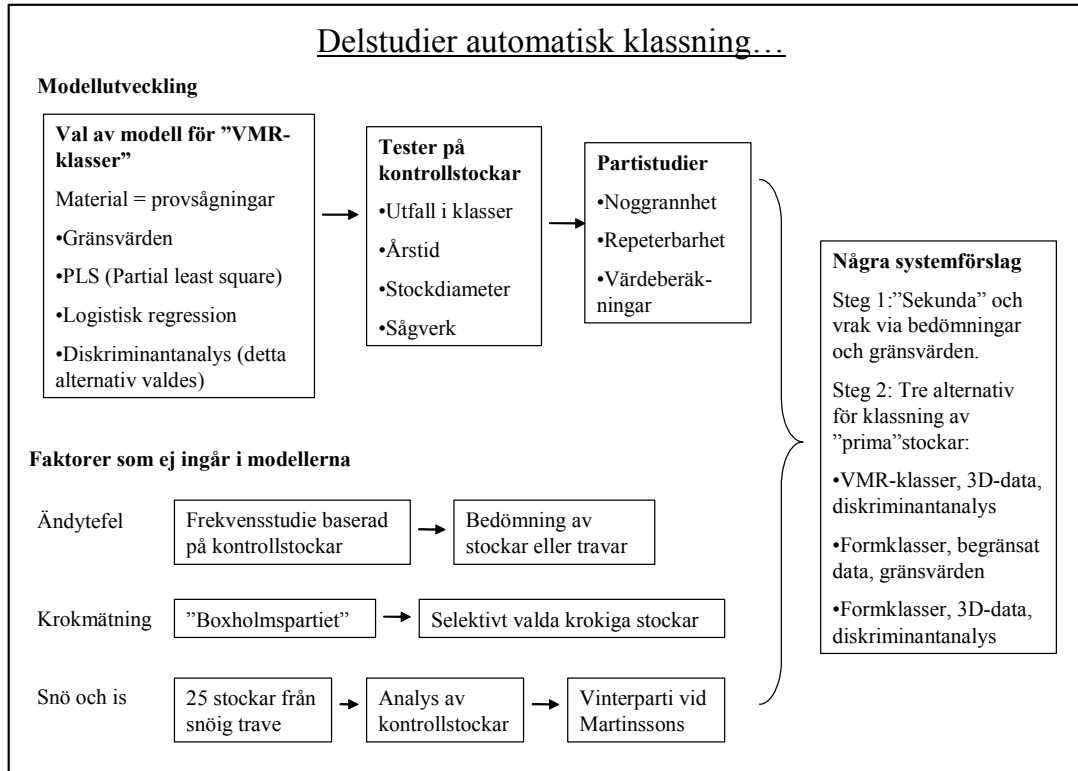
Vid SLU inleddes i början av 1990-talet arbeten kring sortering av sågtimmer med ledning av stockarnas form (Nylinder 1990). I detta skede användes data från 2D-mätram. Under andra halvan av 1990-talet introducerades 3D-mätram vilket kraftfullt förbättrade möjligheten att definiera formvariabler. Jäppinen (2000) utvecklades ett sorteringsystem baserat på logistisk regression. I detta sorterades stockarna i två klasser med avseende på lämplighet som råvara för limträ. Logistisk regression kan sägas vara särskilt lämpligt när man vill sortera i två klasser. Parallellt med dessa arbeten vid SLU började Träteknik marknadsföra produkter baserade på formmätning. Vidare kan nämnas att Luleå Tekniska Universitet i arbeten vid Kågesågen visat på tydliga samband mellan stockars form och dagens timmerklasser (Oja m.fl. 1999). Erfarenheter från dessa arbeten utgjorde grunden när projekt "Effektivare sågtimmermätning" planerades.

Variabler som beskriver stockens form är till exempel avsmalning, bulighet, krok och ovalitet. Av dessa vet vi att avsmalningsmått korrelerar med stocktyp (rot-mellan- eller toppstock) och att bulighet beskriver kvistighet. Vi kan även prognosticera dessa mått om vi känner till beståndsdata och skötselhistorik. Dessa är därför lämpade för automatisk kvalitetsklassning. Krok och ovalitet däremot är resultatet av mer slumpmässiga "olyckor" som trädet kan råka ut för. De olika orsakssambanden gör att krok och ovalitet inte bör ingå gemensamt med avsmalning och bulighet i modeller för kvalitetsklassning. Däremot är en krok en viktig variabel i sig varför några delstudier ägnades specifikt åt krok-mätning. Ovalitet ägnades mindre uppmärksamhet inom projektet. Snö och is kan påverka stockens form. Några delstudier ägnades den problematiken.



Figur 4. Den bulighet som registreras i en 3D-mätram kan närmast beskrivas som kvistvarvsutbuktningar (vänstra bilden). Detta är ej samma sak som de avsevärt mindre kvistansvällningar som mäts under bark med "bulometer" (högra bilden). Upplösningen i dagens 3D-mätram räcker ej för att upptäcka (små) kvistansvällningar.


Vissa virkesfel kan ej korreleras till stockens form. Det gäller exempelvis röta och frodvuxenhet samt vissa lågfrekventa fel som källved, kådved och vattved. Ett eventuellt nytt system för klassning av sågtimmer måste kunna hantera dessa. Alternativet vore att stryka dem. Med avsikten att vid projektets slut kunna presentera heltäckande systemförslag inkluderades studier kring bedömning av virkesfel med tonvikt på sådana som kan ses i stockens ände (ändyfefel).



Figur 5. Översikt över delstudier inom delprojekt "automatisk klassning med hjälp av stockens form". I punktform anges viktiga analyser för vissa delstudier.

3.2 Material

Nedan beskrivs de olika dataset som användes. Materialens fördelning på platser, VMR-klasser, dimensioner etc beskrivs närmare i bilaga 1. I figur 6 visas försöksplatsernas belägenhet samt i vilken datainsamling de ingick. Alla formdata insamlades från 3D-mätningar av märket Rema. I dessa bestäms stockens form med hjälp av 48 punktklasser fördelade på tre mätriktningar.

	Plats	Delstudie
	Bodensågen	Partistudien
	Martinssons Trä	Provsågningar (tall och gran) Kontrollstockar Travstudien Stockar med snö och is
	Heby Såg	Kontrollstockar Partistudien Krokstockar
	Forssjö Bruk	Kontrollstockar Travstudien
	Boxholms Såg	Provsågningar (tall) Kontrollstockar Partistudien Travstudien
	Anebyhus	Provsågningar (gran) Kontrollstockar
	33 sågverk	Kontrollstockar (virkesfel)

Figur 6. Datainsamling inom delprojekt "automatisk kvalitetsklassning med hjälp av stockens form" bedrevs vid sex platser, förutom den inledande kontrollstocksstudien rörande frekvensen av olika virkesfel vilken bedrevs vid 33 sågverk.

Provsågade stockar

Provsågningar genomfördes vid tre sågverk; Martinssons Trä i Västerbotten (tall och gran), Boxholms såg i Östergötland (tall) och Anebyhus i Småland (gran). Målet var att vid varje sågverk insamla 20 stockar i varje dimensions- och VMR-klass samt från sågbara vrakstockar. Andelen stockar i klass 1 samt stockar i klass 2 i grövre dimensioner blev dock betydligt lägre än i övriga klasser. De vanligaste orsakerna till "sågbart vrak" var sprötkvist, röta och krok. Totalt provsågades 722 stockar varav 433 tallstockar och 289 granstockar. Stockarnas form mättes i Rema 3D-mätram och sågutbytena (såväl centrum- som sidoutbyten) klassades enligt Nordiskt Trä. Datamaterialet "provsågade stockar" användes till att utveckla formbaserade modeller för klassning.

