



# Måling av tømmerkvalitet

Measurement of log quality

Seminar, 25-10-1994, Oslo

Wei Han, dr. ing.



*Norsk Treteknisk Institutt og institutt for skogfag inviterte i oktober 1994, skogbruk og trelastindustri fra norden til seminar.*

Seminaret hadde til hensikt å:

- belyse industriens kvalitetskrav til tømmer
- vise praktiske erfaringer med automatiske systemer for å måle tømmerets kvalitet
- presentere nye metoder under utvikling i prosjektet "måling av tømmerkvalitet".

*Nå foreligger seminaret som NTI-rapport nr. 24.*

## Forord

**Wei Han, dr.ing.**  
**Norsk Treteknisk Institutt**

På bakgrunn av den økende interesse for tømmerkvalitet, avholdt Norsk Treteknisk Institutt et nordisk seminar om måling av tømmerkvalitet 25. oktober 1994 i Oslo. Seminaret frembrakte en rekke presentasjoner vedrørende forskning og utvikling i de nordiske land.

FoU-aktivitetene koncentrerer seg om ekstern og intern vurdering av tømmerkvaliteten, slik at det tas hensyn til behovene både i vitenskapelig forskning og industriell produksjon.

Optiske målerammer og kamerateknikk er to vanlige metoder for ekstern skanning. Røntgentomografi, gammastråling og ultralydtransmisjon er for intern kvalitetsbedømmelse. Mikrobølgerefleksjon er brukt for å måle barktykkelse. De siste år har man spesielt gått inn for å studere kvalitetssammenhengen mellom skog, produksjon, marked og tilknyttede faktorer.

Denne rapporten presenterer ferdigskrevne artikler og transparenter fra seminaret. For presentasjoner som bare hadde transparenter, har NTI laget et kort referat for hver.

**Stikkord: Tømmerkvalitet, målemetoder, nordiske prosjekter.**

## **Foreword**

**Wei HAN, Ph.D.**  
**The Norwegian Institute of Wood Technology**

In accordance with the sharply increased interest in log quality issues, The Norwegian Institute of Wood Technology organized a Nordic Workshop on Measurement of Log Quality in Oslo in October 1994. The workshop brought a wide range of presentations on the research and development in the Nordic countries. The development activities aim at technologies both for external and internal evaluation of log quality, to meet the needs of both scientific research and industrial production.

Optical measurement frames and camera technique are the two common methods for external scanning. X-ray tomography, gamma penetration and ultrasonic transmission are for internal quality inspection. Microwave reflection is used to measure bark thickness. In recent years great efforts are also exerted on investigating quality connection from the forests through the production and to the market, as well as other associated factors.

This proceeding has collected the papers and overhead presentations from the workshop. For those presentations which came only with overheads, NTI has made an additional summary for each.

**Keywords:** Log quality, measurement methods, Nordic projects.

## Del 1. Tømmerkvalitet.



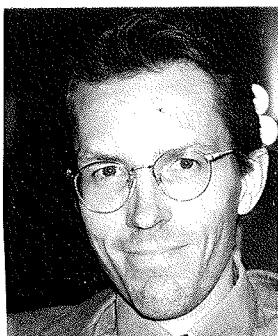
*Felles fagspråk for tømmerkvalitet.*  
**Magnar Müller**, gruppeleder, NTI.

side 9



*Industriens krav til tømmerkvalitet.*  
**Carl F. Lindeman**, direktør, NSI.

side 16



*Naturlig variasjon i virkesegenskaper.*  
**Olav A. Høibø**, 1. amanuensis, NLH.

side 25



*Ytre kvalitetsindikasjoner på tømmer.*  
**Mats Nylinder**, professor, SLU.

side 32



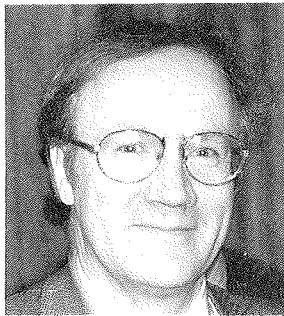
*Markedstilpasning av tømmer.*  
**Aasmund Hagen**, konsulent, Silvinova.

side 49

## Del 2. Aktuelle målemetoder.



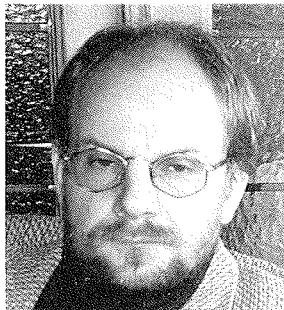
*Måleramme som hjelpeutstyr for tømmerkvalitetsvurdering.*  
**Peder Gjerdrum**, utredningssjef, NSI Soknabruket. **side 66**



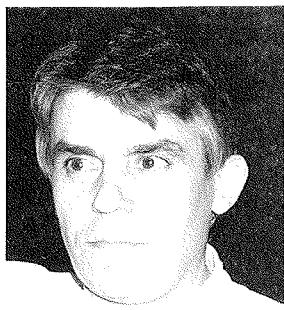
*Kamerasytem för noggran mätning av stockarnas geometri och  
optimering av sågning på grund av den producerade informationen.*  
**Arto Usenius**, professor,  
Statens tekniska forskningscentral, Esbo, Finland. **side 78**



*Röntgentomografi for vurdering av indre kvalitet.*  
**Owe Lindgren**, 1. amanuensis, Högskolan i Luleå. **side 87**

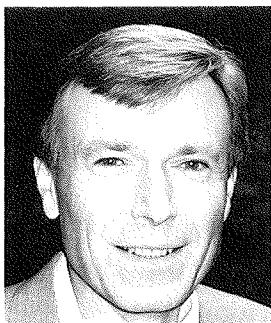


*Gamma-skanner for vurdering av indre kvalitet.*  
**Olle Hagman**, forsker, Högskolan i Luleå. **side 99**



*Tykkelsesmåling på tømmer.*  
**Hans Dutina**, gruppeleder, Trätek. **side 105**

## Del 3. Grunnlag for prosjekt



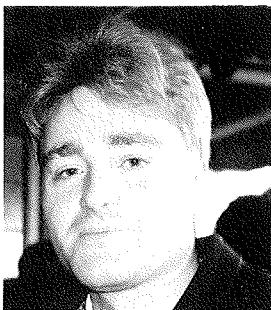
*"Måling av tømmerkvalitet".*  
**Birger Eikenes**, professor, NLH/NISK

side 113



*Biokybernetikk.*  
**Petter H. Heyerdahl**, forsker, NLH.

side 115



*Tømmerkvalitet for massefremstilling.*  
**Knut Roar Braaten**, forsker, PFI.

side 121



*Årringer som vurderingsgrunnlag for tømmerkvalitet.*  
Årringmåling med håndskanner.  
**Xinli Wang**, stipendiat, PFI.

side 134



*Årringmåling med linjekamera.*  
*Endeveis ultralydtransmisjon.*  
**Wei Han**, forsker, NTI.

side 148

Deltakerliste

side 160

## Felles fagspråk for tømmerkvalitet.

### Synspunkter fra ing. Magnar Müller, Norsk Treteknisk Institutt

Diskusjoner om tømmer og trekvalitetskriterier er mange ganger meget følelsesladet. Det kan være flere årsaker til dette. En faktor som kanskje er undervurdert, er vårt fagspråk.

Jeg tror at en del av våre følelser i slike diskusjoner skyldes forskjellige språkkulturer. En kan her anta at det er minst tre forskjellige kulturer:

- Skogbruk har sitt fagspråk ut fra det totale kvalitetsspekteret en har i sitt miljø.
- Tømmermålere - og det er ingen grunn til å tvile på deres forståelse av eget reglement. Men slik jeg ser det, frykter jeg at tømmerhogger og sagmester ikke på en positiv måte kan utnytte de kunnskaper som reglementet har i seg.
- Sagbruksindustriens kvalitetsspråk er påvirket av sluttforbrukers krav til produktet, enten ved formelle regler, eventuelt mer eller mindre skriftlige avtaler.

I denne diskusjonen hjelper det ikke hvor dyktige våre tømmermålere enn måtte være.

Det hjelper ikke å få en stokk korrekt bedømt, når feilen den er bedømt for følger med i produksjonen og skaper driftstekniske problemer.

Et annet moment her er at lengde er en like viktig parameter som toppdiameter.

Blir en planke 5 mm for kort i forhold til et tenkt sluttprodukt, kan verdireduksjonen være betydelig.

Dobbelt tragisk blir det hvis årsaken ligger i feil som burde ha vært unngått.

Det har i denne sammenheng ingen hensikt å diskutere målereglement eller tømmermåling. Hovedhensikten med et felles fagspråk er:

Å få definert de hyppigste feil i forhold til hva som er akseptert i et sluttprodukt.

Siden en slik betrakning skal og må være generell, vil en ikke kunne gå inn i alle detaljer, men begrense seg til de prinsipielle kvalitetsforskjeller vi har. Hvordan dette tenkes gjort, illustreres her med en mindre bildeserie.

De to første bildene viser med all tydelighet at trær har to forskjellige halvsider. Tømmerhuggeren kan selvfølgelig ikke gjøre noe med det. Derimot skal sagmesteren ta hensyn til det i de tilfelle han har mulighet til dette. Bildene er ikke ekstreme, og ved NTI-forsøk har vi opplevet at opptil ca. 40% av stokkene har hatt vesentlig forskjellige halvsider (u/s - 5/6 sort). Ved feil tillegging av slike stokker, gir den kvistrike siden i stokken kantkvist i to planker i stedet for flatsidekvist i én. Denne feilen er kostbar.

Kvist er den egenskap som hyppigst påvirker virkeskvaliteten. Ved sortering av tørr trelast er definisjon av kvistens størrelse entydig. Den bestemmes ut fra de sprekker i kvisten som går tilnærmet på tvers av plankens lengderetning. Sprekken(e) stopper i kvistens siste årring (se bilde). Dette er vanskeligere på ferskt tømmer, men det burde være bedre å få vurdert kvistens fulle størrelse tilnærmet riktig enn å vurdere kvistens kjernevedandel riktig, eller tar jeg feil?

Når det gjelder kvist, er det flere forhold som bør drøftes. Vi er enige om at tømmeret skal være vel kvistet, og da tenker vi på en tilnærmet jevn yte. Maskinell kvisting gir fra tid til annen et "krater" der hvor kvisten har vært, se bilde 4. Ut fra en del av de kvistutslag vi finner, har vi grunn til å tro at dette egentlig er en meget alvorlig feil. Et slikt kvistkrater ble fylt med spritfarge, og etter en times tid ble restene fjernet og kvisten kløyvet. Bilde nr. 5 viser resultatet. Hvis trykkingen makter å gjengi detaljer, vil vi se at pigmentene er trykket inn i kvisten på to steder. Det ene stedet er en naturlig sprekk i kvistens marg, og det andre er mellom marg og ved. Denne sprekken bryter fibrene i kvisten og øker risikoen for høvlingsutslag.

For å provosere, kan det nevnes at ved en rettsavgjørelse i Sverige ble en entreprenør stilt ansvarlig for skaden han hadde påført tømmeret! Er dette en aktuell problemstilling for norske skogeiere/tømmerkjøpere?

Gankvist har såpass strenge krav i vårt målereglement at hvis den er godt synlig, er den i alle tilfelle for stor, se bilde 6. Er den sammen med et toppbrudd, er feilen som her meget alvorlig, og ut fra de krav vi har til lengde, burde denne ligge i kappestedet på stammen, slik at den ble liggende mot en stokkende. Når den kommer midt på stokken, blir det fort en C-kvalitet, se bilde 7.

Toppbrudd er en langt verre skade enn gankvist, og det finnes mange toppbrudd uten de signaler som gankvisten har. Det virker som om toppbrudd er bestandsavhengig/distriktsavhengig. Bilde nr. 8 viser starten, og bilde nr. 9 viser resultatet.

Feilen er i de fleste tilfelle meget alvorlig, og det er grunn til å tro at den er for lite påaktet i skogen. Det kan også hende at setningen i vårt målereglement om at krok som ikke rører toppsylinger aksepteres. Denne kroken kan skjule en alvorlig feil.

Bilde nr. 10 skulle illustrere at fra tid til annen er feilen lett å se. I det bestandet hvor bildet ble tatt, var det mange trær med denne feilen.

Bilde nr. 11 og 12 bør avslutningsvis illustrere feilens betydning. Denne stokken er forsøkt levert som sagtømmer, det vi dessverre ikke kan få frem er hva kappefeilen har kostet leverandør.

Tennar er kanskje en av de egenskaper som er vanskeligst å vurdere. Dette må vi akseptere, men vi bør finne en felles norm å vurdere etter. Noen av de momenter vi bruker når vi sorterer trelast, vil sikkert være til nytte når en vurderer tennar i tømmer:

- Enkeltårringer med tennar har ingen betydning.
- Er det flere årringer med tennar, men tennaren utgjør mindre enn 30% av årringbredden, kan vi betrakte den som ufarlig.
- Er det flere årringer med tett tennar (5 - 6 årringer) vil tennarens plassering i sluttpunktet være avgjørende. Sitter tennaren i spikringspunktet i en panel, er det i beste fall 2. sort. Tennar i denne omfatning vil også være et problem i kanten på f.eks. en bjelke.  
For å få understreket endetennarens bedrøvelighet, har vi to bilder under som ikke behøver kommentarer.
- Er det mange årringer med tennar over et kort punkt, er dette som regel en meget alvorlig feil. Denne type tennar finner vi først og fremst i rotkrok og toppbrudd, den siste er ferdig diskutert.

Når det gjelder rotkrok, så får vi tennar i én ende, og den er ofte meget hard. Når det gjelder ender på trelast, er dette det sikreste punktet for bearbeiding, skjøting, spikring, kapping m.m. Dette forsterker tennaren som en negativ egenskap.

Bilde nr. 13 indikerer tennar, og når stokken blir kløvd, bilde 14, ser vi resultatet. Bilde nr. 15 viser at det ikke alltid behøver å være så mye som må kappes.

15 A, 15 B.

Bilde nr. 16 viser at en ikke fjerner tennaren i langkrok ved å kappe tømmeret kort.

Et utilsiktet moment på dette bildet er de to tørre perlekivistene. Disse er hyppigst i rotstokker, og til paneler o.l. kan tørr perlekivist skape problemer.

Føyre er en behandlingsskade som treet får på rot. For furu medfører skaden at en får tyri og det begrenser skaden noe, men skaden hindrer at denne trelasten kan brukes til estetisk virke.

For gran som ikke har noe eget beskyttelsessystem, vil føyre lett medføre at en får soppangrep og dermed råte. Et føyren grunn, er det enkelt å kontrollere, se bilde nr. 17. Et det en dyp føyre, er denne kontrollen som regel umulig uten et destruktivt inngrep, bilde nr. 18.

Såret man får i barken, som på dette bildet, gjør at et trenet øye vil kunne oppdage de fleste føyrer. Selv om ikke alle føyrer i gran har råte, må risikoen anses som så stor at føyrer må ut av sagtømmeret der hvor en med sikkerhet kan si at det ikke er råte.

Råte hører ikke hjemme i sagtømmeret, men vi kan kanskje få en mer rasjonell behandling av de råteskader vi har muligheter til å oppdage. Råteflekker utenfor treets marg går ikke alltid så dypt. De to bildene under (bilde 19 og 20) viser at ved å bulte fra 2 - 6 dm vil det i de fleste være fritt for råte. Verre er det med råten som vist på bildet under som går meget langt og som skal ut.

Råtekvist er et problem som for gran kan sammenlignes med føyrer. Det har lett for å være råte utenfor selve kvisten, og skadene vil som oftest være vanskelig å oppdage. Dette spesielt ved vinterhogst, hvor råtekvist p.g.a. frosset vann i kvisten kan være tilnærmet like hard som en tørrkvist.

Vel, dette var kort noen momenter om de forhold som en ønsker å belyse i forbindelse med en mer ensartet måte å vurdere våre virkesegenskaper på.

Har vi behov for dette?

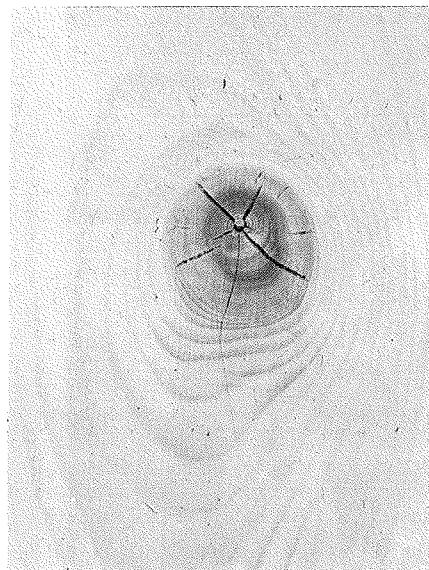
Vi er åpne for synspunkter.



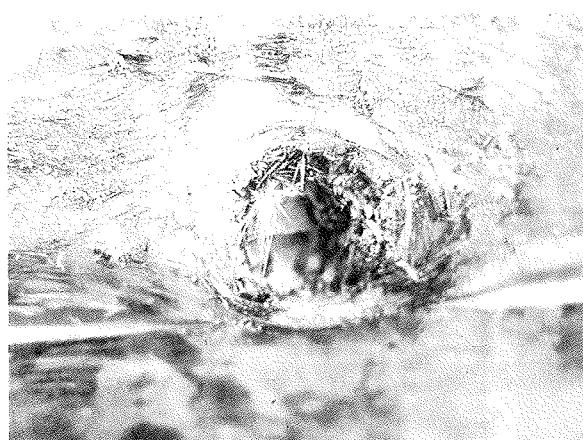
1



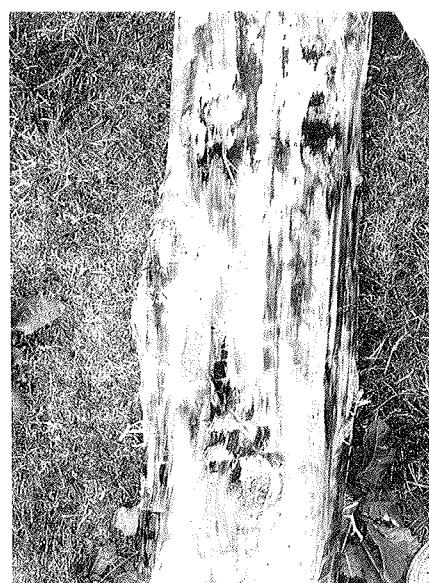
2



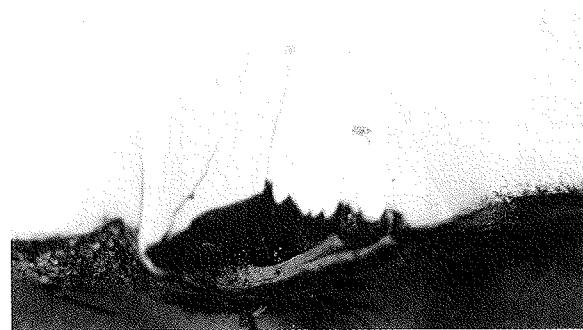
3



4



6



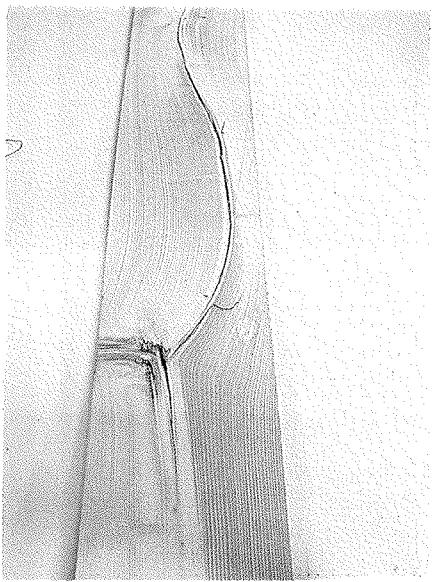
5



7



8



9



10



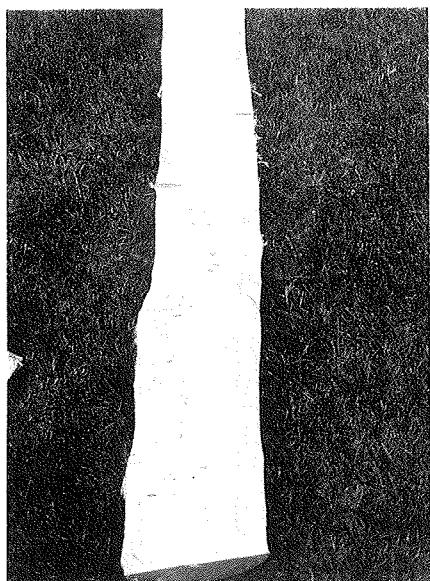
11



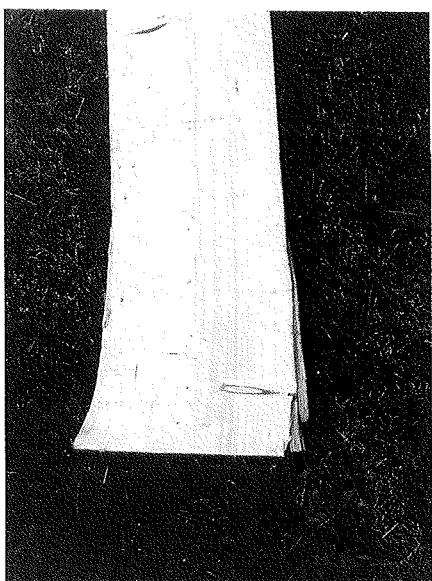
12



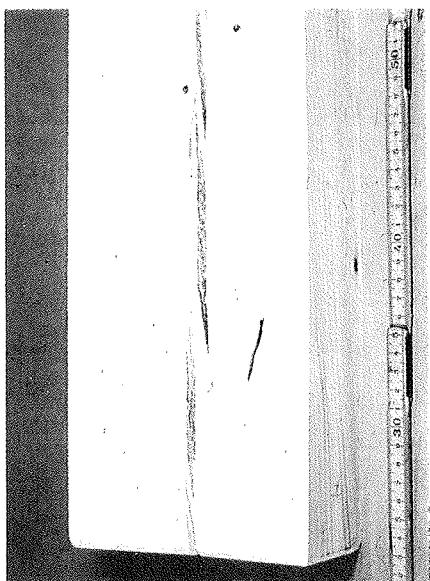
13



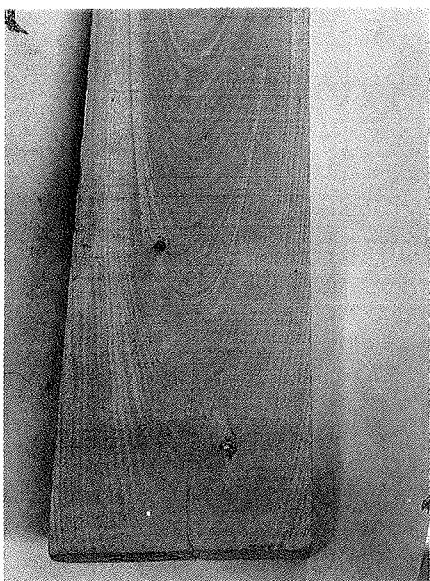
14



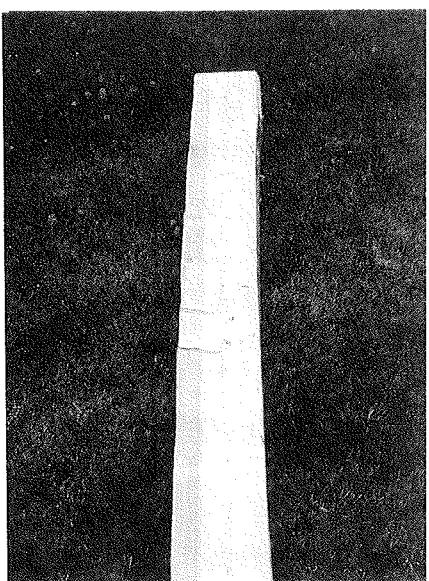
15



15 A



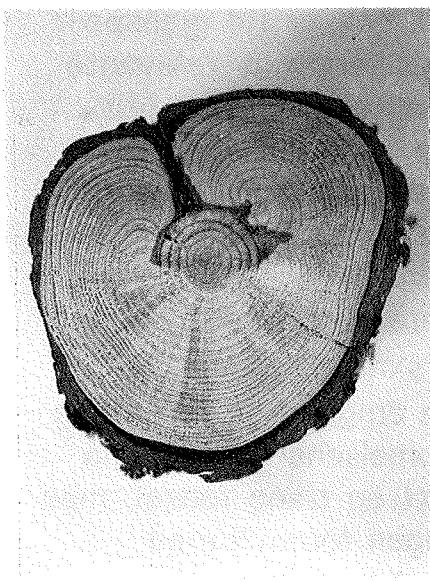
15 B



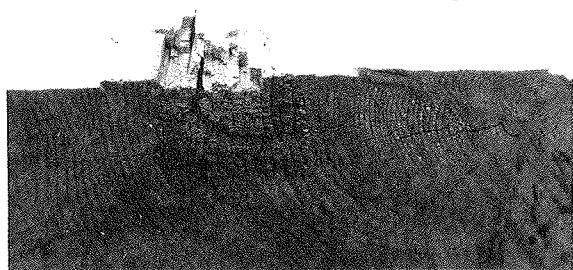
16



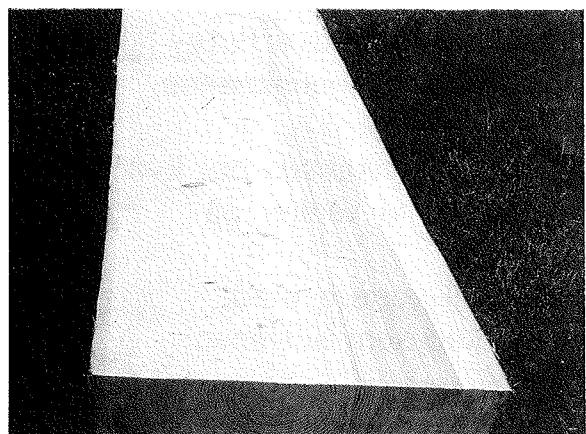
17



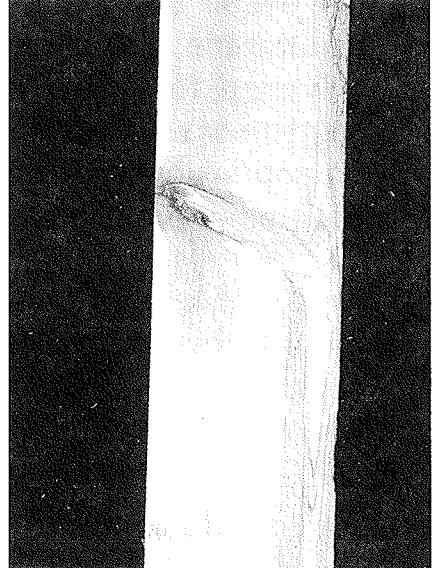
18



19



20



21

# Seminar om “Måling av tømmerkvalitet”

## Innledning om:

### Industriens krav til tømmerkvalitet ved C.F.Lindeman

Omforennet undertittel: Måleforskrifter i Sverige og Norge

Hvorfor det er valgt denne undertittelen skyldes både seminarets formål, som dreier seg om belyse hvordan ulike kvalitetskriterier kan måles og fordi det er nettopp disse kriteriene som fremkommer i måleforskriftene. Det er også en selvfølge at måleforskriftene bør til enhver tid gjenspeile trelastindustriens og skogbrukets ønsker vedr. registrering av relevante kvalitetskriterier som grunnlag for inndeling i kvalitetsklasser, prissetting og tømmeroppkjør.

