

LARS BJÖRKLUND

VERSION 2002-10-14

VMR virkesmätning och redovisning

Utvecklingsidéer för svensk virkesmätning



FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
1. KUNDNYTTA	5
1.1 MÅLET - ETT VÄRDEEFFEKTIVT VIRKESUTNYTTJANDE	5
1.2 MÄTNING FÖR VEDERLAG RESPEKTIVE PROCESSTYRNING	6
1.3 VARFÖR DAGENS SYSTEM FÖR KLASSNING AV SÅGTIMMER EJ FUNGERAR FÖR PROCESSTYRNING	8
1.4 TRENDER INOM VIRKESHANDELN MED IMPLIKATIONER PÅ MÄTNING OCH REDOVISNING	10
2. TEKNIK IDAG – IMORGON	12
2.1 SKOGEN	12
2.2 SKÖRDAREN OCH SKOTAREN (AVVERKNINGEN)	12
2.3 MÄTSTATIONEN (INDUSTRIMÄTNING)	14
2.3.1 <i>Laserbaserade mätrammar och "yttreformsklassning"</i>	14
2.3.2 <i>Matriskameror och bildanalys för stockmätning</i>	15
2.3.3 <i>Genomlysning</i>	16
2.3.5 <i>Styvhet</i>	19
2.3.6 <i>Barkmätning</i>	19
2.3.7 <i>Ändyteavläsningar</i>	19
2.3.7.1 <i>Årsringsbredd (bildanalys)</i>	19
2.3.7.2 <i>Kapsprickor (ultraljud respektive linjelaser och bildanalys)</i>	20
2.3.7.3 <i>Röta (bildanalys)</i>	20
2.3.7.4 <i>Kärnved (IR)</i>	20
2.3.7.5 <i>Tjurved (svårt)</i>	21
2.3.8 <i>Travmätning med laserscannrar</i>	21
2.3.9 <i>Andra travmätningmetoder</i>	22
2.3.10 <i>Torrhaltsprovtagning</i>	22
2.3.11 <i>Fiberegenskaper (och torrhalt)</i>	23
2.3.12 <i>Vikt och färskhet</i>	24
3. SORTIMENTSVISA UTVECKLINGSVISIONER	26
3.1 INDUSTRISPECIFIKA SPECIALSORTIMENT (PRODUKTDEFINIERAT VIRKE)	26
3.2 ÖVRIGT SÅGTIMMER	28
3.3 MASSAVED	30
3.4 HELSTAMMAR	34
3.5 SÅGVERKSFLIS	34
3.6 BIOBRÄNSLESORTIMENT	35
4. VISIONER FÖR 10 ÅR SEDAN	36
4.1 FRAMTIDA VIRKESMÄTNING (SÖDERBERG ET AL. 1993)	36
4.2 STRATEGI FÖR VIRKESMÄTNINGSRÅDETS VERKSAMHET (VMR 1993)	36
5. DISKUSSION OCH SLUTSATSER	37
LITTERATUR	40

Förord

Svensk virkesmätning regleras av virkesmätningslagen vilken tillses av Skogsstyrelsen. Ansvar för utformningen av konkreta instruktioner och rekommendationer har sedan lång tid legat på Virkesmätningsrådet (VMR). Virkesmätningsrådet omorganiserades 2001 till en avdelning inom SDC med en styrande församling; Rådet för virkesmätning och redovisning (VMR). I princip kan man säga att VMR har ett sektorsansvar för mätningen. Som en del av detta sektorsansvar driver VMR utvecklingen mot att alla mätningar som skall ligga till underlag för vederlag, och som redovisas via SDC, skall ske av auktoriserade mätningsföretag. Virkesmätningsföreningarna Nord, Qbera och Syd är alla auktoriserade av VMR.

Detta dokument har tillkommit som ett resultat av VMRs omorganisation till en avdelning inom SDC. Som ny tillträd på tjänsten som utvecklingschef inom det nya VMR fick undertecknad i uppdrag att teckna en vision för virkesmätningens utveckling. Underlaget till dokumentet är en kombination av författarens tidigare erfarenheter och de idéer som intervjuer och studiebesök under våren 2002 gav. Att intervju VMR-rådets medlemmar och andra relevanta personer ingick i uppdraget och förhoppningsvis kommer de flesta av dessa som läser att känna igen en del av "sina" idéer.

Dokumentet inleds med kapitlet "Kundnytta". Avsikten med detta är att få läsarna att reflektera över skillnaden mellan "Att mäta saker rätt" och "Att mäta rätt saker". Vad gör vi idag? Därefter följer en genomgång av aktuell mätteknik. Med dessa två kapitel som bas följer sen en sortimentsvis framtidsbeskrivning. Även för 10 år sedan tänktes det framåt och kapitel fyra sammanfattar två sådana dokument. Dokumentet avslutas sedan som sig bör med diskussion och slutsatser. Framställningen fokuserar på principfrågor, som vad och varför, samt på tekniska möjligheter, men går inte in i produktivitetsberäkningar eller organisationsbeskrivningar. Även sådana frågor måste belysas innan beslut om virkesmätningens utveckling kan tas.

Dokumentet utgjorde underlag för det interna seminarium om utvecklingsvisioner för svensk virkesmätning som Rådet för virkesmätning och redovisning höll i augusti 2002.

Tack till alla er som bidragit med idéer och inspiration.

Lars Björklund

Sammanfattning

SDCs avdelning Virkesmätning och redovisning (VMR) har bland annat till uppgift att leda och koordinera utvecklingen av ny teknik och nya metoder för virkesmätning. Föreliggande dokument beskriver det aktuella läget år 2002.

Virkesmätning bör sättas in i perspektivet skog-industri-marknad där målet är ett värdeeffektivt virkesutnyttjande. Det är också viktigt att skilja på vederlagsmätning och processtyrning. Att börja vederlagsmäta helt efter de principer som gäller för processtyrning skulle kunna skapa kaos på virkesmarknaden. En effektiv processtyrning bör ändå ligga i alla parterns intresse eftersom alla intäkter för såväl industrin som skogsägarna kommer från försäljningsledet slutprodukt-slutanvändare. För processtyrning gäller ofta att fel begångna tidigt i processen blir dyrbara eller omöjliga att åtgärda senare. Detta torde i många avseenden gälla även den skogliga förädlingskedjan.

Vad gäller teknisk utveckling kan vi förvänta en ökad användning av 3D-mätningar och att dessa kommer att kompletteras så att de även ger diameter under bark, fler och säkrare krökmått samt växtvridenhet. Genomlysning med röntgen kommer troligen att få ökad användning, särskilt om genomlysning och 3D-mätning kombineras. Automatisk stockmätning kan även tänkas ske med enklare utrustning som kameror och bildanalys. Detta är särskilt intressant för stickprovsmätning av massaved. För automatisk travmätning är lasermätning det troligaste alternativet.

Vad gäller olika sortiment så kan en bättre virkeskaraktärisering i skördaren och en ökad andel värdering på rot leda till att andelen ändamålsdefinierat virke ökar. Gränserna mellan specialsortiment och ”vanligt” sågtimmer blir då diffusare. Kvalitetsklassning av det som förblir ”vanligt” sågtimmer kommer troligen att förenklas och anpassas till automatmätning. Krökregler kan ersätta tjurvedsreglerna. Årsringsutveckling, växtvridenhet och styvhet kan få ökad uppmärksamhet samtidigt som kvalitetsreglerna för tall och gran differentieras mer än idag. Massavedsmätningen kommer troligen att automatiseras såväl på trav- som stocknivå. Inga stora regeländringar förutses men en densitets- och fiberegenskapsbaserad uppdelning på fler sortiment är på gång. Även vedens färskhet kommer att röna fortsatt stor uppmärksamhet. Sammantaget kan detta leda till större variation i vederlagsmätandet, givetvis med bibehållet krav på likformig mätning för de egenskaper eller den klassning som parterna valt som vederlagsgrundande.

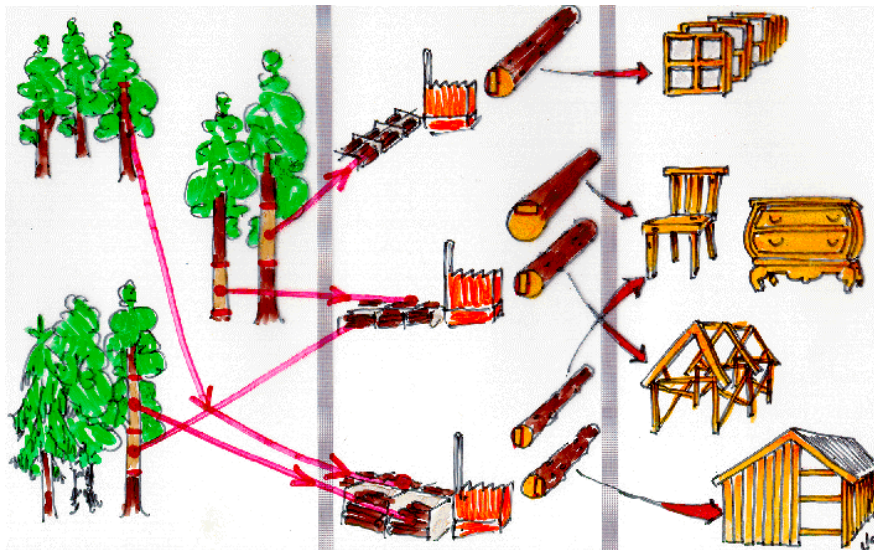
Ser vi till redovisning, dvs SDCs verksamhet, kan tre särskilt intressanta områden för expansion och produktutveckling pekas ut:

- Skördarmätning: Antalet anslutna skördare kan förväntas öka kraftigt. Vissa för att vederlagsmäta, andra enbart för produktionsuppföljning och processtyrning.
- Logistik: SDCs ambition att kunna leverera heltäckande logistiksystem från rotlager (stående skog) till industrilager kommer att uppnås via fler och fler kopplingsmöjligheter mellan VIOL och andra SDC produkter som Skördarredovisning, Star, Lager, Transport etc. På detta sätt kommer olika kunder att kunna skräddarsy kompletta logistiksystem.
- Biobränslesortiment: En del av dom som idag partsmäter kan förväntas nyttja VMF och SDC i framtiden.

1. Kundnytta

1.1 Målet - ett värdeeffektivt virkesutnyttjande

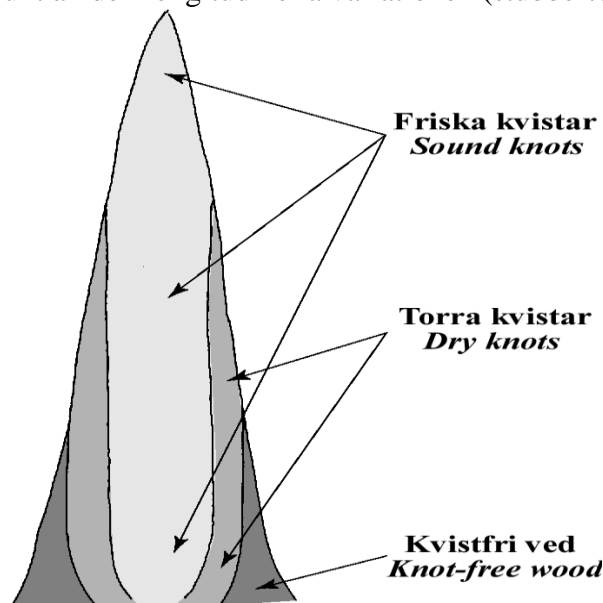
En vision kring virkesmätningens utveckling kan ej avgränsas till mättnings- eller redovisningstekniska aspekter. Den måste sättas in i ett skog-industri-marknads perspektiv där målet är ett värdeeffektivt virkesutnyttjande (*Figur 1*). I ett sådant perspektiv ska den skogliga virkesproduktionen vägledas av industrins produktionsstruktur och konkurrensförmåga samt marknadens efterfrågan. Informationskapande och informationsutbyte mellan virkesproduktion och marknad ska fungera som smörjmedel för att uppnå ett maximalt värdenetto. I detta sammanhang är virkesmätningen en central och mycket betydelsefull aktör. Ofullkomliga sorteringsinstruktioner och prislister kan leda dels till suboptimeringar, dels till att vissa virkesegenskaper ej kan anrikas i önskvärd omfattning. De inoptimalförluster som uppstår kan aldrig kvantifieras och kommer aldrig att synas i några ekonomiska redovisningar. Men med kännedom om virkesegenskapers naturliga variation och om dagens system för virkesstyrning törs jag påstå att beloppen är mycket stora. Det fullkomliga styrsystemet lär aldrig uppnås men en utgångspunkt kan vara att starta systemutvecklingen så nära slutkunden som möjligt.



Figur 1. I ett värdeoptimerande system för virkesutnyttjande kommer varje produkt att tillverkas av den kostnadsmässigt gynnsammaste råvaran. Rätt stock till rätt industri i rätt tid (Bengtsson et al. 1998).

Med detta sagt vänder jag mig dock först mot skogen. Här måste man bättre beskriva sin viktigaste produkt; virket i de stående träden. För detta har modeller utvecklats vid t.ex Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) (främst rörande stammars kviststruktur), SkogForsk (främst fiberegenskaper), STFI (fiberegenskapernas koppling till massa och papperstillverkning) och Chalmers (mekaniska egenskaper). En hel del återstår men sammantaget kan sägas att det är möjligt att kraftigt utöka virkesinformationen i beståndsbeskrivningarna. Modellerna kan inom en snar framtid stödja skördarnas apteringsdatorer så att mer väldefinierade sortiment (alternativt väl beskrivna enskilda stockar) faller ut. Två erfarenheter från arbetet med så kallade stambanker och trädmodeller känns särskilt viktiga när principer kring virkesutnyttjande diskuteras: 1) bestånd (avdelning, avverkningstrakt) är en viktig nivå för beskrivning av virkesegenskaper och 2) den radiella

egenskapsvariationen inom en stam (märg-mantelyta) har långt större betydelse för virkets lämplighet till viss produkt än den longitudinella variationen (stubbe-topp), *Figur 2*.



Figur 2. Kvistzonernas fördelning i en typisk tallstam (medelålders-äldre träd). Förutom en kort stamdel nära stubben kan zonerna liknas med raka rör. Flera andra virkesegenskaper, t.ex årsringsrelaterade egenskaper och kärnved, har också "raka-rör" liknande fördelning i stammen (Bengtsson et al. 1998).

1.2 Mätning för vederlag respektive processtyrning

Det är viktigt att skilja på vederlagsmätning och processtyrning. Begränsar vi oss till vederlagsmätning finns risk att utvecklingen av korrekta och rättvisa mätmetoder hämmas av att industrin sällan ser några värdeskapande effekter av detta. Industrin räknar med att få samma råvara även om den mäts rättvisare och korrektare än tidigare. Om den till och med ser risker att få betala mer för såväl råvara som mätning så förstår man att intresset för utvecklingen är lamt. Industrin beställer istället snabbare och enklare mätning.

Däremot torde industrin vara intresserad av information som kan användas för värdegenererande processtyrning. Det ligger också i MoR-utredningens¹ anda att mätning- och redovisningsorganisationen som helhet ska bidra till mervärden hos uppdragsgivarna. Virkesmätningensföreningarna har sedan några år skrivningar av detta slag i sina strategiplaner, exempelvis VMF Qbera 1999: "ökande krav från medlemmarna att få ut mervärden ur mätningen". Denna information skiljer sig i viktiga avseenden från information för vederlagsmätning. Tabell 1 visar att information för processtyrning har andra frihetsgrader jämfört med information för vederlagsmätning. Att börja vederlagsmäta helt efter de principer som gäller för processtyrning skulle dock kunna skapa kaos på virkesmarknaden.