Kontrollstockar

Data från virkesmätningens funktionskontroll, så kallade kontrollstockar, samlades in i två omgångar för två olika syften. Den första syftade till att belysa frekvensen virkesfel och pågick från november 1999 till januari 2000. Totalt insamlades data från 1511 stockar, 832 granstockar och 679 tallstockar, vid

33 sågverk. Den andra syftade till att få ett större referensmaterial för analys av formbaserad klassning. Den pågick från våren 2000 till våren 2002 och omfattade samtliga kontrollstockar vid fem sågverk; två från VMF Syd (Anebyhus och Boxholm), två från VMF Qbera (Forssjö Bruk och Heby Såg) och ett från VMF Nord (Martinssons Trä). Under perioden kontrollmättes 10 521 stockar vid de fem sågverken. Datamaterialet inkluderar stockens form, ordinarie mätares klassning samt kontrollmätarens klassning. Dimensionsvrak dvs. stockar under 280 cm i längd och/eller under 10 cm i toppdiameter uteslöts ur datamaterialet.

Travstudien – manuell bedömning av andelen virkesfel i travar

Med målsättningen att se hur väl virkesmätare kan bedöma volymandelen per trave av stockar med virkesfel genomfördes en studie på totalt 85 travar vid tre sågverk, Martinssons Trä, Forssjö Bruk och Anebyhus. En omgång studier genomfördes under vintern och en andra omgång under sommaren. Riktiga vinterförhållanden rådde dock endast vid Martinssons vinterstudie. Vid varje studie bedömde 3-4 virkesmätare 10-15 travar. Alla travar bedömdes i båda ändarna. Mätarna bedömde andelen gran samt andelen av vart och ett av de undersökta virkesfelen. Röta, tjurved och frodvuxenhet bedömdes per trädslag. Gränserna för nedklassning av stock på grund av tjurved var 20 % av ändytan, för röta 0 % av ändytan och för frodvuxenhet 5 mm årsringsbredd. Dessa gränser gällde för både gran och tall och skiljer sig något från dagens regler. Sedan ingick en mängd andra mindre frekventa fel som bedömdes oberoende av trädslag: avverkningspricka, växtspricka, stockblånad, lagringsröta, vattved, källved, märgspricka, törved, kådved, kådlåpor, avverkningskada, insektsskador, växtvridenhet och lyra. Vid val av försökstravar eftersträvades stor förekomst av virkesfel. Efter dessa bedömningar mättes topp- och rotdiameter samt förekomst av virkesfel på alla enskilda stockar av erfarna kontrollmätare. Den stockvisa mätningen betraktades som facit.

Partistudien - virkespartier för system- och repeterbarhetsstudier

Studien utfördes hösten 2001 (Boxholms Såg) samt våren 2002 (Heby Såg och Bodensågen).

I Boxholm studerades ett parti av blandad tall och gran, i Heby och Boden vardera ett rent tallparti och ett rent granparti. Varje parti motsvarade ungefär ett billass om 2-3 biltravar. Studien i Boden utfördes i slutet av februari och stockarna var något isiga, dock ej snöiga. De två andra studierna utfördes under snö- och isfria förhållanden. Partistudien syftade till att studera noggrannhet och repeterbarhet vid automatisk respektive manuell klassning samt till att studera alternativa sätt att bedöma virkesfel. Partiet i Boxholm användes även till studier av krokmatningens repeterbarhet.

Stockarna mättes tre gånger. Vid varje mättillfälle klassade en ordinarie virkesmätare stockarna enligt dagens metod för stockvis klassning samtidigt som en annan mätare endast klassade förekomst av ändyfefel. Mätarna bytte vid varje mättillfälle av varandra. Omlastningen mellan mättillfällen gav olika rotationslägen samtidigt som barken kan ha skavts av. Formdata kan därför skilja sig något mellan mättillfällena. Mätarna bedömde sedan på partinivå, separat för varje trädslag, andelen stockar med förekomst av tjurved, röta och frodvuxenhet. Slutligen kvalitetsklassade en kontrollmätare varje stock, med respektive utan hänsyn till ändyfefel. Kontrollmätarens klassningar betraktades som facit. I analyserna slogs

klass 1 och 3 samman till en klass. Även klasserna 4, 5 och vrak (tall) respektive 4 och vrak (gran) slogs samman.

Stockar med snö och is

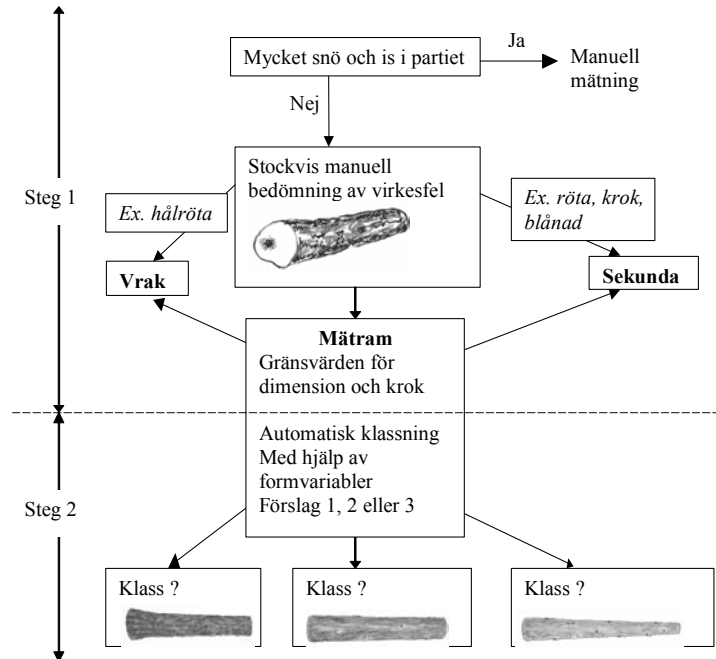
Snö och is kan förväntas påverka bulighet och ovalitet, särskilt som den ofta koncentreras till en sida av stocken. För att studera detta valdes under vårvintern 25 stockar från en översnöad och isig trave. Stockarnas form mättes i 3D-ram vid Martinssons Trä, först med snö och is och sedan efter att snö och is smält bort.

Krokstockar

Bland annat pga den relativt dåliga repeterbarhet i krokämätning som registrerades i ”partistudien” bestämdes att samla in ett kompletterande material med subjektivt valda ”krokstockar”. Dessa erhöles från ett bestånd en mil söder om Uppsala. Beståndet innehöll många krokiga träd, troligen beroende på blöt mark och därmed instabila växtförhållanden. I beståndet utsågs 20 träd med olika typer av krok samt några raka träd. Totalt insamlades 58 stockar varav 44 hade någon av kroktyperna långkrok, rotkrok, slängkrok eller toppbrottskrok. Stockarnas mättes först manuellt (endast långkrok) och därefter fyra gånger i mätramen. Därvid varierades hastigheten (60 respektive 120 m/min), rotationsläget (största krok höger eller vänster) samt mättningsriktning (topp eller rot först). Datamaterialet ”krokstockar” användes till att studera repeterbarheten för krokått vid mätning i 3D-ram.

3.3 Inverkan av snö och is, hantering av virkesfel samt krokämätning

De resultat från olika delstudier kring snö och is samt hantering av virkesfel som redovisas i detta kapitel visade att vissa bedömningsmoment nog måste finnas kvar i den framtida sågtimmermätningen. De längre fram presenterade förslagen på klassningssystem bygger därför på ett inledande steg där stockar med virkesfel sorteras ut manuellt på basis av gränsvärden. Vad gäller krok visade modellutvecklingen (se kap 3.4) på icke signifikanta samband för sådana variabler vilket innebär att även krokiga stockar bör sorteras ut innan de raka stockarna formklassas. För stockar med virkesfel eller krok har beteckningen ”sekunda” valts. Är felet betydande (ett högre gränsvärde) vrakas stocken. Därefter klassas ”prima” stockar med hjälp av formvariabler (figur 7).



Figur 7. De föreslagna klassningssystemen bygger på att stockar med virkesfel, krok eller felaktig dimension sorteras bort i ett inledande steg. Detta är tänkt att vara en kombination av automatik och manuell bedömning. Dessa stockar benämns sekunda eller vrak. Kvarvarande stockar benämns prima och klassas med hjälp av formvariabler, se förslag 1-3 i kap 3.4.