Riktignok fører denne vinklingen av emnet bare til behandling av kriterier som er målbare med dagens disponibele og anvendte måleteknikk.

Allikevel håper jeg at sammenlikningene er fruktbare. Det foreligger som kjent nyreviderte måleforskrifter her hjemme (forskrifter av mai 94). Målsettingen med revisjonen var som kjent i første omgang en forenkling av hele reglementet og omlegging av straffebestemmelsene for å oppnå riktigere kapping. Det reviderte reglementet har fått en trang fødsel, men der det er tatt i bruk, er partene inkl. tømmermålingen fornøyd med resultatene, forventningene synes å være innfridd.

I Sverige foreligger det nye måleforskrifter ” Mätninginstruktion för sagtimmer av barrträd” ved VMR sept. 93, bygd på følgende grunnprinsipper: Klasseinndeling etter forbruksformål, overflatebedømmelse, mulighet for objektiv måling av kvalitetsegenskapene.

At det hverken i Sverige eller her hjemme er full konsensus om kvalitetskriterier og nye måleforskrifter forstår vi godt når vi tenker på sagbruksstrukturens mangfold.

Hva som ansees som viktige kvalitetskriterier vil variere med:

- størrelsen på sagbruket og det marked som betjenes
- de produkter som produseres
- geografisk variasjon i virkesegenskapene
- teknologiske forhold som f. eks. mulighet for å skjære små evt. grove dimensjoner eller mulighet for krokskur
- vi opplever også å se at synspunkter dikteres av tømmermarkedet

- konkurransen mot massevirkeindustrien
- konkurransen i forhold til andre sagbruk

### Kvalitetskriterier

Med vinklingen tømmerkvalitet som speilbilde av måleforskriftene er kvalitetskriteriene definert slik de fremkommer i måleforskriftene med tillegg om avtalte kontrakts- og leveringsbetingelser.

- dimensjonsbestemmelser (forskriftene tillater særavtaler)
- kvalitetsklasser (forskriftene gir rom for tilpassninger)
- toleranseregler som bestemmer kvalitetsklassen
  - avdragsregler- straffebestemmelser
  - kvalitetsregler som følge av aptering og stokkens iboende egenskaper
  - kvalitetsregler som følge av tømmerbehandlingen
    - avvirkningskader
    - lagringskader

Trelastnæringen vil være særskilt godt tjent med måleforskrifter som er enkle, lett forståelige, greie å praktisere og som gir forutsigbare innmålingsresultater. Måleforskrifter og prispolitikk som av skogeierene oppfattes som rettferdige, stabile og velbegrunnete vil styrke trelastindustrien på kort og lang sikt, gjennom bedre aptering og skogskjøtsel som fremmer kvalitetsproduksjon.

### Kvalitetsklasser

Med den korte tiden som står til disposisjon vil jeg ikke berøre spørsmål vedr. tømmerbehandling og heller ikke spørsmål om straffebestemmelser, korting og avdragsregler. Om det siste er det kun en ting å si at liberale regler og praktisering, fører til feilaktig kapping og en sagtømmerkvalitet som beforderer dårlig trelastkvalitet eller dårlig økonomi pga. høy avkappprosent ved oppgradering i kappeprosesene.

Spørsmålet om inndelig og innmåling av tømmer i kvalitetsklasser har vært en lite flaterende historie for norsk trelastindustri.

Da vi forlot blandingssortimentet i 1972 til fordel for kvalitetsinndeling i spec., pr. og sek. var disse klassene knyttet opp til forventet trelastutfall som to-plank skur i forhold til US, 5. og 6. sort plank. Da reglementet ble revidert i 1982 ble denne bindingen mot trelastutfall eliminert, men som kjent innført i svekket grad ved revisjonen i 1993 da som et tillegg kalt "kvalitetsutdyping" knyttet til NS 3080 og Nordisk Trä. Årsaken til den holdningsløse innstilling i norsk trelastindustri til å knytte tømmer- og trelastkvalitet sammen i måleforskriftene kan jeg ikke forklare. Men manglende oppfølging av innmålingsresultater må bære noe av skylden ved siden av at målingen kunne

vise til manglende objektive målekriterier når trelastutfallet ble sammenholdt med innmålt tømmerkvalitet.

Utviklingen i Sverige synes for meg å ha vært styrt mer målrettet. Kvalitetsklassene for tømmer ble bundet opp i "den grøna boken" med betegnelsene OS - kvinta og sjettesort uten at det gikk inflasjon i kvalitetsutfallet spesielt for furu som her hjemme. De nye måleforskriftene i Sverige "Mätningsinstruktion för sagtimmer" er på tilsvarende måte bundet opp i de nye sorteringsreglene for saget virke "Nordiskt Trä" og etter hva jeg skjønner, med omfattende prøvemålinger av sorteringsutfall.

Som kjent har vi på Soknabruket gjennom mange år arbeidet med kvalitetsortering av tømmer for å oppnå styrt ordreproduksjon, noe som Peder Gjerdum skal orientere om og vi har i denne forbindelse vært levende interessert i arbeidene utført av Mats Nylander.

#### Klasseinndeling og målekriterier.

Klasseinndelingen i Sverige og her hjemme fremkommer i fig. 1. Det som særmerker de nye svenske forskriftene er at de er markedsorienterte og som nevnt relatert til produktutfall ifølge "Nordiskt Trä".

Likheter og forskjeller i målekriteriene fremkommer i de etterfølgende figurer. Det er grunn for oss til å vise interesse for klasse 2 - friskkvistvirkesortimentet og reglene for vurdering av tennar som i Sverige nå ikke bare er knyttet opp til vurdering av en stokkende, men tennar skal sees i sammenheng med stokkens retthet og ovalitet.

#### Oppsummering

Mitt syn er diktert av at det er overskudd av tømmer av middels og lav kvalitet i de markeder som vi kan betjene. I tillegg er det overskudd av sagbrukskapasitet, derfor representerer vi en syklisk konjunkturpreget næring. En høykonjunktur som den vi nå opplever tar like raskt slutt som den begynte. Det er derfor bare de bruk som har kvalitativt godt tømmer og som besikker sitt bo gjennom god ledelse, markedsorientering og som i tillegg har kontroll med skurutbyttet og kostnadene som greier å tjene penger også i årene mellom hver høykonjunktur.

Min oppsummering ut fra mitt grunnleggende syn og med henvisning til dagens emne er sammenfattet i fig. 5.

## Hvorfor måling av tømmerkvalitet?

Fordi det har betydning for industriens lønnsomhet ved:

- utnyttelse av treets-stokkens spesifikke egenskaper
- styring av lagerhold - kapitalbinding
- kostnadseffektiv produksjon, kontroll med skurutbytte og avkappprosent

Kvalitetsvurderingen, må starte tidligst mulig i prosessen!

I skogen:

- leverandøren må identifisere seg med industriens ønsker
  - ved å kappe i markedsbestemte kvalitetsklasser og
  - gjennomføre skjøtseltiltak som fremmer optimal kvalitetsproduksjon

På sagbruket:

- skur av kvalitetssortert tømmer

## Kvalitetsklasser

VMR 93			Måleforskrift mai/94. Gr. + fu.	Anmerkning
Klasse	Furu	Gran		
1	Högkl. snickerivirke	Högkl. snickerivirke	Spesial	
2	Friskkvistvirke	Friskkvistvirke	0	Lokalt tilpasset i N
3	Byggsnickerivirke	Konstruktionsvirke	Prima	
4	Övrigt snick.-+byggvirke	Övrigt bygg+embal.virke	Sekunda	
5	Engångsemballage	0	0	Lokalt tilpasset i N

## Sammenlikning av noen viktige målekriterier

Klasse			Anmerkning
1 - Spesial	VMR - 93	Rev. forskr. mai 94	
Treslag	Furu og gran	Bare furu	
Stokktype	Rot og mellomstokk	Bare rotstokk	
Øvrige kriterier	Furu: Kvistfri Gran: Tillater noe kvist	Furu: Kvistfri	Målekriteriene er stort sett like
			Ikke definert i N. forskrifter

Klasse			
2. Friskkvistv.			
Treslag	Furu og gran		
Stokktype	Topp og mellomstokk Første friskkvist innen 15 dm		
Friskkvist>15mm	FU: 20stk 50% av t.diam GR: 20stk. Max. 50mm		
Tørrkvist>9mm	FU: 10stk. Max. 45mm GR: 4 stk. Max. 20mm		
Årringbredde	15 årring. tellet 0-6cm fra marg.(4mm)		
Tennar	Begrenset omfatning		Forutsetter rett stokk og ikke oval
Langkrok	Pilhøyde 1%		Andre krokformer tillates uten tennar

Fig. 3.

### Sammenlikning av noen viktige målekriterier

Klasse	VMR - 93	Rev. forskrift. mai 94	Anmerkning
3 - Prima	Alle	Alle	
Stokktype			
Friskkvist > 15mm	FU: 12stk, 40% av t.d. Max 80 Gr: 20stk., 30% av t.d. Max 60	Gr.+fu: 2,5 - 4cm	
Tørrkvist > 9mm	Fu: 7stk., Max 35 Gr: 20stk., 30% av t.d. Max 60	Gr.+fu: 7stk, 1,5-3cm Sum: 10stk., herav 7tørre	
Årringbredde	15 årringer tellet 0-6cm fra marg (4mm)	Middel 4mm tellet i topp 2cm fra marg. Max 6mm	
Tennar	Begrenset omfatning	Tillates 2 årr. i 1/2 omkr.	VMR: Rett stokk, ikke oval
Langkrok	Pilhøyde 1%	Pilhøyde 0,5% Andre krokf. godtas ikke	VMR: Andre krokformer tillates uten tennar

## Sammenlikning av noen viktige målekriterier

Klasse 4 - Sekunda	VMR - 93	Rev. forskrift. mai 94	Anmerkning
Stokktype	Alle	Alle	
Friskkvist > 15mm	Fu: 20stk., Max 100mm Gr: Ubegrenset ant.40% av t.d.	Gr.+fu: 4-8cm	
Tørrkvist > 9mm	Fu: 14stk. 30% av t.d. Max 60 Gr: Ubegrenset ant.40% av t. d.	Gr.+fu: 2-5cm Max 7stk. Sum: Max 12stk og 10tør.	
Årringbredde	Fu: 10 årring. tellet 0-6cm fra marg (6mm)	Gr.+fu: Middel 6mm tellet 2cm fra marg. Max 10	
	Gr: Ubegrenset		
Tennar	Fu: 10% av toppsyl. areal Gr: 20% av toppsyl. areal	Tillates 10 årring. 1/2 omkr.	
Langkrok	2% pilhøyde	Pilhøyde 1%	

Klasse 5 - furu			
Friskkvist > 15mm	Ubegrenset		
Tørrkvist > 9mm	Ubegrenset, men max 80mm		
Årringbredde	Ubegrenset		
Tennar	Tillates		
Langkrok	Pilhøyde 2%		

## Oppsummering

Markedsutvikling og lagerstyring tilsier:

- ordrestyrt produksjon av kundetilpassete produkter

Håndtering av MPS-funksjonen tilsier:

- skur av kvalitetssortert tømmer

Kvalitetsklassifiseringen må begynne i skogen, dette forutsetter:

- entydige og praktikable måleforskrifter basert på kvalitetklasser som gjenspeiler trelastutfallet
- måling og kvalitetsklassefastsettelse på sagbrukstomt som grunnlag for tømmeroppgjør og sortering

Trelastindustriens utfordring:

- kanalisere forskningsmidler til et bransjeutv. program
- som omfatter måleforskrifter basert på kvalitetklasser, måleteknikk av objektive målbare faktorer som grunnlag for tømmeroppgjør og sortering
- organisere utviklingsarbeidene i samarbeid med forskn.- instituttene, tømmermålings- og næringsorganisasjonene.

# Naturlige variasjoner i virkesegenskaper

Foredrag ved møte om måling av tømmerkvalitet

Olav Høibø

NLH 25.10.94

## Innledning

Et stykke tre er et unikt materiale i dobbelt forstand. Det er unikt i sine egenskaper og muligheter når det anvendelse til ulike produkter og det er unikt med hensyn på at ikke et stykke tre er likt et annet. Det varierer mye med hensyn på ulike egenskaper som densitet, styrke, tekstur og farge og holdbarhet. Ser en på balsa som er det letteste treslaget vi har varierer basisdensiteten fra noe under 50 - til 300 kg/m<sup>3</sup>. Ser en på et annet tropisk treslag, et tungt et som azobe, finner en basisdensiteter opp mot 1,3 kg/m<sup>3</sup>. Når det gjelder bøyefastheten for feilfri ved av den letteste balsa kan den være så lav som 0,5 MPa mens tung azobe kan ha bøyefastheter opp mot 200 MPa. Går vi til et av våre egne treslag f.eks. gran varierer basisdensiteten fra 275 kg/m<sup>3</sup> til ca 590 kg/m<sup>3</sup>. For eik varierer den fra 350 kg/m<sup>3</sup> til 750 kg/m<sup>3</sup>. Variasjonene i de mekaniske egenskapene med hensyn på de ulike retningene i veden varierer enda mer. Strekkfastheten vinkelrett på fibrene er bare 5 % av den parallelt med fibrene. Det er for øvrig denne store forskjellen i fasthet som gjør at kvisten betyr så mye for styrkeegenskapene.

En finner også store variasjoner når det gjelder holdbarhet overfor vær og vind. Ubehandla yteved av rasktvokst furu vet vi brytes raskt ned under ugunstige klimaforhold. Kjerneved av tettvokst furu kan imidlertid, f.eks i et vindu, stå ubehandla i mange tiår uten anna enn å bli litt værslett. Vinduer er et godt eksempel på hvor viktig det er å sortere riktig slik at en får brukt rett kvalitet på rett plass. Det gjelder generelt for produkter hvor materialkostnadene er små mens arbeidskostnadene og eller kapitalkostnadene er store samtidig som konsekvensen av feil materialbruk er stor.

Går en til trelastproduksjon er variasjonene i virkesegenskapene noe en daglig må forholde seg til.

Her skal det ikke sies noe mer om hvordan en skal forholde seg til disse variasjonene. Jeg skal imidlertid prøve å gi et bilde av de variasjonene vi har i virkeskvalitet for gran og furu. Jeg vil koncentrere meg om årringbredde, densitet og kvist. For å kunne gi et bilde av variasjonen vil jeg bare kommentere en del eksempler. Det vil ikke bli gitt noen fullstendig oversikt over variasjonen med hensyn på ulike egenskaper over landet.

I tillegg til å tallfeste variasjonen når det gjelder ulike målbare egenskaper på trevirke gjennom eksempler vil det bli sagt litt om hvorfor en får slike variasjoner, mest for å prøve å gi en bedre bakgrunn for det emnet som blir tatt opp, men også for å vise de mulighetene skogbrukeren har.

Alt som påvirker det enkelte tre sin vekst i skogen vil påvirke den kvaliteten en får på sluttproduktet. Vi vet at den variasjonen en har i plantemateriale (genetiske variasjoner) og vekstforholdene til de enkelte trærne fører til store variasjoner i virkesegenskapene. Når det gjelder den framtidige virkeskvaliteten er det først og fremst gjennom plantevalg, foryngelsesmetode og ulik pleie av skogen skogbrukeren har mulighet til å påvirke sluttresultatet.

Vi vet at virkesegenskapene varierer mellom ulike områder. Variasjonen innen et bestand er imidlertid ofte mye større. Går en til et enkelt tre finner en også her store variasjoner. Disse variasjonene går ofte systematisk igjen fra tre til tre, noe en kan benytte seg av når en vil foreta en sortering på kvalitet.

## Variasjoner innen trær

Fig 1 er en illustrasjon av hvordan kvaliteten med hensyn på kvist varierer innen trær. Går en fra rota mot toppen i plantet gran, øker normalt kvisttykkelsen til en viss høyde for så og avta igjen. Grenselinjene i figuren viser grensene mellom henholdsvis friskkvistområde, tørrkvistområde og kvistfritt virke. Disse grenselinjene er sterkt korrelert med kvisttykkelsen. Når vi vet hvordan kvisttykkelsen varierer innenfor et lite område av stokken er det lett å forestille seg at spredningen rundt disse grenselinjene er stor. Plasseringen og formen på grenselinjene er avhengig av utviklingen til det enkelte tre.

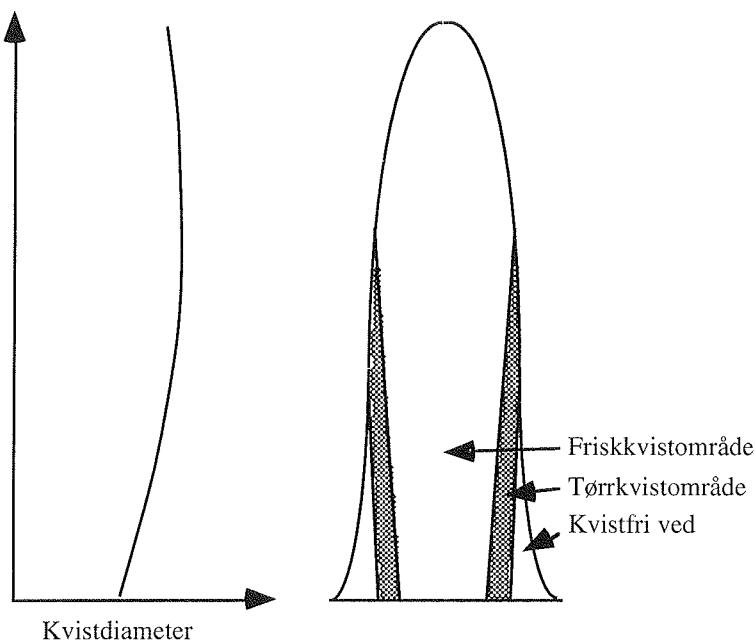


Fig. 1. Fordelingen av kvist i en granstamme

Avhengig av hvordan trærne er etablert og har vokst, varierer årringbredde og densiteten i stammetverrsnitt og lengderetning.

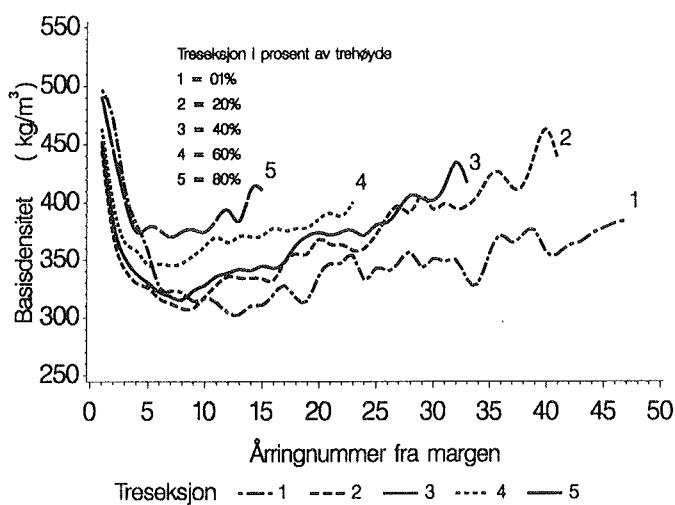


Fig. 2. Variasjon i basisdensitet gjennom tverrsnittet av stammen til plantet gran på meget god bonitet (Kucera 1994)

Kjennetegnet på skog som er plantet på åpne flater er rask ungdomsvekst med relativt store årringer i startfasen. En kan ved slik etablering gjøre lite med årringbredden de første årene. Ved å plante tett vil en imidlertid få en raskere konkurranse mellom trærne med en redusert årringbredde og økt densitet til følge.

Fig 2 viser variasjon i basisdensitet gjennom stammetverrsnittet til plantet gran fra meget god bonitet. Vi ser først en reduksjon av densiteten og etter ca 10 år en økning. Vi ser også at basisdensiteten øker med økende høyde i treet.

Den høye densiteten nær morgen kommer dels av en mindre årringbredde, men også av mindre og kortere celler, som gir noe mer celleegg. Styrkeegenskapene til dette virke er imidlertid dårlig da cellene er kortere og mikrofibrillstrukturen i celleveggen går mer på tvers.

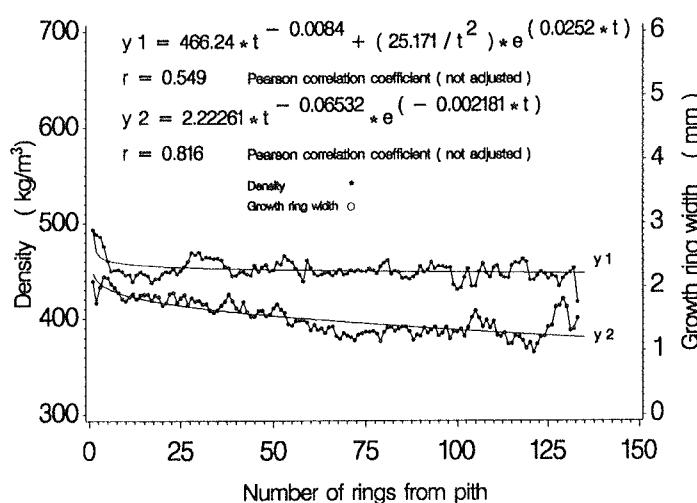


Fig. 3. Variasjon i basisdensitet og årringbredde gjennom tverrsnittet av stammen til gran fra bledningskog (Kucera 1994)

Fig 3 viser hvordan årringbredde og densitet varierer gjennom tverrsnittet til trær tatt fra typisk bledningskog. For dette virket er årringbredden liten og densiteten høy hele vegen slik at vi får et mye flatere kurveforløp gjennom tverrsnittet.

I stammens lengderetning vil årringbredden øke med høyden over bakken, mens densiteten vil gå ned. Korrigerer en imidlertid til samme årringbredde vil en kunne se en økning av densiteten med økende høyde.

### Variasjoner innen et bestand

Fig 4 illustrerer normale variasjoner mellom trær i et og samme bestand.

De dominerende trærne har utviklet kraftige grener med mye bar som igjen har ført til at diametertilveksten har blitt stor. For de mer undertrykte trærne har kvist- og barutviklingen vært moderat slik at også diametertilveksten har blitt moderat. Grensene mellom henholdsvis friskkvist, tørkkvist og kvistfri ved er også tegnet inn. Vi ser at friskkvistgrensen går lenger ut på de trærne som har vokst raskt (kvistene har levet lenger). Det må nevnes at det er god korrelasjon mellom kvisttykkelsen og hvor lenge kvisten lever. Det må også nevnes at skal de mer undertrykte trærne nå opp i store dimensjoner må det kreves lengre omløpstid.