¹ Utredningen Mätning och Redovisning (MoR) som presenterades 2001 handlade om hur SDCs, Virkesmätningensrådets (VMR) och de tre virkesmätningensföreningarnas verksamhet skulle kunna samordnas. Utredningen resulterade bland annat i att VMR organiserades som en avdelning inom SDC under det nya namnet Rådet för virkesmätning och redovisning.

En effektiv processtyrning bör ändå ligga i alla parter intresse eftersom alla intäkter för såväl industrin som skogsägarna kommer från försäljningsledet slutprodukt-slutanvändare. För processtyrning gäller ofta att fel begångna tidigt i processen blir dyrbara eller omöjliga att åtgärda senare. Detta torde i många avseenden gälla även den skogliga förädlingskedjan. En ökad värdegenerering kommer givetvis att märkas först i industri- och marknadsledet, men i en fri marknadsekonomi kommer alla aktörer så småningom att förhandla till sig sin del. Alla aktörer gagnas därför av att information genereras så att vi kan tala om processtyrning istället för virkesflöde. Vill man vara kritisk kan man säga att ”styrning av virkesflöde” är ett passiviserande synsätt. Lätt att associera till vattenflöde där man styr mängd, riktning och tidpunkt men knappast kan påverka den kemiska sammansättningen.

Allt det ovan sagda leder till slutsatsen att VMF/VMR/SDCs verksamhet ska tjäna två syften:

- Mätning och redovisning för vederlag.
- Information för processtyrning.

Det är dock ingalunda självklart att VMF/VMR/SDC kan få det ökade arbetsfält som processtyrningsinformation innebär. Om vi idag säger att vederlagsmätning är en konkurrensutsatt verksamhet så gäller detta i kraftfullt högre grad för processtyrningsinformation. Företagen vill dessutom ofta göra detta internt. VMF/VMR/SDCs chans är att tidigt kunna visa sig prismässigt konkurrenskraftiga. Samordning med vederlagsmätning samt SDCs företagsöverskridande infrastruktur utgör viktiga konkurrensfördelar.

Tabell 1: Karakteristika för information för vederlagsmätning respektive processtyrning

Vederlagsmätning	Processtyrning
All information genereras vid en mätpunkt (ex mätstation, skördare).	Informationen genereras där bästa förutsättningarna finns, vilket ofta innebär olika mätpunkter vars information adderas (ex beståndsdata, skördare, mätstation).
Höga krav på noggrannhet.	Flexibla krav på noggrannhet. För en intressant parameter, som kanske ej mätts tidigare, kan även låg noggrannhet öppna nya möjligheter till processtyrning.
Enhetlighet (likformigt) över tid och rum.	Olika industrier har olika önskemål. Önskemålen kan förändras med kort varsel.
Allmänt tillgänglig teknologi (ex mätrammar för diametermätning måste ge samma väntevärde oavsett antal mätriktningar).	Fritt val av teknologi för informationsinhämtning.

SDC har redan idag vissa produkter inom området processtyrning. Jag tänker främst på skördarredovisning, men även transportsystemet, STAR (planeringssystem för sågverksföretag) och VIS (virkesinformationssystem) innehåller information som går längre än att beräkna och redovisa ett underlag för en finansiell transaktion. Även virkesmätningföreningarna har en ökande andel av sin verksamhet utanför den traditionella

vederlagsmätningen. För VMF Nord till exempel utgör idag olika serviceuppdrag 15-20 % av omsättningen. Inom dessa områden ligger en stor potential till utveckling.

Ett exempel:

Ett sågverk där stockmätning används vill fortsätta mäta in efter dagens VMR-klasser men vill samtidigt att stockar i visst diameterintervall med riktigt grova årsringar ska sorteras fram. Att klara detta extra moment sänker kanske VMFs produktion men fortfarande borde man vara konkurrenskraftig gentemot ett separat sorteringsmoment (dessa stockar kommer att innehålla mer anrikad friskkvistkvalitet jämfört med klass 2 i dagens regelverk).

1.3 Varför dagens system för klassning av sågtimmer ej fungerar för processtyrning

Det är stor skillnad på att mäta saker rätt och att mäta rätt saker!

Skall flödesstyrning bli lika med processtyrning krävs att de klassningsregler som tillämpas är relaterade till processaspekter och/eller produktgenskaper. När nya klassningsregler infördes för såväl barrsågtimmer (VMR 1995) som sågade trävaror (Nordiskt Trä 1994, den s k Blå boken från Föreningen Svenska Sågverksmän) var det sådana kopplingar som eftersträvades. I figurerna 3 och 4 åskådliggörs hur det var tänkt att fungera.

HÄR HITTAR DU DE NYA TIMMERKLASSERNA

På det här uppslaget gör vi ett försök att beskriva var i träden man kan hitta de nya timmerklasserna. Vi illustrerar med några träd från ett tallbestånd (vänstersida) och ett granbestånd (högersida).



Figur 3: I det nya klassningssystemet för sågtimmer (VMR 1994) tänkte man sig samband mellan stammars utseende och virkets användning uttryckt som fem (tall) respektive fyra (gran) produktgrupper (illustration från Såg i Syd 1995).

Problemet med VMR-klasserna för rundvirke är att det inom varje produktgrupp finns så olika krav på virkesegenskaper att någon schablonisering av tänkt slag inte går att göra.

Virkeskraven blir istället industri- och produktspecifika. Jag exemplifierar med produktgruppen träfönster. Följande tre industrier har vitt skilda krav på råvaran:

De två första industrierna tillverkar täckmålade träfönster. Den ena har valt ett vattenbaserat miljövänligt färgsystem. I detta fås kvistgenomslag vilket gör att man måste använda kvistfritt virke vilket billigast erhålls efter fingerskarvning av långt-mellan-kvist-virke (andrastock från hög bonitet). Den andra industrin har valt ett tuffare färgsystem där även kvist kan täckmålas. Detta kräver avsevärt större investeringar för att klara miljökraven. Å andra sidan kan man köpa även kvistig, dvs billigare, råvara. En tredje fönstertillverkare kanske marknadsför sig som ”kvalitetsträ från höga nord”. I detta koncept ingår täta årsringar och hög andel kärnved.

I detta exempel blir effekten av att inte få rätt virke förödande för två av industrierna. Likartade exemplifieringar kan göras för andra produktgrupper.

Användningsområde	A				B	C	D
	A1	A2	A3	A4			
Synligt snickeri-virke							
Sågat virke, konstruktion							
Formvirke, blindbottnar							
Listverk							
Invändig panel							
Klädselbrädor, ledstänger							
Läkt och ribb							
Europallar							
Engångspallar							
Emballage							
Golvbrädor							
Undergolv							
Råspont							
Inhängnader, staket							
Inklädd panel							
Vindskivor, snöskärmar							
Förskalningsbrädor							
Båtbrädor, däcksplank							
Hantverksändamål							
Bastuvirke							
Friskkvistvirke							
Karmvirke, fönster, dörrar							
Möbelvirke, limfog							

Figur 4: Illustration från Nordiskt Trä över vilka klasser som lämpar sig för olika användningsområden (Föreningen Svenska Sågverksmän 1994).

Problemet med klassningen i Nordiskt Trä blir uppenbart när man använder figur 4 för att få vägledning i valet av virke till viss användning. Enligt detta hjälpschema kan man för flera av de viktigaste användningarna, som konstruktionsvirke, friskkvistsvirke, möbelvirke och limfog använda klass A, B eller C, dvs i princip allt virke. Vad som indirekt sägs av samma schema är att man misslyckats med ambitionen att koppla virkesklasser till specifika användningar. För användarna, t ex industriella vidareförädlare, blir effekten en hög andel spill och/eller dåliga slutprodukter. Alternativt kan effekten bli för hög ”kvalitet” dvs onödigt dyrt virke. Betalningsförmågan gentemot sågverken blir låg och alternativa råvaror vinner konkurrenskraft.

I detta sammanhang bör dock poängteras att grundtanken med Nordiskt Trä var att hjälpa sågverken att tillsammans med sina kunder formulera relevanta klasser baserade på de beskrivna virkesegenskaperna, inte att föreskriva vissa klasser för viss användning. På dagens trävarumarknad är det också vanligt att krav preciseras i form av kvistar, storlek och placering istället för klass enligt Nordiskt Trä.

1.4 Trender inom virkeshandeln med implikationer på mätning och redovisning

De för mätning och redovisning kanske viktigaste trenderna inom dagens sågverksnäring är **kvalitetssäkring och kundorientering**. Den ekonomiska betydelsen av att göra rätt ”från början” blir uppenbar för var och en som arbetar med dessa frågor. Ökade direktkontakter med kunderna innebär att de första vidareförädlingsstegen allt oftare tas vid sågverket. Det handlar om specifika dimensioner och längder, hyvling, ämnen etc. För dessa gäller normalt kundspecifika krav på kvistar och andra virkesegenskaper. I slutändan har man ofta bara två alternativ; egenskaperna duger eller duger inte. Det blir då av allt större betydelse för sågverket att leveranserna från skogen också anpassas till denna situation. Egenskaperna hos det inkommande timret måste tidigt kunna påverkas och utfallet vid avverkningarna måste vara väl beskrivet vad avser relevanta egenskaper. Detta timmer sönderdelas sedan enligt förutbestämda mönster hela tiden anpassat till marknadssituationen. Stockarna blir på detta vis förutbestämda för vissa givna produkter. I dag är detta sällan möjligt och istället tvingas man sortera fram kundspecifika utbyten ur bulkproduktionen. Risken är då stor att lämpligt virke redan apterats och sönderdelats felaktigt.

Framtidens sågtimmerhandel kan också innefatta:

Värdering på rot: Rotposter eller köpformer liknande leveransrotköp kan tänkas öka i omfattning. Priset görs då upp i m^3 sk eller m^3 fub på grundval av en kvalitetsuppskattning av den stående skogen. Endast kvantiteten behöver sedan mätas vilket kan göras i skördare eller vid industri. I ett sådant system kan köparen agera helt fritt vad gäller aptering. Värdet av den friare apteringsmöjligheten måste dock överstiga kostnadsökningen för kvalitetsbedömningen av den stående skogen i fält. Värdering på rot innebär minskat behov av kvalitetsklassning vid industri. Detsamma gäller vid vederlagsgrundande skördarmätning.

Förenklad klassning: Stor enighet tycks råda att klassningen vid mätstationsvärdering bör förenklas. Eventuellt kan denna helautomatiseras.

Större andel nischade mindre sågverk: Dessa kan förväntas efterfråga nischad råvara vilket kan innefatta både dimension och kvalitet.

Sortering vid såg (och eventuellt även vederlagsmätning) efter barkning: Detta borgar för en säker dimensionssortering och öppnar möjligheter för mätning av växtvridenhet. Exempelvis SCAs erfarenheter av sortering efter barkning är enbart positiva. De som säger att det ger stora hanteringsskador och bara fungerar i nordpolslägen motsägs av att man i Österrike framgångsrikt lagrar barkade stockar i höga vältor (Save pers. medd.). Vad gäller klassning av barkade stockar på kerattbana så görs det redan idag vid ett par sågverk i Sydsverige. I stort sägs det fungera bra. Kvist och kvistansvällningar blir lättare att bedöma medan t ex barkdragande lyra blir svårare att upptäcka.

Kvalitetssortering som komplement till dimensionssortering: Ett relativt stort antal sågverk tillämpar någon form av kvalitetssortering av stockar före sågning. Några intressanta exempel är:

- I Munksund sorteras tall, efter barkning, i yttreformsklasser.
- I Valåsen används X-ray Logscanner för att sortera fram 1) ”fina” grova tallstockar och 2) friskkviststockar.
- I Östavall karakteriseras granstockar som friskkvist eller icke friskkvist i skogen efter ett norskt trädmodellskoncept. De olika sortimenten färgmärks i skogen.

Gemensamt för dessa exempel är att man är nöjd med vad man gör. Det vill säga man uppfattar att man genererar mervärden även om det är svårt att visa exakta siffror. Eftersom exemplen dessutom omfattar olika tekniker, olika storlekar på sågverk och såväl tall som gran blir min slutsats att denna utveckling kan förväntas fortsätta – eller kanske snarare - den måste fortsätta om sågverken ska överleva.

Totalt sett var det enligt sågverksinventeringen 2000 30 % av sågverken, motsvarande 11 % av volymen, som kvalitetssorterade efter egna regler för produktionssortering. Motsvarande värden men avseende sortering efter VMR-klasser var 23 % av sågverken motsvarande 12 % av volymen (Staland et al. 2002).

Trädslagsrena sågverk: I dagens regelverk görs ringa åtskillnad på tall och gran. När allt fler sågverk och marknadsorganisationer blir trädslagsrena ökar förutsättningarna att introducera större skillnader. För gran dominerar byggprodukter medan snickerier och möbler dominerar för tall. Dessa produktgrupper har vitt skilda krav vad gäller virkesegenskaper. Dessa skillnader måste beaktas i alla led i produktionskedjan.

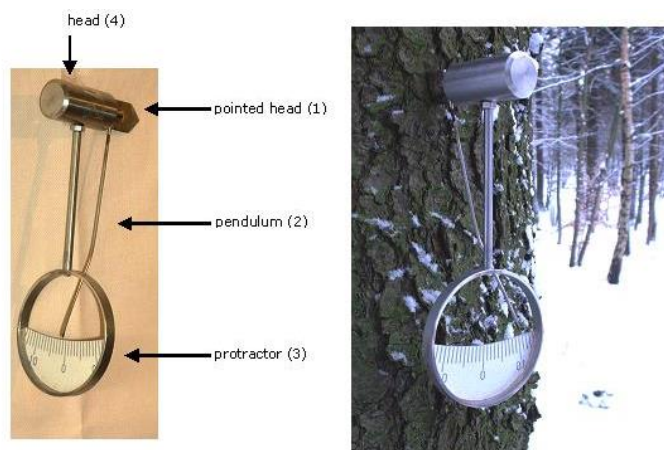
Importvirke och virkesbyten: För denna typ av virkeshandel är mottagande industri ofta okänd vid avverkningstillfället. Det är då svårt att avgöra vad som är relevanta egenskaper att inkludera i en mätning. Av denna anledning är det en fördel om klassningsreglerna är enkla, dvs gärna enklare än dagens VMR-klasser. Detta kännetecknar också dagens virkesimport där det för sågtimmer som regel bara finns två kvaliteter, timmer eller icke timmer (vrak).

2. Teknik idag – imorgon

2.1 Skogen

Det finns flera skäl att i mätningssammanhang mera uppmärksamma den stående skogen. Dels är det relativt vanligt att virkesaffärer baseras på fast kubikmeterpris från viss avverkning, region, tidsperiod eller dylikt, dels är det många som talar om att beställa rätt virke från skogen (kundanpassning ända ut i skogen). Detta skapar ett behov av att beskriva virkesegenskapers (kvalitetens) variation inom och mellan träd, bestånd och regioner. Redskap för detta, så kallade trädmodeller, har tagits fram vid olika forskande institutioner. De viktigaste variablerna i trädmodeller är ståndortsindex, beståndsålder, temperatursumma (vilken baseras på breddgrad och höjd över havet) samt något årsringsmått. En finjustering för det enskilda trädet via exempelvis brösthöjdsdiameter och krongränshöjd kan ytterligare förbättra modellen. På basis av dessa kan rotpostvärderingar, sortimentsdefinitioner, apteringsinstruktioner etc utföras. VMFs personal kan tänkas bli konsulter i sådana frågor.