Inverkan av snö och is

Delstudien ”stockar med snö och is” visade att snö och is kan bli ett stort problem vid klassning med formvariabler. Dessa stockar var dock särskilt utvalda och det är sannolikt relativt sällan så extrema förhållanden uppstår. I kontrollstocksstudien, som omfattade två vintersäsonger, kunde någon negativ inverkan på den automatiska klassningen ej utläsas. Detta gällde såväl tall som gran. Slutsatsen av genomförda studier blir ändå att ett framtida system baserat på automatisk klassning bör innehålla riktlinjer kring snö och is avseende när manuell mätning och klassning måste tillgripas.

Hantering av ändyfefel samt lågfrekventa övriga virkesfel

I den inledande kartläggningen av frekvensen "mindre värdepåverkande egenskaper" beräknades kvalitetsfelen dels som frekvensen stockar, dels som andel av stockarnas totala ändyta. Nedan redovisade siffror avser i tillämpliga fall ändyteprocent.

Tall: Tjurved var den största orsaken till nedklassning 1,8 %, följt av lyror 1,1 %. Kapsprickor orsakade volymbehandling för 2,6 % av stockarna. Frodvuxenhet förekom ganska frekvent men gav sällan upphov till vare sig nedklassning eller volymbehandling. Ovanliga fel och/eller fel som sällan (< 0,5%) gav upphov till nedklassning eller volymbehandling var; växt/frostspricka,

lagringsskador, vattved, källved, märgspricka, törved, kådved växtvridenhet och kådlåpor.

Gran: Frodvuxenhet var den största orsaken till nedklassning av gran 4,6 %, följt av röta 2,9 %, tjurved 2,7 % och lyror 1,1%. Kapsprickor orsakade volymbehandling för 2,3 % av stockarna. Kådlåpor noterades relativt ofta utan att ge upphov till nedklassning eller volymbehandling. Fel som sällan (< 0,5%) gav upphov till nedklassning eller volymbehandling av gran var lagringsskador, källved, märgspricka, törved, kådved, växtvridenhet och tillredningsfel.

Frekvensstudien följdes sedan av en studie kring möjligheten att på travnivå skatta mängden av de virkesfel som kan avläsas i stockändarna. På basis av ovan nämnda studie om förekomst av olika virkesfel valdes att fokusera studien på tjurved, röta och frodvuxenhet (dvs årsringsbredd > 5 mm inom bedömningsområdet). Resultaten visade generellt sett på stor osäkerhet i bedömningarna. Trots det kan man säga att travar med hög andel virkesfel kan identifieras. Träffsäkerheten skiljde sig mellan olika virkesfel, frodvuxenhet och röta gick bättre att bedöma än tjurved, medan övriga virkesfel var så lågfrekventa att resultatet blev svårtolkat. Man kan också konstatera att bedömning av bägge travsidorna inte förbättrade träffsäkerheten speciellt mycket samt att snö och is försvårade bedömningarna rejält.

Krokmätning

Den inledande analysen på automatisk krokmätning, baserad på ”Boxholmspartiet”, visade förvånande låg repeterbarhet. Denna studie omgärdades dock av frågetecken, till exempel om stockarna rört sig på mätbanan.

Resultaten från den kompletterande krokstudien visade på bättre repeterbarhet samt att noggrannheten vid mätning av krok är relativt god med avseende på båghöjd. Studien visade också att varken noggrannhet eller repeterbarhet påverkades av ökad matningshastighet eller stockens mätriktning.

3.4 Modellutveckling

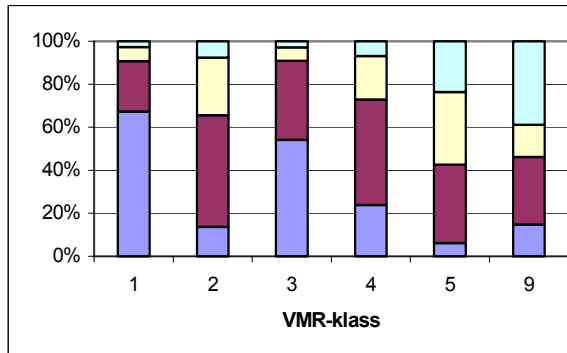
Modellutvecklingen i detta projekt baserades på de formvariabler som utvecklades av Lundgren (2000) och som integrerats i Remas 3D-mätram. Variablerna beskrivs närmare i bilaga 2. Merparten av arbetet med modellutveckling inriktades på klassning enligt dagens VMR-klasser (VMR 1/99). Detta resulterade i förslag 1. Förslag 2 och 3 tillkom under projektets slutskede och är därför inte lika noggrant analyserade som alternativ 1.

3.4.1 Resultat från provsågningen

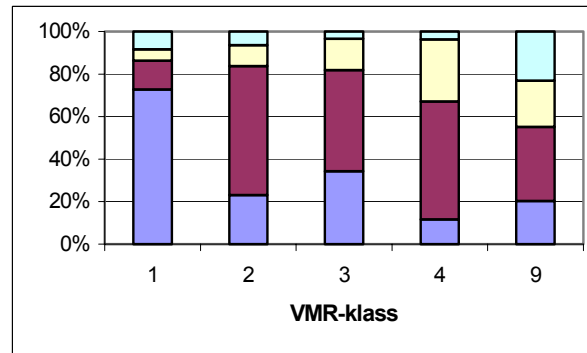
Syftet med provsågningarna var dels att kunna bedöma relevansen av eventuella sammanslagningar av VMR-klasser, dels att få underlag för utveckling av nya klasser. Resultaten motiverade bland annat en sammanslagning av klass 1 och 3 för tall (figur 8). Fortsatta analyser visade att sambanden mellan stockklass och klassning efter Nordisk Trä var svaga vilket indikerade att en ny och enklare klassindelning skulle kunna ge lika god överensstämmelse mellan timmerklass och

den sågade varans egenskaper. Det var för både tall och gran svårt att separera klasserna 4, 5 och vrak med hjälp av forldata.

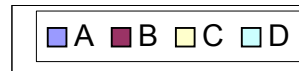
Tall



Gran



Kvalitetsklass enligt Nordiskt Trä



Figur 8. Resultat från provsågningarna. Den sågade varans fördelning på klass enligt Nordiskt Trä inom stockkvalitetsklasser enligt VMR (klass 9=vrak). Samtliga centrum- och sidoutbyten klassades.

3.4.2 Val av matematisk grund för klassningsmodellen – principer för utvärdering

När man har tillgång till data om stockens form gäller det sedan att konstruera matematiska modeller för indelningen i klasser. I projektet testades fyra modellalternativ; 1) gränsvärden, 2) PLS (partial least square regression), 3) logistisk regression och 4) diskriminantanalys.

Sortering baserad på *gränsvärden* för olika variabler är ett enkelt och lättbegripligt sätt att sortera stockar. Om det är fler än ett gränsvärde vid varje steg kan dock utsorteringen vara svår att kalibrera. Fastställandet av gränsvärden görs ofta på subjektiva grunder.

Ex. $Om(Bulighet < 0,5 \text{ och rotavsmalning} > 15) \rightarrow \text{klass } 1+3$

En regressionsmodell beräknar ett sannolikhetsvärde (P) från ett antal variabler på en stock. Detta värde beskriver sannolikheten att stocken är t.ex. klass 2. Till modellen anpassas ett funktionsgränsvärde. Om P är större än detta värde sorteras stocken ut. Tröskelvärdet anpassas till önskad andel utsorterade stockar.

Ex. $Om(P_{klass2} = bulighet * 0,5 + toppavsmalning * 15 \dots > \text{funktionsgränsvärde}_{klass2}) \rightarrow \text{klass } 2$

Det finns flera typer av regressionsmodeller. *Partial Least Square (PLS) regression* har visat sig användbart vid stora dataset med korrelerade variabler och när det finns brus i datasetet, vilket ofta är fallet i en mätram. *Logistisk regression* är särskilt lämpad för sortering i två klasser och den är mer robust i jämförelse med

en linjär funktion då underliggande data innehåller mycket brus. Det fjärde alternativet, *diskriminantanalys*, baseras på att med hjälp av linjära funktioner beräkna sannolikheten för att en stock tillhör en viss klass. Sannolikheten beräknas för varje klass och stocken allokeras till den klass som fått högst sannolikhet. En fördel med denna metod är att även sannolikheter för andra klasser disponeras. Detta ger möjlighet att varna då sannolikheten är relativt lika mellan två klasser.