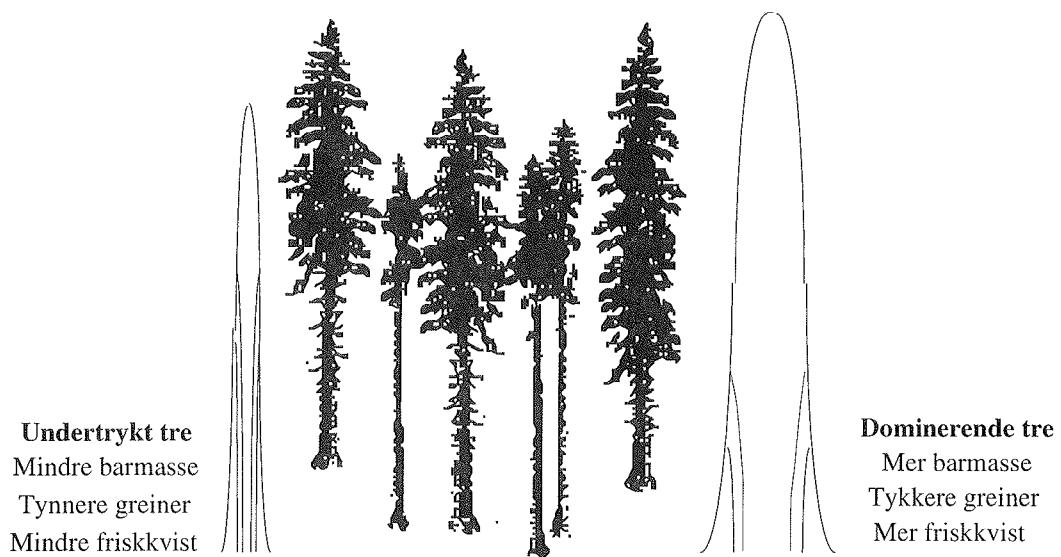


Fig. 4. Variasjon i virkeskvalitet mellom enkeltrær i et bestand

Fig 5 er et reelt eksempel på variasjonen i kvisttykkelse. I figuren er kvistdiametere til alle kvister større enn 5 mm i to trær plottet inn mot høyden over bakken. En kan se hvor stor variasjonen er. For det ene treet ligger tyngdepunktet for kvistdiameterene på 30 - 40 mm. For det andre treet er ingen kvister større enn 20 mm. Trærne var tatt fra et relativt ensalddret bestand på meget høy bonitet.

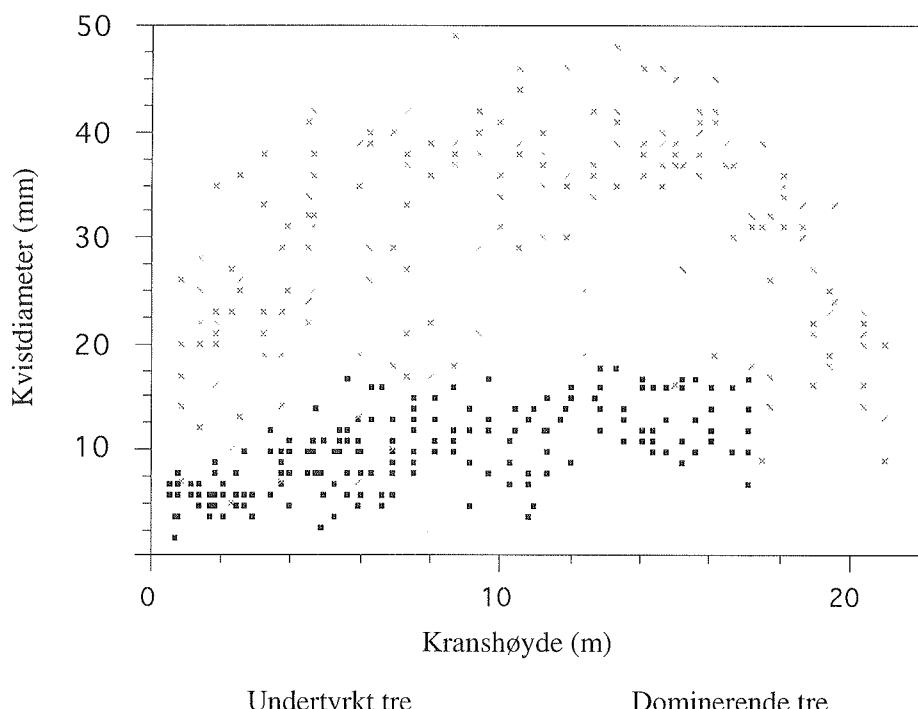


Fig.5. Kvisttykkeler til et dominerende og et undertrykt tre

Årsaken til den store forskjellen i kvistdiametere på to trær fra samme bestand hvor trærnes utgangsprunktet når det gjelder vekstforhold har vært forholdsvis likt kommer av trærnes

naturlige spredningsevne. Spredningen innen samme bestand når det gjelder trærnes genetiske potensial, tilgjengelige næring, vann og vekstrom fører til stor spredning på veksten og virkesegenskapene, selv om utgangstettheten er jevn og forholdene ellers i bestanden er tilsynelatende jevne. Hvordan en eventuelt tynner, er derfor helt avgjørende for kvalitetsutfallet ved sluttavvirkning. Ved f eks stadig å tynne vekk de minste trærne vil en stå igjen med de groveste trærne som har lavest densitet og størst kvist. Fig 6 illustrerer sammenhengene når det gjelder spredningsevne.

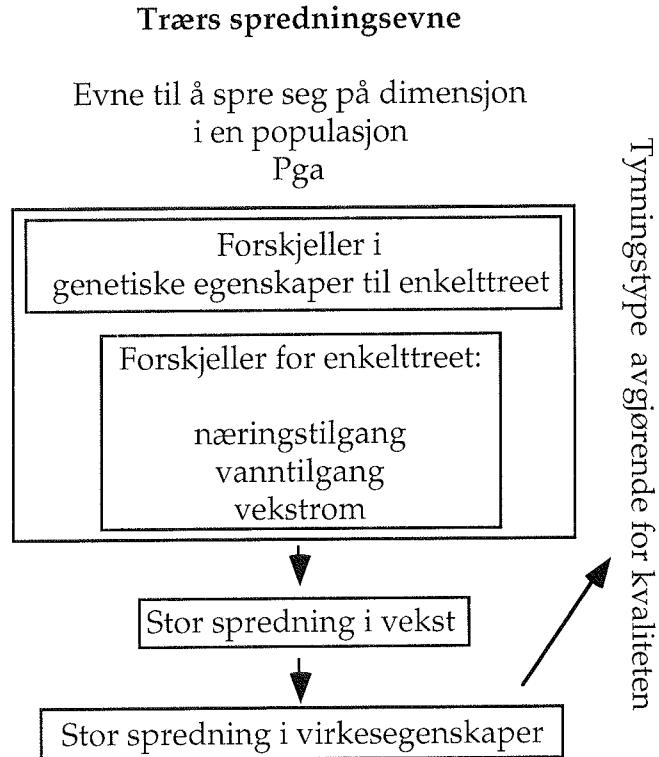


Fig. 6. Trærs spredningsevne

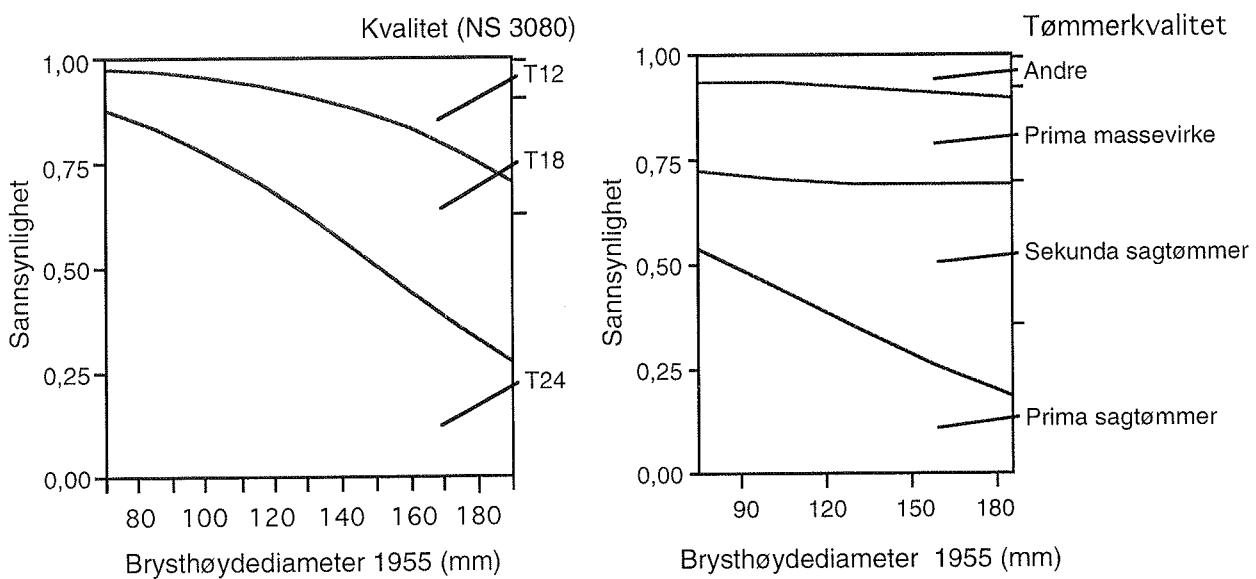


Fig. 7. Diametertilvekst mot tømmer- og trelastkvalitet (NS 3080)

Fig 7 viser sammenhengen mellom brysthøydediameter i 1955 (kan betraktes som et gjennomsnittstall for diametertilvekst de første 25 år) og henholdsvis tømmer- og trelastkvalitet (resultater fra et forsøksmateriale fra Røyken kommune).

Figuren viser at kraftig vekst tidlig i bestandets liv ga dårligere tømmerkvalitet. Kvist som kvalitetsreduserende faktor var årsaken til dette forholdet.

Tilsvarende forhold fikk en for trelasten som var skåret av sagtømmeret.

Arealene i figurene representerer sannsynligheten for å få ulike kvaliteter av henholdsvis trelast og tømmer. Sannsynligheten for å få beste trelastkvalitet (T 24) avtar fra ca 87 % for trær med brysthøydediameter 70 mm til 27 % for trær med brysthøydediameter 190 mm.

På samme måte som kvisten varierer også årringbredden og densitet betydelig mellom trær inne i et bestand. Det går for øvrig fram av de samme figurene

### Variasjoner mellom områder bestand

Vi har ingen fullgod dokumentasjon på variasjonen mellom ulike typer bestand og landsdeler når det gjelder de ulike egenskapene. I fig 9 er det imidlertid satt opp en oversikt over tall for årringbredde og basisdensitet for noen områder i Norge (Okstad 1969, 1970, 1973, 1988). De store variasjonene med hensyn på middeltall har vi ikke. Den absolute variasjonene innen de ulike områdene er imidlertid adskillig større. F.eks. varierer gran fra Sørlandet fra 307 til 495 kg/m<sup>3</sup>, furu fra 314 til 485 kg /m<sup>3</sup>. For materialet fra Midt-Norge var variasjonen for gran fra 278 - til 591 kg/m<sup>3</sup>.

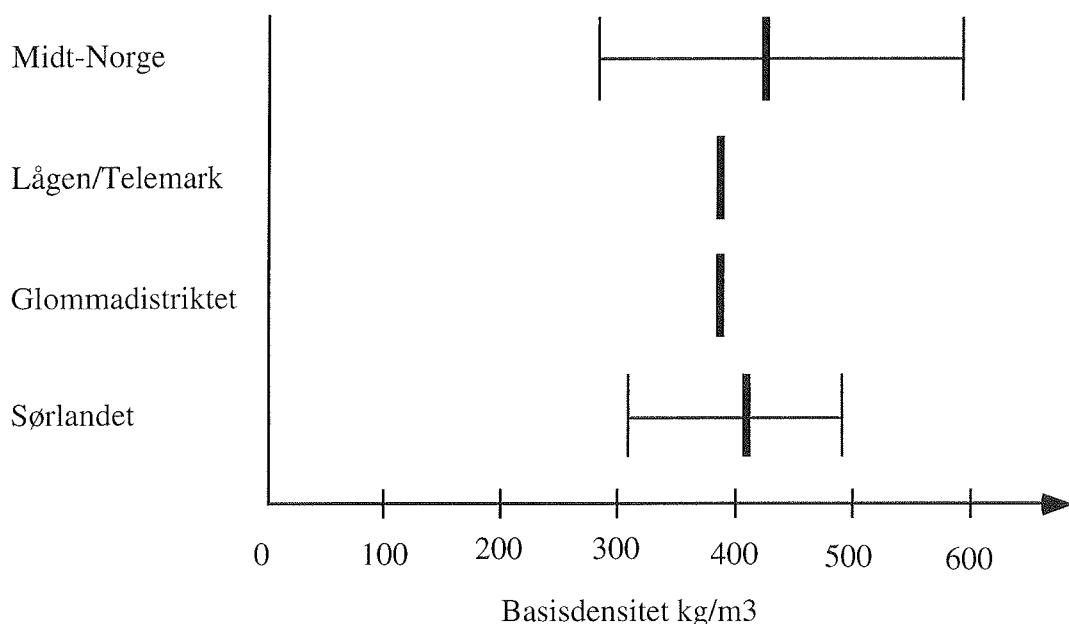


Fig. 9. Densitetsvariasjoner i ulike områder av Norge

### Oppsummering

Det er ikke i denne sammenstillingen gitt noen fullstendig oversikt over de variasjonene vi har når det gjelder virkeskvalitet. Jeg har bare prøvd å gi et grovt bilde gjennom noen eksempler. Jeg vil allikevel avslutningsvis gi en oppsummering når det gjelder relative variasjoner i virkesegenskapene:

Årringbredden øker med stigende bonitet. Densiteten avtar, så fremt en ikke korrigerer til samme årringbredde. Det er på de beste bonitetene vi får størst problem med årringbredde og densitet.

Årringbredden avtar med økende breddegrad. Densiteten avtar også når en korrigerer til samme årringbredde, slik at årringbredde på 4 mm på en god bonitet på Østlandet vil kunne gi samme densitet som virke med 2 mm årringbredde fra Nord-Norge.

Årringbredden avtar med økende høyde over havet. Densiteten avtar når en korrigerer til samme årringbredde.

Kvisttykkelse er i mye større grad avhengig av lysforholdene. Vi finner derfor grovkista og finkvista virke i alle landsdeler. Størrelsen på kvisten i de delene av treet som betyr noe for skurlastproduksjonen er avhengig av lystilgangen til trærne i ungdomsfasen. For furu får vi større utslag enn for gran.

På grunn av store variasjoner med hensyn på kvalitet innen det enkelte bestand er formen for tynning helt avgjørende for kvaliteten på skogen ved sluttavvirkning.

Variasjoner i middeltall for densiteten mellom ulike høydelag og breddegrader er normalt relativt beskjedne. Variasjoner i kvalitet med hensyn på kvist mellom ulike bestand kan imidlertid være betydelig.

## **Ytre kvalitetsindikasjoner på tømmer.**

**Professor Mats Nylinder**  
**Institutionen för Virkeslära, SLU**

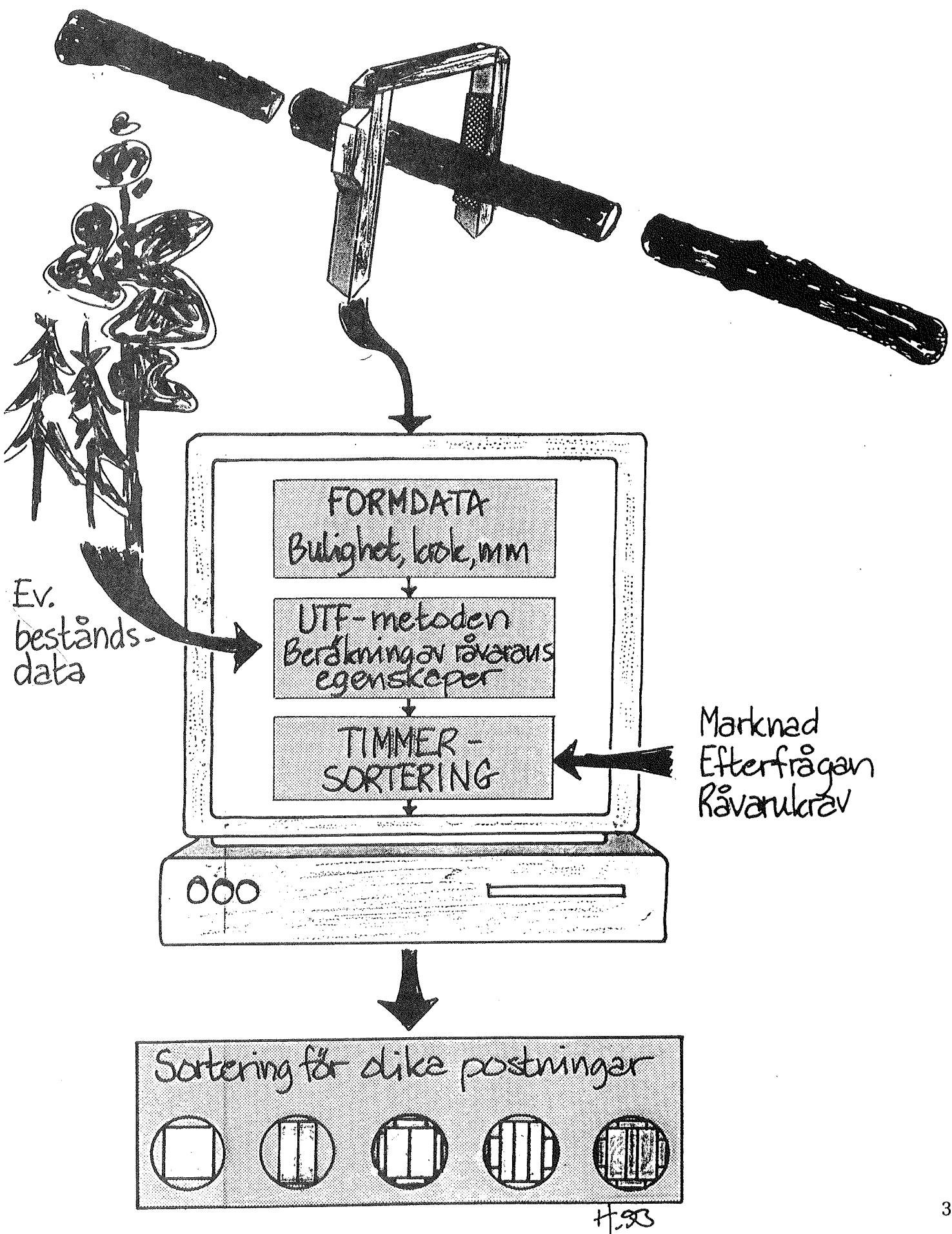
Tømmerets ytre geometri gir indikasjoner på den indre kvaliteten - kvistfordelingen. Sammenhengen kan bestemmes med to metoder: skurforsøk og on-line systemopplæring.

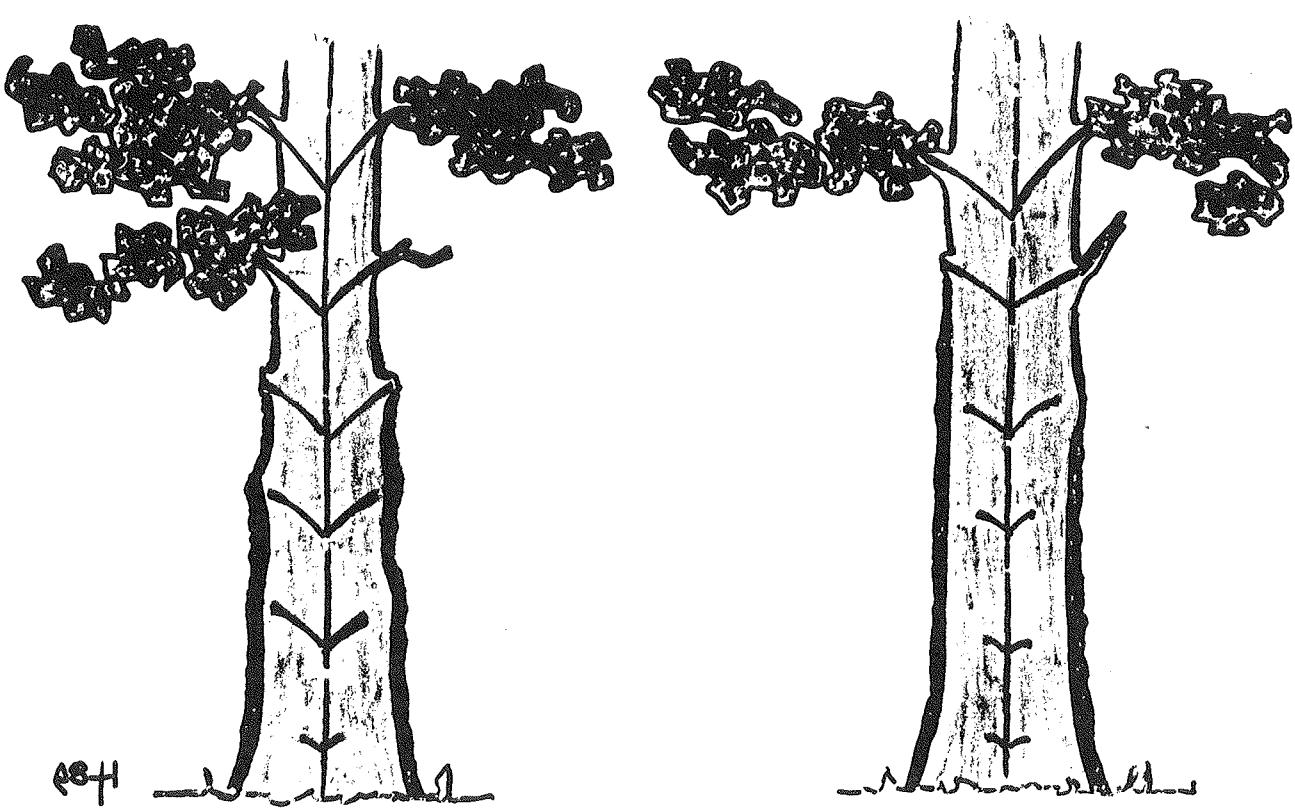
Den første metoden gir oss statistiske funksjoner som kobler diverse geometriske variable til kvalitetsklasser som kvalitetstall. Metoden er egnet til situasjoner hvor det er tydelig lineær sammenheng mellom ytre geometri og kvalitet.

Den andre metoden gir en "beslutningsmatrise" basert på operatørens erfaringer eller resultater. Matrisens inngangsvariable er diverse geometriske parametere som indikerer tømmerkvalitet. Metoden er fordelaktig for situasjoner hvor det er vanskelig å etablere statistiske funksjoner for forholdet mellom tømmerets geometri og indre kvalitet.

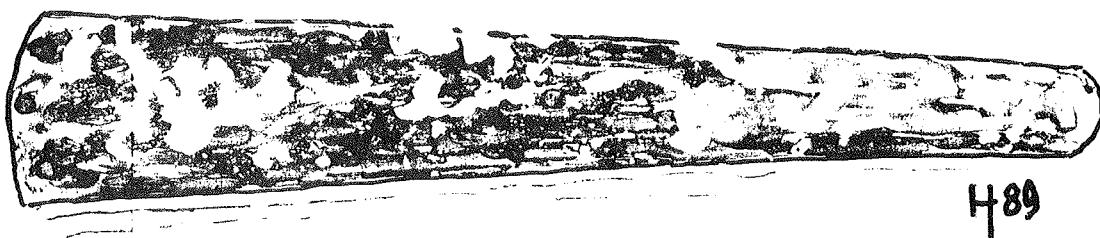
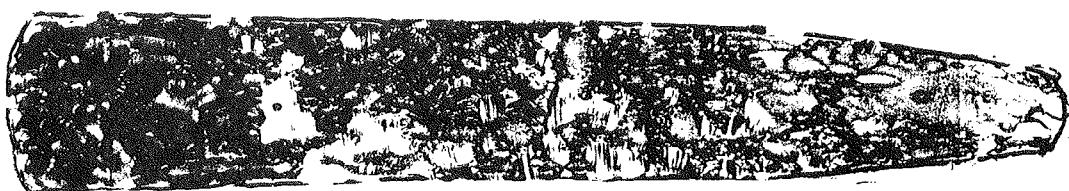
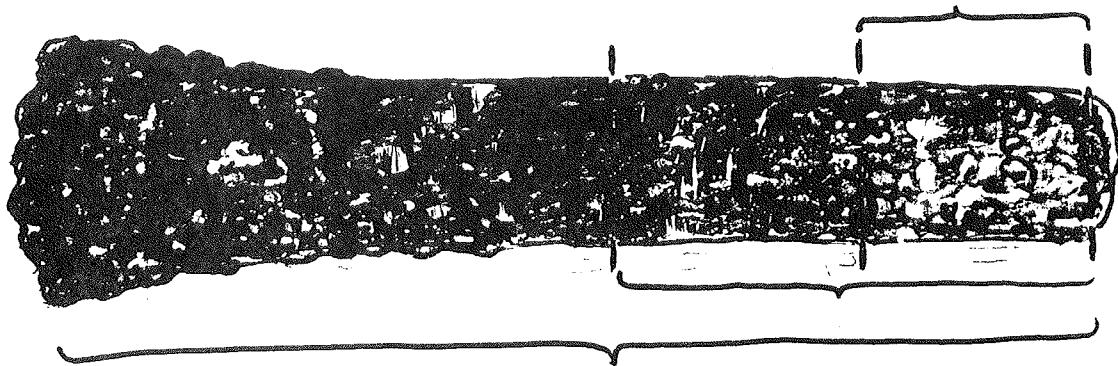
SLU har brukt en kombinasjon av de to metodene i sitt sorteringssystem. Geometrvariabler som er brukt inkluderer toppdiameter, avsmaling, bulighet, krok og ovalitet. Systemet bruker Remas 2-veismåleramme "Rema 9000". Målerammen blir koblet til en sorteringsdatamaskin og til en operatørstasjon.