En teknikdetalj värd att notera är det vid Chalmers utvecklade instrumentet för mätning av växtvridenhet på stående träd (Figur 5). Det skruvmejselliknande huvudet på S-GAG följer fiberriktningen när det pressas genom barken och in i stamveden. Fiberriktningen kan därefter avläsas på den i en pendel upphängda skalan. Med detta instrument kan man alltså inventera frekvensen växtvridna träd.



Figur 5. Chalmers växtvridenhetsmätare för stående träd (S-gag).

2.2 Skördaren och skotaren (avverkningen)

Längd- och diametergivare i dagens skördare baseras på mätton vilka ligger an mot stammen. Sköts kalibrering och kontroll enligt rekommendationerna är mätnoggrannheten tillfredsställande sett i relation till Skogsstyrelsens föreskrifter för virkesmätning. Noggrannheten är dock lägre än vid VMF-mätning vid industri. Problem (behov av omkalibrering) kan uppstå när temperaturen växlar mellan plus- och minusgrader. En säkrare diametermätning skulle kunna uppnås om *beröringsfri mätning* kunde utvecklas. Saken har diskuterats under lång tid men något egentligt utvecklingsarbete pågår inte.

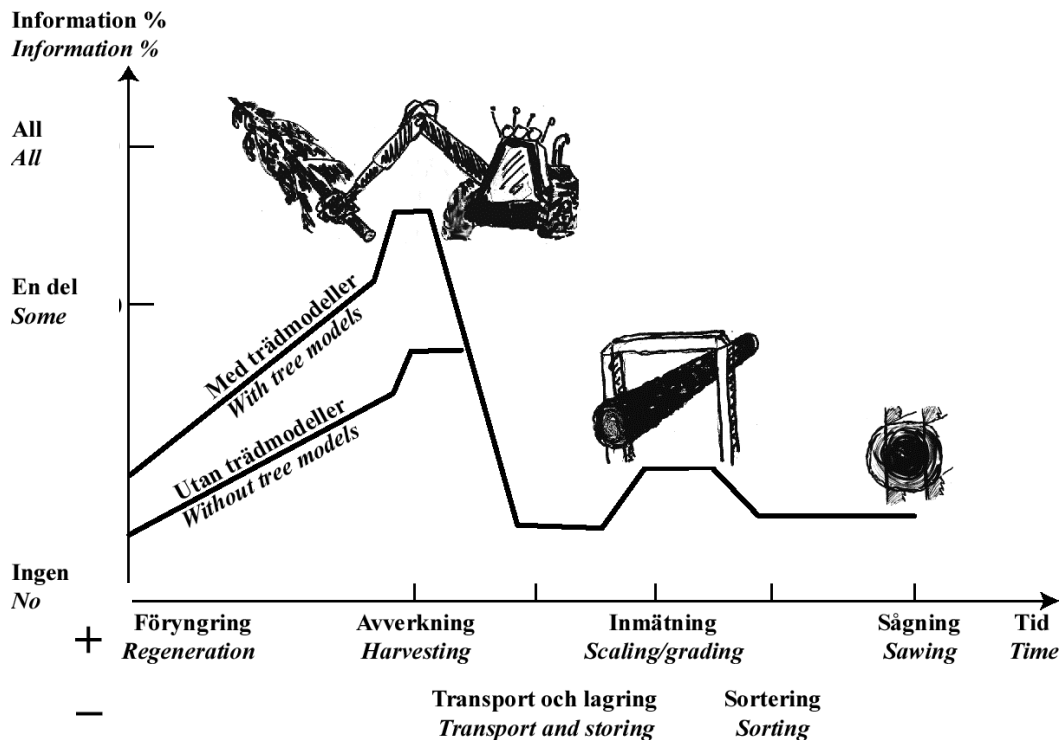
Skördarnas apteringsdatorer optimerar längd- och diameterfördelningar mot önskat utfall. I framtiden kommer programvarorna att innehålla *trämodeller* av den typ som beskrevs under ”Skogen”. Därmed fås en bättre möjlighet att styra kvalitetsutfall och uttag av specialsortiment. Vid SkogForsk pågår sådana tester kring friskkvistvirke från tall. I Norge har Silvi Nova AS utvecklat ett system för friskkvistvirke från gran. Det sistnämnda är under implementering på Norrskogs såg i Östavall.

Vid Chalmers finns idéer att applicera den tidigare beskrivna *växtvridenhetsmätaren* på skördaren. Mäter man på båda sidor av stocken blir mätningen oberoende av i vilken vinkel stocken hålls. Mätningen bör kunna göras på någon sekund, lämpligen innan första apteringspunkt bestämts (Kliger pers. medd.). Visar mätningen på alltför stor växtvridenhet bör sågtimmer ej apteras.

De flesta skördare är idag utrustade med *färgmärkningssystem* för två färger vilket ger fyra märkalternativ. Enligt maskintillverkare är det inga problem att öka till tre färger vilket ger åtta märkalternativ. Håller man isär trädslagen manuellt betyder det att ett stort antal sortiment kan märkas i skogen. Det bör vara möjligt att förse märkfärgen med substanser som medger maskinell avläsning vid mätstation.

Flera alternativ för *individmärkning* av stockar testas inom det av Träteknik koordinerade EU-projektet LINESET. En skördare har utrustats så att transpondrar kan sättas i stockens ändyta. Proceduren tar endast några sekunder men transpondrar är fortfarande mycket dyra. Det öppnar dock ett intressant perspektiv för märkning av kontrollstockar vid skördarvederlagsmätning. Inom projektet testas också en form av modern stämpelyxa som är tänkt att banka in en trinärkod i stockänden med ett i princip oändligt antal kombinationsmöjligheter. Koden ska kunna läsas maskinellt vid mätstation. Någon skördarmonterad prototyp finns ännu inte.

Skotaren är nästa punkt i logistikkedjan. Skotade volymer utgör indata för väglagret. Noggrannheten i de volymuppgifter som skotarföraren kan rapportera är avsevärt lägre än skördarens. Med viktavkännare och höjdgraderade stöttor kan bedömningen kanske skärpas något. Betydelsefull information från skotaren gäller också sortimentsvandring, vrakning och dylikt dvs när avvikelser från skördarrapporteringen uppstår.



Figur 6. I skördarögonblicket är den om de biologiska virkesegenskaperna (t ex kvistar och årsringsbredd) tillgängliga informationen omfattande. Om trädmodeller integreras med apteringsdatorn ökar informationsmängden ytterligare. Denna information används sällan idag. Istället genereras ny information vid inmätningen. De olika informationsmängderna borde istället adderas till varandra (Bengtsson et al. 1998).

2.3 Mätstationen (industrimätning)

Under överskådlig framtid kan man förvänta sig att förutsättningarna för att bestämma en stocks dimensioner samt vissa virkesegenskaper är överlägset bättre vid mätstation jämfört med i skogen. Just den exakta dimensionsmätningen har stor ekonomisk betydelse för sågverken då man vid sortering i snäva diameterklasser kan öka sågutbytet. Tendensen i Finland har under de senaste åren varit att köparna ökat andelen mätstationsmätning. Dock ska man komma ihåg att man vid mätstation ej kan åtgärda en felaktig aptering. Är stocken på fel plats vid fel tid ger det också avsevärda förluster.

2.3.1 Laserbaserade mätrammar och ”yttreformsklassning”

Skugggramar ersätts alltmer med 3D-ramar. Bland 3D-ramarna finns en trend att punktlaser ersätts med linjelaser och bildanalys. VMR driver för närvarande projektet Effektivare Sågtimmermätning² där ett av målen är att utveckla modeller baserade på yttreformsvariabler för automatisk klassning av sågtimmer. I första hand ska klassningen följa nuvarande VMR-

² Projektet Effektivare sågtimmermätning startades 1999 med SLU och Träteknik som ansvariga för metodutveckling respektive teknikutveckling. Metodutvecklingen syftar till att ta fram modeller för automatisk klassning i 3D-mätram. Teknikutvecklingen syftar till automatisk trädslagsbestämning, diameterbestämning under bark samt kapspricksdetektering. Projektet skall avslutas under början av 2003.

klasser (VMR 1/99), i andra hand ska nya klasser utvecklas. I lägesrapporten daterad juni 2002 ges följande beskrivning av hur så kallad ”yttreformsklassning” utvecklats:

Vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) inleddes i början av 1990-talet arbeten kring klassning av sågtimmer med ledning av stockarnas yttre form (Nylinder 1990). I detta skede användes data från barkade stockar genererade av en Rema 2D-mätram. Resultaten sammanfattades i en doktorsavhandling (Grace 1994). Detta system implementerades i Tunadal, Holmsund, Munksund, Bollsta och Åtvidaberg. I Munksund utvecklade senare SCA metoden för en mätram som bygger på linjelaser (fotografering av en laserlinje runt hela stocken). Sorteringsmetoden utnyttjades då för sortering av såväl barkat som obarkat timmer i ”godkänt” och ”icke godkänt” för en eller ett fåtal timmerklasser.

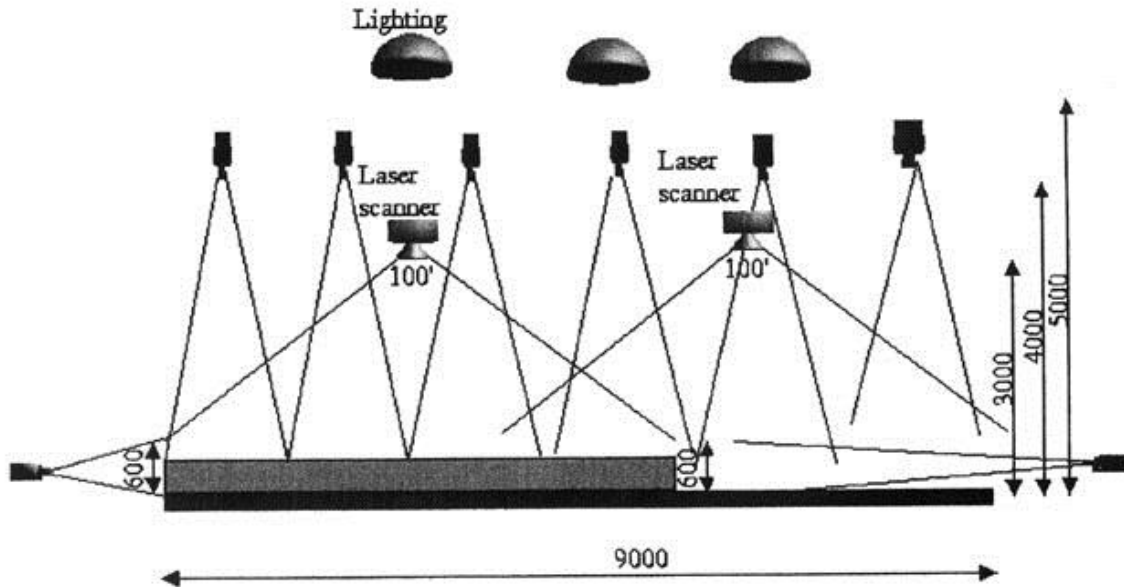
Under andra halvan av 1990-talet introducerades 3D-mättrar vilket kraftfullt förbättrade möjligheten att definiera yttreformsvariabler. Lundgren (2000) definierade ett 40-tal variabler där de viktigaste komponenterna är avsmalning och bulighet. I arbeten av Jäppinen (2000) utvecklades ett sorteringssystem 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. Dessa arbeten bygger på Remas 3D-mätram vilken arbetar enligt punktlaserprincipen. Denna kan sägas bygga på att avståndet till stocken registreras i 20 – 48 punkter beroende på stockens dimension. Många andra 3D-mättrar bygger dock på den tidigare nämnda linjelasertekniken.

Förutom ovan nämnda arbeten vid SLU kan nämnas att Träteknik har börjat marknadsföra produkter baserade på yttreformsmätning (Kvalitet On-Line) och att Luleå Tekniska Universitet i Skellefteå i arbeten vid Kågesågen visat på tydliga samband mellan stockars yttre form och dagens timmerklasser (Oja m.fl. 1999). Stockarnas yttre form visar sig vidare vara en viktig parameter då klassningen sker med Remas X-ray Logscanner.

2.3.2 Matriskameror och bildanalys för stockmätning

I de fall man ej har behov av en komplett 3D-beskrivning av stocken kan laserbaserade mättrar ersättas av matriskameror och bildanalys. Sådana system kan bli avsevärt billigare. Utvecklingen av kameror och programvaror går snabbt framåt.

Ett intressant pågående utvecklingsprojekt är det finska Codator Modus 1000. Systemet är avsett för stockvis mätning av massaved och bygger på åtta färgkameror och två laserscannrar (*Figur 7*). Två kameror fotograferar ändytorna medan övriga används för att beskriva stockens längsprofil. Enligt tillverkaren ska stockens relief kunna detekteras med mindre än en mm fel för stockar mellan 5 och 60 cm diameter. Maxlängden är nio meter. Bildanalysen ska också klara att identifiera sprötkvistar, krökar och andel barkfri yta. En pilotanläggning ska installeras och testas under hösten 2002. Två finska bruk har, förutsatt positiva testresultat, beställt anläggningar till sommaren 2003.



Figur 7. Modus 1000 – finskt system för stockvis mätning baserat på kameror, lasrar och bildanalys.

2.3.3 Genomlysning

Under 80-talet installerades vid Ala sågverk den första utrustningen för röntgenbaserad genomlysning av stockar (TINA). Sedan början av 90-talet har forskargrupper i Skellefteå (Luleå Tekniska Universitet och Träteknik) utvecklat den andra generationens röntgenutrustning kallad X-ray logscanner. Denna har två genomlysningsriktningar och klarar att mäta diameter under bark samt att detektera kvistvarv, kvistmassa (vilket korrelerar med kvistdiameter och kvistlängd), kärnved, större inre fel och trädslag (ej till 100 %). Man har också med god framgång testat att sortera granstockar i två klasser baserade på årsringsbredd samt att sortera mot ett förväntat kvalitetsutfall på centrumutbyttena. Visionen för genomlysning är att man i framtiden ska närma sig den upplösning som datortomografi (skivröntgen) ger. Då skulle postningen av varje enskild stock kunna värdeoptimeras. Steget dit är dock ännu långt.

Problemet med genomlysning är främst den höga kostnaden för inköp och underhåll. För att kompensera detta måste man ha en genomtänkt affärsidé för hur informationen ska nyttjas i processtyrningen. X-ray logscanner har installerats i Valåsen sågverk och deras affärsidé bygger på en förbättrad kvalitetssortering av tallstockar.

Inom projektet Effektivare Sågtimmermätning studeras nu hur långt man kan komma vad gäller trädslagsseparering. Trädslagssepareringen bygger främst på att gran har småkvistar mellan kvistvarven vilket tall saknar. Visar det sig att X-ray logscanner blir den felande länken för att få en helautomatiserad stockmätning kan det kanske också motivera den höga kostnaden.