Efter ingående analyser befanns diskriminantanalys vara det bästa alternativet. Nedan redovisade förslag 1 och förslag 3 bygger på denna matematiska grund medan förslag 2 bygger på gränsvärden. Som nämnts tidigare var projektets huvudmålsättning automatisk klassning enligt dagens regler (VMR 1/99). Detta alternativ, förslag 1 nedan, utvärderades noggrant enligt följande principer:

Normalt uttrycks överensstämmelsen mellan facit (kontrollmätning) och annan klassningsmetod som *träffprocent*. Denna form av utvärdering har klara brister när någon av klasserna är starkt överrepresenterad. Som komplement användes ”*Simple Kappa Koefficient*”, här kallad *K-träff*, vilken är en etablerad metod inom bland annat medicinsk forskning. Fördelen med *K-träff* är att den tar hänsyn till slumpfaktorn. Detta innebär att träffprocenten justeras ned beroende av hur stor andelen träff skulle vara om klassningen skett med en slumpgenerator. Då vare sig *K-träff* eller träffprocent ger hela sanningen rörande överensstämmelse mellan kontrollmätning och vanlig mätning kompletterades med ytterligare ett mått, *skevhets*. Skevhets är ett mått på symmetri, vid perfekt symmetri är värdet på skevhets 0. Skevhets har två funktioner; dels är det ett mått på hur lika mätningen är kontrollen med avseende på andelar stockar i olika klassningar och dels är skevhetsen viktig då den påverkar träffprocent och *K-träff* på olika sätt. Det bör vara någorlunda lika andelar stockar i de olika klassningarna för att träffprocent eller *K-träff* inte ska vara missvisande. Slutligen jämfördes olika mätningar med avseende på *repetierbarhet*.

3.4.3 Förslag 1: Modell för automatisk klassning enligt modifierade VMR-klasser

I de via diskriminantanalys framtagna funktionerna ingår åtta variabler för tall och sju variabler för gran (se bilaga 2). Samtliga dessa variabler utgör kombinationer av grundbegreppen diameter, avsmalning och bulighet. En variabel som testades men inte visade sig signifikant var ”*krok*”. Detta trots att krokiga stockar borde vara vanligare i de sämsta klasserna. Förklaringen kan vara att funktionerna är linjära och att krokiga stockar finns även i de bästa klasserna samtidigt som raka stockar finns bland de sämsta klasserna. Även variabler för ovalitet testades men befanns icke signifikanta. Detta resultat stöder vad som tidigare påpekats, då från en principiell grund, att utsortering av krokiga (och kanske även ovala) stockar görs bäst med variabelgränsvärden.

Analyserna visade att först när den automatiska klassningen kombineras med stockvis bedömning av virkesfel nås en träffprocent i nivå med (strax under) den ordinarie manuella klassningen. Märk att detta gäller efter sammanslagningar till tre klasser. Automatisk klassning mot dagens fem respektive fyra klasser är inte att tänka på. Däremot var repetierbarheten bättre för automatisk klassning än för manuell klassning.

För gran sjönk träffprocenten vid automatklassning med ökande stockdiameter. För tall var träffprocenten vid automatklassning oberoende av stockdiametern men eftersom den manuella klassningens träffprocent ökar med ökande stockdiameter kan man säga att för såväl tall som gran är automatisk klassning mer problematisk på grova stockar. Resultatet kan troligen förklaras av att bulor och kvistar vallats över under tillväxten och att de egenskaper som styr klassningen av grövre stockar i mindre grad är sådana som avspeglas via stockens form.

Någon skillnad mellan norra och södra Sverige, eller mellan årstider, kunde inte påvisas.

3.4.4 Förslag 2: Nya formklasser baserade på enkla formdata

Detta förslag baserades på gränsvärden och enkelt mätbara formvariabler (se bilaga 2). Variablerna som användes är tänkta att kunna mätas såväl manuellt med klave och måttband som automatiskt i mätramen. Vad gäller buligheten kan detta stöta på praktiska problem. Sorteringen av prima stockar skedde i tre klasser för såväl tall som gran:

- Klass I: Rotstockar över viss diameter, begränsad avsmalning i toppändan och begränsad bulighet samt höga krav på rakhet.
- Klass II: Stockar, ej rotstockar, under viss diameter med krav på viss avsmalning i toppändan.
- Klass III: Stockar som uppfyller minimikrav för prima men ej kraven för klass I eller II.

Ingående variabler var:

Rotavsmalning: Avsmalning i stockens grovända, mm/m: (diameter 10 cm från änden - diameter 110 cm från änden).

Toppavsmalning: Avsmalning i stockens toppända, mm/m: (diameter 110 cm från toppänden - diameter 10 cm från toppänden)

Bulighet: Mätramsvariabeln för bulighet (ett manuellt mätbart mått som har god korrelation till mätramens bulighetsmått måste utvecklas).

Krok: Pilhöjd i relation till diameter i topp och längd.

3.4.5 Förslag 3: Nya formklasser baserade på 3D-data

Vid utarbetandet av detta förslag testades alla formvariabler som Remas 3D-mätram genererar. Funktioner för klassning togs fram med hjälp av diskriminantanalys. Målsättningen var att skapa stockklasser vars sågade utbyten skulle skilja sig så mycket som möjligt från varandra. Andelen stockar i en enskild klass skulle helst inte understiga 10 %. Funktioner skapades för följande nya stockklasser:

- Kvistfritt – rotstockar med hög andel utbyteskvalitet A.
- Friskkvist – stockar med hög andel friska kvistar
- Torrkvist – övriga stockar

De slutliga funktionerna innehöll sex formvariabler för tall och fyra formvariabler för gran (se bilaga 2). Variabelvalet, dvs de variabler som befanns signifikanta i

analysen, skiljde sig kraftigt från förslag 1. Kom dock ihåg att alla formvariabler bygger på samma grundbegrepp; diameter, avsmalning och bulighet.