Referert av NTI.





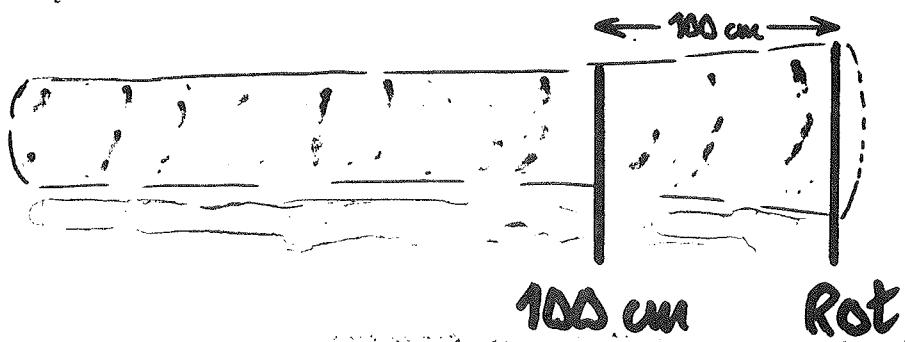
# AUSMALNING



# ROTAVSMALNING

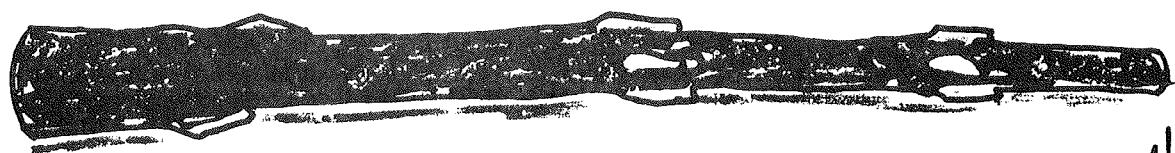
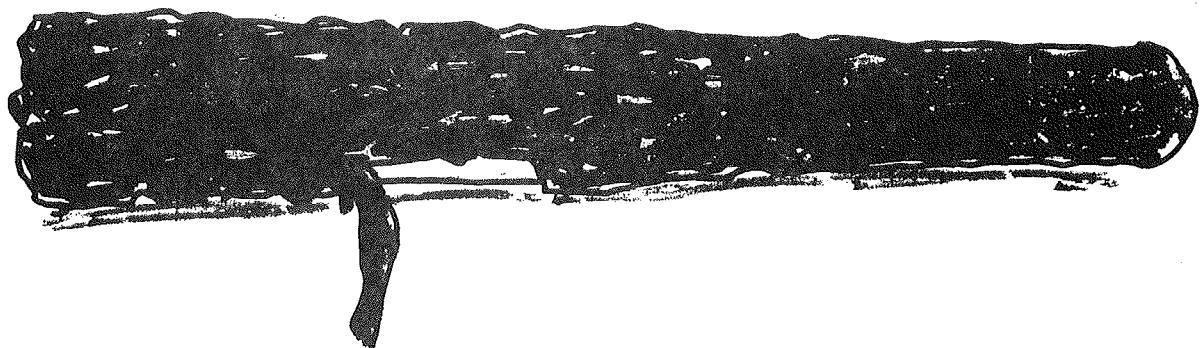
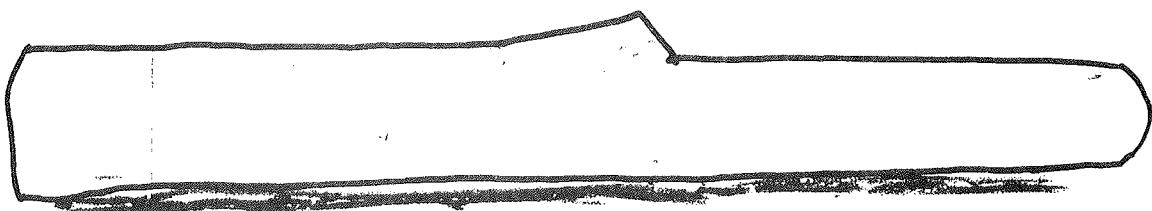
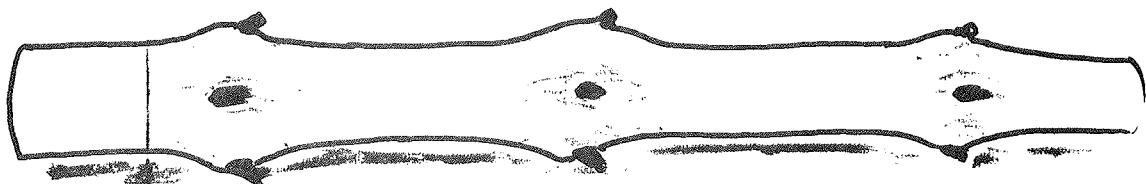
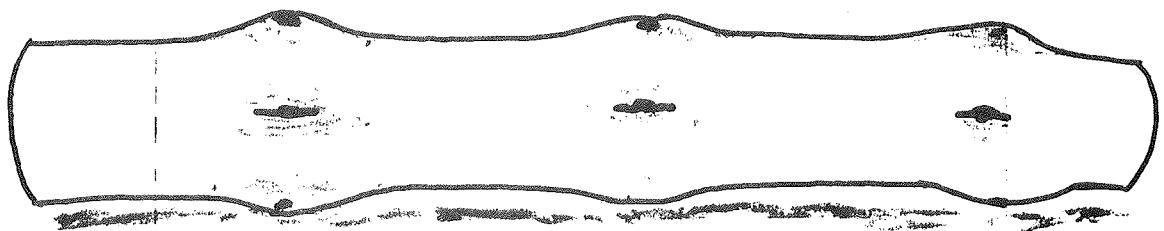


$$\text{Rotavsmalning} = \frac{(D_{\text{Rot}} - D_{75})}{0.75}$$

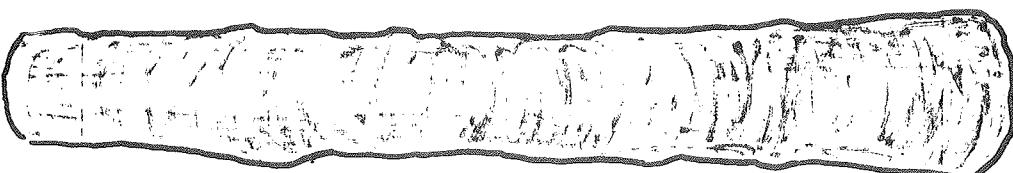


$$\text{Rotavsmalning} = \frac{(D_{\text{Rot}} - D_{100})}{1.0}$$

# BULIGHEM



# BULRÄKNING



## Antal bulor på hela stocklängden



$\leftarrow 0.5m \rightarrow$

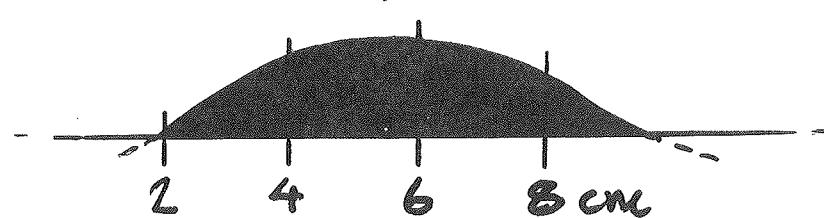
$<0.5m$

Antal bilar på mittenpartiet av stocken.

(Första och sista halvmetern på plankan  
kan kapas i justeringen)

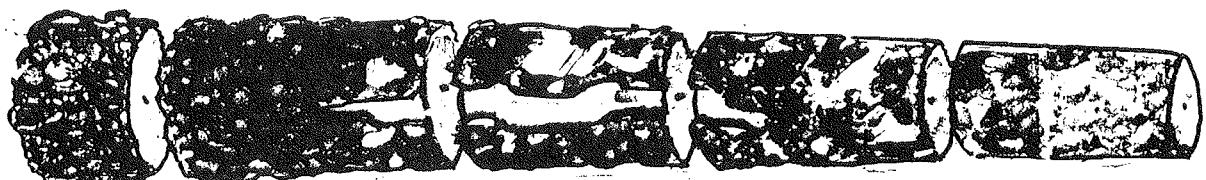
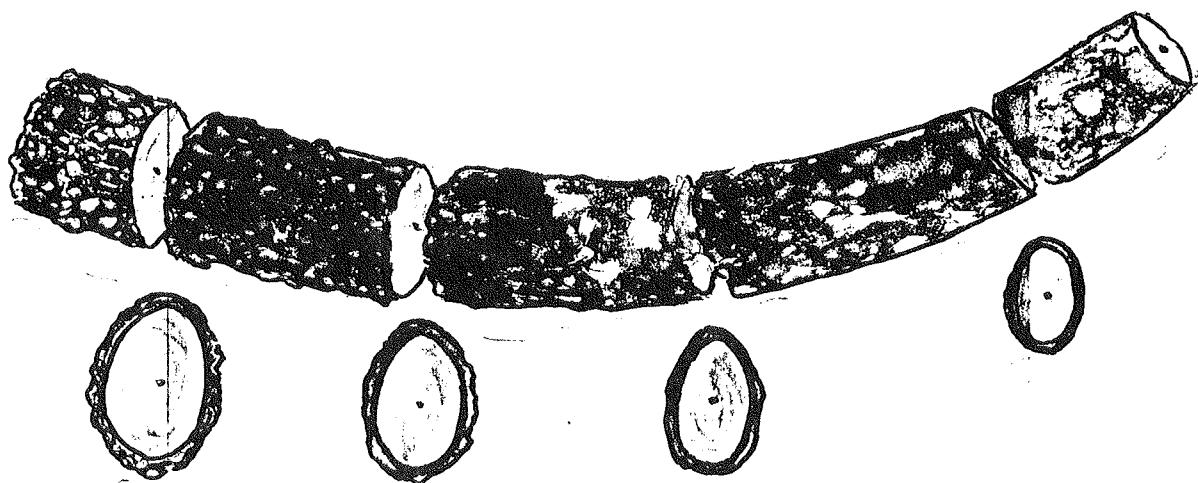
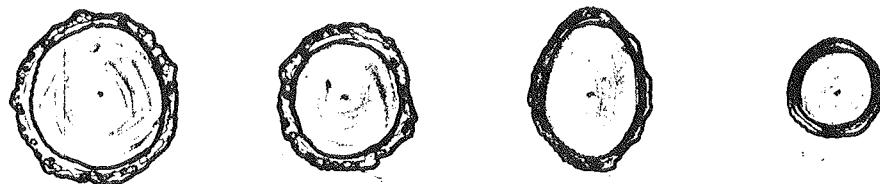
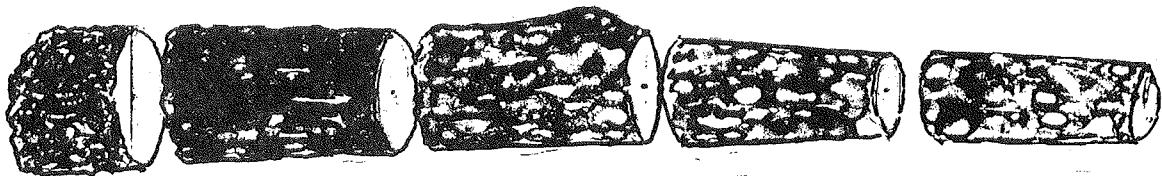


Skall både positiva ( $\rightarrow$ ) och negativa ( $\leftarrow$ ) avvikelser räknas som en bula? Eller bara positiva?

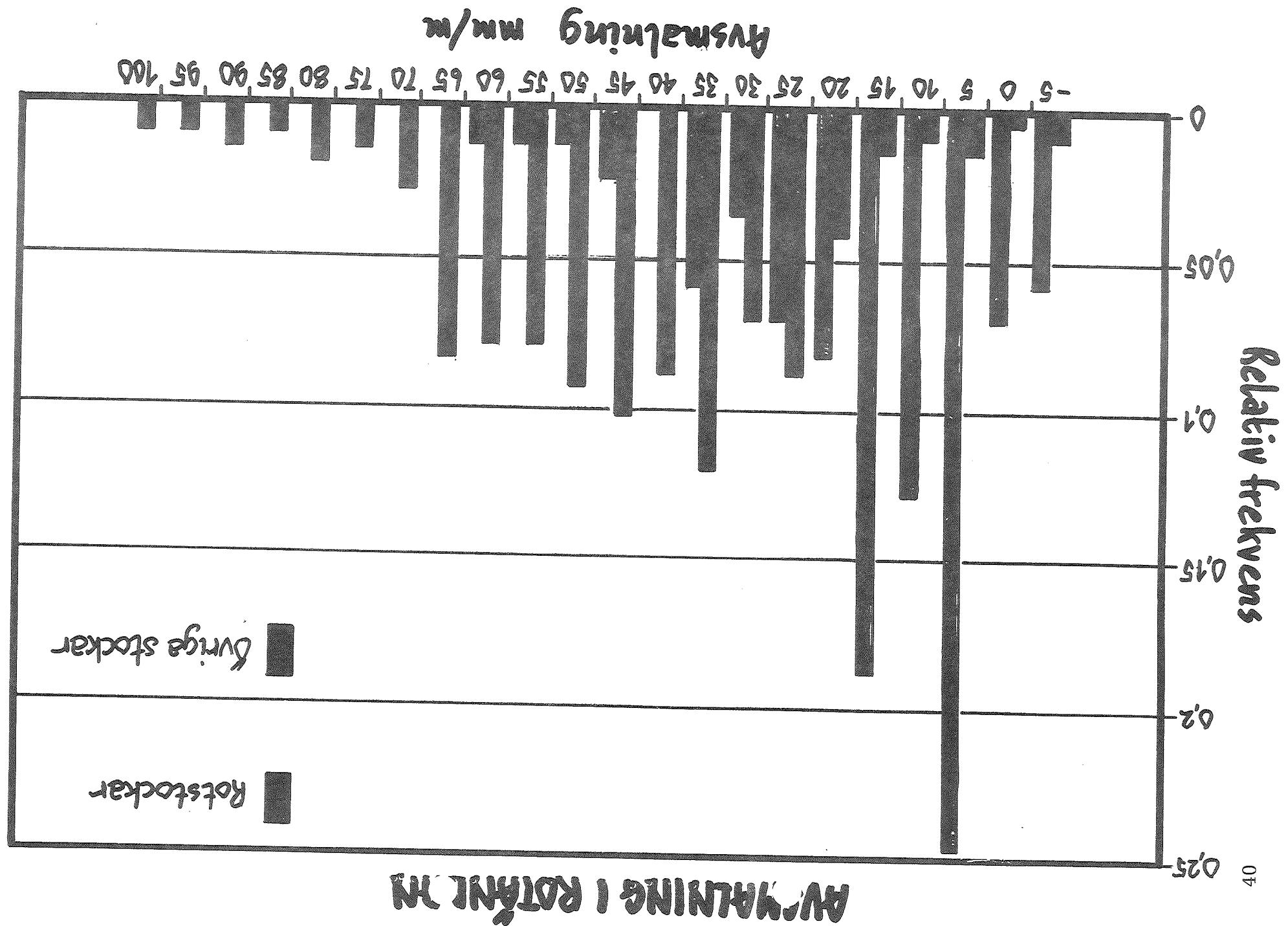


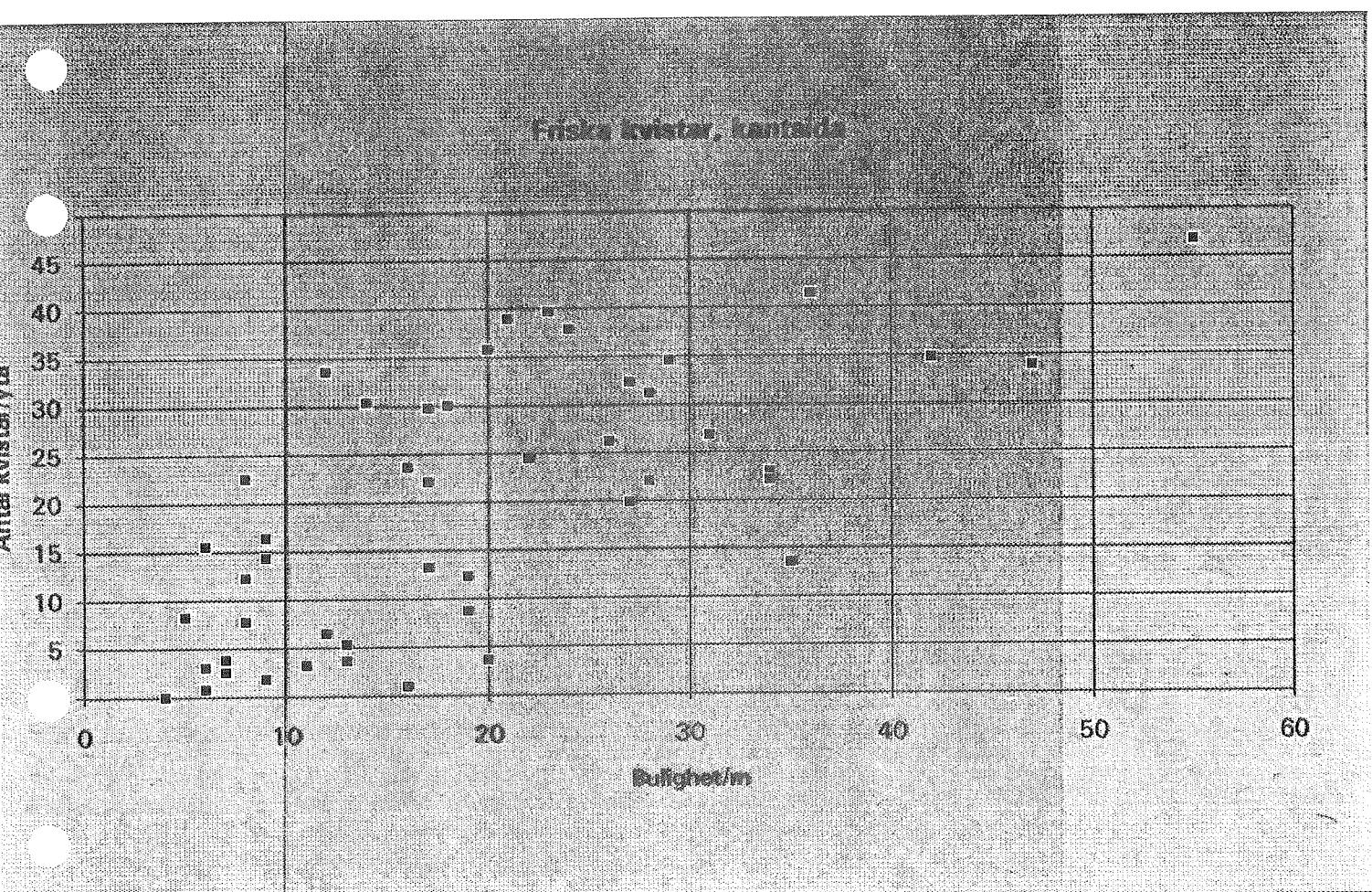
## En bulz eller tre bulor?