<p>ProScan är Pronyx 3D mätram för stock och block. Mät ramen bygger på en lösning med lasrar och kameror i integrerade mätenheter. Mätenheterna sitter monterade i en egenutvecklad ram, väl skyddade men lättåtkomliga även under drift. Allt detta gör att användarna själva kan byta mätenhet utan att behöva experthjälp från leverantören. Normalt scannas med en frekvens på upp till 300 mätningar per sekund, men det är tekniskt möjligt att göra upp till 15.000 mätningar per sekund med den kamerateknik som valts. Detta ger hundratusentals mätpunkter per stock eller block. Kameran som nu används klarar också kontraster bra och har inga problem med att se allt från stockar med blöt bark till block med ljus ved.</p>	
<p>RemaLog 3D – mätning med optimalt utbyte av varje stock: RemaLog 3D, stockmätare, är framtagen för sågverk som vill komma åt den potential som finns i att utnyttja den verkliga formen hos stockarna. RemaLog 3D mäter stockens mantelyta med mm-noggrannhet i ett tätt ruttmönster längs och tvärs hela stocken och tar därmed hänsyn till in- och utbuktningar, kvistansvällningar, hanteringsskador mm. Genom att mätramen mäter hela stockens form så kan man använda nya typer av sorteringskriterium t ex medeldiameter i topp eller blockdiagonal. Rätt utnyttjade innebär nya sorteringskriterier en möjlighet att förbättra utbytet.</p>	
<p>RemaLog Xray Efterföljaren till RemaLog Tina - en utrustning som gör det möjligt att se stockarnas inre kvalitet och därmed sortera dem exakt efter de behov du har. Du kan alltså ha ett särskilt fack med timmer för fönsterbågar eller bara för toppstockar eller för hållfasthetssorterat timmer. Hemligheten ligger förstås i röntgentekniken som ger en densitetsprofil av stocken. RemaLog Xray ser ända in till stockens kärna och upptäcker kvistvarv, kärnved, årsringar m.m. RemaLog XRay använder industriröntgenrör som kan vara i drift år efter år utan tidigare generationers isotopbyten - en driftsäker teknik med ett minimalt underhållsbehov. RemaLog Xray innehåller en mätram med två strålkällor och två halvledarröntgen-detektorer anordnade så att man får två skilda mätriktningar.”</p>	
<p>Visiometric Oy – Elmes 3600 I Elmes 3600-stockmätare sitter fyra lasrar på tvären över stocken. Stocken och laserplanen bildar ett snitt som tre matris kameror avläser. Därigenom avbildas stockens hela omkrets. Bilder av stockens omkrets tas 50 ggr/s. Mätfrekvensen kan ökas ytterligare. Dom inlästa omkretsarna ger stockens dess tredimensionella form. Diameter mäts med en noggrannhet av ± 1 mm, i 600 mm mätområde. Längd mäts med en noggrannhet av ± 1 cm. Sammantaget ger detta en noggrannhet i volymbestämningen om ± 1 %.</p>	
<p>Micropuu OPMES 604 En mätmetod som baserar sig på matris kameror och laserstrålar. Mätssystemet producerar en fullständig tredimensionell mall av stocken. I stockmätaren Opmes 604 sitter fem lasrar vinkelrätt mot stocken. Stocken och laserplanet bildar ett snitt som fyra matris kameror avläser. Därigenom avbildas stockens hela omkrets. Bilder av stockens mantelyta tas 100 ggr/s. Diameter mäts med en noggrannhet på ± 1 mm, i ett mätområde på 800 mm. Längden mäts med en noggrannhet på ± 1 cm. Sammantaget ger detta i volymbestämningen en noggrannhet på ± 1 %.</p>	

Box 1. Urklipp från några svenska och finska mätramstillverkares produktbeskrivningar.

2.3.4 Växtvridenhet

Växtvridenhet är en inom dagens virkesmätning i princip negligerad virkesdefekt eftersom den i praktiken är omöjlig att se på bark. En lång rad forskningsrapporter visar dock entydigt att växtvridenhet är av avgörande betydelse för den sågade varans formstabilitet. Man bör också skilja på höger- respektive vänstervridning. Forskningsresultaten visar att stockar med kraftig högervridning samt i princip alla vänstervridna stockar ej skall sågas till produkter med höga krav på formstabilitet. Även praktiska erfarenheter säger samma sak. I exempelvis Tunadals gransågverk uppfattas kraftigt växtvridna stockar som ett stort problem. Förutom att de ger usla sågvaror så kommer de ofta snett och stoppar produktionen (Sandgren pers. medd.).

Under rubriken ”Skogen” redogjordes för Chalmers växtvridenhetsmätare för stående träd. Chalmers har också utvecklat en variant för mätning på fällda stammar (stockar). Kan kanske vara intressant för kontrollmätningssituationer.

Accepterar man att arbeta med barkade stockar öppnas fler möjligheter. I början av 1990-talet observerade forskare vid STFI att laser kan användas för fiberriktningmätning. Trätek har nu vidareutvecklat denna metod som bygger på att en laserstråle riktas mot stocken (Grundberg pers. medd.). I stocken sprids laserljuset olika långt längs respektive mot fiberriktningen. Resultatet blir en oval fläck vars riktning kan läsas av en kamera. Proceduren kan upprepas ett mycket stort antal gånger per stock och medelvärdet blir ett gott värde på stockens växtvridenhet. Initiala tester på några tallsågverk i övre Norrland samt ett större gransågverk i södra Sverige visar på 3-4 % respektive närmare 10 % stockar med ”stor” växtvridenhet. Utrustningen kan enkelt installeras vid transportband för stockar och fungerar även vid hög banhastighet (*Figur 8*). Förutsatt att det finns tillräckliga ytor med barkavskav borde metoden kunna användas även på ”obarkade” stockar.



Figur 8. Fibervinkelmätare monterad i mätram (Grundberg och Nyström 2002, utkast till rapport om fibervinkelmätare).

2.3.5 Styvhet

För sågad vara finns kommersiell utrustning för dynamisk (akustisk) testning vilken ger ett mått på plankans styvhet. Detta är ett alternativ till så kallad stress-gradning. Pilotstudier på stockar har visat att metoden bör kunna användas på stockar eller till och med på stammar (Perstorper et al. 1999). Detta skulle öppna möjligheten att sortera fram särskilt styva stockar för produktion av till exempel takstolsvirke. Görs testningen på helstammar kan man dessutom aptera till önskad takstolslängd. Sådana system finns i drift på Nya Zeeland där stammar av *Pinus radiata* klassas med hjälp av handburen utrustning. Den sämsta av fyra styvhetsklasser anses för dålig för sågning och dessa stammar apteras till massaved (Lindström pers.medd.).

2.3.6 Barkmätning

Introduktionen av olika typer av 3D-mätrammar har avsevärt försvårat bedömningen av barkavdrag. Idag måste virkesmätarna behärska olika instruktioner beroende på vilken utrustning de använder. Detta problem synes nu vara på väg mot sin lösning. Inom projektet Effektivare Sågtimmermätning har NIR-teknik anpassats så att såväl barkarea som barktjocklek kan bestämmas. Barktjockleken bestäms indirekt som avståndsskillnaden mellan lasergivaren och stockens yta för näraliggande punkter med respektive utan bark. Detta betyder att barktjockleken ej kan bestämmas på stockar med helt oskadad bark. De två stora svenska mätramstillverkarna är båda i färd med att integrera denna barkmätning med mätramarna och de första installationerna beräknas ske under slutet av 2002.

2.3.7 Ändyteavläsningar

Ändytor kan ge mycket information om stockars virkesegenskaper. I dagens klassning av sågtimmer (VMR 1/99) ingår regler för bland annat årsringsbredd, kapsprickor, röta och tjurved. En hel del försök har under årens lopp gjorts att automatisera dessa mätningar. Hittills med nedslående resultat. Teknik med kameror och bildanalys utvecklas dock rasande snabbt och det är min bedömning att detta bör vara ett prioriterat område.

Studier som nyligen genomförts inom projekt Effektivare Sågtimmermätning visade att många registreringar är beroende av en ren och fräsch ändyta. Man utredde ett alternativ där renskärning av ändytan skulle göras genom att kapa en trissa från varje stock men kom (som förväntat) fram till att det skulle bli orimligt dyrt och komplicerat. Men kanske kan man tänka sig enklare lösningar baserade på fräs/hyvel/borste istället? Ett några cm brett band av ren och fräsch ändyta skulle kunna räcka för de analyser som beskrivs nedan.

2.3.7.1 Årsringsbredd (bildanalys)

Årsringsbredden är en mycket god indikator på kvistdiameter och kvistlängd. Kombinationen stockdiameter och årsringsdata är ett fullt tänkbart alternativ som grund för kvistbaserad kvalitetsklassning. På en något så när ren ändyta är det rimligt att anta att vi framöver kommer att kunna registrera årsringsdata med god upplösning. Tekniken kommer att bygga på matriskameror och bildanalys.

2.3.7.2 Kapsprickor (ultraljud respektive linjelaser och bildanalys)

Kapsprickor är ett betydande problem idag. Förhoppningsvis kommer teknikutveckling i skördarna att leda till att problemet försvinner. För att skynda på denna utveckling krävs detekteringsteknik. Då tydliggörs frekvensen kapsprickor för olika virkesleverantörer.

Detektering med ultraljudsmätningar

Vid Träteknik har en metod baserad på berörande mätning med ultraljud testats. Man konstaterade dock problem med mätning på frusen tall. Ultraljudsmätning kräver också god fysisk kontakt mellan sändare-mottagare och veden. Då man inte vet läget på kapsprickan måste mätningen göras runt stockens omkrets. Sammantaget förhindrar detta on-line lösningar. Metoden kan dock utvecklas till en stickprovsmätning där stockarna tillfälligt lyfts ur flödet och återplaceras efter mätning.

Linjelaser och bildanalys

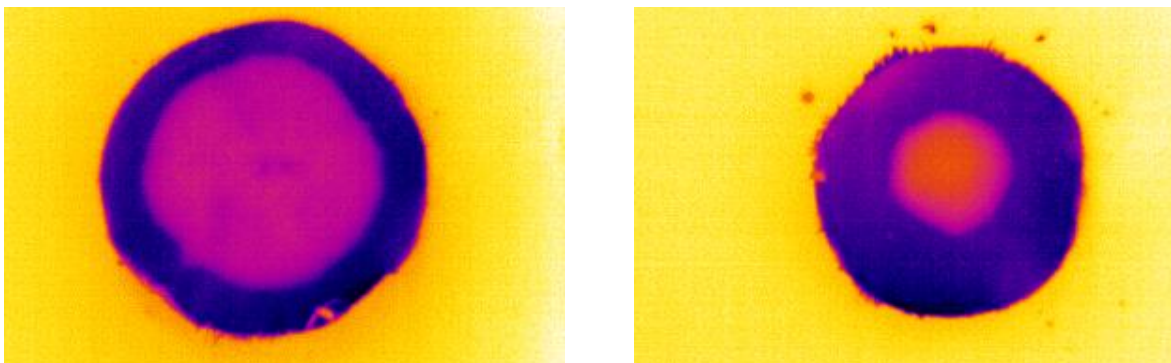
I ett delprojekt inom Effektivare Sågtimmermätning framkom att kapsprickor syns tydligare om stockänden belyses med mycket kraftigt ljus. Initiala tester med linjelaser och bildanalys visar lovande resultat.

2.3.7.3 Röta (bildanalys)

På en rengjord yta bör det gå att automatiskt detektera röta med acceptabel noggrannhet. Även här handlar det om kameror och bildanalys.

2.3.7.4 Kärnved (IR)

För många produkter och processer av såväl tall som gran vore det bra om man kunde använda ren kärnved eller ren splintved. Idag finns inga system kring detta. I ett examensarbete vid KTH påvisades att kärnved framträder mycket tydligt vid IR-belysning (Arnerup 2002). Det betyder att även denna vedegenskap kan detekteras automatiskt om intresse finns att sortera ut stockar med särskilt hög eller låg kärnvedhalt.



Figur 9. IR-foton av ändtytor där kärna-splintgränsen tydligt framträder.

2.3.7.5 Tjurved (svårt)

Att bedöma andelen tjurved i stockars ändytor är svårt. Att göra det automatiskt torde bli ännu svårare. Vidare är det från ändytan omöjligt att avgöra hur långt in i stocken som tjurveden går. Omvänt kan tjurved förekomma inne i stocken trots att det inte framträder i ändytorna.

Vad man syftar till med tjurvedsregler är att straffa stockar som ger icke formstabil sågad vara. Flera undersökningar, till exempel Öhman (2002) visar att sambanden med formfel är starkare för krökmått (t ex pilhöjd) än för ändytetjur. Slutsatsen blir därför att man bör överväga att ersätta eller komplettera tjurvedsreglerna med krökregler.

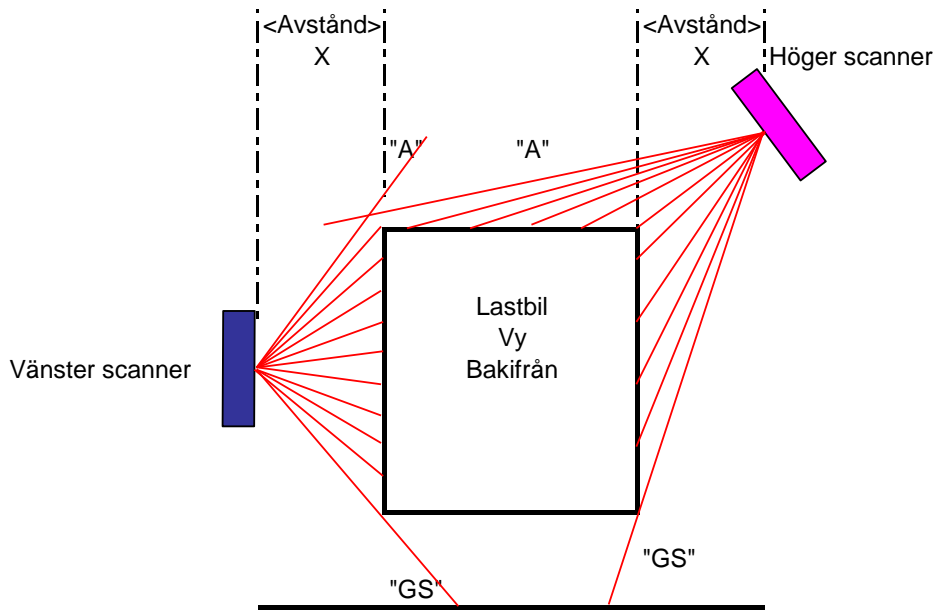
2.3.8 Travmätning med laserscannrar

Dagens travmätning innehåller många manuella moment där risken är stor att olika personer får olika resultat. Travars form kan också variera, trots att de ligger mellan relativt raka stöttor, vilket resulterar i osäkerhet när antalet mätpunkter är litet. En automatisk metod som bygger på ett mycket stort antal mätpunkter är alltså mycket eftersträvansvärd. Samtidigt är dagens mätribbor billiga varför den nya tekniken ej får bli dyr. En ny teknik bör generera samma mätvärden (längd, bredd och höjd) som dagens manuella mätning eftersom automatisk och manuell mätning kommer att användas parallellt.

Mätning med laserscannrar under det att bilen med låg och konstant hastighet passerar uppfyller ovan ställda krav vad gäller att bestämma travars bruttovolym. Under 1999 påbörjades ett VMR-projekt tillsammans med Acobia AB. Figur 10 visar utrustningen och hur två laserscannrar monterades. De främsta problemen har gällt bortfiltrering av kranen samt att bestämma stockarnas medellängd (travbredden) för virke i fallande längder. Med tanke på dessa problem är det rimligt att anta att en tredje scanner, placerad rakt över fordonet, kommer att behövas. Förutom att klara problemet med kranen bör det leda till ökad noggrannhet för alla tre travdelmått. Försök med tre scannrar kommer att utföras under slutet av 2002.

Att montera laserscannrar vid en mätstation är enkelt, med reservation för att direkt solljus kan störa avståndsmätning med laser. De fotoceller som behövs för hastighetsregistrering kräver däremot lite mer omsorg. Denna mätning är också mycket viktig för slutresultatet. Vid praktiska tester i Braviken framkom också att flera bilar lastats så att lasern hade en hopplös uppgift att skilja travarna åt. Med instruktioner, typ mätningssvägran, går frekvensen nog att minska.

Även i Finland har travmätning med laserscanning utvecklats. Dessa AVM-stationer som förutom laserscannrar även har videokameror monteras i ett separat mäthus. Den mest avancerade varianten ger även travens fastvolymprocent. AVM-stationerna är dock så dyra att användning i Sverige är mindre trolig.