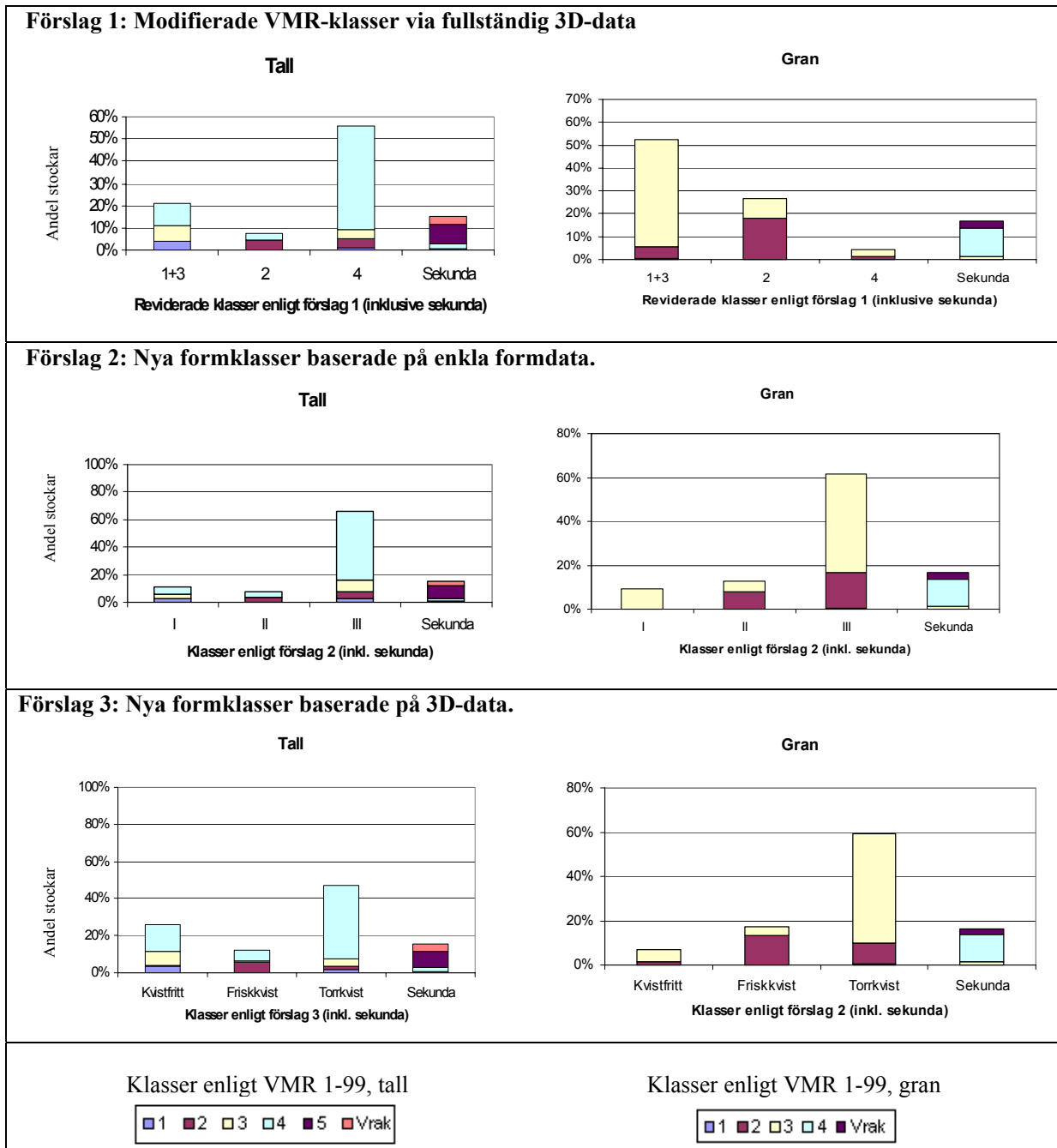
3.4.6 Andel stockar i de nya klasserna

I figur 9 visas andelen stockar i de nya klasserna. Då denna utvärdering gjordes på ett stort kontrollstocksmaterial från fem sågverk borde det vara ganska representativt för landet. Men eftersom nedklassningsorsaker och orsaker till volymbehandling inte var kända gick det inte säga hur många stockar som skulle hamnat i sekunda. Sekunda generaliserades i stället som stockar av VMR-klass 5 och vrak för tall, VMR-klass 4 och vrak för gran samt stockar med mer än 2 % båghöjd. Andelen sekunda blev då 15 % för tall och 17 % för gran. Dessa siffror kan betraktas som maxvärden eftersom en del av dagens klass 5 respektive 4 skulle klassas som prima i de föreslagna systemen. Den inledande kontrollstocksstudien där alla virkesfel noterades visade dock att hela 60-70 % av nedklassningarna till klass 5 (tall) och klass 4 (gran) berodde på fel som i de föreslagna systemen skulle leda till sekunda.

I förslag 1 blev fördelningen på klasser ungefär som i dagens system bortsett från klassammanslagningarna. För tall innebar det 17 % i klass 1+3, 8 % i klass 2 och 60-65 % i klass 4. För gran dominerade klass 1+3. Gran, klass 4 erhöll 6 % av de stockar som av kontrollmätare klassats till 1-3 i dagens system. En fråga som kan ställas är hur mycket denna siffra skulle öka om det gått att separera klass-4-stockarna på prima och sekunda. En specialanalys på klass-4-stockarna visade att endast ca 15 % av dem med avseende på formen skulle klassats som klass 4. Slutsatsen av detta blir att den nya klass 4 knappast skulle erhålla mer än 7-8 % av stockarna, dvs bli en liten klass.

I förslag 2 hamnade största delen av tallstockarna i klass III vilket närmast motsvarar klass 4 i förslag 1. Få tallstockar hamnade i klass I och II. Detta berodde på att vid simuleringen blev utbytets kvalitetsfördelning alltför jämn om man eftersträvade en jämn andel stockar i de tre klasserna. Förhållandet att merparten stockar hamnade i klass III gällde även för gran.

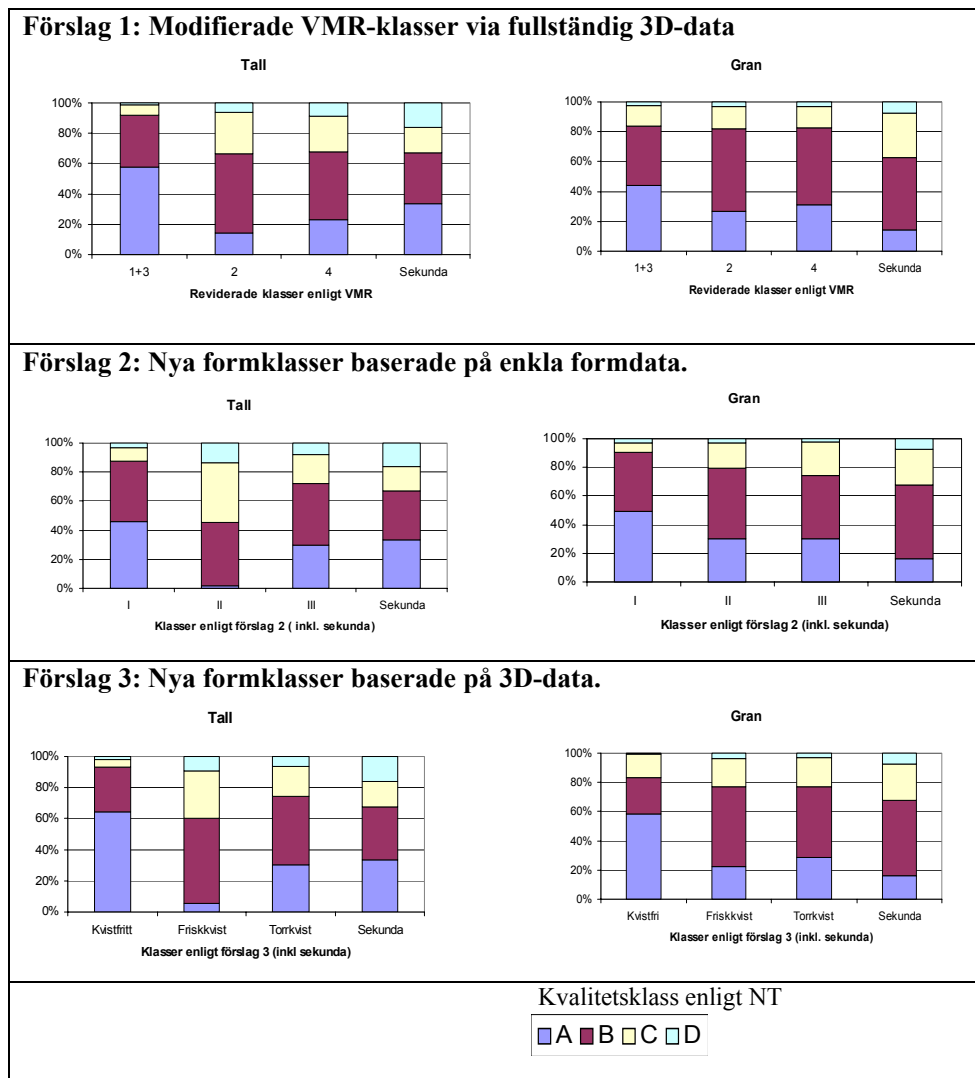
I förslag 3 gick det att fördela stockarna något jämnare i de olika klasserna och samtidigt behålla en något större skillnad mellan klasserna med avseende på utbytets kvalitet.



Figur 9. Andel stockar i de nya klasserna. Analys baserad på 10521 kontrollstockar.