# QUALITET OCH KROK

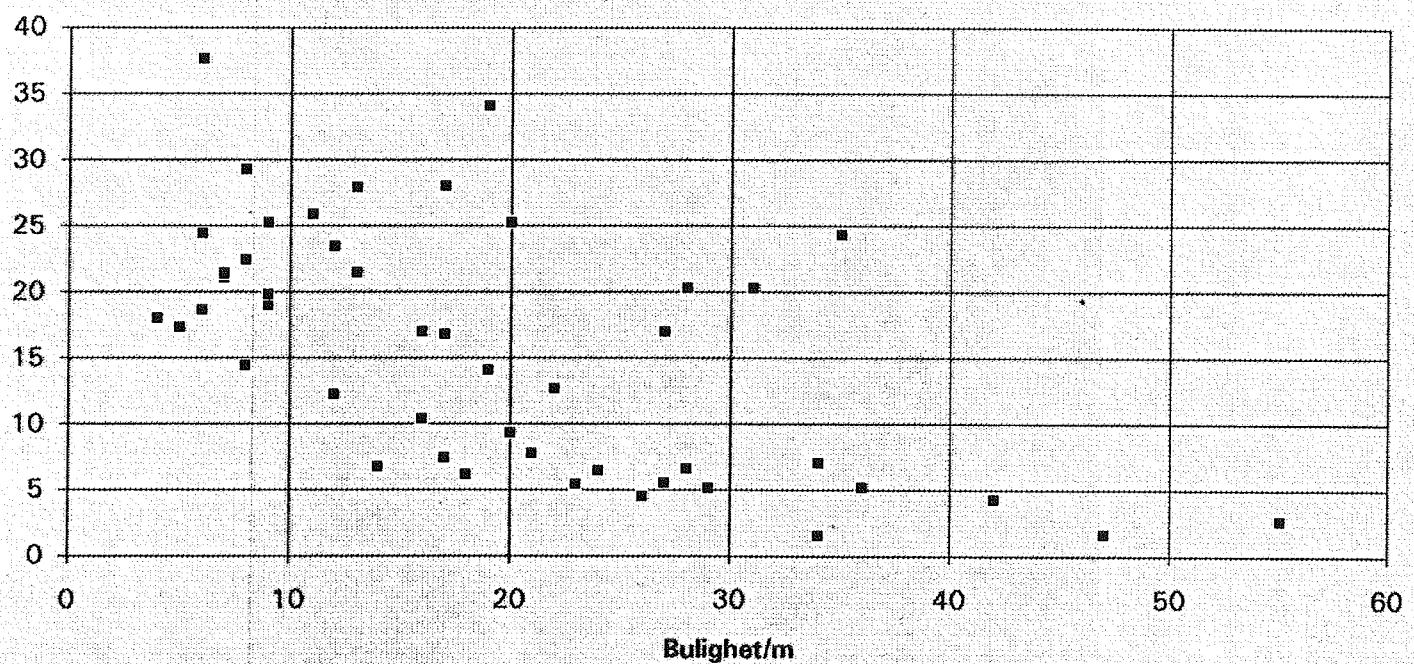


H89

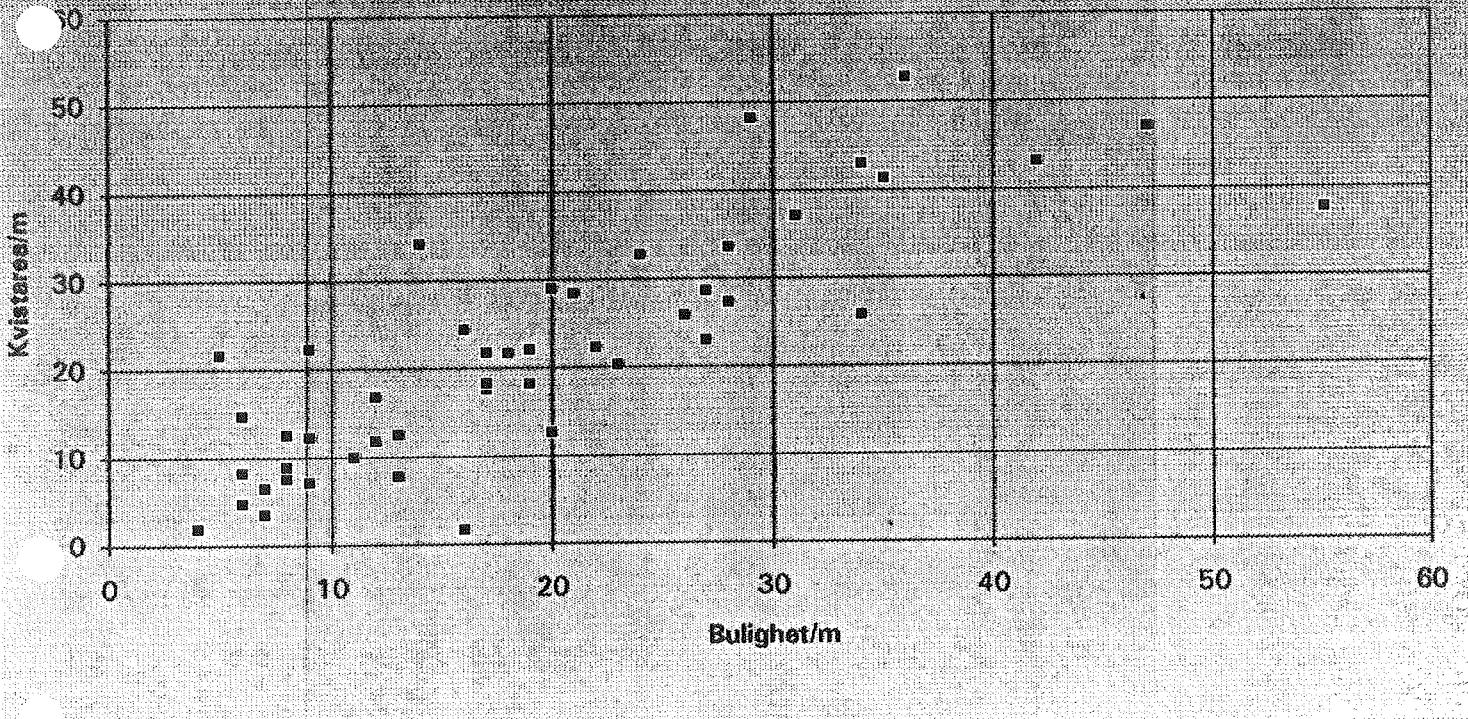


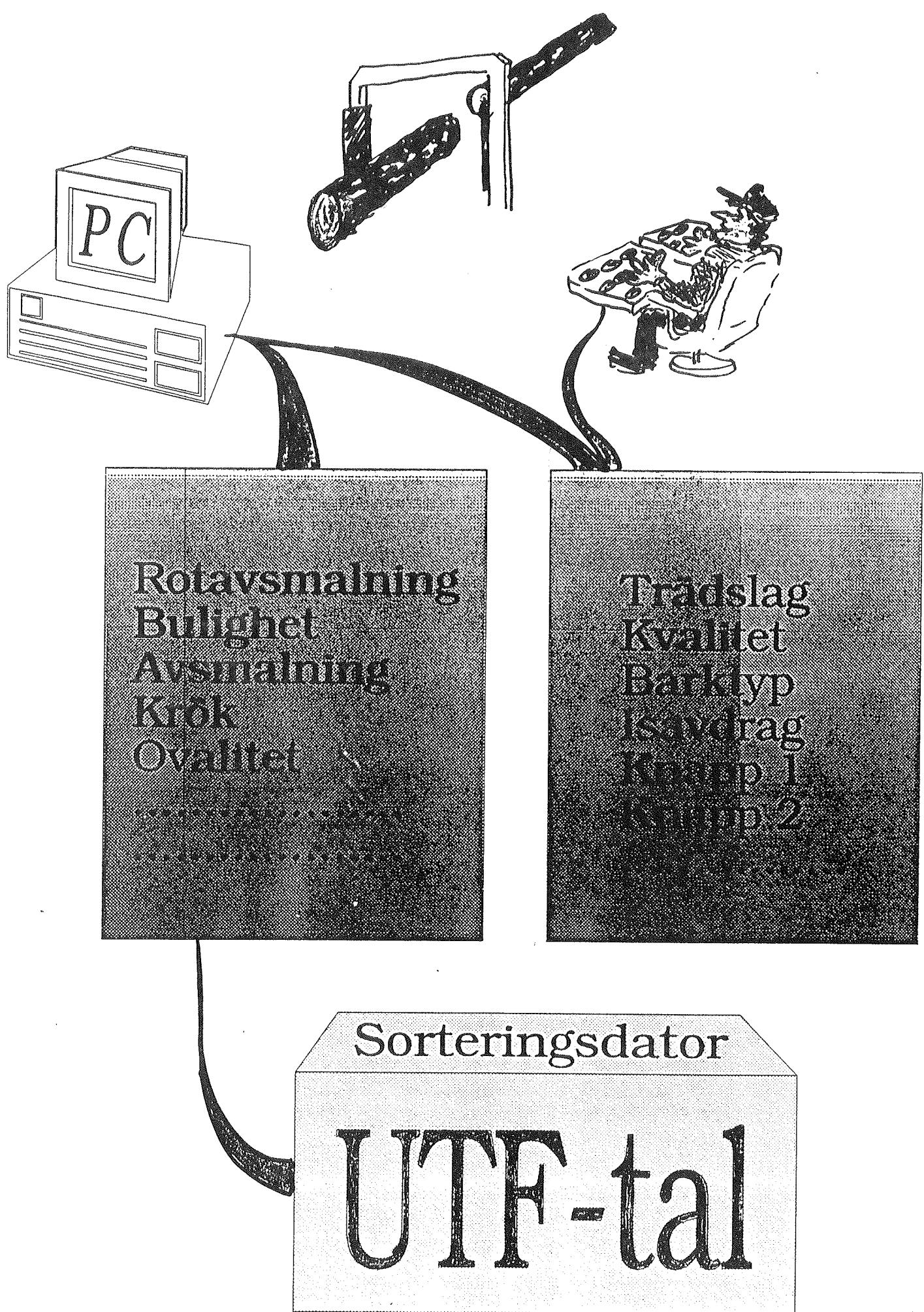


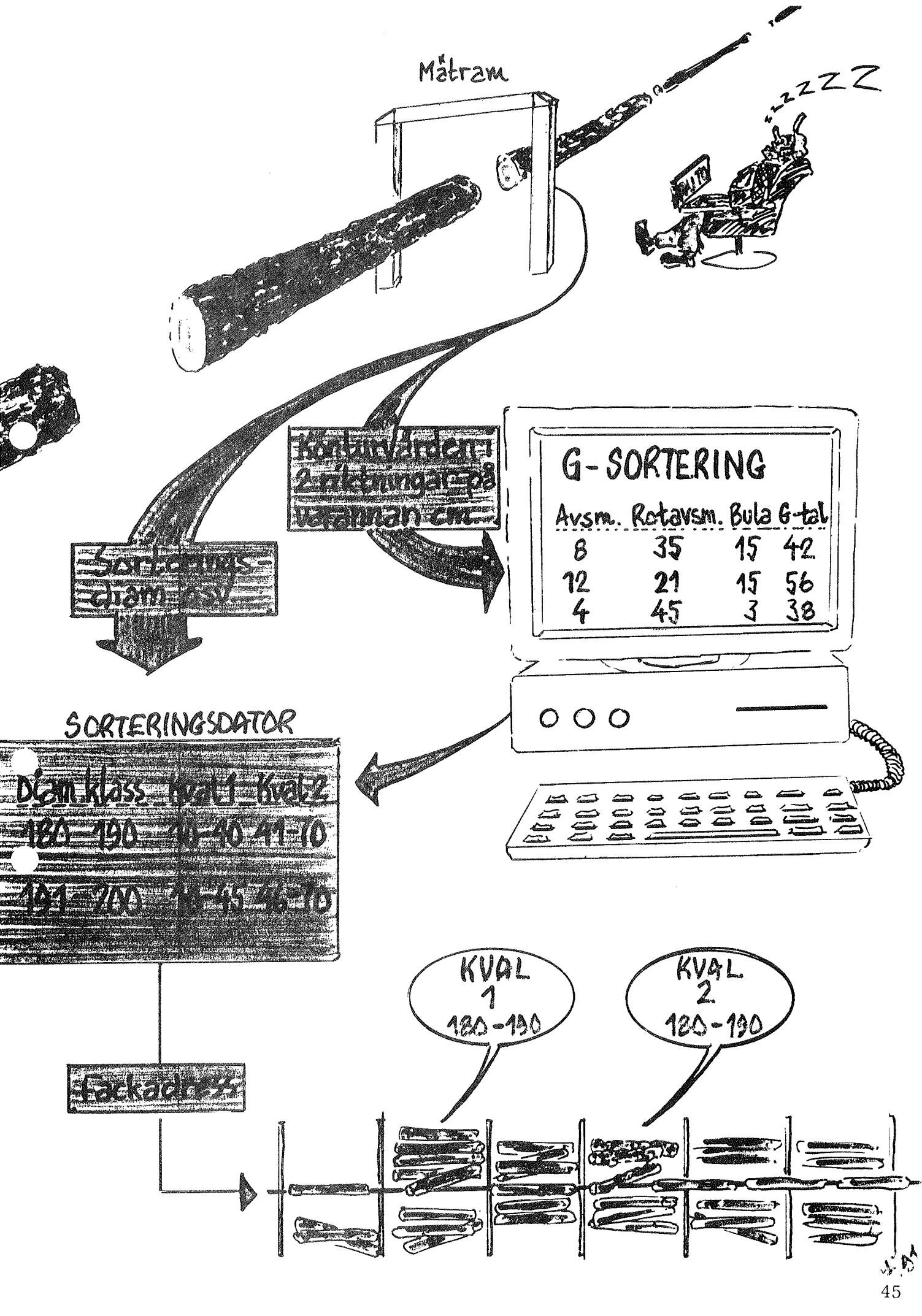
### Övriga kvistar, kantsida



### **Sammanhang mellan kviststorlek och bulighet**

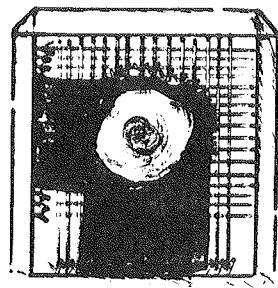




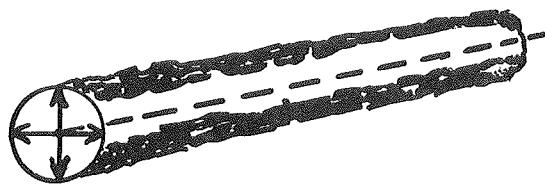


# VAD HÄNDER I PG?

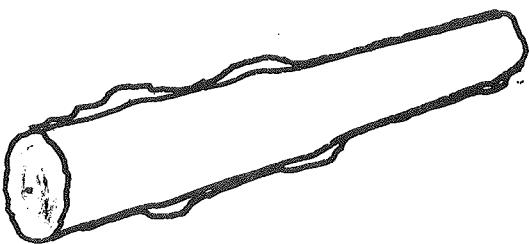
Konturvärdet  
från  
måtramen



4 radier



4 utjämnade  
radier



Bulighet

Rotavsmah.

Avsmaln.

krok

Ovalitet

Rotavsm.  
 $< X$

Rotavsm.  
 $\geq X$

Nedklassning?

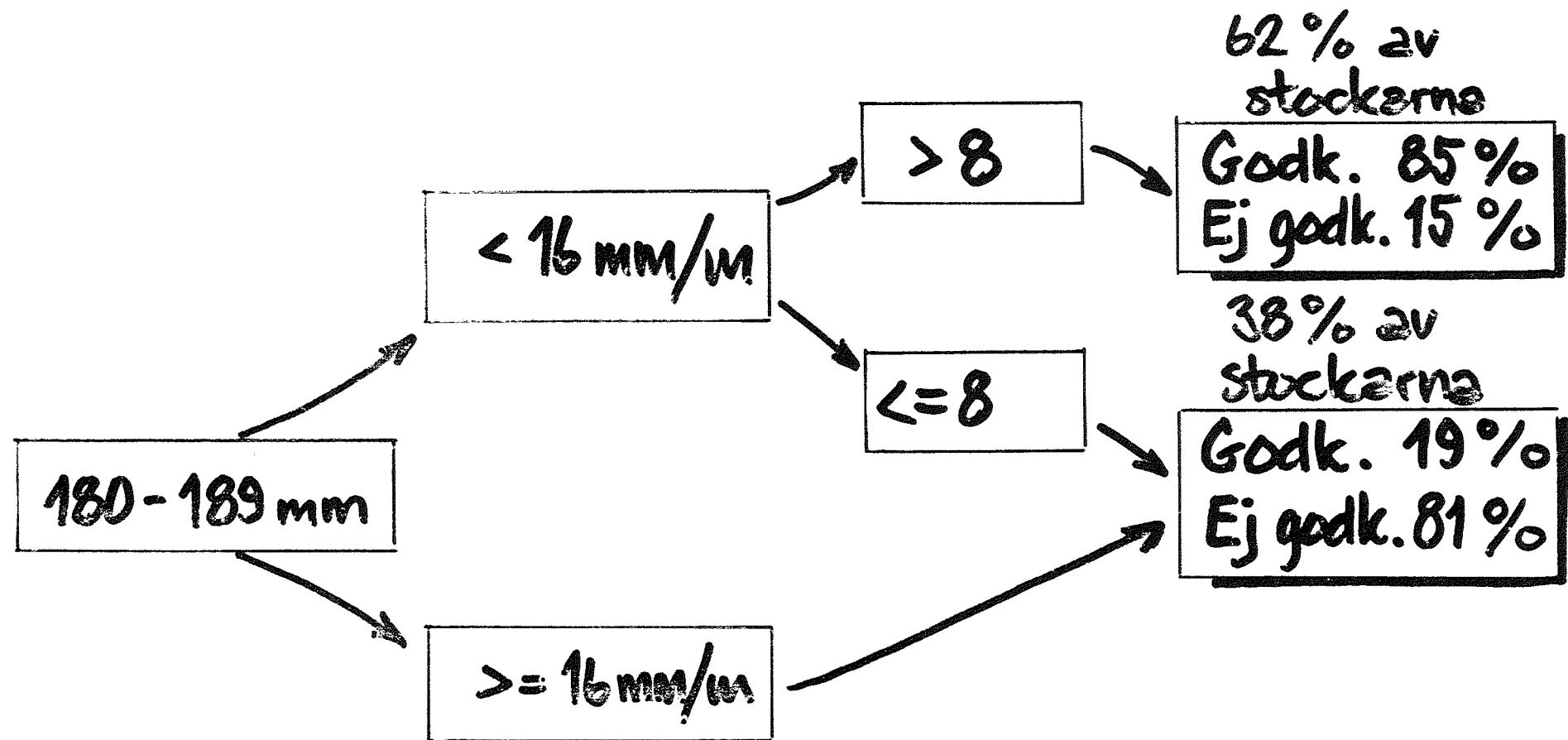
G-tal

DIAMETER

AUSMÄLN.  
I ROTÅNDAN

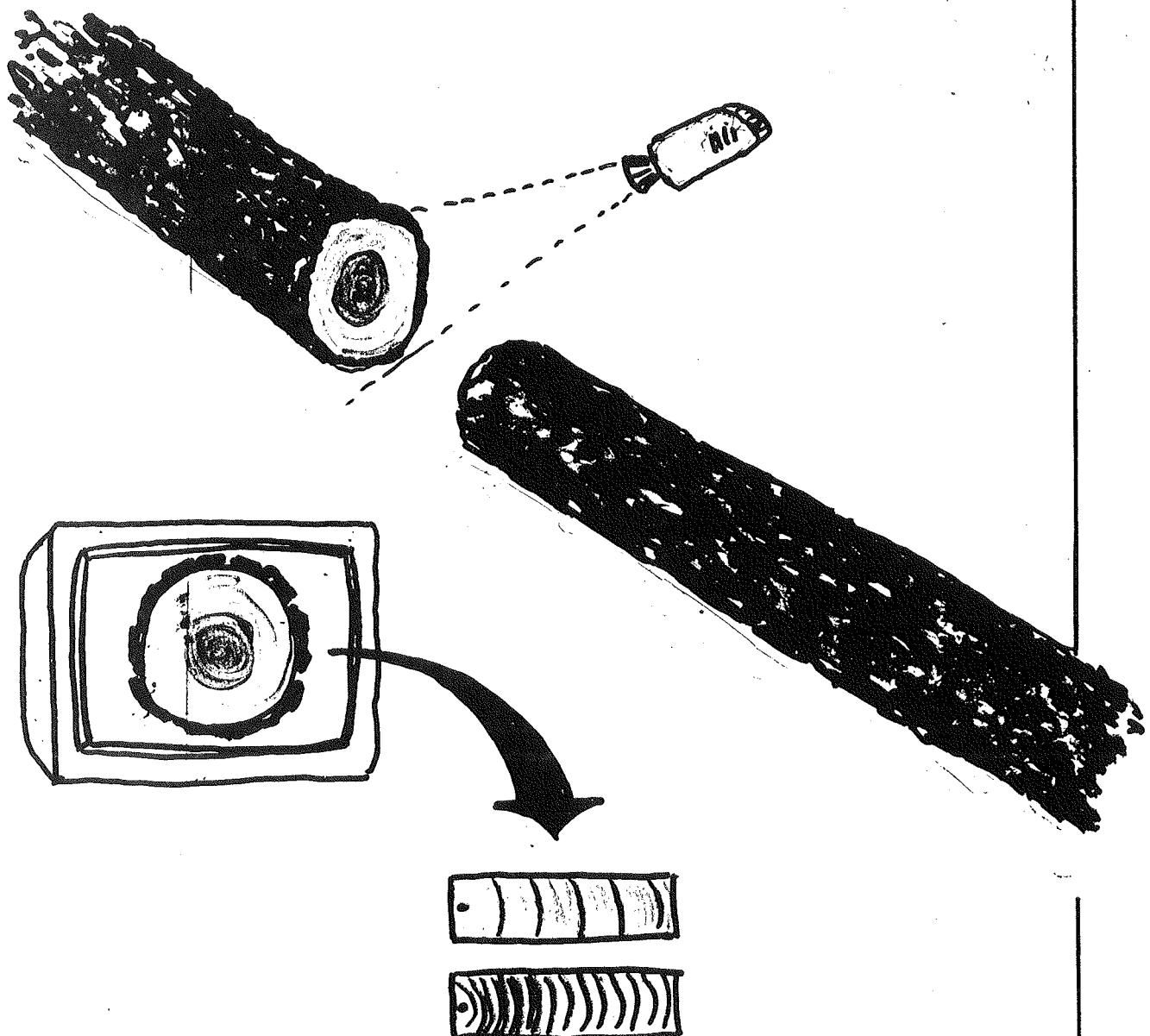
BULOR/m

FRISKKVIST-  
KVALITET



# ÅRSRINGSMÄTNING

## Bildtolkning



H.92

## **Markedstilpasning av skurtømmer.**

**Aasmund Hagen, konsulent, Silvinova AS**

SILVINOVA AS, sammen med Glommen Skogeierforening og Romedal Allmenning, har i 1994 utført prosjektet "Tilbud av skurtømmer" som en del av programmet "EURO-TRE". Prosjektet har til hensikt å forbedre markeds-tilpassing av tømmeret som er knyttet til de to organisasjonene. Gjennom prosjektet er det utviklet et konsept for takst av skog på bestandsnivå og et EDB system benevnt "Optimus". Optimus er et verktøy for å lagre representative tredata fra bestand, simulere tekniske og økonomisk utfall av hogst, følge opp aptering og gi grunnlag for tømmerprisforhandling.

Markedstilpasning av skurtømmer er viktig for skogeiere og tømmerleverandører som har til hensikt å øke utbyttet av sine tømmerleveranser og bedre konkurransen i forhold til andre leverandører. Dette forutsetter at skogeierne har nødvendig kunnskap og informasjon om sitt grøntlager. Dette gir grunnlag for markedstilpasning av tømmer, nemlig at varen kan leveres i henhold til kundens krav og spesifikasjoner som inkluderer ønsket kvalitet, mengde, leveringstidspunkt og leveringssted.

Tømmerkvalitet kan ha flere tolkninger, og et felles språk er nødvendig for å unngå misforståelser og å gi fornuftig betydning i forhold til markedet. Kvalitetsspråket må være entydig, enkelt, objektivt og uavhengig av geografisk område. Det er ikke rimelig lenger at kvaliteten beskrives av ord som "høy" og "lav". Istedent bør man bruke "riktig" eller "feil". Tømmeret må beskrives gjennom kvalitetsspråket i form av et sett av akseptkriterier og ikke-akseptkriterier. Pris kan defineres som en målbar verdsetting av den spesifiserte vare som selger og kjøper er enige om. Prisdannelse baseres på både varekvalitet og leveringskvalitet.

Kvalitetsspråket er knyttet til en foredlingskjede som inneholder skog, tømmer og trelast. Derfor må språket inneholde følgende: treslag, treseksjon, dimensjon, virkesteknisk kvalitet (virkets egenskaper, feil og skader), leveringsform og evne (ferskhet, leveringstidspunkt og sted).

Referert av NTI.

## MARKEDSTILPASNING...

---

.... leverer en vare i henhold til kundens krav og spesifikasjoner - kunden spesifiserer gjennom beskrivelse av:

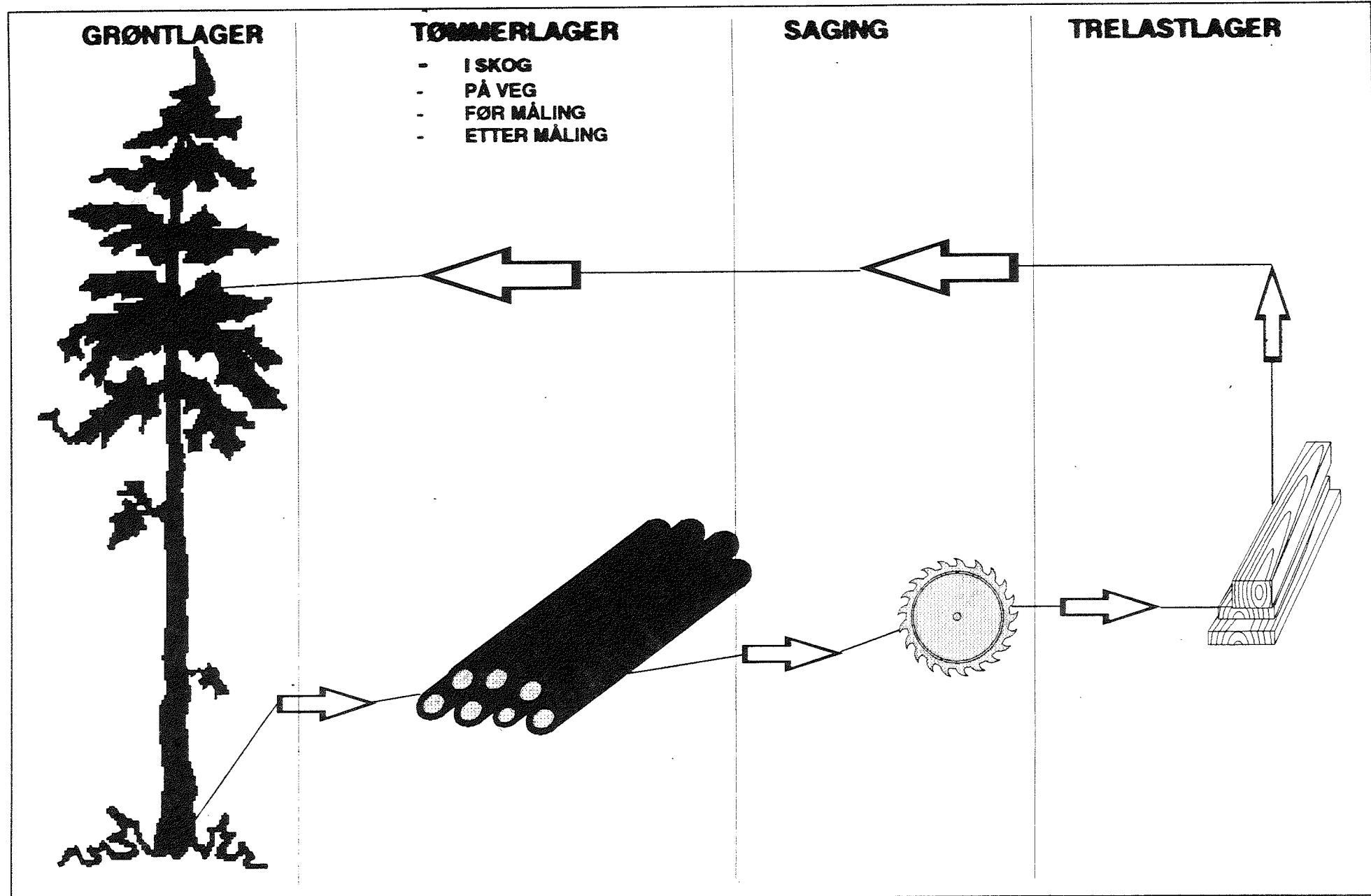
→ ØNSKET KVALITET

→ ØNSKET MENGDE

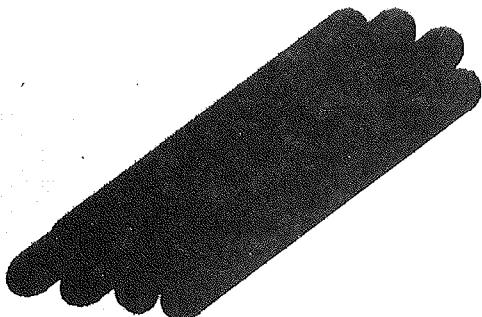
→ ØNSKET LEVERINGSTIDSPUNKT

→ ØNSKET LEVERINGSSTED

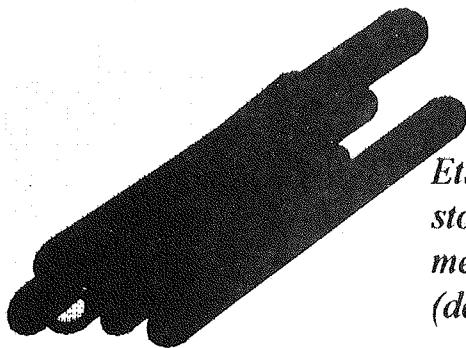




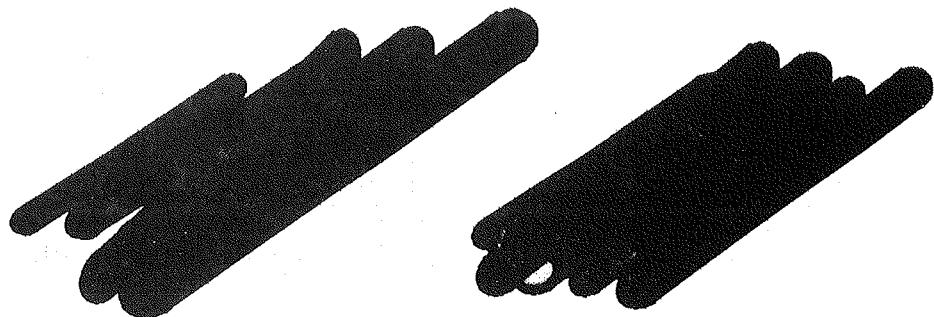
SKURTØMMER:  
PRODUKT - SORTIMENT -  
SORTIMENTGRUPPE



*Ett tømmerprodukt = eksakt like stokker m.h.t.  
lengde, diameter og virkesteknisk kvalitet*



*Ett tommersortiment/produktgruppe = flere  
stokker med varierende lengde og diameter,  
men lik virkesteknisk kvalitet  
(de samme iboende egenskaper).*



*En sortimentsgruppe/flere produktgrupper = grupper av stokker med  
varierende lengde og diameter, og forskjellig virkesteknisk kvalitet gruppene i  
mellom.*

# **EURO-TRE: PROSJEKT D OG F: TILBUD AV SKURTØMMER MARKEDSTILPASNING AV SKURTØMMER**

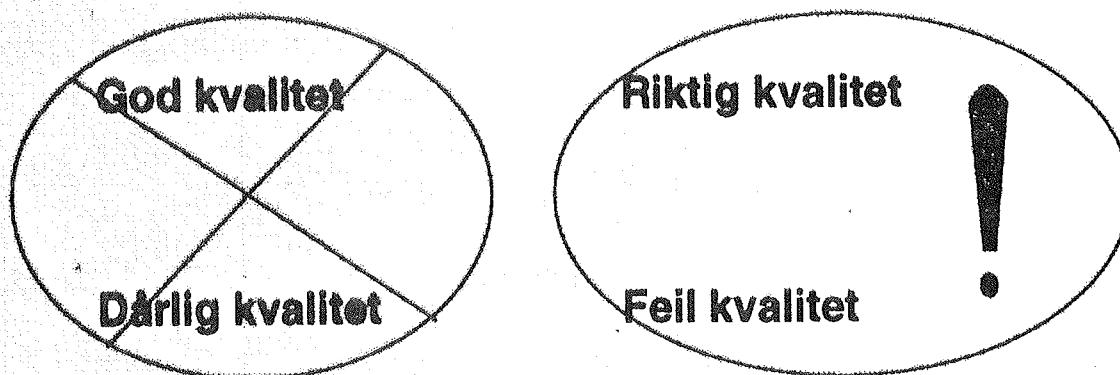
## **KVALITETSSPRÅK**

**Kvalitetsspråk er ord, definisjoner og begrep som vi anvender for å beskrive kvaliteten på en vare.**

### **KVALITET** •

**2 begreper:**      **Riktig kvalitet**  
                         **Feil kvalitet**

**Riktig kvalitet er at en vare leveres i samsvar med kundens krav/spesifikasjoner og forventninger.**



**Et kvalitetsspråk innehar kriterier som er kvalitetsbeskrivende.**

### **Gode kriterier:**

- objektivt målbare
- kan spores og anvendes i alle ledd i foredlingskjeden

**Godø kriterier gir et presist og entydig kvalitetsspråk.**

# **KVALITET OG PRIS**

## **TØMMEVAREN...**

**... som andre varer kvalitetsbeskrives gjennom kvalitetsspråket i form av et sett av:**

- akseptkriterier**

**spesifisert vare/  
spesifisert vareutvalg  
(sortiment)**

- Ikke-aksept kriterier**

**Tømmer og trelast som varer har sitt spesifikke kvalitetsspråk.**



**VÅR UTFORDRING:** Utforme et presist og entydig kvalitetsspråk som alle aktører i foredlingskjeden kan "snakke" og forstå likt.