Figur 10. Lasermätning av traves volym. Med två scannrar kan båda sidorna samt översidan bestämmas (illustration Acobia AB). Med tre scannrar, en rakt uppifrån och en mot höger respektive vänster sida, skulle mätnoggrannheten troligen förbättras avsevärt.

2.3.9 Andra travmätningmetoder

Flera andra metoder för travmätning har testats under årens lopp. Till exempel lufttryckskammare och xylometerbad. Ingen har visat sig rationell för praktisk året-runt drift. Vill man automatisera ser jag därför idag inte något alternativ till ovan nämnda laserscannermetod.

2.3.10 Torrhaltsprovtagning

Vad gäller torrhaltsprovtagning på massaved har inga nya alternativ kommit fram sedan undertecknads doktorsarbete på 80-talet (Björklund 1988), möjligen med undantag för nedan beskrivna STFI-utrustning. De borrar och kedjefräsar som då testades led alla av problemet att oskarpa eggar skulle leda till oönskad friktionsvärme och därmed uttorkning av spånprovet. Kedjefräsen var också beroende av ett korrekt handhavande. Kedjefräsen används dock sedan ca 30 år tillbaka för vederlagsgrundande mätning i bland annat Sydtyskland (Figur 11). Brist på adekvat provtagningsutrustning har bidragit till att intresset i Sverige för värdering av massaved efter torr vikt har svalnat. Dock finns några större intressenter som fortfarande vill högprioritera frågan.



Figur 11. Kedjefräs för torrhaltsprovtagning på massavedstravar. Metoden utvecklades i Norge på 1960-talet och används idag bland annat i södra Tyskland. Vänstra fotot från StoraEnso i Karlsruhe och högra fotot från SCA i Mannheim (foton Roger Andersson, 2000).

Däremot värderas den mesta sågverksflisen efter torr vikt. För 10-talet år sedan försökte man automatisera provtagningen med en sond som skulle kunna ta ut prov från slumpmässig plats i skäppan. Utvecklingen lades ner pga bristande intresse från berörda intressenter. Prov tas istället enligt enkla förfaranden med en hink direkt ur skäppan eller i samband med avlastningen. Vidare kan nämnas att torrhaltsprover också tas vid de flesta värmeverken.

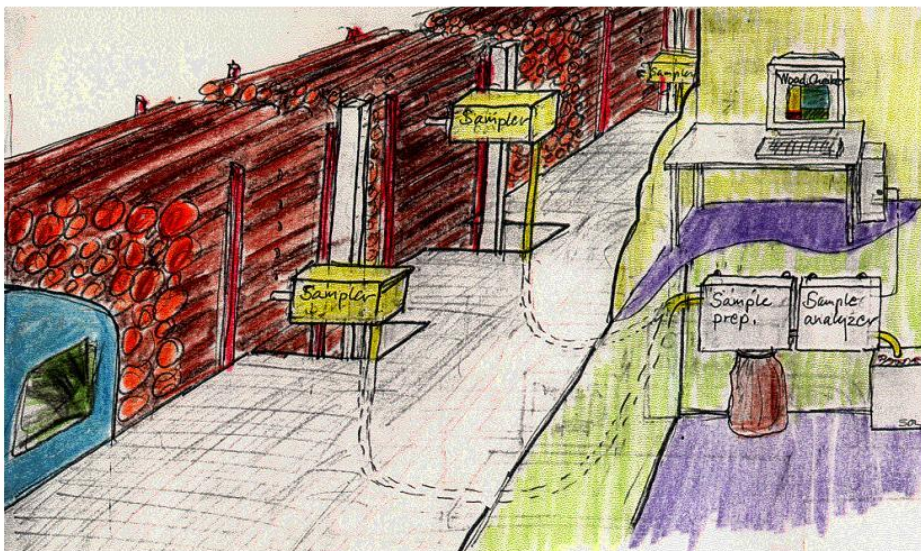
2.3.11 Fiberegenskaper (och torrhalt)

Vid ett av StoraEnsos bruk i Sverige har under vintern-våren 2002 en av STFI framtagen provtagningsutrustning för fiberegenskaper testats. Utrustningen representerar 3-4 års utveckling och man har kommit långt vad gäller automatiskt uttag av provstavar ur en fordonstraves sida (*Figur 12*). Dock återstår en god bit innan STFIs vision om helt automatisk provanalys är uppnådd. I denna vision ingår att provstaven medelst tryckluft körs genom en slang in i labbet där fräsning (för att erhålla en plan och jämn yta för vidare analyser), bildanalys och NIR-mätningar ska ske utan mänsklig inblandning. Till detta mål återstår en hel del teknikutveckling.

Apparaturen borrar ut en stav ur utvalda stockar på biltraves sida. Proceduren som tar 5-7 minuter börjar med att utrustningen rör sig nerifrån och upp samtidigt som den lasermäter avståndet till travsidan. I denna avståndskurva identifieras stockars mittpunkter. Avståndsmätning med laser är känslig för direkt solljus varför någon form av kringbyggnad är nödvändig. Under efterföljande rörelse uppifrån och ned borrar i de identifierade punkterna. Varje borrning börjar med att borren i vinklat läge gör ett märke ca två cm djupt. Detta märke används för att automatiskt lägga staven i rätt rotationsläge i efterföljande framfräsning av en plan vedyta. På vedytan skall årsringsbredd, sommarvedhalt och ungdomsvedhalt analyseras med hjälp av kamera och bildanalys. Fukthalt, färskhet och trädslag skall analyseras med hjälp av NIR-mätare. För varje enskild provstock erhålls en torrhaltsprofil från bark till bark via mären. Tillsammans med stockens diameter samt information om travens diametervariation bör detta öppna för en vederhäftig torrhaltsbestämning. Den stav som mätningen görs på torde också vara förskonad från den friktionsvärmerelaterade uttorkning som spån från kedjefräs eller borrh lättare kan drabbas av.

Fast poängen i sammanhanget är nog att detta representerar något som industrin är beredd att lägga avsevärda pengar på. Man gör det eftersom den erhållna informationen förväntas generera mervärden i form av effektivare processtyrning och bättre slutprodukter. Att bekosta utveckling som ”enbart” leder till noggrannare och rättvisare vederlagsmätning ligger knappast i en köpande industris intresse. Om utrustningen kommer till praktisk drift kan man förvänta sig att enbart industrier där fiber-process-produkt-tänkandet är väl utvecklat väljer denna investering. Och att sätta upp och driva apparaturen enbart för VMFs vederlagsmätning torde bli avskräckande dyrt. Det är därför svårt att se att denna provtagningsutrustning kan bana väg för en allmän övergång till vägning med torrhaltsbestämning för massaveden.

Automatic measurements of pulpwood properties - concept



Figur 12. STFI Wood Sampler (illustration STFI).

2.3.12 Vikt och färskhet

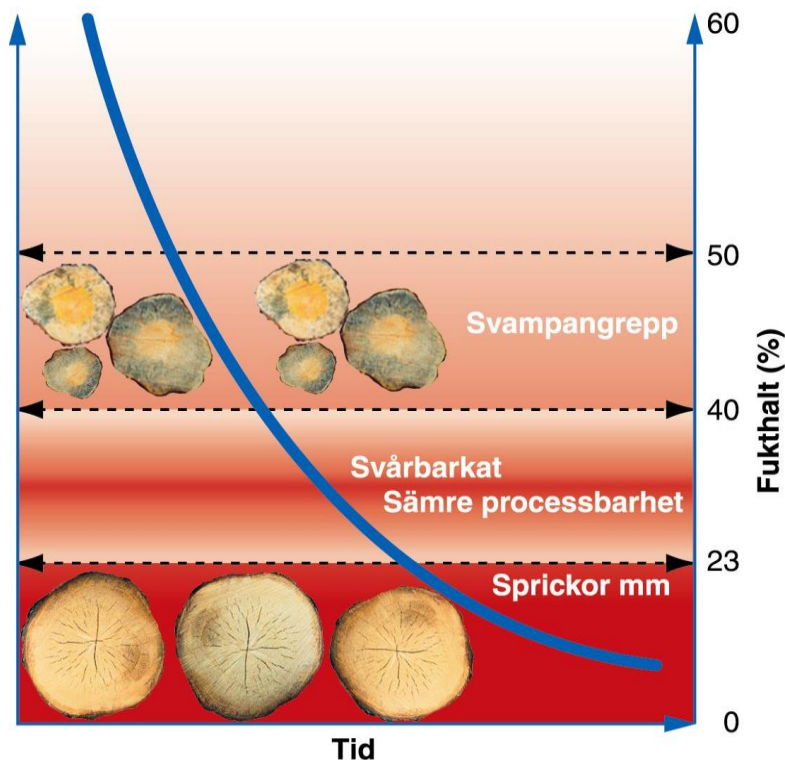
Fordonsvåg finns idag vid flertalet mätstationer vid massa-/pappersbruken. Vikt är en enkel, snabb och billig mätning som kan användas till mycket.

Rå vikt och omräkning till volym

Rå vikt kan räknas om till volym. För exempelvis björkmassaved ger även en enkel osofistikerad omräkning högre precision än dagens travmätning (undantaget sensommar och höst när en del partier kan ha hunnit torka en del). Med månadsmedeltal och olika former av korrektioner kommer även precisionen för barmassaved i närheten av den manuella travmätningen. Rå vikt är också första steget i det i norra Sverige använda stickprovssystemet VS-mätning (Vägning- Stockmätning). Såväl virkets torrhaltsvariationer som torkningssäsongens längd gör att system baserade på vägning och omräkningstal får högre noggrannhet i norra Sverige än i södra.

Färskhet

Färskhet är en mycket efterfrågad men dessvärre svårdefinierad parameter. Virkets fukthalt är normalt den viktigaste egenskapen vad gäller färskhet men eftersom nyavverkat (färskt) virkes fukthalt varierar kan man inte direktöversätta fukthalt till färskhet. Virke kan sägas vara färskt så länge tillverkning och slutprodukter inte påverkas negativt jämfört med användning av nyavverkat virke. I figur 13 visas några av effekterna av sjunkande fukthalt. Härav följer att olika industrier kan och bör ställa olika krav på färskhet. Det finns därför ett stort behov att utveckla bättre kriterier än hur lång tid det gått från avverkning vilket används idag. Vikt/volymrelation dvs rådensitet skulle kunna vara en larmklocka för färskhet. Vid låg densitet kan provtagning göras och visar denna att något gränsvärde passerats kan virket vrakas (Persson et al. 2002).



Figur 13. Fukthalt är ett viktigt mått på virkets färskhet. När splintvedens fukthalt sjunker under 50 % ökar risken för svampangrepp, vid fukthalter under 40 % blir veden svårare att barka och under fibermättnadspunkten, ca 23 %, börjar virket krympa med sprickbildning som följd (illustration HF Skog & Bild).

3. Sortimentvisa utvecklingsvisioner

Möjligheterna att mäta, dvs att generera information om ett sortiment, beror på var i kedjan vi befinner oss. Nedanstående tabell ger en översikt, i logistikkronologisk ordning, över vilken information som är rimlig att inhämta samt om den kan tänkas ha kvalitativa inslag eller om den begränsas till kvantitetsuppgifter. Därefter beskrivs varje sortimentsgrupp, först ur ett produkt- och virkesegenskapsperspektiv, sedan ur ett mätningstekniskt perspektiv.

Tabell 2. Logistikkronologisk översikt med exempel på vilken information som kan kopplas till ett sortiment.

Tids- axel	Mätning med kvalitativa inslag		Kvantitetsuppgifter – transportinformation	
	Mätpunkt	Exempel på information som kan genereras	Transport eller lagerplats	Information
↓	Stående skog (rotlager)	Volym Trädslag DBH-fördelning Kvalitetsindikatorer (via plats, bonitet, ålder, årsringsmått etc)		
↓	Skördare	Dimension Sortiment		
↓			Skotare/väglager	Volym Sortimentsvandring
↓			Lastbil, järnväg etc	Volym Sortimentsvandring
↓	Mätstation (beroende på teknisk utrustning)	<i>Icke barkade stockar:</i> Dimension under bark VMR-klass Betalningsgrundande volym Kärnvedhalt Inväxta skador Styvhet		
↓			Industrilager	Volym
↓	Sågintag	<i>Barkade stockar:</i> Växtvridenhet		

3.1 Industrispecifika specialsortiment (produktdefinierat virke)

Produkter och virkesegenskaper

Specialsortiment associerar nog de flesta med virke där slutanvändningen är väldefinierad. En alternativ benämning blir därför ”produktdefinierat virke”. Likaså tänker nog de flesta att det handlar om små kvantiteter av hög kvalitet. De traditionella specialsortimenten är till exempel stolpar, slipers, svarvfanér (plywood) och knivfanér. Dessa sortiment har beskrivits i oförändrade ordalag i åtskilliga decennier, om inte till och med sekel. För de flesta skogsmän ÄR detta specialsortimenten. Men egentligen borde väl allt virke vara specialsortiment i så motto att slutanvändningen skulle vara känd?

Nya specialsortiment kan komma att definieras i skogen på grundval av beståndsdata (bonitet, temperatursumma, ålder etc), träddata (årsringmått, krongränshöjd, brösthöjdsdiameter etc) och stocktyp (rotstock, andrastock etc). Realistiska exempel är:

- Andrastock av tall från hög bonitet.
- Mellanstock av gran från mellanbonitet.
- Förlängd rotstock från självföryngrad tall på mellanbonitet. Den rotnära delen då avsedd för svarvfanér eller snickeriändamål medan resten avses bli konstruktionsvirke.
- Gallringsrotstock av planterad tall på hög bonitet. Detta är friskkvistvirke med stor kvist och långt mellan kvistvarven.
- Toppsack av tall. Friskkvistvirke med tätare mellan kvistvarven än föregående.

Alla dessa exempel har jag diskuterat med vidareförädlade industrier i samband med olika övningar i virkesutnyttjande. Demonstrationsvirke som förevisats har uppfattats som mycket intressant. De specialsortiment som det här handlar om är inte jämförbara med det som traditionellt sett kännetecknar de flesta specialsortiment, dvs smala årsringar och maximal andel kvistrent virke. I stället är det virke som normalt ingår i de stora bulkvolymerna ”normaltimmer”, t.o.m de lägre betalda segmenten av detta. Det handlar alltså mer om att välja rätt råvara och att ha *kontroll över att egenskaperna hålls konstanta* än om att hitta särskilt ”höga” kvaliteter.