3.4.7 Sågutbytets kvalitetsfördelning i de nya stockklasserna

I figur 10 redovisas det sågade utbytets kvalitetsfördelning (enligt Nordiskt Trä) för respektive ny timmerklass. Analysen baseras på de provsågade stockarna. Förslag 3 var det av förslagen där utbyteskvaliteten skilde mest mellan bästa och sämsta stockklass. Förslag 1 var vad gäller tall bara något sämre. För förslag 1, gran, var det däremot mycket liten skillnad mellan klass 1+3 och klass 4 vilket innebär att dessa klasser kanske borde slås ihop. Det kunde också konstateras att utbyteskvaliteterna inte skilde sig nämnvärt mellan friskkvistklasser och torrkvistklasser. Detta beror sannolikt på att det i Nordiskt Trä inte finns någon särskild klass för friskkvist. Resultatet till trots kan det alltså finnas beaktningsvärda skillnader mellan friskkvist- och torrkvistklasserna. Figur 10 ska tolkas med beaktande av att provsågningen styrdes till en viss fördelning på VMR-klasser och toppdiametrar.



Figur 10. Sågutbytets kvalitetsfördelning i de nya stockklasserna. Analys baserad på 722 provsågade stockar.

4 Diskussion

4.1 Teknikutveckling

Endast för ett av tre delprojekt, barkmätning, kunde de vid projektets start uppsatta målen uppnås. Inom de andra två har betydande framsteg gjorts och det är rimligt att anta att de kan klaras inom uppskattningsvis en femårsperiod om utvecklingsarbetet fortsätts.

Skall en helt automatisk sågtimmermätning uppnås måste avsevärt fler egenskaper kunna mätas än de som ingick i Effektivare sågtimmermätning. Det gäller exempelvis ”ändyteinformation” som årsringsutveckling och röta. En bedömning i dagsläget är att dessa faktorer kommer att kunna detekteras på flertalet stockar inom en ej avlägsen framtid. Mycket täta årsringar kommer knappast att klaras men här torde en klassning ”mindre än x mm” vara tillräcklig. Ruggade eller smutsiga ändytor kommer dock att leda till att vissa stockar missas. Växtvridenhet och styvhet är andra exempel på viktiga virkesegenskaper som ingår, respektive kan tänkas komma att ingå, i mätningsreglerna. Vad gäller dessa två egenskaper pågår utveckling inom andra projekt. Automatiska lösningar kan bli verklighet inom några år.

Barkmätning

Delprojektet diamettermätning under bark måste betraktas som en stor framgång. Tekniken fungerar för en stor majoritet av de stockar som passerar mätstationerna. Problemet med stockar som blivit mörka på grund av bevattning eller blånad kvarstår visserligen men sådana stockar är mycket fåtaliga i virkesmätningen. Saknas barkavskav går det ej heller att mäta barktjockleken och barkfunktioner måste då tillämpas. Även vad gäller detta problem visar undersökningar att det handlar om relativt få stockar. En möjlighet att åtgärda problemet vore att barka en smal remsa längs stocken innan den går genom mätramen.

Avslutande kalibreringar och finjusteringar kommer att göras i samband med de första kommersiella installationerna. Därefter kan tekniken förväntas få snabb spridning. När barkmätningen väl automatiserats slipper virkesmätarna ett bedömningsmoment som uppfattats som allt svårare i takt med att 3D-utrustningarna blivit fler och fler. Tekniken bör också ha en potential till ytterligare förbättring, något som den visuella bedömningen saknar. Framöver kan man också tänka sig att barkinformationen, tack vare att den inhämtas automatiskt och med stor detaljeringsgrad, kommer att nyttjas för till exempel uppföljning av olika leverantörer och/eller skördare.

Trädslagsbestämning

Arbetet med automatisk trädslagsbestämning måste däremot ses som ett misslyckande. Det är bara att konstatera att det högt ställda kravet, 99,5 % korrekt bestämning, är mycket svårt att nå. Erfarenheter från arbetet är att information från stockarnas mantelyta inte räcker medan information från renkapade ändytor troligen skulle räcka. I det senare fallet avbröts utvecklingen istället på grund av den höga kostnaden i relation till kvarvarande osäkerhet. Vad gäller val av teknik var Träteks bedömning vid projektets avslutning att NIR har den bästa potentialen.

I dagsläget utreds istället detektering med röntgen dvs att använda Remas X-ray Logscanner. Om detta visar sig framgångsrikt måste vi ändå räkna med en långsam spridning av tekniken eftersom man knappast kommer att investera i genomlysning enkom för trädslagsseparering. I takt med att allt fler sågverk blir trädslagsrena bör dock behovet av automatisk trädslagsbestämning minska. Andelen felsorterade stockar kan nog minimeras genom strikta direktiv till skördar- och skotarförare.

4.2 Automatisk kvalitetsklassning

Vid utvärdering av olika klassningsförslag är resultat från provsågningar centrala eftersom de beskriver den produkt sågverket säljer. I projektet klassades sågutbytena efter sorteringsreglerna i Nordiskt Trä (NT-klasser). Detta ger ett relativt ”trubbigt” dataset med endast ett värde (A-D) för respektive utbyte. Särskilt allvarligt är att NT-klasserna saknar en friskkvistklass samtidigt som de tre analyserade systemen för stockklassificering alla har en sådan klass. Hade provsågningarna inkluderat mätningar och klassningar av enskilda kvistar på sågutbytena skulle analysmöjligheterna ha förbättrats väsentligt.

Alla formler som användes inom detta projekt kom från 3D-mätningar av märket Rema. Denna modell är baserad på punktlaser, 48 lasrar fördelade på tre riktningar. Klara stockar berörs dock inte av alla 48 laserpunkterna. Ska resultaten från projektet tillämpas på andra fabrikat av mätningar och/eller på linjelaser istället för punktlaser, kommer variabler att behöva omdefinieras och kompletterande studier att behöva genomföras.

Modellen för modifierade VMR-klasser (förslag 1)

Den testade modellen för automatklassning bygger på att sannolikheter beräknas via diskriminantanalys. Denna beräkningsmodell har ej använts i tidigare svenska arbeten kring automatisk klassning eller sortering av sågtimmer. Valet av denna beräkningsmodell baserades på konsultationer med statistisk expertis. De framförda argumenten känns övertygande varför man nog tors säga att man härvidlag har tagit ett steg framåt.

Trots att ett omfattande arbete lagts på modellutveckling tvingas man dock konstatera att träffprocenten i relation till kontrollmätning är lägre än dagens manuella klassning. Detta förstärks när överensstämmelsen mellan automatklassning och kontrollmätning uttrycks i det mer rättvisande måttet K-träff. Så länge syftet med klassningen är en rättvis partivis prissättning torde man dock kunna acceptera den något sänkta träffprocenten. Vad man vinner är bättre repeterbarhet och ökad kapacitet i mätningen. Vill man använda klassningen för processtyrning och produktutveckling på sågverket kan de nödvändiga klassammanslagningarna vara negativa. Å andra sidan skulle den automatiskt framsorterade friskkvistklassen kunna vara mer homogen än dagens klass 2. Datamaterialet duger dock ej för att göra en sådan analys.

De nya formbaserade klasserna (förslag 2 och 3)

Förslag 2 visar att man med enkelt mätbara variabler kan uppnå ungefär samma antalsmässiga fördelning av stockar i klasser, samt jämförbar effekt på utbyteskvaliteter, som i förslag 1. Förslag 3 visar att en mer avancerad

formklassning, frikopplad från dagens regler, kan ge en distinktare uppdelning av utbyteskvaliteter.

Hantering av virkesfel

Resultaten från studien kring travvis bedömning av virkesfel måste betraktas som nedslående. Dessutom finns virkesfel, t ex lyror, som ej syns i änden av stocken/traven. Därmed kvarstår behovet av en stockvis bedömning av vissa virkesfel. Att behöva inkludera ett manuellt moment i mätningen innebär att förhoppningen om en helt automatisk klassning ej kan infrias. Men ökad effektivitet i mätningen kan uppnås om virkesfelsbedömningen förenklas. Det kan till exempel vara att icke tillredningsberoende fel med en frekvens lägre än 1 % stryks ur mätreglerna (källved, kådved, vattved etc). Starka skäl talar också för att tjurvedsbedömning kan ersättas med gränsvärden för krok.