## **PRIS...**

**... er en målbar verdsetting av den spesifiserte vare som selger og kjøper er enige om.**



**VÅR UTFORDRING:** Unngå prisforhandlinger før kvalitetskrav på tømmevaren er nøyne drøftet og beskrevet

**EURO-TRE: PROSJEKT D OG F: TILBUD AV SKURTØMMER**  
**MARKEDSTILPASNING AV SKURTØMMER**

# **PRISDANNELSE**

**PRIS...**

**... er en målbar verdsetting av  
den spesifiserte vare.  
Prisdannelse baseres på:**

**VAREKVALITET -**

**for tømmer gjennom en prismatrise  
med dimensjonspriser pr. sortiment**

**LEVERINGSKVALITET -**

**premiering/trekk**



# KVALITETSSPRÅK I FOREDLINGSKJEDEN TRELAST - TØMMER - SKOG

## VAREKVALITET

- **TRESLAG**
- **TRESEKSJON**
- **DIMENSJONSKVALITET**
  - aksepterte diameter-/lengdekombinasjoner på tømmerstokker
- **VIRKESTEKNISK KVALITET**
  - **VIRKESEGENSKAPER**
    - densitet
    - kvist (målt gjennom mengde, størrelse, frisk/tørr)
  - **VIRKESFEIL - naturgitte feil**
    - råte
    - krok
    - gankvist
  - 
  - 
  - **VIRKESSKADER - menneskeskapte defekter på virket**
    - forurensning
    - sprekkskader fra hogst
  -

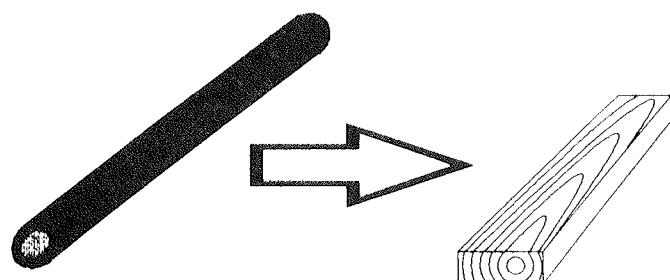
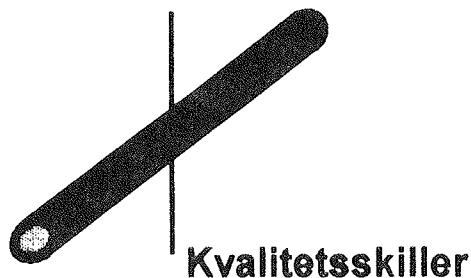
## LEVERINGSKVALITET

- **BESKRIVELSE AV LEVERINGSFORM OG -EVNE GJENNOM:**
  - forskhet
  - leveringstidspunkt
  - leveringssted

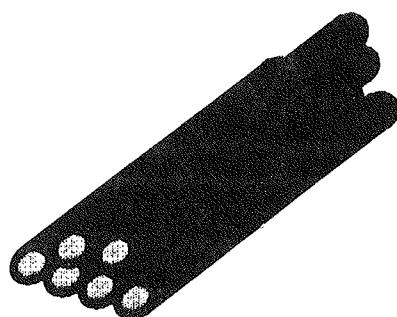
## VOLUM



## SITUASJON



**50% sammenheng i kvalitetsutfall**



**Sams skur av alle kvaliteter**

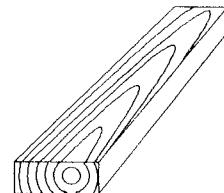
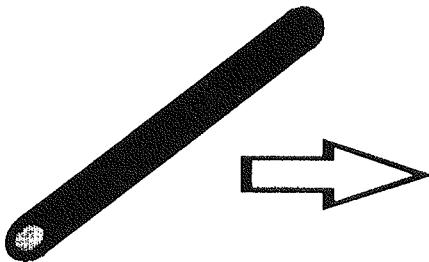
**Sløseri kr 36,-/m<sup>3</sup>**

## UTFORDRING

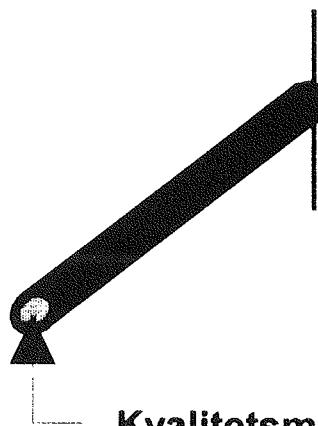


Entydig og målbart

KVALITETSSPRÅK



Ensartet og sporbart



Kvalitetsskiller

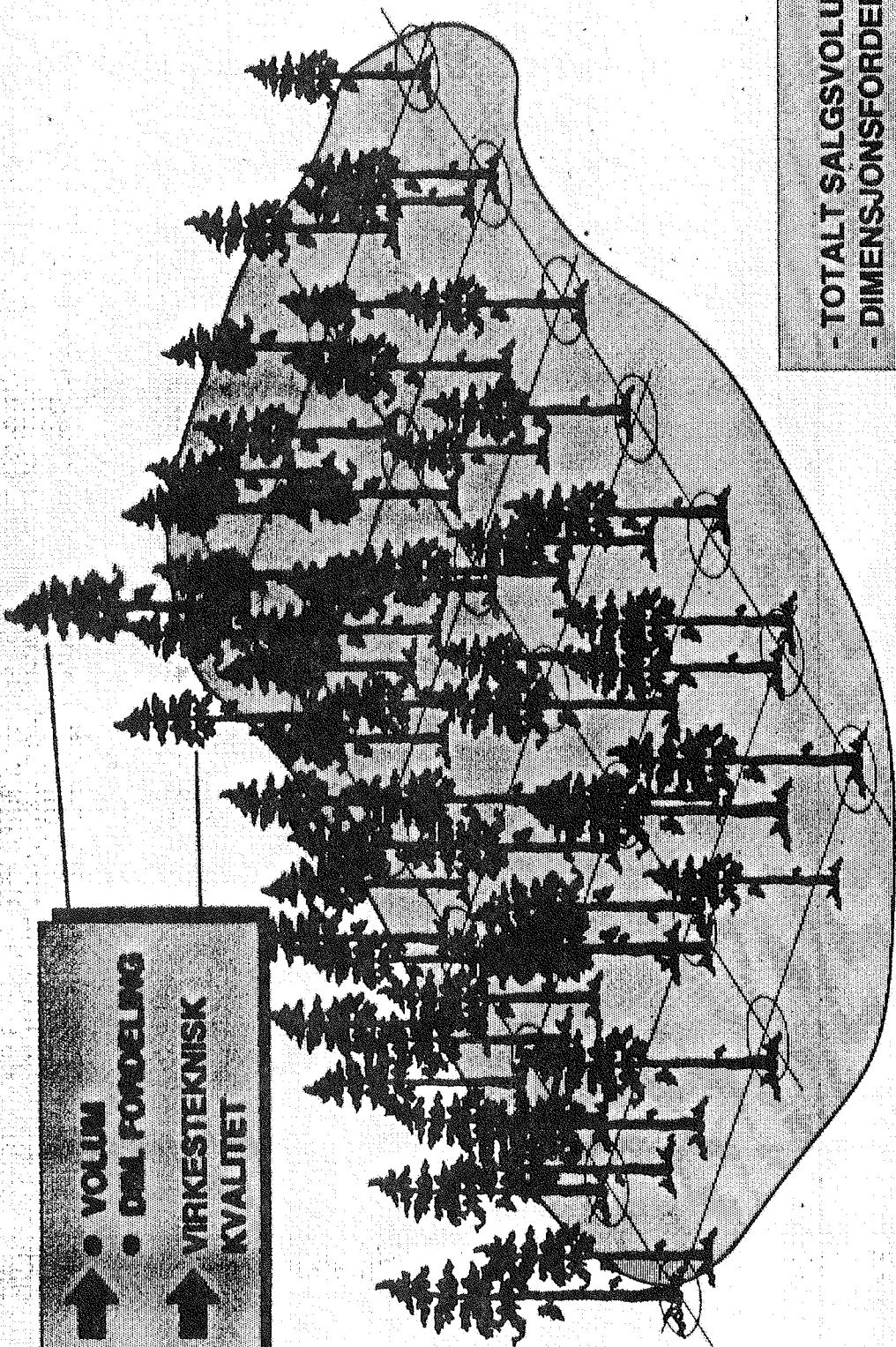
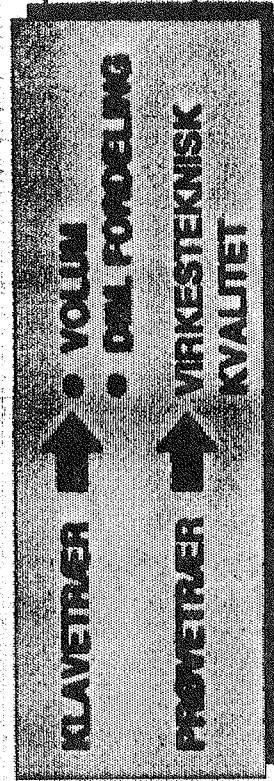
Kvalitetsmerke og identitet

Treslag og treseksjon

Dimensjon

Virkesteknisk kvalitet

# LAGER I SKOGEN



- TOTALT SALGSVOLUM +/- 10%  
- DIMENSJONSFORDELING  
- VIRKESTEKNISK KVALITET

# LAGER I SKOGEN

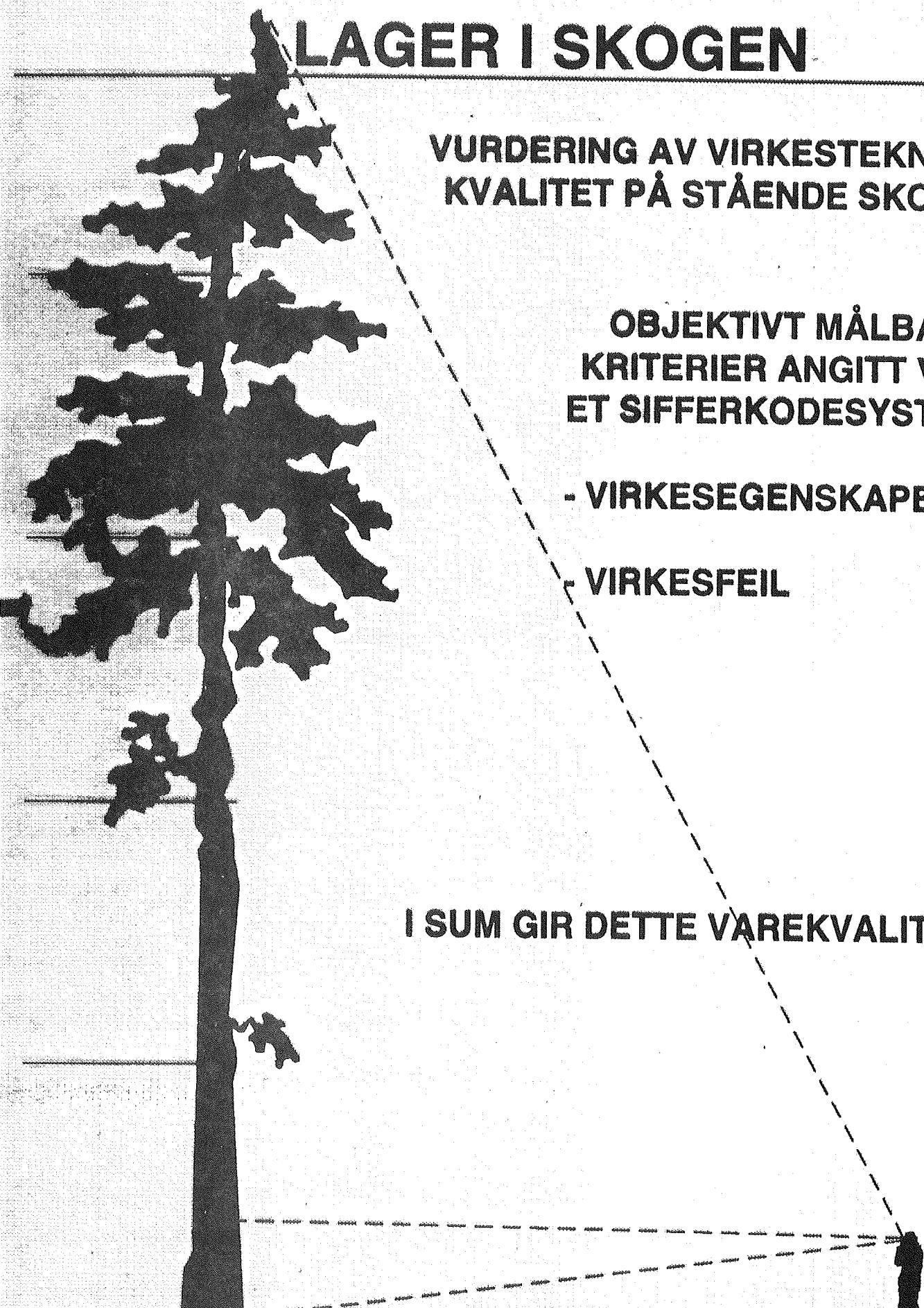
VURDERING AV VIRKESTEKNISK  
KVALITET PÅ STÅENDE SKOG...

OBJEKTIVT MÅLBARE  
KRITERIER ANGITT VED  
ET SIFFERKODESYSTEM

- VIRKESEGENSKAPER

VIRKESFEIL

I SUM GIR DETTE VAREKVALITET.



# FELTFORSØK - RESULTATER VÅLER

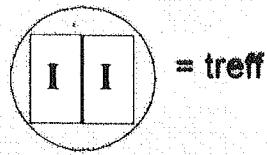
<b>VOLUM:</b>	Takst:	102 (+ 2%)
	Hogst:	106 (+ 6%)
	Offentlig måling:	100

<b>SORTIMENTS- FORDELING - TØMMER:</b>	<b>TAKST:</b>	<b>Volumprosent</b>	
		Interiør:	Konstr.:
<b>HOGST:</b>	<b>HOGST:</b>	Interiør:	44%
		Konstr.:	56%

## SAMMENHENG TØMMERKVALITET - TRELASTUTFALL FOR PRØVETRÆR:

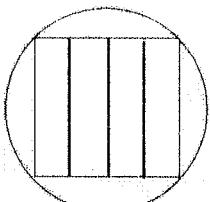
Forutsetning:

Interiørtømmer:



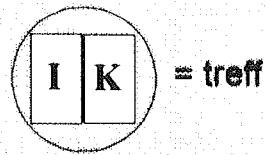
= treff

4-plank skur

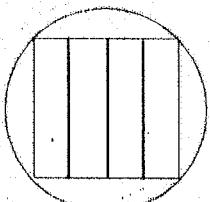


Minst 2 I = treff

Konstruksjons-  
tømmer:



= treff



Minst 2 K = treff

## RESULTAT BASERT PÅ OVENSTÅENDE FORUTSETNING:

42 av 52 stokker (81%) ga trelastutfall i henhold til forutsetning.

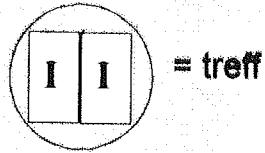
# FELTFORSØK - RESULTATER ÅSNES

<b>VOLUM:</b>	<b>Takst:</b>	102 (+ 2%)
	<b>Hogst:</b>	108 (+ 8%)
	<b>Offentlig måling:</b>	100

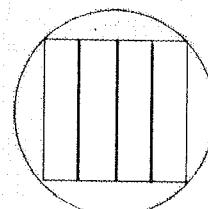
<b>SORTIMENTS- FORDELING - TØMMER:</b>	<b>TAKST:</b>	Volumprosent	
		Interiør:	Konstr.:
	<b>HOGST:</b>	74%	26%
		Interiør:	Konstr.:

## SAMMENHENG VIRKESKVALITET - TRELASTUTFALL FOR PRØVETRÆR:

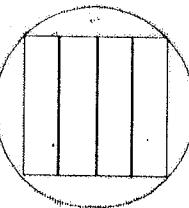
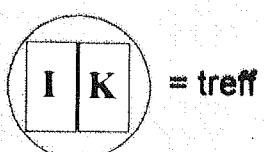
**Forutsetning:**



4-plank skur



Minst 2 I = treff



Minst 2 K = treff

**Konstruksjone-  
tømmer:**

## RESULTAT BASERT PÅ OVENSTÅENDE FORUTSETNING:

46 av 63 stokker (73%) ga trelastutfall i henhold til forutsetning.

# **PRODUKTSTANDARD GRAN**

**ERFARING:**

Voksested	L/I/K	Listverk
Behandlingsform		Interiør
Tresekksjon		Konstruksjon
Virkesteknisk		
Dimensjon		

**TREFF-  
PROSENT:**

**75 % sammenheng L/I/K**  
**50 % sammenheng prima og sekunda**

**POTENSIALE:**

**Virkesteknisk kvalitet brutto:  
kr 40,- /tømmer m<sup>3</sup>**

**LOGISTIKK:**

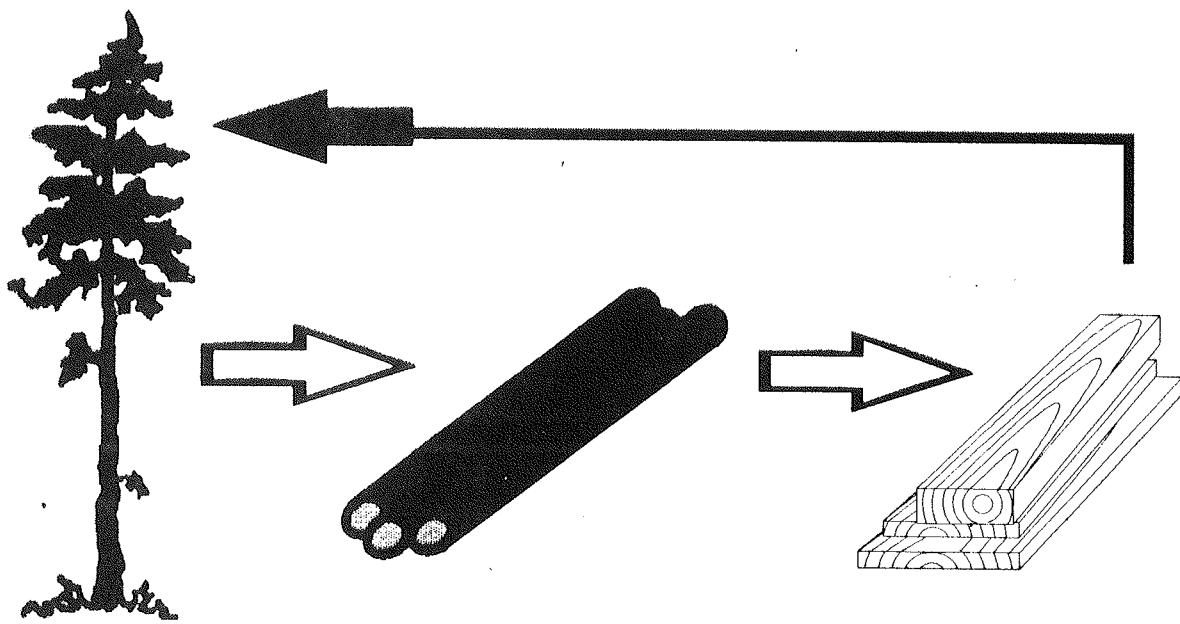
- Bestandssøk/valg
- Hogstmeny/instruks
- Fargemerking og sortering
- Kontrollmåling (måleramme, røntgen, video, visuelt)
- Sortering eller skogfallende
- Kvalitetsskur
- Sporing og evaluering



# KVALITETSSTANDARD GRAN

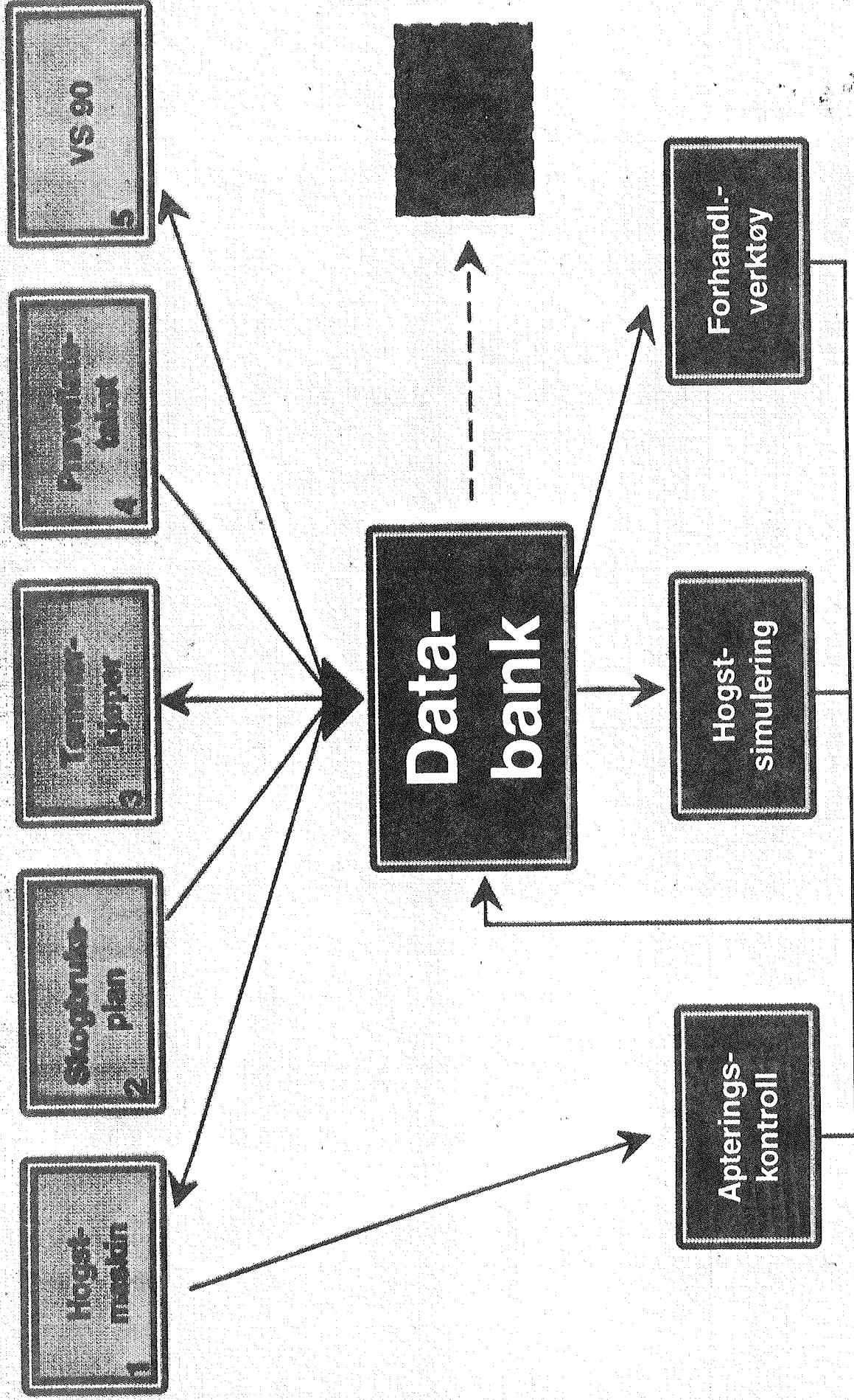
## **Kvalitetsspråk**

- Entydig
- Enkelt
- Objektivt (sifferkoder)
- Generell metodikk uavhengig av geografisk område



**"Tømmer er et produkt definert på grunnlag av trelastkravet og utfall av innkjøpsområdets typeskog."**

# OPTIMUS





**Norske Skog**  
**FoU Trelast**

**Peder Gjerdrum**  
**utviklingsssjef**

**FoU Trelast**  
**kontorsted Sokna**  
**underlagt**  
**Norske Skog/FO-bygg**

Trauste, gamle Väinämöinen,  
Udødelige, mektig seidmann,  
Skulle bygge seg en båt.  
Travel med sitt nye fartøy,  
Hvem vil finne planker til ham,  
Hvem kan skaffe egnet eik  
Til en båt for Väinämöinen,  
til en kjøl for trollsangeren?