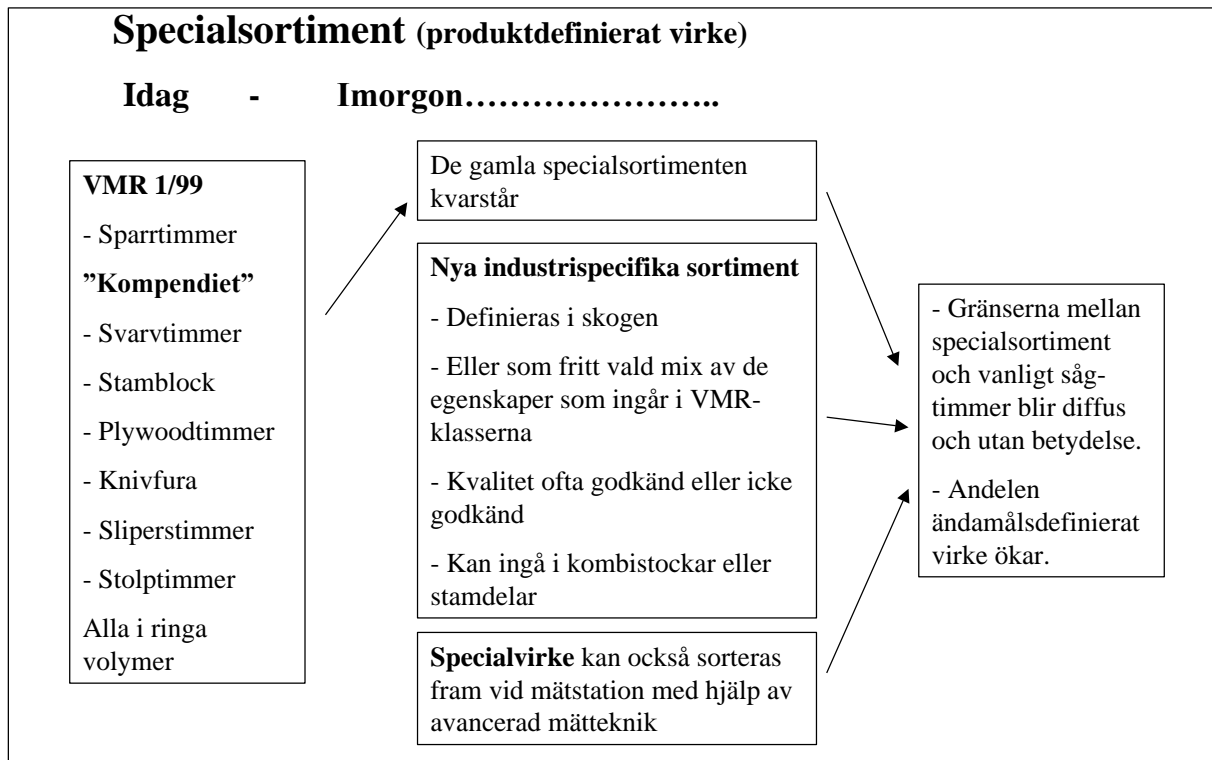
”Produktifiering” kan ske i flera steg. Längdaptering är ett exempel på ett steg mot en viss slutanvändning. Man känner till produktgruppen och efterfrågan på olika längder, kanske utan att veta den exakta slutanvändningen. Eftersom längdanpassning är den idag dominerande adapteringsgrunden kan man säga att gränsen mellan sågtimmer och specialsortiment är diffus. I framtiden kan man förvänta sig att uppdelningen får allt mindre betydelse.

Eventuellt kan man även tänka sig att specialsortiment uppkommer i samband med mätning vid mätstation, särskilt när mer avancerad utrustning används, men det blir då kanske definierat som sortering.

Mätning

Traditionella specialsortiment utsynas i skogen. Erfarna skogsmän vet var detta virke finns. De tänker säkert i termer av bonitet, ålder och trädtype. Även nya specialsortiment av den typ som exemplifierats ovan kommer att definieras i skogen, skillnaden är att man använder modeller istället för skogsmannablick. Det kanske viktigaste ur ett mätningssperspektiv är att det för specialsortiment normalt saknas kvalitetsklasser. Här gäller bara godkänd eller icke godkänd (vrak). När trädmodeller används kan grunden för sortimentsbeskrivningen vara något som är svårt att registrera i manuell klassning av stockar. Klassning vid mätstation reduceras då till att finna defekta stockar (defekter som skördar- och skotarförarna har missat).

En gradvis övergång till specialsortiment kan också erhållas om vi utformar timmermätningen efter samma tanke som var grunden för Nordiskt Trä-klassningen av sågad vara. Dvs att klassindela de virkesegenskaper som ingår i dagens VMR-klasser och sedan fritt kombinera dessa för att tillfredsställa köparens krav.



Figur 14. En vision för utvecklingen av specialsortiment (produktdefinierat virke).

3.2 Övrigt sågtimmer

Produkter och virkesegenskaper

Sågtimmer utgör råvara för många, stora och mycket diversifierade produktgrupper. Diversifieringen gäller såväl de volymer det handlar om, som de virkesegenskaper som eftertraktas. Även inom produktgrupper finns stora process- och produktrelaterade skillnader i kraven på råvara. Det som är en eftertraktad virkesegenskap i ena fallet kan vara en negativ egenskap i nästa fall. Man bör därför hålla isär begreppen *virkesegenskap* och *kvalitet*. Alltför generella och hierarkiska system för kvalitetsklassning riskerar att bli kontraproduktiva.

Mätning

Det tycks råda strålände enighet kring att dagens klassningssystem (VMR-klasserna) måste förenklas. Förenklingarna ska omfatta såväl en minskning av antalet klasser som borttagande av detaljregler som sällan tillämpas och/eller inte klaras med tillräcklig noggrannhet i den ordinarie mätningen. Resultat från projektet Effektivare Sågtimmermätning visar att automatisk klassning blir meningsfull endast om antalet klasser minskas. Alltså bör vi tänka oss ett system med tre klasser för tall och två eller tre för gran (jag tror två räcker för gran). Vi bör också titta närmare på mätramarnas krökmätning. Det sistnämnda är, som beskrevs under punkt 2.3.7.5, ett realistiskt alternativ till tjurvedsbedömning.

Det råder också enighet kring att mättningsarbetet bör rationaliseras eftersom mätstationen i vissa lägen kan bli en flaskhals i produktionen. Av denna anledning diskuteras SS-mätning³

³ SS-mätning står för stockmätning, stockmätning vilket är ett stickprovssystem med stockmätning i både enkel och noggrann mätning. Avsikten med SS-mätning är att öka mätkapaciteten genom att kvalitetsklassa endast stickprovstockar medan samtliga volymmäts i mätram. På mätstationer med

flitigt inom delar av landet och systemutveckling är på gång. Om klassningsreglerna förenklas och kanske även automatiseras kommer behovet av SS-mätning dock att minska. SS-mätning är också mindre intressant när kollektivmätning med stickprov kan tillämpas (Orvér 2001).

Två andra utvecklingstrender kan också att leda till minskad traditionell sågtimmermätning. Den första är när priset avtalas redan i skogen som ett fast kubikmeterpris. Mätstationsarbetet reduceras då till volymmätning. Dock bör tilläggas att prissättningen på rot ofta bara avser pris mot leverantören. Prissättningen mot sågverket kan ändå kräva detaljerad mätning. Den andra trenden (förhoppningsvis) är att andelen industrispecifika specialsortiment ökar. Även för dessa blir kvalitetsklassningen enklare än för dagens sågtimmer.

Det hittills sagda går främst ut på rationalisering och förenkling dvs minskad informationsgenerering. Risken finns att vi därmed blir ännu sämre än idag på processtyrning. Ett alternativ vore därför att öppna för kompletterande specialmätningar. Dessa kan göras av renodlade processtyrningsskäl och då kan köparen betala VMF för att utföra denna extra tjänst. Men vi bör också vara öppna för att de kan ingå som komplement till VMR-klassningen och då också påverka priset. En poäng med att inkludera dem i vederlagsmätningen är att det sänder korrekta (produkt- och processrelaterade) signaler till leverantören.

Två exempel:

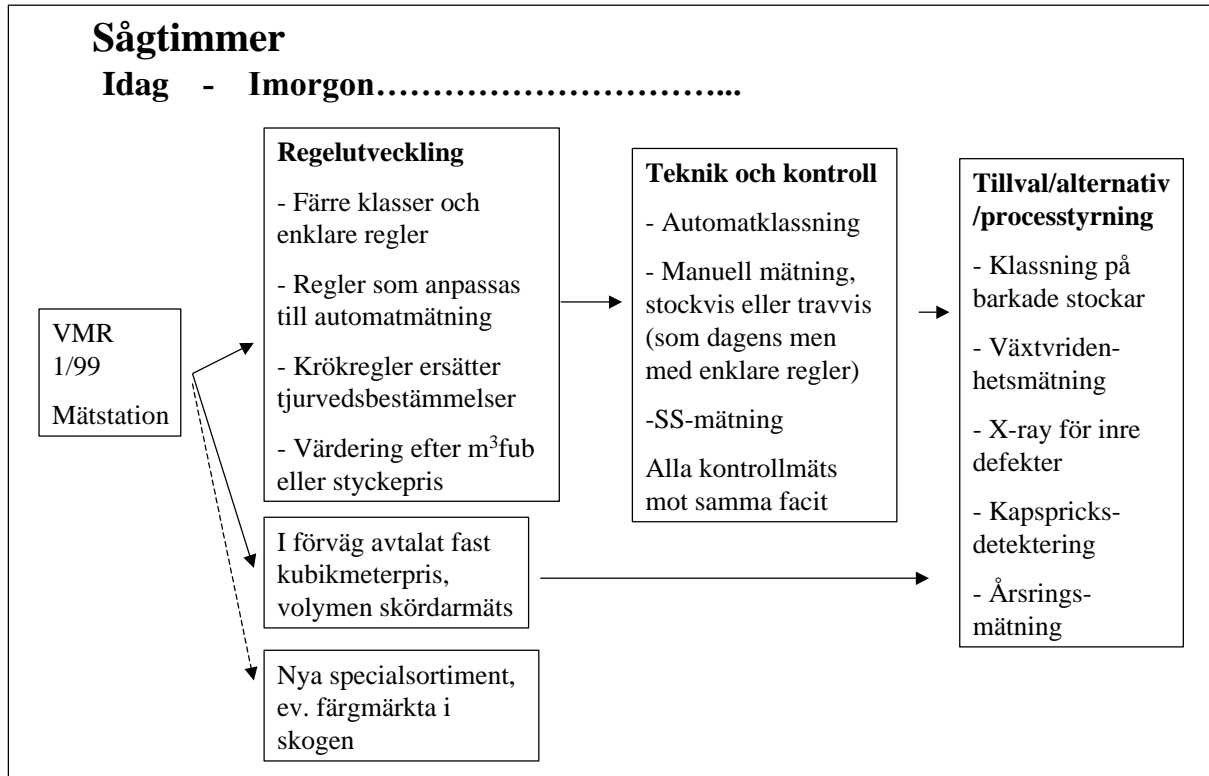
1. Växtvridenhet bör strykas från den ordinarie mätningen eftersom den är närmast omöjlig att visuellt bedöma på obarkade stockar. Mycket forskning visar samtidigt att det är en mycket viktig egenskap för slutproduktens kvalitet. Växtvridenhet går att mäta på barkade stockar samt på stockar med tillräckligt mycket barkavskav. De sågar som vill ha icke växtvridet timmer kan installera utrustning, ge premium för rakvuxet timmer, men massavedspris för de växtvridna.
2. Vissa invuxna skador som lyror och toppbrott kan idag hittas i kontrollmätningen men i endast låg utsträckning i ordinarie mätning. När de tas bort från mätreglerna kan intresserade sågverk istället investera i X-ray Logscanner med vilken nämnda fel kan upptäckas med god noggrannhet. Felfria stockar ges premium, de upptäckta fallen vrakas (massaved).

Målet är att sågverket ska processa endast stockar som ger fullgoda slutprodukter. När sådan stockkvalitet kan garanteras ökar sågens betalningsförmåga vilket i slutänden bör gagna även leverantören (skogsägaren). VMRs och VMFs uppgift blir då att utfärda instruktioner för kompletterande mätningar så att exempelvis växtvridenhet mäts likformigt vid de industrier där parterna kommer överens om denna mätning. I VMFs och SDCs service kan också ingå att redovisa jämförande vrakprocenter vid olika industrier så att systemet blir transparent. Det borde gå att hitta fler exempel på kompletterande specialmätningar än de två nämnda.

Timmerprislistors utformning styr ofta apteringen. Att styra längdfördelningen via olika premier är vanligt förekommande och det är, sett ur ett produktperspektiv, korrekt. Dock är det så att värdeoptimeringar baserade på det gängse använda m^3 to måttet kan motverka en önskad längdaptering. Flera intressenter anser därför att man bör övergå till värdering efter m^3 fub istället. Mot detta kan anföras att även m^3 fub kan leda till suboptimeringar. I detta fall

längsmätning kan det innebära att banhastigheten sänks när en ”batch” med provstockar passerar. Vid tvärsmatning kan stickprovsstockarna markeras med en ljuslinje och virkesmätaren koncentrerar sig då på att kvalitetsbedöma dessa.

att datorn inte utnyttjar det enskilda trädets avsmalning vilket innebär att kostnaden för en stock med en viss toppdiameter blir något högre än om m³to-pris styrt apteringsdatorn. Ett tredje alternativ vore att basera betalningen på styck. Varje ruta i en fördelningsmatris med längder och diametrar får då ett pris per stock. Då skulle skogen eftersträva att maximera både mot avsmalning och mot sågverkets önskemål.



Figur 15. En vision för sågtimmermätningens utveckling. Förenklade regler, automatklassning och avsevärda volymer som faller bort från traditionell sågtimmermätning gör att det totala mätarbetet kommer att minska. Nya och mer processrelaterade mätningar kan öka mätarbetet.

3.3 Massaved

Produkter och virkesegenskaper

Traditionellt har industrin skapat en enhetlig råvara genom att blanda inkommande virke efter bästa förmåga. I takt med en ökad diversifiering i produktledet har dock intresset för att kunna anrika vissa fiberegenskaper ökat. Vissa industrier gör det redan genom att särskålla exempelvis gallringsved eller sågverksflis. SkogForsk har projekt tillsammans med bland andra StoraEnso där målet är en ökad uppdelning av virket från skogen. En annan ”virkesegenskap” som rönt ökat intresse pga sin stora betydelse för vissa produkters kvalitet är färskhet. Som nämnts tidigare är detta en svårdefinierad och svår mätt parameter.

Travmätning

Första frågan gäller vikt eller volym. Volym kommer med stor sannolikhet att vara den dominerande värderingsgrunden, men vissa kommer att välja torr vikt. Det bör vara upp till parterna att från fall till fall välja om man vill köpa efter volym eller torr vikt, något som är

helt i enlighet med Skogsstyrelsens föreskrifter och med VMRs gällande instruktioner (VMR 1999). Nedanstående beskrivningar handlar enbart om volymmätning.

Travmätning på fordon, dvs på lastbil eller järnväg, kommer sannolikt att automatiseras. Närmast till hands ligger lasermätning av travvolymen. Därmed erhålls travens bruttovolym. Längre fram bör kameror och bildanalys öppna för fastvolymbestämning, bestämning av diameterspridning etc (något som det finska Vision System, AVM, klarar idag).

Om man väljer en delautomatisering, t ex lasermätning av travars bruttovolym, och samtidigt förväntar sig någon form av rationalisering, blir det extra viktigt att se över den totala systemlösningen. Annars riskerar det att bli så som personalen vid Bravikens mätstation befarade:

”Någon tidsbesparing blir det nog inte. Tvärtom, när vi ska invänta resultat från lasern och sedan gå ut och kolla och eventuellt korrigera så lär det ta mer tid än dagens mätning.”