Utvärderingen av klassningssystem kompliceras avsevärt när ett och samma virkesfel kan leda till olika påföljder som i sin tur är svårjämförbara. Så är fallet i dagens system. Om exempelvis mätaren noterar ett fel på en stock men anser att det kan kortas bort samtidigt som man vid kontrollen anser att det föranleder nedklassning, blir det fel vid utvärderingen av klassningen. Detta trots att båda uppmärksammat felet och att bestraffningarna kan ge jämförbara påföljder på priset.

Kontrollmöjligheter

I dagens system jämförs den ordinarie mätningens manuella bedömning med manuell kontrollmätning. Ett förfarande som tillfredsställer köpare och säljares krav på saklighet och enhetlig mätning. Hur ska då den automatiska klassningen utvärderas?

Om man i enlighet med förslag 1 modifierar dagens klassningssystem för att enklare passa i ett automatiskt system kan man göra samma typ av kontroll som idag. Viss risk föreligger dock att jämförelsen kan halta. En stock som är klassad via automatik med avseende på bulighet och avsmalning ska jämföras med en kontroll som använder mått som storlek på kvist och antal kvist.

Förslag 2 är utformat för att möjliggöra en manuell uppföljning av ett formbaserat system. Den manuella mätningen försöker då efterlikna mätutrustningens variabler för bulighet, avsmalning och krok. Risken är dock att jämförelserna haltar även här. Speciellt då bulighet kan vara svår att mäta manuellt på ett sådant sätt att det går att jämföra med bulighet uppmätt av en mätram.

I det tredje förslaget kan man inte följa upp den ordinarie automatiska klassningen med en manuell kontrollklassning. Istället kontrolleras mätningen genom att standardisera modellerna och kontrollera mätramen så att den mäter bulighet och avsmalning enligt vissa krav. Detta skulle innebära att kontrollmätaren testar en standardiserad stock som ska ge samma värde på avsmalning och bulighet på alla sågverk. En nackdel med ett sådant system är att man ej kan bestämma stockens kvalitet i skogen.

Referenser och projektdokumentation

Referenser

- Jäppinen, A. 2000. Automatic sorting of sawlogs by grade. SLU. Dissertation.
- Lundgren. 2000. Predicting log type and knot size category using external log shape data from a 3D log scanner. *Scan J of For Res*, 15: 119-126.
- Nylinder, M. 1990. Automatic grading of pine logs. Results from investigations at Rockhammars sawmill. Department of Forest Products, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. Report 215. 63 pp. ISSN 0348-4599. (In Swedish with English summary.)
- Oja, Broman & Lindfors. 1999. Projektrapport: Timmermätningssöd. Division of Wood Technology. Luleå University of Technology. ISSN 1402-1536.

Projektdokumentation

Diametermätning under bark:

- Berg, P. 2001. Automatisk barkförekomstmatning och manuell knapptryckning för barktyp i kombination med ett 3D-system. Trätec, Stockholm.
- Berg, P. 2001. Utvärdering av barktjockleksmätare. Trätec, Stockholm.
- Forslund, M. 2000. Utvärdering av ny teknik vid dimensionsmätning av sågtimmer. Examensarbete vid KTH.

Trädslagsbestämning:

- Chiorescu, S. och Helgesson, T. 2001. Automatisk kvalitetsbestämning genom mätning på trissor från stockars ändtytor. Förstudie. Trätec, Skellefteå. (rapporten berör även delstudien avverkningsprickor)
- Dutina, H. 2001. Automatisk trädslagsbestämning – teknisk förstudie (inklusive bilagor om några hundra sidor). Trätec, Stockholm.

Detektering av kapsprickor

- Israelsson, M. och Grundberg, S. 2003. Automatisk kvalitetsbestämning – mätning av sprickor på stockars ändtytor med kamerateknik. Trätec, Skellefteå.

Automatisk kvalitetsklassning med hjälp av stockens form

- Edlund, J. 2001. Modeller för klassning av sågtimmer enligt befintliga klasser. SLU, Uppsala.
- Edlund, J. 2001. Resultat av provsågningar vid Martinssons Trä, Anebyhus och Boxholms Såg. SLU, Uppsala.
- Edlund, J. 2001. Travstudien – Bedömning av stockegenskaper på partinivå. SLU, Uppsala.
- Edlund, J. 2002. Metoder för klassning och prissättning av sågtimmer på partinivå. SLU, Uppsala.
- Edlund, J. 2002. Automatisk klassning av sågtimmer i 3D mätram – modeller baserade på diskriminantanalys. SLU, Uppsala.
- Edlund, J. 2003. Nya system för klassning av sågtimmer. SLU, Uppsala.

Lägesrapporter

- Björklund, L., Edlund, J och Nylinder, M. 2002. Lägesrapport för projekt Effektivare Sågtimmermätning - Delprojekt metodutveckling. VMR, Sundsvall.
- Björklund, L. 2002. Lägesrapport för projekt Effektivare Sågtimmermätning - Delprojekt teknikutveckling. VMR, Sundsvall.
- Forsberg, L. 1999. Lägesrapport för projekt Effektivare Sågtimmermätning. VMR, Märsta.

Bilaga 1. Materialbeskrivningar – ”automatisk kvalitetsklassning...”

Provsågningar

De provsågade stockarnas fördelning på träslag, toppdiameter och VMR-klass.

Provsågningarna genomfördes vid Martinssons Trä i Västerbotten (tall och gran), Boxholms såg i Östergötland (tall) och Anebyhus i Småland (gran).

Trädslag	Toppdiameter under bark mm	VMR- klass (VMR 1/99)					Vrak	Totalt antal
		1	2	3	4	5		
Tall	152-163	17	38	39	52	31	4	181
	226-243	28	5	40	42	30	13	158
	335-359	11	0	30	30	16	7	94
	Totalt	56	43	109	124	77	24	433
Gran	155-164	5	43	40	25		10	123
	247-259	8	6	50	26		5	95
	305-324	1	0	40	22		8	71
	Totalt	14	49	130	73		23	289

Med vrak avses sågbart vrak. För tall var de vanligaste vrakningsorsakerna: röta 37 %, sprötkvist 35 %, långkrok 10 % och öppen lyra 6 %. För gran var de vanligaste vrakningsorsakerna: röta 54 %, tjurved 13 % och sprötkvist 11 %.

Kontrollstockar

Kontrollstockarnas fördelning på VMR-klasser och sågverk samt stockarnas medeldiameter.

Syfte	Trädslag	Sågverk	VMR-klass (VMR 1/99)					vrak	Totalt antal stockar	Medeldiameter (to u b) cm
			1	2	3	4	5			
Frekvensvirkesfel	Tall	33 stycken	39	50	86	408	80	16	679	
	Gran	”-”	2	206	484	115		25	832	
Analys av formklassning	Tall	Martinsson	99	200	177	605	91	69	1241	17.5
		Aneby	3	7	14	82	12	1	119	21.1
		Forssjö	57	27	131	882	139	28	1264	22.4
		Boxholm	25	38	70	437	51	21	642	20.9
		Heby	0	2	0	4	0	1	7	19.0
		Totalt	184	274	392	2010	293	120	3273	20.2
	Gran	Martinsson	0	462	855	148		102	1567	17.1
		Aneby	4	118	473	92		10	697	22.1
		Forssjö	10	261	836	165		28	1300	21.7
		Boxholm	1	169	359	77		16	622	20.1
Heby		20	766	1812	410		54	3062	20.3	
	Totalt	35	1776	4335	892		210	7248	20.0	

Partistudien

Virkespartier för system- och repeterbarhetsstudier. Antal stockar i olika kvalitetsklasser, enligt VMR 1/99, vid de tre sågarna samt stockarnas medeldiameter.

Trädslag	Sågverk	Antal partier	Stockarnas fördelning på kvalitetsklasser (VMR 1-99)						Σ Antal stockar	Medeldiameter mm
			1	2	3	4	5	Vrak		
Tall	Heby	1	14	3	14	77	18	4	130	277
	Boden	1	6	6	23	67	16	6	124	181
	Boxholm	½	0	9	14	54	4	-	81	234
Gran	Heby	1	5	47	94	11		2	159	243
	Boden	1	1	12	79	45		8	145	182
	Boxholm	½	0	15	24	30		-	69	204

Travstudien

Travar på vilka manuell bedömning av andelen på ändytorna synliga virkesfel gjordes. Varje trave bedömdes av 3-4 virkesmätare. Travarnas två ändytesidor bedömdes oberoende av varandra.