Sampsa går ut for å hogge,  
Går så ledig østover,  
Over én ås, over to,  
Søke må han åser tre,  
Gylden øks på skuldrer bærer,  
Gylden øks med kobberskaft.

Snart han ser et ospetre,  
Hever seg tre favner høyt.  
Men idet han nærmer seg  
Og vil hogge til med øksen,  
Skynder ospen seg å tale:  
Lille mann, hva ønsker du,  
Hva er det du leter etter,  
Hva slags båt å få fra meg?  
Båten lekk, et sunket skip!  
Jeg er hul helt ned i roten,  
Ganger tre alt denne sommer  
Boret marken kjernen ut.

Sampsa går igjen mot nord,  
Snart han ser et furutre.  
Hever seg seks favner høyt,  
Og han hogger den med øksen.  
Tollen skynder seg å svare:  
Ingen båt du får av meg,  
Jeg er gammel, kroket, kvistet.  
Ganger tre alt denne sommer  
Rystet ravnen meg i toppen,  
Tiur buldret i fra grenen.

Sampsa tenkte seg om lenge,  
Styrte vegen sørover  
Til han nådde eiken stor,  
Favner ni den målte rundt.  
Så han snakket ut og spurte:  
Kanskje, eik, du treet er,  
Det som trengs for havhesten,  
Til en kjøl for krigsskipet?

Eiken svarte kunstferdig,  
Og den sa med ettertrykk:  
Tømmer nok det er i meg,  
Mer enn nok for båtens kjol.  
Jeg er ei en knortefuru,  
Ikke er jeg hul innvendig.  
Ganger tre alt denne sommer,  
Denne lange, gode årstid,  
Sirklet solen rundt min stamme,  
Og i kronen månen skein,  
Gjøk fra mine grener kalte,  
Fuler rede fant blant løvet.

Sampsa øksen tok fra skuldrer,  
Hogg ei skoro ut av eiken,  
Visste hvordan den skal felles,  
Fjernet kvister, kappet stammen,  
Av den ene formet kjolen,  
Og av resten mengder trelast,  
Til en båt for Väinämöinen,  
Fartøy for den store sanger.

Trauste, gamle Väinämöinen,  
Udødelige, mektig seidmann,  
Gjorde båt med magisk kunnskap,  
Bygde skipet gjennom sang.  
Deler av en ensom eik,  
Sang en sang og la ned kjolen,  
Ved neste vers han hevet ripa,  
Dernest skar ut årekjeiper,  
Tettet sidene med tykke planker.



## Situasjonen ved starten høsten 1986

NTI 1984: Sammenhengen mellom kvalitetsmålt skurtømmer og trelastkvaliteten

FURU (oppdrag for DvT)

- \* Treff-% for furu 48%
- \* Prima med 65% u/s
- \* Sekunda med 20% u/s

GRAN (M. Müller)

- \* Treff-% for gran 55%
- \* Prima med 80% u/s
- \* Sekunda med 50% u/s



## Situasjonen ved starten høsten 1986

II

NTI 1971: Sammenhengen mellom det nye kvalitetsreglementet for skurtømmer og skurlastkvaliteten (Lier og Foslie, intern)

"...overensstemmelsen mellom bedømt tømmerkvalitet og registrert skurlastkvalitet kan ikke sies å være tilfredsstillende."

---

NLH 1985, hovedoppgave R. Dalen og O. Høibø:

"Det så ut til at målereglementene ikke greidde å differensierte mellom prima- og sekunda tømmer i den grad en kunne ønske."



## Situasjonen ved starten høsten 1986 III

Gustav G. Klem, DnS 1934: Undersøkelse av granvirkets kvalitet:

Klar sammenheng mellom avsmaling og kvistmengde.

Sammenhengen er uavhengig av geografisk distrikt.

---

Olav Gislerud, NISK 1974: Sammenheng mellom skurlastkvalitet og tømmerets avsmaling:

Hos gran ble det funnet forholdsvis god sammenheng mellom avsmaling og skurlastkvalitet, og dette ga bedre klassifisering enn inndeling i prima og sekunda.

For furu var resultatene motsatt.

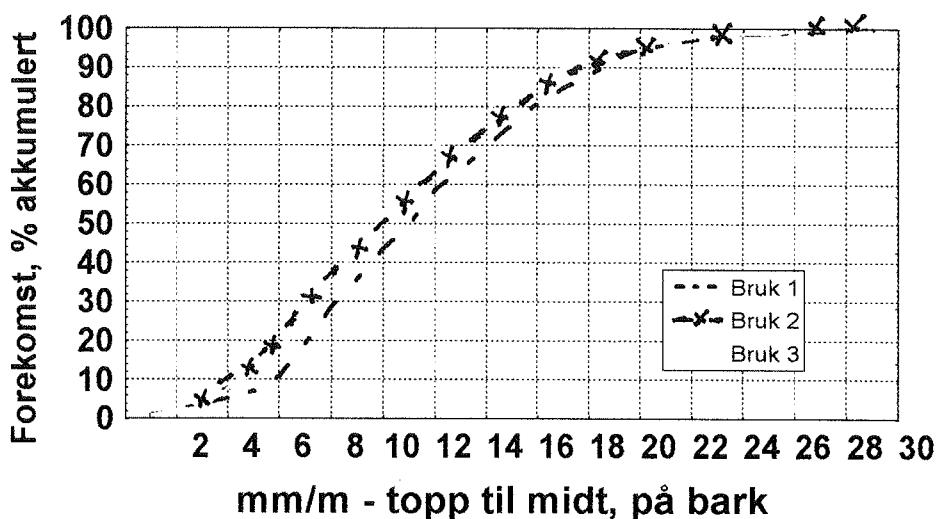


## Problemet var altså

- ◆ Kvalitetsreglementet med "frynsete" rykte mht. evne til å skille sluttkvalitet, særlig for gran
  - ◆ Prima/sekunda-inndelingen muliggjør bare "enten/eller" - umulig å posjonere varierende volum til forskjellige klasser
  - ◆ Ny måleutrustning med mulighet til å registrere nettopp avsmaling, i tillegg også en form for krokregistrering (pilhøyde) og andre faktorer
  - ◆ Ny produksjonsfilosofi fordret at man "alltid produserer de rette varene" (f.eks. rett kombinasjon av dimensjon og vedkvalitet)
- 
- ◆ På denne bakgrunn ble det gjennomført noen relativt enkle skurforsøk



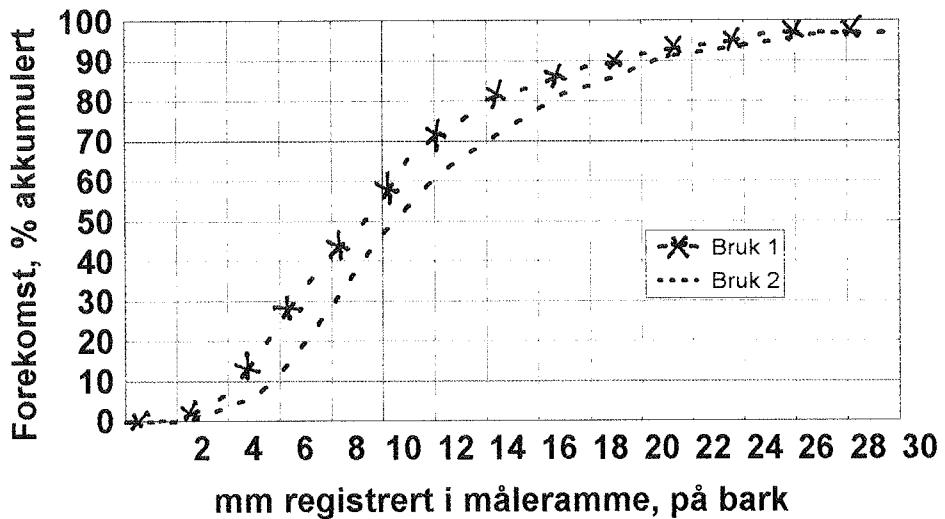
## AVSMALING GRAN



- ◆ Fordelingen for avsmaling er likedannet for tre ulike bruk på Østlandet (kurvene behøver ikke være sammenfallende)
- ◆ Avsmalingen er lett å posjonere, f.eks:
  - Avsm < 8 gir 32% av stokktallet
  - Avsm < 10 gir 50%
  - Avsm < 12 gir 65%, osv.



## PILHØYDE GRAN



- ◆ Fordelingen for pilhøyde er likedannet for to ulike bruk på Østlandet
- ◆ Pilhøyde er lett å posjonere, f.eks:
  - Pilhd < 8 gir 40% av stokktallet
  - Pilhd < 10 gir 60%
  - Pilhd < 12 gir 70%, osv.



## Erfaringer fra Soknabruket

- ◆ Måleutstyr er Rema 900 ramme fra 1984 (dvs. ikke nyeste utgave) med 9000 elektronikk og programvare
- ◆ Fungerer for gran, er i daglig bruk :
  - Beste klasse gir trelast med lite kvist og lite tennar
  - Andre feil som i usortert tømmer (råte, vre, evt. markhull osv.)
- ◆ Fungerer delvis for furu:
  - Prima-stokker har høy trekvalitet i stokkoverflaten, gir fortsatt den sikreste sortering
  - Kombineres med pilhøyde og evt. avsmaling
- ◆ Sorterer i to klasser og for noen utvalgte diameterområder
- ◆ Gir sikrere utfall, men ikke sluttсорtering, krever god materialstyring

## Mulig utvikling

I

- ◆ Mats Nylinder's undersøkelser fra 1988 til d.d. har inspirert og bestyrket vår tiltro til opplegget
- ◆ Avsmaling og pilhøyde er uavhengige av hverandre (ukorrelerte). Det samme gjelder andre kriterier som årringbredde, ovalitet og margens eksentrisitet
- ◆ Pilhøyde måles tilfredsstillende bare for langkrok - fungerer ikke på rotkrok, dobbeltsleng ol.
- ◆ Måler utenpå bark, dvs. at barktykkelse, slitasje og barkflak (eks. vannet virke) skaper problemer
- ◆ Avsmaling på bark > avsmaling under bark, særlig for furu i overgang til skorpebark
- ◆ Mulig videreutvikling gjennom bedre bark-funksjoner og teknologi for måling under bark på ubarket virke



## Mulig utvikling

II

- ◆ Et hovedproblem for å komme videre er å beskrive en "objektfunksjon" for stokkens trekvalitet (evt. verdi)
  - Kvalitetsklasse ikke noen kvantifiserbar enhet (3.sort ikke dobbelt så god som 6.sort)
  - Kvalitet er et flerdimensjonalt uttrykk (Eks. Nordisk Tre "Sort A, Frisk kvist sort B, Kvaelommer Sort A2")
  - Hver stokk gir mange biter (sentrumslast og sideutbytte) som ofte har ulik kvalitet - hvordan veie sammen?
- ◆ Sortering på tømmer ikke god nok i dag - behov for å øke kunnskapen om sammenheng mellom kjennetegn ved stokken, også utover avsmaling /krok, og endelig trelastkvalitet
- ◆ For gran er systemet bedre enn måle-reglementet, og bør snarest erstatte dette, arbeidet bør starte også for furu



## Automatmåling av tømmer

---

Én fugl i hånden er  
bedre enn ti på taket

- en fugl, ingen gullfugl
- vi har den i hånden

**Mätning av timmerkvalitet, konferens 25.10.1994  
Holmenkollen Restaurant, Oslo****INTELLIGENT STOCKINLÄGGNING**

Sågverken skall allt mera utgå från kundernas och användarnas individuella produktbehov. I framtiden borde kunden ha möjligheter att välja mellan betydligt flera produkter än nuförtiden. Man skall alltmer övergå från standarddimensioner till kundanpassade dimensioner, längder, kvalitet samt till specialtorkning efter önskemål. Man bör också överväga tillverkning av ämnen och komponenter.

Sågföretag har många verksamhetsalternativ. Mera kundorienterad sågning innebär också ett ökat antal verksamhetsalternativ. Detta betyder ännu större krav på planeringen och planeringssystem samt information man använder i planeringen.

**FÖRÄDLINGSKEDJAN -  
INTEGRATION MELLAN SKOG OCH PRODUKTER**

I figur 1 presenteras olika skeden i råvarans förädlingskedja. Stockstammar, som erhålls från ett eller flera avverkningsområden eller bestånd, apteras och kapas till stockar, vilkas lämplighet för sågningen bestäms vid apteringen. Det maximala utbytet vid sågningen beror helt på apteringen. I senare processkeden kan man inte korrigera fel, som gjorts vid apteringen.

Sågstockar passar bättre eller sämre till de av marknaden uppställda dimensioner och kvaliteter och vidare till sågpostningar. Vidareförädlingen måste utgå från sågens dimensionsurval, fastän man också vet, att andra dimensioner och kvaliteter skulle leda till bättre resultat i förädlingsprocessen. Produkterna passar å sin sida bättre eller sämre för användningsändamålet.

Förädlingskedjans olika länkar har traditionellt verkat allt för länge för självständigt. Ingen har beaktat helheten. För att uppnå ett gott ekonomiskt resultat måste man planera förädlingskedjan allt mer helhetsbetonat, så att kedjans olika delar stöder varandra.

Träet som råmaterial strömmar från skogen till kunden. I samma riktning strömmar också informationen. Informationen skall dock mera och mera ta en motsatt riktning från kunder och förbrukare till skogen. Valet av bestånd och aptering borde ske på basen av marknaden och beställningar. Modern dator teknik erbjuder goda möjligheter att skapa effektiva informationsnätverk.

## **ÖKAD KONKURRENSKRAFT GENOM BÄTTRE PLANERING OCH STYRNING**

Människan har ofta svårt att utforma och besluta, vilket skulle vara det bästa verksamhetssättet eller alternativet ur helhetens synvinkel. Man måste överväga och fatta beslut till exempel med stöd av den information, som genereras med hjälp av matematiska modeller. På basen av den erhållna informationen kan man göra bättre, motiverade beslut. Modeller beskriver verkligheten alltid förenklad. Ofta är det också fråga om tillgång, riktighet och tillräcklighet hos input-värdena. Brister i modellernas input-värden eller i beslutsreglerna verkar direkt på resultaten. Modellens resultat är lika noggrann som den data, som används som information. Beslutsfattaren måste lära sig tolka den information, som erhålls från modellberäkningarna. Människan fattar alltid själv de slutgiltiga besluten.

För att optimera råvaruanvändning och för att modellera produktionprocesser i den mekaniska träindustrin har man utfört forskningsarbete vid VTT BYGGNADSTEKNIK, Träteknik från början av 1970-talet.

Forsknings- och utvecklingsproblem i den mekaniska träindustrin förutsätter ofta att man skapar matematiska modeller. Utvecklade simulerings- och optimeringsmodeller kan användas också vid verksamhetsplanering. Utvecklingsarbetet har från början utförts aktivt tillsammans med industrin, därfor att modeller behöver, förutom en stark teoretisk

grund, mycket input-värden beträffande träråvaran, processer, produkter, beställningar osv.

På VTT utvecklade, datorbaserade optimerings- och planeringsprogram kan grupperas enligt följande:

1. Simuleringsprogram för optimering av postning
2. Program för optimering och planering av verksamhetsperioder
3. Program för optimering av stockklassgränser
4. Program för att optimera apteringen
5. Program för att optimera ämnestillverkning.

Simuleringsprogram förutser från en viss stock eller en viss stockklass erhållna sågvaruvolymer enligt kvalitet samt flis och spårvolymer på sådant sätt, att det beräknade sågningsresultatet motsvarar så bra som möjligt resultatet som erhålls i praktiken.

I sågmodellen beskriver man matematiskt relationer mellan råvaruanskaffning, själva sågning (tillverkning) och försäljning. Syftet är att matematiskt söka sågverkets ekonomiskt mest lönsamma verksamhetssätt för en viss planeringsperiod.

Några sågverk har som sorteringskriteria förutom toppdiameter också avsmalning, krok, ovalitet, längd och kvalitet.

Man har kunnat bevisa med hjälp av optimeringsprogram, men även i praktiken, att den riktiga bestämningen av stockklassgränserna påverkar på ett avgörande sätt det ekonomiska sågningsresultatet. Man kan lätt förstå, att antalet tänkbara sorteringsalternativ är enormt stort. Att bestämma det optimala sorteringssättet för stockar utan datorstöd är omöjligt.

I framtiden kommer man att allt mera ändra stocksortering på basen av beställningar. Kundanpassad verksamhet samt strävande efter att höja värdeutbytet förutsätter stockarnas dynamiska sortering.

Med apteringens optimeringsprogram kan man beräkna apteringsanvisningar för enskilda företag. Att göra anvisningar för avverkningsområden kommer i framtiden att bli allt viktigare. Det förutsätter, att man förutser stammarnas dimensions- och kvalitetsfördelning samt uppgifter om sågvaruförsäljningen. När man dessutom ger till det utvecklade optimeringsprogrammet uppgifter om sågningen, kan man beräkna anvisningar för apteringen för ett visst avverkningsområde.

Programmet kan också utnyttjas så, att man på basen av optimeringen väljer ett eller flera skogsbestånd, som bäst lämpar sig för sågvaruförsäljningssituationen. På basen av modellens resultat kan man styra både försäljningen och anskaffningen av stockar och sågstocksstammar i en mer ekonomisk riktning.

För forskningsändamål utvecklade och ursprungligen stordatorbaserade program har modifierats för PC-omgivning. Programmen stöder varandra och ligger på ett och samma människan-maskin -gränssnitt. Gränssnittet är lätt att använda på grund av fönster tekniken. Programsystem innebär automatiska checkrutiner. Programmen fungerar i alla PC-datorer, som är försedda med matematikprocessor. En principskiss av programsystemet är presenterad i figur 2.

Att totalt behärska råvarans förädlingskedja förutsätter, att man utvecklar matematiska modeller och deras dynamiska användning i planeringen. Vid användandet av modellen i verkliga situationer har man erhållit positiva erfarenheter och modellerna utvecklas ständigt efter industrins behov.

## INTELLIGENT STOCKINLÄGGNING

Ahlström Sahakoneet Oy har tillsammans med VTT utvecklat ett nytt system för intelligent stockinläggning. TEKES (Teknologiska Utvecklingscentralen) av deltagit i finansieringen av projektet. Prototypanläggningen installeras i Kullaa, där man vid Yrkeshögskolan byggt ett sågverk för användning vid undervisning och forskning.

Sågmaskinens styrsystem består av följande funktioner:

- noggrann mätning av stockens geometri och skapandet av 3D-modell av stocken
- beräkning av den optimala postningen på basen av försäljningar
- beräkning av den optimala inläggningen för stocken och blocket
- mekanik för att förverkliga den optimala inläggningen
- mätsystem för att styra stockens och blockets positionering
- mätsystem för att kontrollera positionering efter sågmaskin.

### Mätsystem för noggrann mätning av stockens geometri

Stocken kommer i början av såglinjen till mätstationen, där stockens geometri mäts mycket noggrant. Antalet mätriktningar varierar från 8 till 18 beroende på stockens diameter. I stockens längdriktning tas mätpunkter med en millimeters intervall. På detta sätt kan man karakterisera stockens geometri mycket noggrant. Genom noggrann mätning kan man detektera även stockens bulor, som korrelerar med stockens inre kvalitet.

På basen av den uppmätta information beräknas vanliga parametrar som beskriver stocken t.ex. toppdiameter, avsmalning, längd, krok och ovalitet samt en individuell beskrivning av stocken som en grupp av punkter och matematiska funktioner. På detta sätt kan man skapa en noggrann 3D-modell av stocken.

## Beräkning av den optimala inläggningen för stocken

Information om stockens geometri överförs till optimeringsdatorn, där optimeringsalgoritmer beräknar för en viss postning eller vissa postningar den bästa möjliga inläggningen för stocken och blocket till sågmaskinerna.

Inläggningens beräkning baseras sig på stockens geometri, som också innehåller information om stockens kvalitet.

Algoritmerna reducerar datamängden som erhållits vid mätningen så att processtyrningen kan använda den. Med algoritmer som baserar sig på optimeringsprogram utvecklade på VTT beräknas i realtid den optimala inläggning för stocken vid användninga av en viss postning.

## Mekanik för att förverkliga den optimala inläggningen

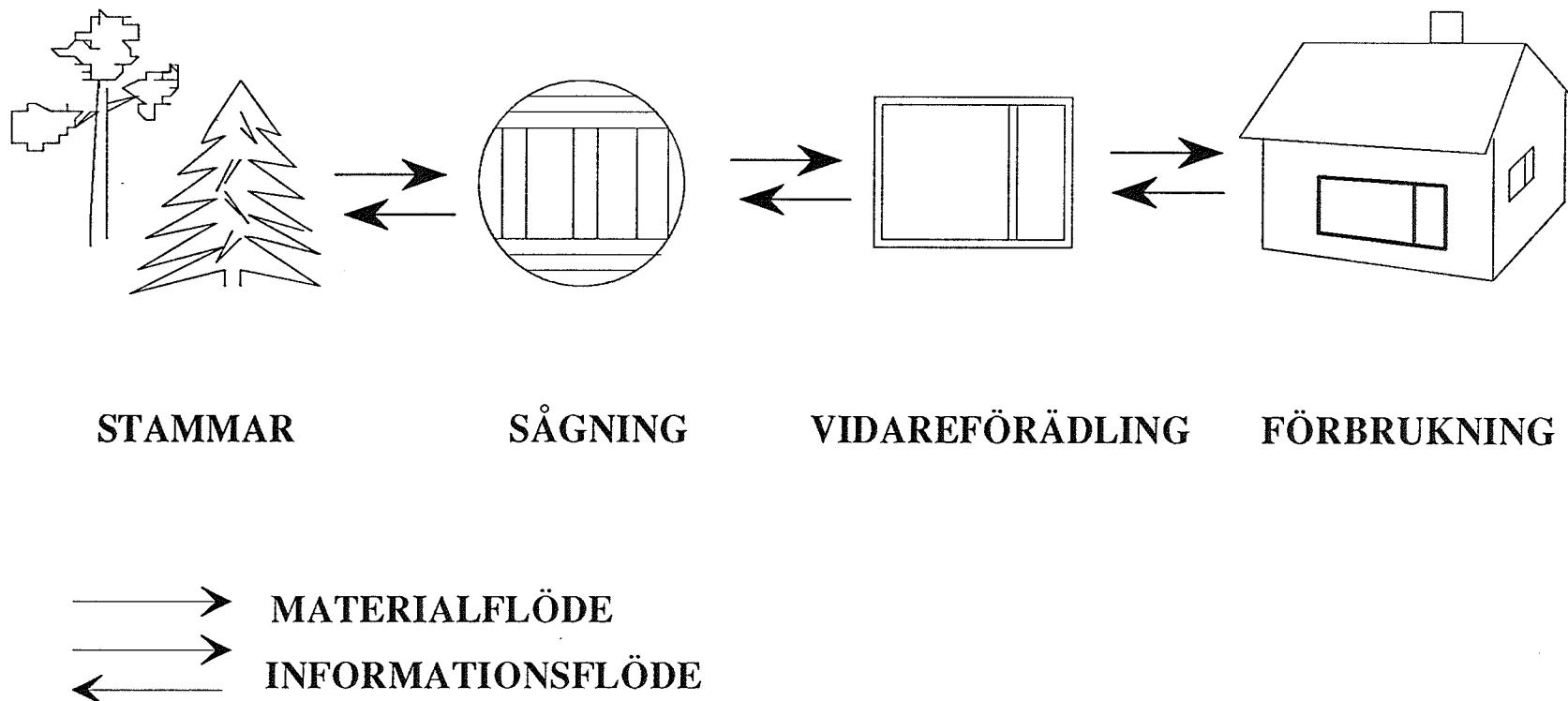
Information om stockens optimala inläggning överförs till logikstyrda anordningar och mekanik, som roterar stocken till rätt position samt flyttar stockens topp- och rotända på sådant sätt att den optimala positioneringen förverkligas så bra som möjligt.