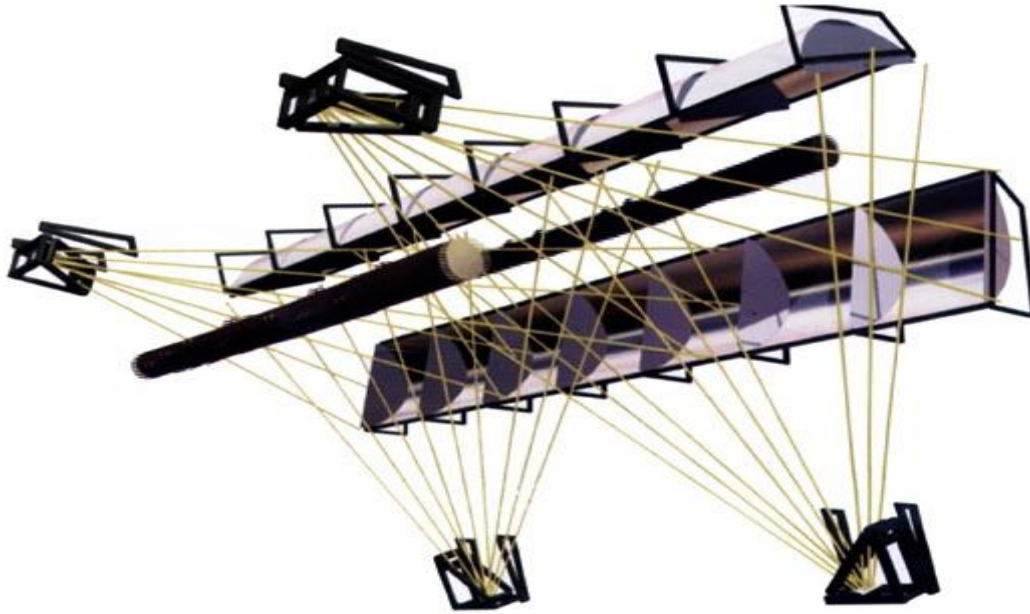
Dom har nog rätt i att ett nytt system måste innehålla fler komponenter. Virkesmätaren bör kunna invänta bilens ankomst stående på bryggan med en handdator där all information visas.

Stickprovsmätning

Även stickprovsmätningen bör automatiseras i form av någon enkel typ av mätstation. För massaved behövs inga 3D-ramar. Matriskameror tycks klara mycket och är långt billigare än konventionella mätrammar. Tekniken i en- eller tvåvägsmätrammar är ofta bortåt 10 år gammal medan nya kameror á kanske 50 000 kr bör klara att mäta enskilda klens stockar (Grundberg pers. medd.). När stickprovsstationer väl finns kan andelen stickprov ökas utan att kostnaden skenar. Kollektiven kan då göras mindre vilket vissa intressenter efterfrågar.

Ett exempel på utveckling av automatiserad stickprovsmätning beskrevs under punkt 2.3.2. Ett annat intressant exempel från Finland är MITLA stationen vid Stora Enso i Uimaharju (figur 16). Den har utvecklats av bland andra Mikropuu och på deras hemsida kan läsas:

”Mikropuu Oy har utvecklat en ny mätmetod för massaved. Mätningen baseras på videokamerateknik och effektiv signalprocessor; patenterade mättnings- och belysningsmetoder utnyttjas. I metoden låts massaveden falla genom mätaren. Stycken mäts en i sänder medan de faller roterande från tvärtransportören genom mätområdet. Beroende på styckets diameter fås 7 - 13 mätningar längs hela stycket i två mätriktningar. Volymmätningens noggrannhet kommer att fylla krav som ställs för vederlagsmätningen. Om mekaniken tillåter kan själva mätmetoden mäta upp till 4 stycken per sekund.”



Figur 16. I MITLA-stationen för automatiserad stickprovsmätning mäts stockarna medan de faller roterande från tvärtransportören genom mätområdet.

Några av de särskilt intressanta funktionerna i MITLA-konceptet är:

- Stationen är obemannad och sköts/övervakas av en truckförare.
- Enskilda stockar fotograferas och varje stock kan sedan bedömas när det är lämpligt i förhållande till övrigt arbete vid mätstationen.
- Resultatet kan komma så snabbt att personalen kommer ihåg mätningen och kan lära sig från facitvärdena, t.ex travbredden som är ett svårt moment med fallande längder (jag tänker mig nu att stationen används för ”svensk” mätning).

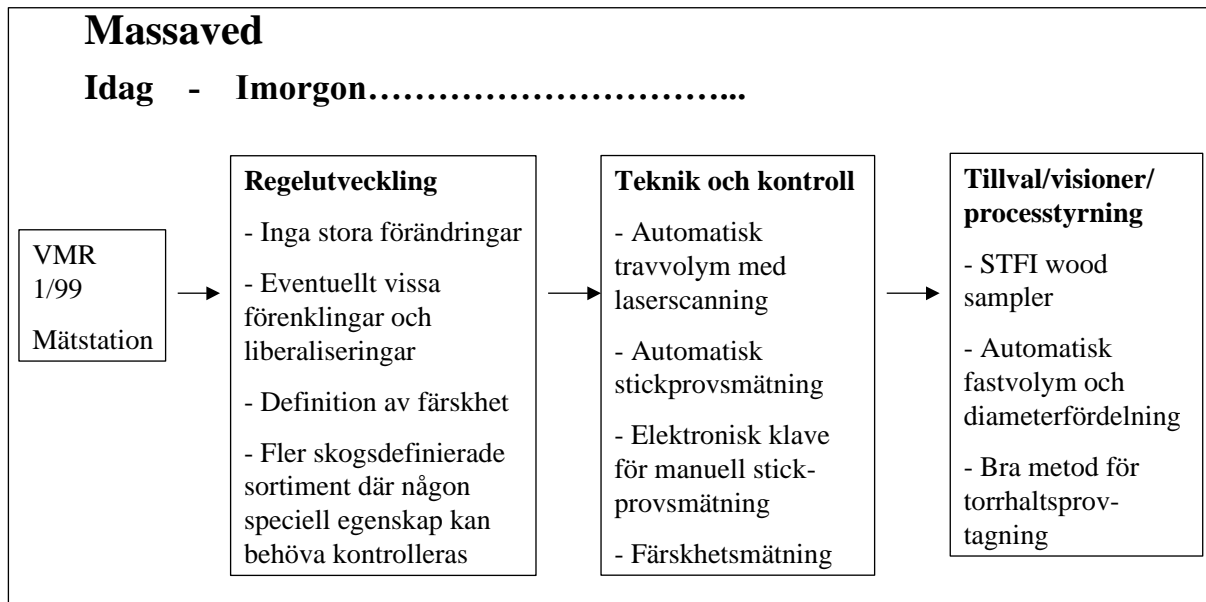
MITLA-stationens främsta nackdel är dess höga pris, runt åtta miljoner kronor. Den ursprungliga tanken med mobil station kunde inte heller uppfyllas, stationen väger ca 80 ton.

Istället för att kopiera MITLA bör vi utveckla något enklare och billigare. Ett alternativ är att använda utrangerad sågverksutrustning som en enklare tvåvägsmätram, ett påmatningsbord och ett utkast med sortering i två fack; godkänd respektive icke godkänd dimension. Som nämnts ovan kanske mätrammar kan ersättas med kamerateknik. Utrustningen kan vara kopplad direkt till mätstationen så att personalen får en signal när resultatet är klart. I TV-monitorer kan de se sorteringsfacken samt resultaten i form av längd- och diameterfördelningar. Foton på sorteringsfacken sparas, i fotona finns mätorder, datum, bilnummer etc inlagt. Resultaten kan godkännas varvid traven kan forslas bort, alternativt besiktigar en mätare virket innan det forslas bort. Ett tredje alternativ är att traven läggs åt sidan för eventuell extra kontrollmätning. En poäng är att det mycket begränsade arbete som mätpersonalen behöver göra kan styras till tider med låg inkörning. Skall en mätt trave besiktigas kan den ligga kvar i utrustningen tills lämplig tid finns. Kommer flera stickprovstravar tätt får man göra som idag dvs truckföraren lägger traven åt sidan. En del av det här uppräknade stämmer med MITLA-konceptet.

Man kan sedan fråga sig om inte även tillredningskrav kan kontrolleras av modern kamerautrustning? I så fall kan även tillredningsvrak hamna i vrakhögen. Nästa ambitionsnivå är att låta kameror leta röta och registrera rötandelar. Ännu högre ambition: Via kameror kan personal på mätstation vara med på distans och bedöma enskild stock. Man närmar sig då situationen vid sågverkens stockmätning men slipper bygga särskilt hus med allt vad sådant

innefattar. Denna stickprovsmätning kan också göras när luckor i ordinarie ”ankomstmätning” uppstår. Det svåraste att komma åt i automatisk stickprovsmätning blir nog lagringsröta. Här behövs ett mer manuellt alternativ att tillgripa när misstanke uppstår.

Ett komplement till stickprovsmätningstationer bör vara en elektronisk klave, dvs ett bärbart instrument som beröringsfritt mäter diameter i minst två riktningar. Detta eftersom klavning, trots sin enkelhet, är beroende av ett noggrant handhavande.



Figur 17. En vision för massavedmätningens utveckling. Såväl travmätning som stickprovsmätning bör gå att automatisera.

Några mer visionära mätningstekniska idéer

Efter denna verklighetsnära genomgång vill jag ge plats för ett par egna idéer av helt otestat slag. Mottot må vara ”även den tokigaste idé kan så goda korn”:

Travmätning: Montera digitala stereokameror där virkestrucken lyfter traven av bilen. Trucken lyfter normalt en hel trave i taget men bör vid samlastning kunna ta deltravar. När traven hålls i rätt position tas, med kraftig blyxtbelysning, kort från båda sidorna. I korten kan varje ändyta identifieras och via stereofunktionen kan avstånd till, och arean av, varje ändyta bestämmas. Travens fastvolym kan därmed bestämmas. Programmet kan också i fotot markera de ändytekonturer som identifierats. Virkesmätaren kontrollerar detta på sin högupplösande skärm och kan där så behövs manuellt korrigera eventuella missar. Programmet kan även särmarkera stockändar med för klen diameter, misstänkt röta etc. Förutom fastvolym erhålls därmed vissa typer av vrak samt en exakt diameterfördelning för travens stockar.

Stickprovsmätning: Stora kostnader tycks vara förknippade med stockseparering dvs att få upp en stock i taget på en bana. Placera istället stockknippet i en fjädrande ficka med V-formad botten. Låt sedan en timmersaxliknande anordning lyfta en stock i taget. Via kameraövervakning (bildanalys som vanligt) beordras omtag i de enstaka fall när saxen får mer än en stock. Saxen drar sedan upp stocken på den transportör där mätram eller matriskamera bestämmer längd och diameter. Kapaciteten må bli något lägre än på konventionella timmerbord men i en helautomatisk stickprovstation är detta av mindre betydelse.

3.4 Helstammar

Kanske ett tabubelagt ämne, men ändock... I Finland byggde Koskisen Oy (sågverk i närheten av Lahti) för några år sedan en helstamsanläggning för gran (figur 18). Senaste uppgifterna därifrån säger att man är nöjd. Att den senaste i Sverige, vid Forssjö sågverk, lades ner är virkeschefen (Wahlbäck pers. medd.) mycket besviken över. Han menar att anläggningen genererade betydande mervärden jämfört med kortvirkesmetoden. Problemet var svårigheten att dokumentera dessa mervärden.



Figur 18: Interiör från Koskisen Oys helstamsanläggning i närheten av Lahti, Finland.

I en modern helstamsterminal kan avancerad mätteknik användas. Stammarna kan barkas, 3D-mätas, röntgas och växtvridenhetsbestämmas innan apteringen. Vissa forskare (Chalmers) tror även att man med hjälp av dynamisk testning kan bestämma virkets styvhet och därmed lämpligheten för vissa typer av konstruktionsvirke. Med detta uppnås:

- Starkt växtvridna stammar får gå direkt till massaveden (växtvridenhet är en stamparameter, är första stocken växtvriden har övriga i stammen samma defekt).
- Större inre defekter, som upptäcks med röntgen, visar på tvingande apteringspunkter.
- Aptereringen av övriga stammar kan därefter optimeras. Denna optimering blir vida överlägsen en apteringsdator i en skördare. I dagens skördare bygger apteringen på en prognos över stammens avsmalning vilket givetvis innebär en betydande osäkerhet. Till exempel kan styvt virke apteras till de längder som krävs i bärande delar av konstruktioner. Alla stockars toppdiametrar blir också exakt bestämda.

Kanske dags för en renässans? Särskilt i de fall det finns industrikombinat såg-massaindustri.

3.5 Sågverksflis

Produkter och virkesegenskaper

Sågverksflis är en bättre råvara för massaindustrin än klen rundved. Dessutom i princip att betrakta som ett halvfabrikat. Men fiberegenskaperna kan förväntas skilja mellan flis från olika sågar. Får vi mer nischade sågverk kommer skillnaderna att öka. Kanske så mycket att flis från olika sågverk bör särhållas för olika massakok. Borde detta rendera olika pris?

Mätning

Idag värderas mestadels efter torr vikt. Via stickprov bestäms fraktionsfördelning, barkhalt och fukthalt. Vissa intressenter vill förfina fraktionsbestämningen (uppdelning av acceptflisen i två klasser) genom att addera ett extra såll. Försök med automatiserad provtagning har gjorts, den så kallade sonden. Det visade sig dock att intresse saknades för den metoden. Man har också provat NIR för momentan fukthaltsmätning. Här uppstod problem när flisen var frusen. Så länge fraktionsfördelning och barkhalt är viktiga faktorer blir det svårt att rationalisera bort sållning och manuell bedömning. Dock, NIR skulle kunna användas för barkmätning i skäpporna (volym och barkandel) enligt samma princip som den nyutvecklade barkmätaren för sågtimmer.

3.6 Biobräslesortiment**Produkter och virkesegenskaper**

Biobräslen omfattar definitionsmässigt alla bränslen av biologiskt ursprung. De viktigaste biobräslesortimenten utgörs av spån, bark och torrflis från sågverk och vissa andra industrier. Den från skogen sett viktigaste råvaran till biobräslen utgörs av avverkningsrester, men även vissa kvantiteter rundvirke går till biobräslen. Vissa av dessa råvaror vidareförädlas till pellets, briketter eller pulver. De kvalitetsfaktorer som har betydelse för skogsråvarorna kan delas in i två grupper (Haanäs, 1998):

Ej påverkbara kvalitetsfaktorer är t ex:

- Torr-rådensitet: varierar mellan trädslag, mellan bark och ved etc.
- Naturlig askhalt: är t ex högre i barr och bark än i ved.
- Väte och kol: höga värden medför högt värmevärde.
- Kalorimetriskt värmevärde: bestäms i så kallad bombkalorimeter vid referenstemperaturen 25⁰C.
- Tungmetaller: påverkar driften av läggningen samt huruvida askan kan återföras till naturen.

Påverkbara kvalitetsfaktorer är t ex:

- Fukthalt: har avgörande betydelse för såväl värde som lagringsbarhet.
- Effektivt värmevärde: en funktion av kalorimetriskt värmevärde, fukthalt och vätehalt.
- Komponentfördelning: fördelning på ved, bark, bar etc.
- Fraktionsstorlek: påverkar lagringsbarhet, styrs av val av förbränningsteknik.
- Föroreningsaskhalt: påverkas av skörd- och hanteringsteknik.

För spån och flis samt för förädlade biobräslen minskar antalet kvalitetsfaktorer.

Mätning

Biobräslen mäts och redovisas ofta med företagsspecifika beteckningar varför en flora av sortimentsbeteckningar samt en svåröverskådlig nomenklatur växt fram. Denna nomenklatur kommer inom en snar framtid att omarbetas av VMR. Mätningarna görs till stor del som partsmätningar av köparsidan (värmeverk och liknande). På senare år har dock allt fler valt att anlita VMF och SDC för mätning och redovisning. En trend som kan förväntas fortsätta.

De flesta biobräslen mäts i sönderdelad form (flisad, krossad, spån etc) vid värmeverk. Provtas och analyseras ungefär som för sågverksflis. I VMRs ”Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobräslen” (VMR 1998) ingår beskrivningar av hur torrhalt, askhalt, kalorimetriskt värmevärde samt fraktionsfördelning bestäms. Bestämning av kalorimetriskt värmevärde görs normalt i form av en lågfrekvent sampling.