Sågverk	Antal travar	Volym (m ³ fub)		Antal stockar		Andel gran av volymen
		Tall	Gran	Tall	Gran	
Martinsson	30	587	1439	3539	8893	71%
Aneby	30	76	1257	375	6316	94%
Forssjö	25	250	491	1156	2206	66%
Totalt per trädslag		912	3187	5070	17415	78%
Totalt	85		4099		22485	

Bilaga 2. Variabelvärden – förslag 1-3

Angående formvariabler i Remas 3D-mätram

De formvariabler som användes i modellutvecklingen definierades av Lundgren (2000) och finns integrerade i Remas 3D-mätram. Variablerna kan delas in i fyra kategorier; avsmalning, bulighet, krok och ovalitet. Majoriteten av dessa beskriver bulighet. Variablerna för krok och ovalitet befanns ej signifikanta i modellerna och beskrivs därför ej närmare i denna rapport.

Alla bulighetsvariabler utgår från ett referensplan där stockens yta jämnats ut till en helt plan yta. När denna plana yta jämförs med stockens verkliga yta sticker bulor ut utanför referensplanet. Mätpunkterna som träffar dessa bulor räknas och utgör bulighetsmättet. Genom att förskjuta referensplanet utåt minskas antalet bulor (mätpunkter) som når utanför. Därmed kan olika typer av bulighet fångas. Rotstockar har ofta oregelbunden form nära rotänden. Av den anledningen definierades dels bulighetsmått baserade på hela stocken, kallade *bump0-bump9*, dels bulighetsmått där stockens nedersta 80 cm utesluts, kallade *uneven0-uneven9*. Siffran 0 anger att referensplanet placerats lågt, siffran 9 avser det högst placerade referensplanet. Detta ger alltså 20 bulighetsvariabler. Ytterligare några bulighetsvariabler definierades som största avvikelser inåt, *neg-diff*, respektive utåt från referensplanet, *pos-diff*. För dessa utesluts 80 cm i vardera stockänden.

Rotavsmalning definierades som skillnaden i diameter 5 cm respektive 80 cm från rotänden. Toppavsmalning definierades som skillnaden i diameter 50 cm respektive 205 cm från toppänden. Två ytterligare avsmalningsmått definierades som derivator (max respektive median) av den kurva stockens radie bildar i längsled, från topp- till rotända. Dessa två mått beskriver i princip stockens medel- respektive maxavsmalning.

Förslag 1. Variabler och variabelvärden för klassning i tre klasser (modifierade VMR-klasser). Klassning med diskriminantanalys.

Variabel (Rema 3D)	Tall			Variabel (Rema 3D)	Gran		
	f(2)	f(1+3)	f(4)		f(2)	F(1+3)	f(4)
Rotavsmalning	-0.90	0.45	-0.15	Toppavsm/diam	1.04	-0.27	-0.10
Toppavsm/diam	0.99	-0.30	0.03	Toppavsm*uneven0	0.42	-0.33	0.26
Toppavsm*uneven0	0.51	-0.29	0.11	Rotavsm(diam	-0.81	0.19	0.11
Uneven4	0.47	-0.40	0.18	Uneven0	0.25	-0.37	0.38
Rotavsm/diam	-0.80	0.43	-0.15	Rotavsmalning	-0.81	0.15	0.17
Maxderivata	-0.85	0.30	-0.05	Bump2	0.02	-0.30	0.39
Neg-diff	0.29	0.13	-0.14	Medianderivata	-0.08	-0.14	0.22
Pos-diff	0.20	-0.27	0.15				

**Förslag 2. Variabler och gränsvärden för klassning i tre klasser.
Formbaserade klasser utan koppling till dagens VMR-klasser.**

Variabel (enkla formdata)	Tall			Gran		
	Klass I	Klass II	Klass III	Klass I	Klass II	Klass III
Rotavsmalning	> 30	-	-	> 40	-	-
Toppdiameter (cm)	> 20	< 26	-	> 20	< 26	-
Toppavsmalning	-	> 12	-	< 20	> 12	-
Bulighet	< 1,5	> 1,5	-	< 2	> 1,5	-
Krok (båghöjd)	< 1,5%	-	-	< 1,5%	-	-

Förklaringar:

Rotavsmalning: Avsmalning i stockens grovända, mm/m: (diameter 10 cm från änden - diameter 110 cm från änden).

Toppavsmalning: Avsmalning i stockens toppända, mm/m: (diameter 110 cm från toppänden - diameter 10 cm från toppänden)

Bulighet: Mätvarsvariabeln "bump3" för bulighet (ett manuellt mätbart mått som har god korrelation till mätramens bulighetsmått måste utvecklas).

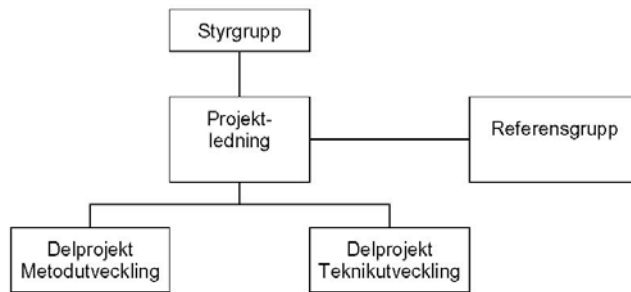
Krok: Pilhöjd i relation till diameter i topp samt längd.

**Förslag 3. Variabler och variabelvärden för klassning i tre klasser.
Formbaserade klasser utan koppling till dagens VMR-klasser. Klassning med
diskriminantanalys.**

Variabel (Rema 3D)	Tall			Variabel (Rema 3D)	Gran		
	Kvist -fri	Frisk- kvist	Torr- kvist		Kvist -fri	Frisk- kvist	Torr- kvist
Konstant	-18,8	-22,4	-16,8	Konstant	-14,5	-16,4	-14,4
Rotavsmalning	0,5	0,5	0,5	Toppavsmalning	1,6	1,0	1,6
Rotavsm/diam	-7,7	-9,8	-8,4	Rotavsmalning	0,1	0,1	0,1
Toppavsm/diam	4,8	9,4	5,9	Bump 0	1,3	1,2	1,2
Uneven 0	2,3	2,3	2,0	Bump 3	-13,9	-12,1	-11,2
Uneven 2	-11,4	-10,1	-8,5				
Uneven 5	-19,8	-22,1	-19,3				

Bilaga 3. Projektets organisation

Projektet indelades i två huvuddelar, teknikutveckling och metodutveckling (automatisk kvalitetsklassning). Genomförandet av projektet uppdrogs åt AB Trätek (teknikutveckling) och Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst för Skogens Produkter och Marknader (automatisk kvalitetsklassning). Projektet leddes av styr- och referensgrupper underställda rådets styrelse.



Följande personer deltog under hela, eller delar av, projektperioden i styr- och/eller referensgruppen:

Johan Adolfsson, VMF Syd
 Carola Andersson, Trätek
 Roger Andersson, VMR
 Bernt Bengtson, Såg i Syd
 Lars Björklund, VMR
 Hans Dutina, Trätek
 Jacob Edlund, SLU
 Lennart Forsberg, VMR
 Stig Grundberg, Trätek
 Jan Gustavsson, Södra skogsägarna
 Bo T Holm, Sågab
 Mats Håkansson, Södra Skogsägarna
 Lars Johansson, Stora Enso
 Sture Karlsson, Sågverken Mellansverige
 Mats Nylinder, SLU
 Kristian Olofson, SCA
 Patric Selin, VMF Nord
 Olov Söderström, Norrskog
 Karl-Johan Taavo, AssiDomän
 Björn Wallin, VMF Qbera
 Thomas Wikman, WIF
 Ulf Ölund, VMF Nord

SDC ek för

SDC är skogsnäringens IT-företag som erbjuder service till det svenska skogsbruket avseende virkesredovisning och informationssystem för handel, transport och styrning av virke.