4. Visioner för 10 år sedan.

4.1 Framtida virkesmätning (Söderberg et al. 1993)

Virkesmätningens styrelse gav 1992 en arbetsgrupp i uppdrag att kartlägga de förutsättningar och krav som under överskådlig framtid kommer att vara vägledande för mätningens verksamhets utformning. Arbetsgruppen bestod av:

Nils Bylund, Södra Skogsägarna
Stig Johansson, SÅBI
Kristian Olofson, SCA Skog
Elisabet Salander-Björklund, Domän Skog
Bertil Stener, Skogsägarna Västerbotten-Örnsköldsvik
Lennart Forsberg, Virkesmätningens styrelse
Lena Söderberg, Interforest AB

Från den intressanta slutrapporten ”Framtida virkesmätning – Omvärldsanalys” följer här några citat. Från kapitlet ”virkesmarknadens utveckling” väljer jag:

”För att öka möjligheten för köparen att snabbt anpassa råvaruuttaget till slutprodukter och för att minska administrationen vill industrin öka sin tillgång till rotstående skog. Kvalitetsbestämningen sker då i skogen. Mottagning vid industri får karaktären av s.k. enkel mottagningsmätning och ligger till grund för vederlaget.”

Från kapitlet ”sortimentsutvecklingen” väljer jag:

”Bulksortimenten kommer att minska, om än långsamt. Skogsbruket kommer att arbeta mer med specialbeställningar från industrin. Kraven på leveransplaner, kvalitet, färskhet och friskhet kommer att vara nyckelfaktorer i en framtida virkeshandel.”

Och från kapitlet ”mätningens utveckling” väljer jag:

”Utvecklingen mot mer specifika råvarukrav för enskilda fabriker/slutförädlare talar för att mätning och sortering framöver kommer att ske tidigare och omfatta fler egenskaper för att i högre grad kunna styra vidareförädlingen.”

Kloka och välgrundade tankar tycker jag. Men vad blev det? Varför?

4.2 Strategi för Virkesmätningens styrelses verksamhet (VMR 1993)

Dokumentet ”Strategi för Virkesmätningens styrelses verksamhet” (VMR 1993) innehåller ett kapitel ”Virkesmarknadens krav på förändringar av metoder och system inom virkesmätningen”. I detta återfinns bland andra dessa punkter:

- Större frihet för regionala och lokala lösningar.
- Snabbare anpassning av gällande mätningens bestämmelser med hänsyn till förändringar i sortimentskrav och handelsformer.
- Utveckla nya förenklade mätmetoder.
- Mekanisera mätningen i syfte att nå ökad objektivitet och kapacitet i förening med ökad noggrannhet.
- Förbättra kunskaperna om sambanden mellan mätbara virkesegenskaper och deras betydelse i förädlingsledet.

Från bilagan ”Forsknings- och utvecklingsinsatser inom virkesmätningen” kan följande citeras:

- Mätning och mätdatahantering i skördare – nödvändiga kontroll- och uppföljningsfunktioner vid skördarmätning.
- Mätning av barrsågtimmer – komplicerat område där marknaden ställer krav på flera utvecklingslinjer.
- Utveckling av stickprovsmetoder tillämpliga även på mindre sågtimmerpartier (t ex SS-mätning).
- Fördjupade studier på följande områden som gäller virkeskvalitet; tjurved-formfel, årsringsbredd-hållfasthet, kådlåpor, mårgrickor.
- Automatiserad mätning av stockegenskaper; årsringsbredd, form, kvist etc.
- Mätning av massaved. Värdering av massaved grundas idag uteslutande på volym trots att mängden torrsubstans egentligen borde vara det korrekta och för köparna mest intressanta underlaget. Ovissheten i dagsläget om de tekniska och ekonomiska förutsättningarna att överhuvudtaget tillämpa vägningsmetoden, gör det angeläget att tills vidare satsa på utveckling av alternativa metoder för mätning av massaved.
- Bestämning av vedegenskaper – kartläggning av massaindustrins nya krav på vedens egenskaper.

Känns månne en del igen från dagens samtalsämnen?

5. Diskussion och slutsatser

Kan vi idag göra det som tänktes för 10 år sedan?

När man jämför dagens idéer och visioner (kapitel 1-3) med visionerna för 10 år sedan (kapitel 4) är det slående hur mycket som är lika. Vill man vara negativ kan man tolka detta som att vi dels är dåliga på att komma på nya idéer, dels är dåliga på att utveckla och implementera de som finns. Mer rättvisande är nog att säga att även en serie förutsättningar måste stämma in innan en idé kan implementeras. Och sådana *Förutsättningar För Förändringar Förändras*. Förhoppningsvis är vi idag i ett läge där mycket av det som tänktes redan för 10 år sedan kan konkretiseras. Nu liksom då bör vi beakta att olika industrier har olika krav på råvaran. De senaste 10 åren har de tekniska förutsättningarna för mätning i skog, skördare och mätstation utvecklats väsentligt. Utveckling av heltäckande logistiksystem från skog till industri pågår. Sammantaget bör dessa faktorer återspeglas i en utveckling även av marknadsformer och prissättning. För mätningen innebär detta ett krav på ökat utbud av tjänster och kompetenser. Något radikalt nytt är inte detta eftersom vi redan idag har exempel på att samma virke kan mätas och värderas efter skilda principer vid olika industrier:

- Sågverksflis mäts och värderas efter torr vikt i större delen av landet samtidigt som volym används av några parter.
- De traditionella specialsortimenten, som ofta har industrispecifika mätningsregler, utgörs för det mesta av stockar som kunde ha sågats som ”vanligt” sågtimmer. Man kan alltså säga att detta är sågtimmer där parterna lokalt kommit överens om relevanta sortiments- och mätningsregler.
- Vissa massaindustrier har en sortimentsuppdelning där de för deras vidkommande intressanta fiberegenskaperna kan anrikas.

Denna lista kan förlängas och det är min övertygelse att en utveckling i denna riktning kan komma alla parter till godo i form av en ökad värdegenerering från den svenska skogssektorn.

Jag vill här komplettera med ytterligare två citat av vad som tänktes för 10 år sedan. De är hämtade från ett föredrag inför Sundsvalls virkesmätningförening av Mats Nylinder, professor i virkesmätning vid SLU:

1) *”Mätningföreningarna kommer kanske i framtiden tillhandahålla en rad mätmetoder. Köpare och säljare får därefter komma överens om vilken metod som ska tillämpas. För de olika metoderna skall precision, noggrannhet och kostnad finnas tillgänglig så parterna kan göra väl underbyggda val av metod. En utveckling i denna riktning kommer att ställa än större krav på mätningföreningarna vad gäller kompetens och opartiskhet.”*

2) *”Med en gemensam målsättning att inom landet ha gemensamma regler för vederlagsmätning av timmer och massaved finns risk att utvecklingen av nya metoder kan hämmas. Ett skäl till detta är att det enskilda företaget ej provar nya idéer och tekniker då en eventuell ny metod alltid måste godkännas av övriga konkurrerande företag.”* (Nylinder 1992).

Men kraven på likformighet, rättvisa och rationell mätning kvarstår

Samtidigt som parterna i ökande utsträckning bör kunna välja att fokusera olika virkesegenskaper och olika mätningformer så kvarstår kraven på de auktoriserade mätningföreningarna att utföra likformig, rättvis och rationell mätning. Begreppet likformighet bör här tolkas som att diametermått, VMR-klasser, växtvridenhet, årsringsbredd etc ska mätas på samma sätt och med kontrollerad noggrannhet oavsett var, när och hur mätningen utförs. Likformighet bör däremot inte innebära att mätningen (jag tänker här främst på kvalitetsegenskaper) behöver vara identisk vid samtliga skogsindustrier i Sverige oavsett dessa industriers inriktning.

Detta dokument handlar mycket om de möjligheter som ny teknik öppnar. Någonstans, t ex här, bör dock påpekas att mätningens produktivitet handlar om fler aspekter än valet av teknisk utrustning. På en mätplats är det alltid helheten som i slutänden avgör produktiviteten. I detta ingår till exempel truckar som ska serva verksamheten, det faktum att personer är odelbara, personalens motivation etc. Avgörande betydelse för produktiviteten har också valet av mätmetod, i synnerhet valet mellan totalmätning och stickprovsmätning.

Förenklade klassningsregler kan bana väg för högre andel industrispecifika sortiment

Vill vi nå ökad kundnytta i form av rätt stock till rätt industri i rätt tid, ökad andel industrispecifika sortiment etc. är det bra om vi minimerar sådana klassningsregler som ”bara” fyller funktionen av att nivålägga ett pris på ett parti virke. Dagens VMR-klasser för rundvirke och Nordiskt Trä-klasser för sågad vara kan ej tjäna de processtyrningssyften man tänkt sig (förklarat i kapitel 1.3). Alltså bör vi så långt möjligt förenkla dessa klassningsregler, minska antalet klasser etc. För detta synes det idag finnas en bred samsyn. När vi väl minimerat den ”default-klassning” som används när virkets vidareförädling är okänd kan det bli lättare, vi blir tankemässigt friare, att fokusera den eller de egenskaper som är process- och/eller produktrelevanta. Detta kommer att leda till ökad andel industrispecifika sortiment. En ytterligare fördel, förutom att förädlingsvärdet kan höjas, är att dessa sortiment blir lättare att mäta. Det kommer att handla om att kontrollera en eller ett fåtal egenskaper. Liksom i fallet med förenklad ”default-klassning” öppnas möjligheter till automatisering.

Kort sammanfattning av trolig utveckling

Råvara för trämekanisk industri (sågtimmer och specialsortiment):

- Förenklad mätning när slutanvändningen är okänd, såväl till antalet klasser som till mängden detaljregler.

- Reglerna för tall respektive gran kan differentieras mer än idag.
- Automatiserad mätning (enligt de förenklade mätningsreglerna).
- Ökad andel skördarmätning, såväl för vederlag som för produktionsuppföljning.
- Ökad andel ”beståndsdefinierade” (special)sortiment.
- En allt diffusare gräns mellan sågtimmer och specialsортiment.
- Större variation i vederlagsmätandet (givetvis med bibehållet krav på likformig mätning för de egenskaper eller den klassning som parterna valt som vederlagsgrundande).

Massaved:

- Automatiserad travmätning, inklusive dataregistrering på mätbryggan.
- Automatiserad stickprovsmätning.

Teknik:

- 3D-mätarmarna vidareutvecklas med bland annat god barkdetektering och säkra krökmått.
- Genomlysning vinner långsamt terräng.
- Kameror och bildanalys får alltmer tillämpningar.
- Dataklave ersätts av elektronisk tväriktningsklave.

Ser vi till redovisning, dvs SDCs verksamhet, kan tre särskilt intressanta områden för expansion och produktutveckling pekas ut:

- Skördarmätning: Antalet anslutna skördare kan förväntas öka kraftigt. Vissa för att vederlagsmäta, andra enbart för produktionsuppföljning och processtyrning.
- Logistik: SDCs ambition att kunna leverera heltäckande logistiksystem från rotlager (stående skog) till industrilager kommer att uppnås via fler och fler kopplingsmöjligheter mellan VIOL och andra SDC produkter som Skördarredovisning, Star, Lager, Transport etc. På detta sätt kommer olika kunder att kunna skräddarsy kompletta logistiksystem.
- Biobränslesortiment: En del av dom som idag partsmäter kan förväntas nyttja VMF och SDC i framtiden.

VMF och SDC

Nära samarbetande företag specialiserade på att registrera och redovisa information om rundvirke. För ett kontinuerligt informationsflöde från stående skog till stockens sönderdelning.

Vederlag – logistik – processtyrning

VMF är en garant för korrekt och opartisk virkesinformation genom att:

- Bistå vid upprättandet av virkesinformativa beståndsregister
- Bistå med värderingsunderlag vid träd- eller m³f- prissättning.
- Certifiera skördarlag.
- Vederlagsmäta vid mätstation samtliga förekommande skogliga sortiment (kvantitet och kvalitet).
- Hantera och bemanna utrustning för detektering av virkesegenskaper, till exempel:
 - X-ray logscanner
 - Växtvridenhetsmätare
 - Dynamisk mätning av stockars styvhet
 - STFI wood sampler för mätning av massaveds fiberegenskaper

SDC redovisar information kring affärsuppgörelser och logistik.

- Skördarrapportering och skördarvederlagsmätning
- Skotarrapportering och väglager
- Transporter till industri
- Vederlagsmätning vid industri
- Information för processtyrning
- Industrilager

Box 2. Visionen i kort sammanfattning (för kommande informationsbroschyr?)

Litteratur

- Arnerup, F. 2002, Infrared Imaging of Scots Pine Cross Sections: Automatic Heartwood Size Measurements, Master of Science Thesis, TRITA-NA-E02054, Department of Numerical Analysis and Computer Science, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Bengtsson, K., Björklund, L. & Wennerholm, H. 1998. Värdeoptimerat virkesutnyttjande – En studie av förutsättningarna för ökad lönsamhet inom privatskogsbruket genom effektivare virkesutnyttjande. Inst f Skog-Industri-Marknad Studier. SLU. Uppsala.

- Björklund, L. 1988. Vägning av massaved med torrhaltsprovtagning. Rapport 198. Institutionen för virkeslära. SLU, Uppsala.
- Föreningen Svenska Sågverksmän 1994. Nordiskt Trä - Sorteringsregler för sågat virke av furu och gran ("Blå Boken"). Föreningen Svenska Sågverksmän, Finlands Sågindustrimannaförening, Treindustriens Tekniske Forening.
- Grace, L. 1994. Design and evaluation of an optical scanner based log grading and sorting system for Scots pine. Dissertation. SLU, Department of Forest Products, Uppsala.
- Grundberg, S. och Nyström, J. 2002. Utkast till rapport om fibervinkelmätare. Trätek. Skellefteå.
- Haanäs, V. 1998. Trädbränslemarknaden i Norrland – idag och i framtiden. Examensarbete vid Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.
- 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.)
- Nylinder, M. 1992. Föredrag om ny teknik och nya metoder inom virkesmätning. Sundsvalls virkesmätningssällskap. Sundsvall.
- Oja, Broman & Lindfors. 1999. Projektrapport: Timmermätningssstöd. Division of Wood Technology. Luleå University of Technology. ISSN 1402-1536.
- Orvér, M. 2001. Om SS-mätning. VMF Nord ek. för. Umeå.
- Persson, E., Sjöström, M., Sundblad, L., Wiklund, S. och Wilhelmsson L. 2002. Färskt virke – en utmaning för skogsbruk och virkesmätning. Resultat nr 8. SkogForsk. Uppsala.
- Perstorper 1999. Dynamic testing of logs for prediction of timber strength. Proceedings of Pacific Timber Engineering Conference. Rotorua. New Zealand.
- Staland, J., Navrén, M. och Nylinder M. 2002. Såg 2000 – resultat från sågverksinventeringen 2000. Rapport nr 3. Institutionen för skogens produkter och marknader, SLU, Uppsala.
- Söderberg, L. 1993. Framtida virkesmätning. Omvärldsanalys – rapport från arbetsgrupp 1. Interforest AB. Stockholm.
- VMF Qbera 1999 (då under namnet VMF Mitt). Strategiplan för VMF Mitt. Falun.
- VMR 1993. Strategi för Virkesmätningssrådets verksamhet. Virkesmätningssrådet. Märsta.
- VMR 1995. Kvalitetsklassning av barrsågtimmer. Virkesmätningssrådet. Märsta.
- VMR 1998. Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobränslen. Virkesmätningssrådet. Märsta.
- VMR 1999. Mätningssinstruktioner för rundvirkessortiment rekommenderade av Virkesmätningssrådet. VMR-cirkulär nr 1-99. Virkesmätningssrådet. Märsta.
- Öhman, M. 2002. The measurement of compression wood and other wood features and the prediction of their impact on wood products. Doktorsavhandling. Luleå Tekniska Universitet. Skellefteå.