Med hjälp av mätsystem kontrolleras kontinuerligt förverkligandet av inläggningen jämfört med den beräknade optimala inläggningen. Vid behov görs förändringar och korrigeringar i de parametrar som styr förverkligandet. Styrsystemet baserar på användning av nyaste transputer- och servoteknik. På detta sätt fås en mycket noggrann samt snabb positionering av stocken i sågmaskiner.

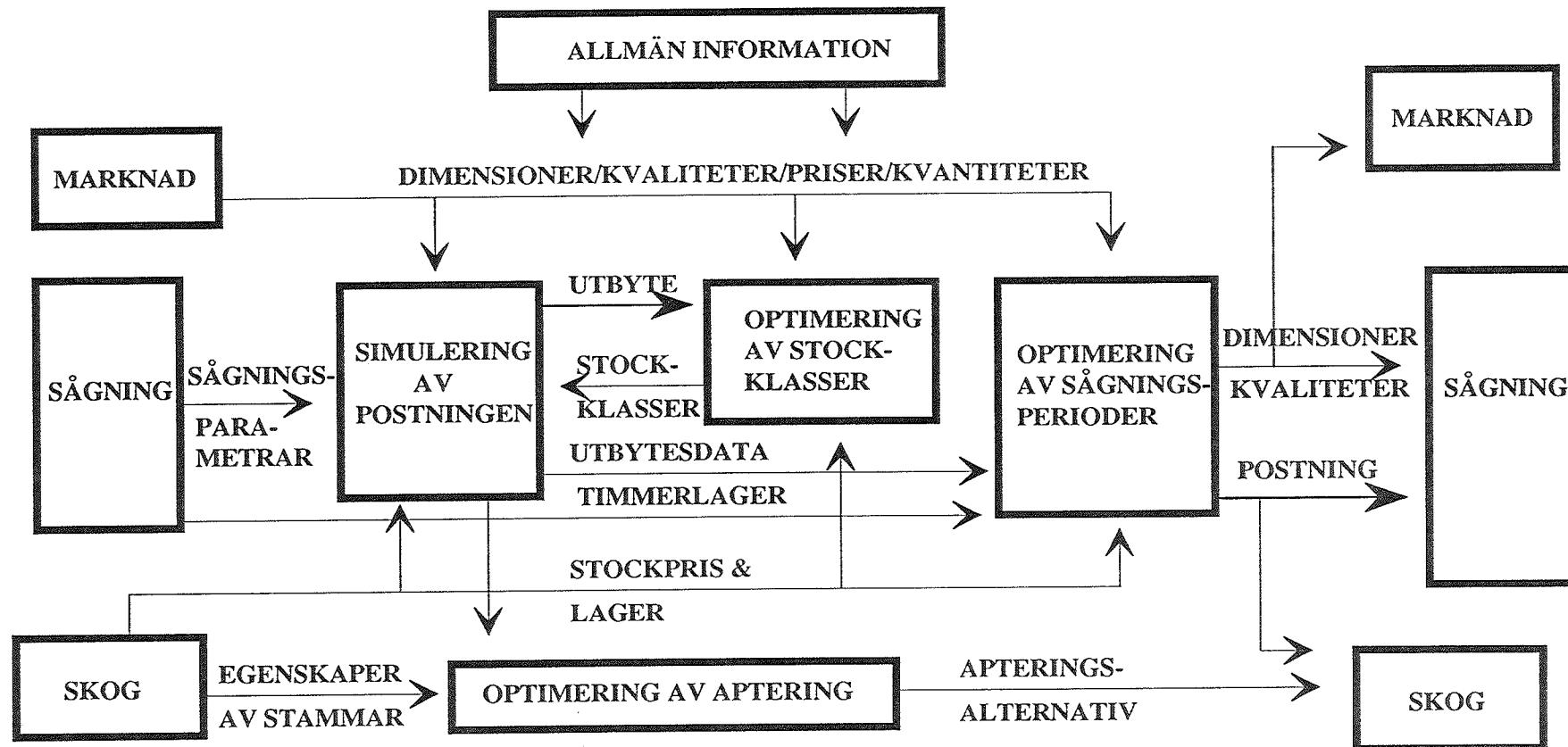
## Kontrollsystem

Det sista skedet i styrsystemet är ett självlärande kontrollsystem, som kontrollerar positionering som har förverkligats (sågbladens producerade ytor på stocken och blocket) och jämför det med den beräknade optimala positionering. Feed-back information överförs till optimeringsdatorn och också till logikstyrningen av funktionsanordningarna. Med hjälp av feed-back informationen korrigeras styrprogrammens styrparametrar så att de så bra som möjligt lämpar sig för de rådande förhållandena vid såglinjen.

## OPTIMERING FRÅN SKOGEN TILL KUNDEN



Träämnens förädlingskedja.

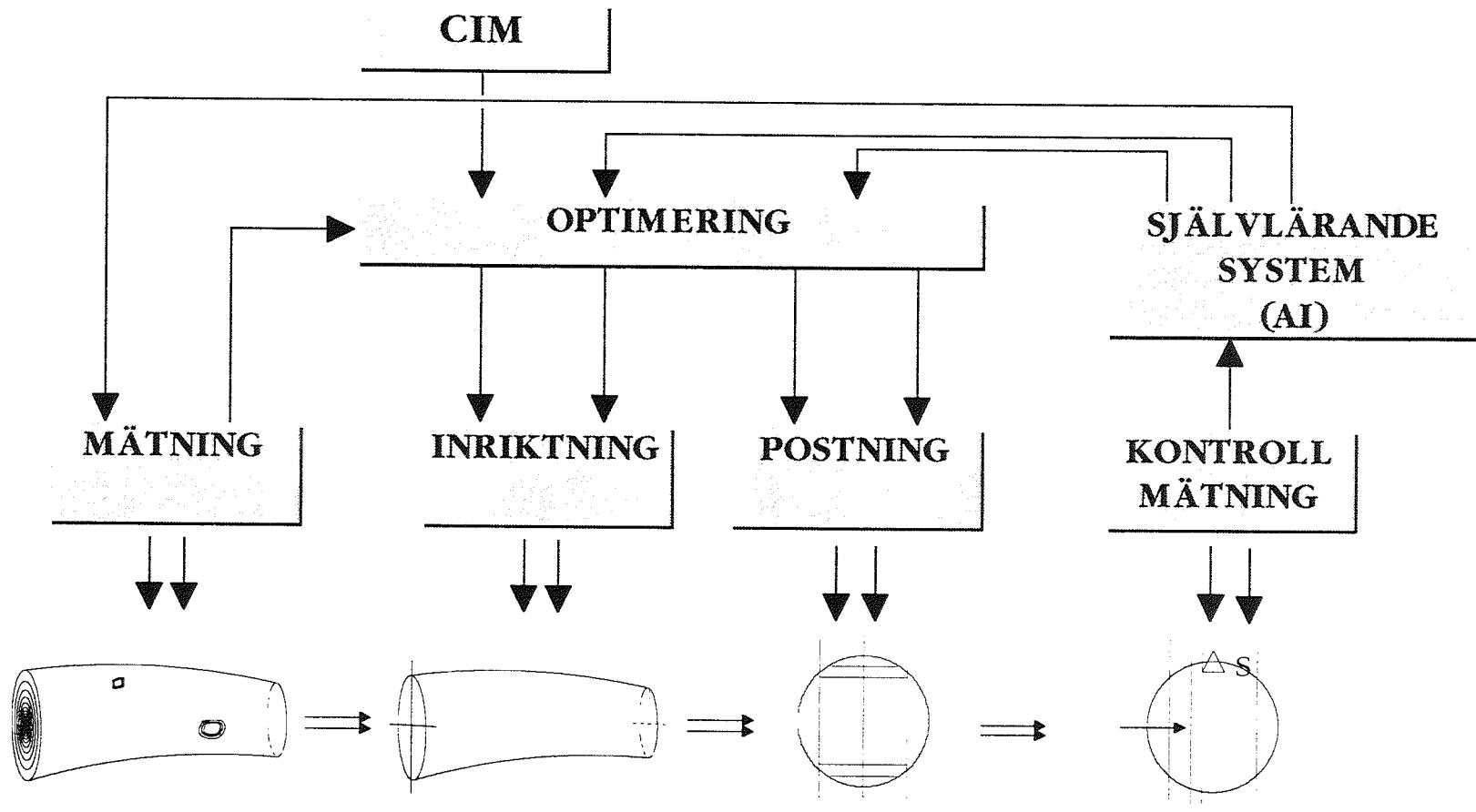


## PLANERINGSSYSTEM FÖR SÅGVERKSINDUSTRIN

# INTELLIGENT STOCKINLÄGGNING

## Funktionsdiagram

Mätning av timmerkvalitet  
Oslo 25 oktober 1994  
Arto Usenius



Timmer-  
kvalitet  
Geometri

Rotation och  
positionering  
av stock

Val av  
postning

Mätning av sågnings-  
resultat

## **Røntgentomografi for vurdering av tømmerets indre kvalitet.**

**Owe Lindgren, Högskolan i Luleå.**

Institutt i Skellefteå har i de siste ti år utført en rekke forskningsprosjekter innen røntgentomografi av tømmer. Med hensyn til målenøyaktighet er røntgentomografi dagens beste metode for å presentere tømmerets indre struktur.

Metoden baserer seg på medisinsk røntgentomografi. Systemet måler dempingen av røntgenenergi når den sendes gjennom tømmeret, og kombinasjon av målinger fra flere måleretninger skaffer informasjoner for å danne et tverrsnittbilde av prøven. Lager man mange slike tverrsnittbilder har man en 3-dimensjonal presentasjon av tømmeret.

Metoden kan tydelig bringe frem omrisset, tørr- og friskkvister, margen, reaksjonsved, kjerneved og en del årringer. Informasjonene danner godt grunnlag både for vurdering av tømmerets indre kvalitet og for beregning av optimale oppdelingsmønster. Men barrièrer for industrianvendelse av denne metoden er stor datamengde og høye investeringskostnader.

Imidlertid er røntgentomografi et godt verktøy for forskningsarbeid. Instituttet sammen med Trätek i Skellefteå har nylig utviklet en stammebank med hjelp av røntgentomografi. 200 furustokker fra diverse geografiske områder i Sverige er skannet på en oppløsning 512 x 512 punkter i tverrsnitt og 2 cm lengdevegs, og dataene er lagret i databanken. Databanken er utviklet slik at tømmerdata kan manipuleres og fremskaffes når det trengs av forsknings- eller standardiseringsarbeid. Utviklingen skal videreføres på gran.

Referert av NTI.

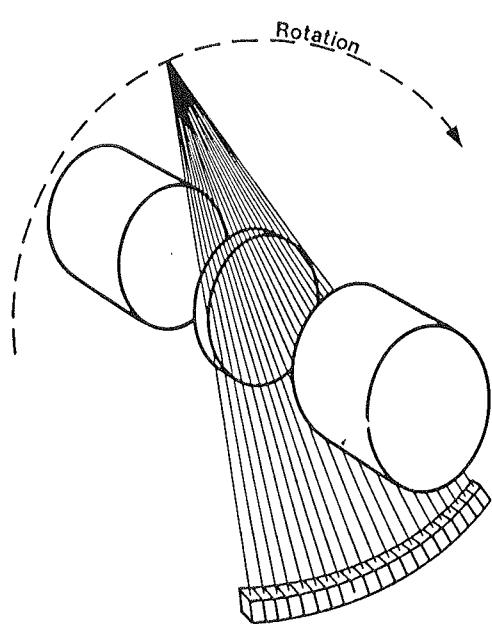
# RÖNTGENTOMOGRAFI FÖR VÄRDERING AV STOCKARS INRE KVALITET

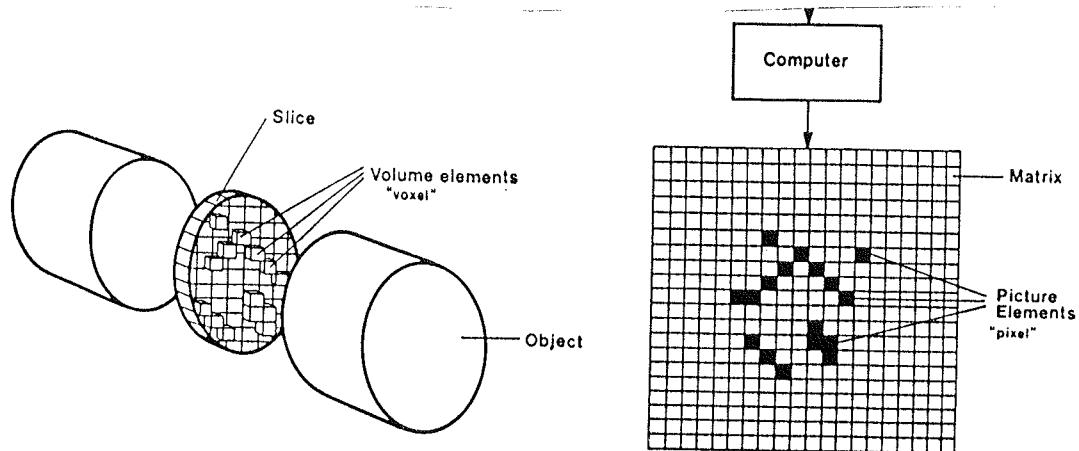
*Mätning av timmerkvalitet*  
Oslo 25/10 1994

Dr Owe Lindgren  
Lic Stig Grundberg

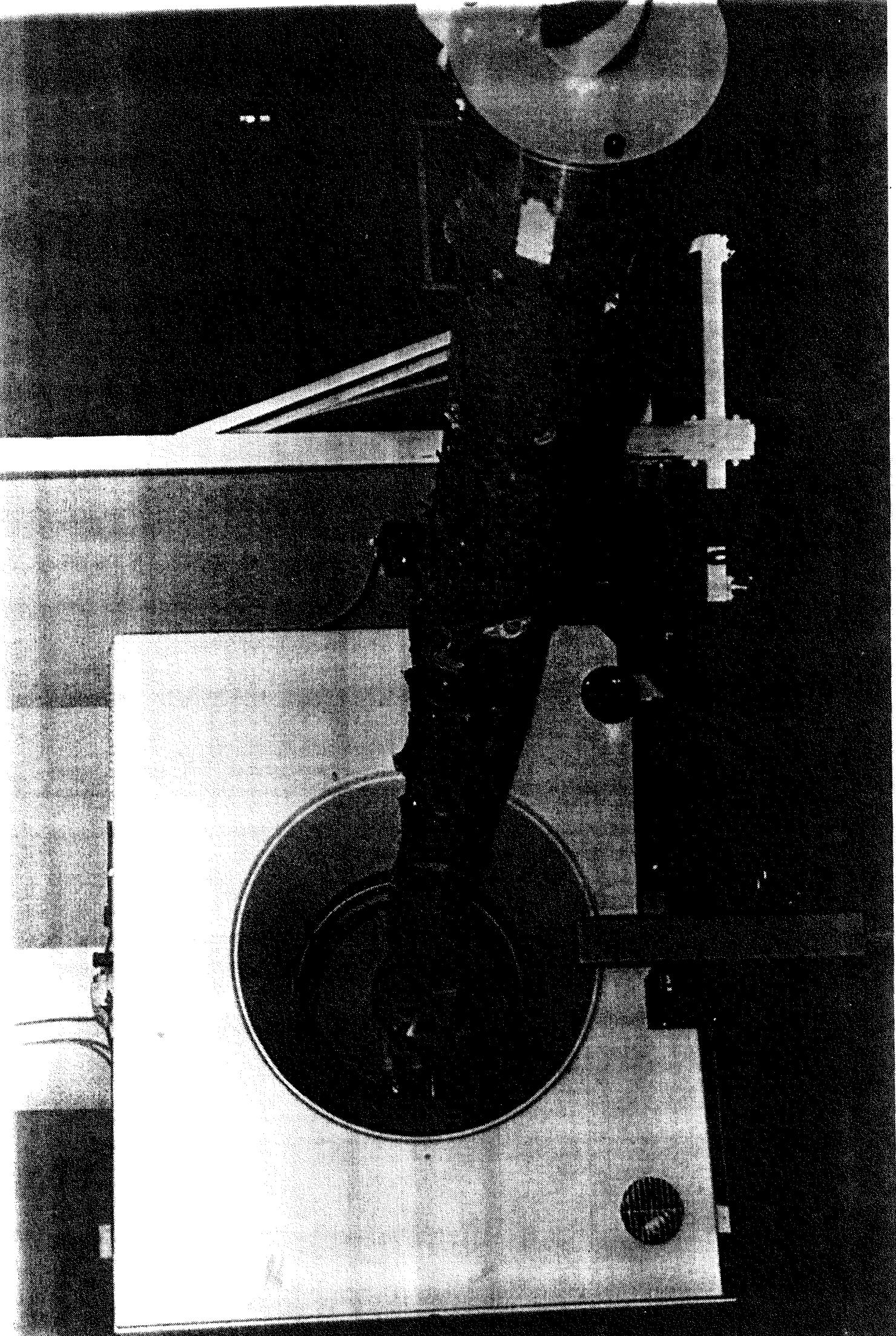
Tekniska Högskolan i Luleå  
Institutionen i Skellefteå

Trätek  
Skellefteåenheten

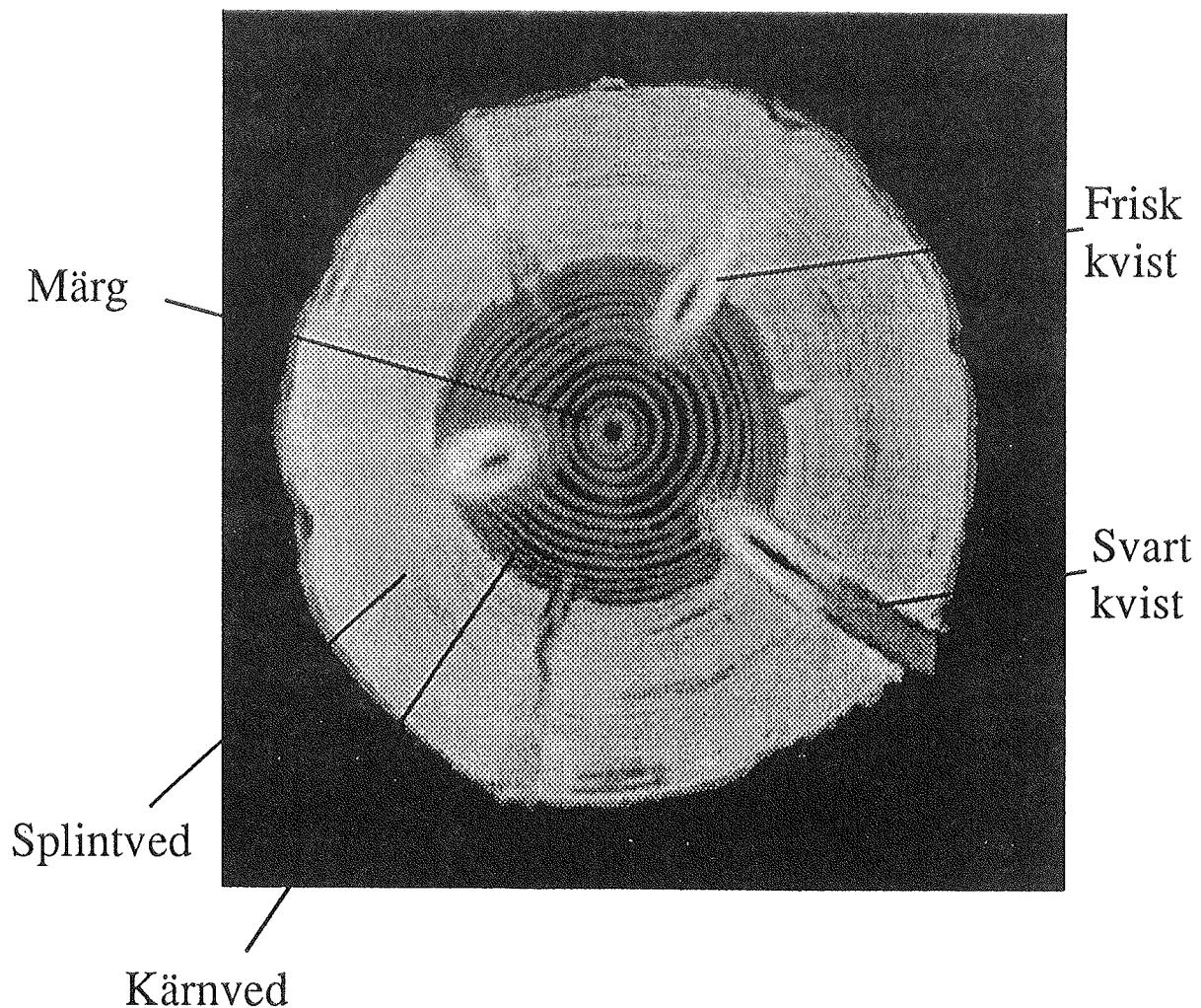




$$T\text{-number} = 1000 \times \frac{\mu_x - \mu_{H_2O}}{\mu_{H_2O}}$$

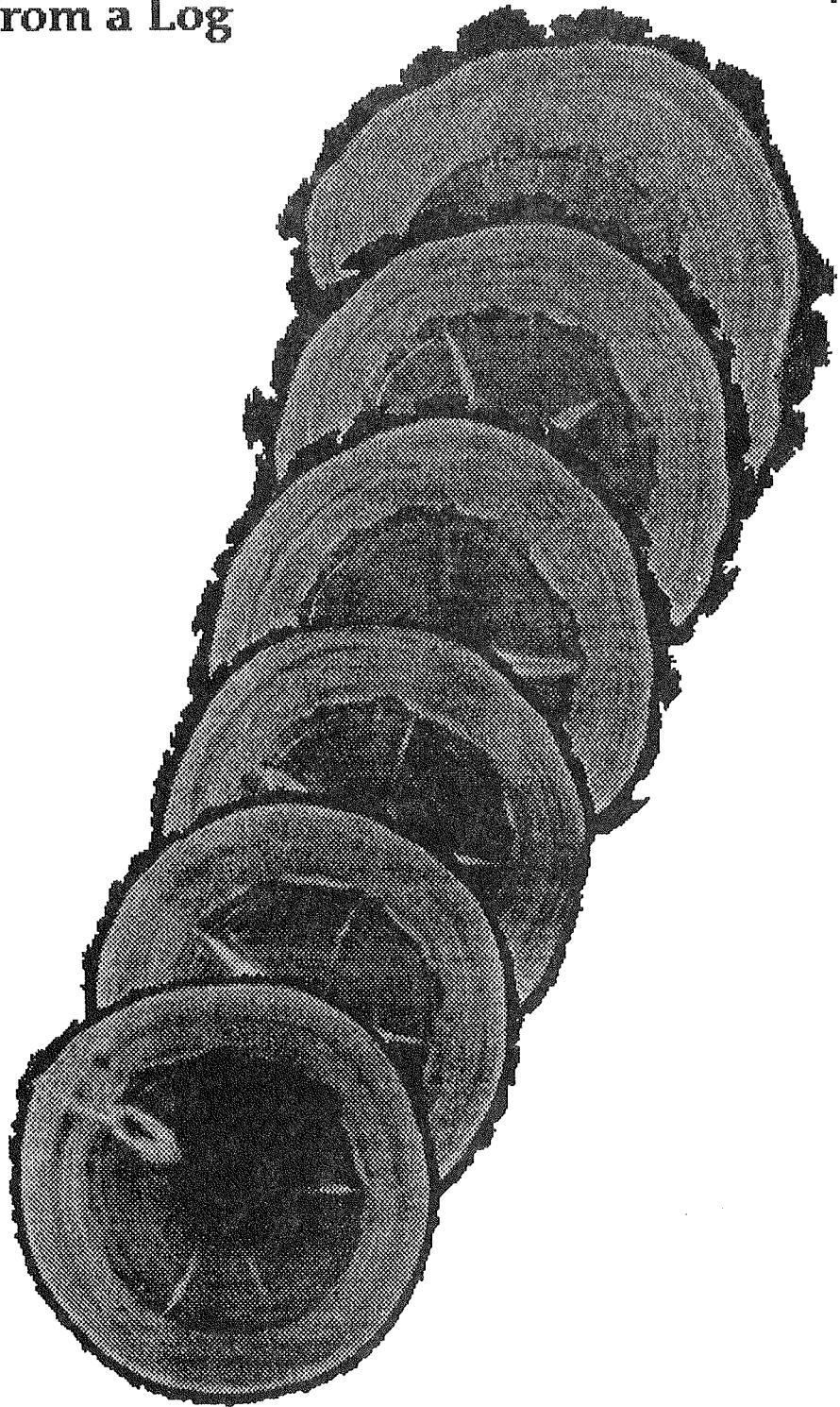


## Datortomografibild av stock

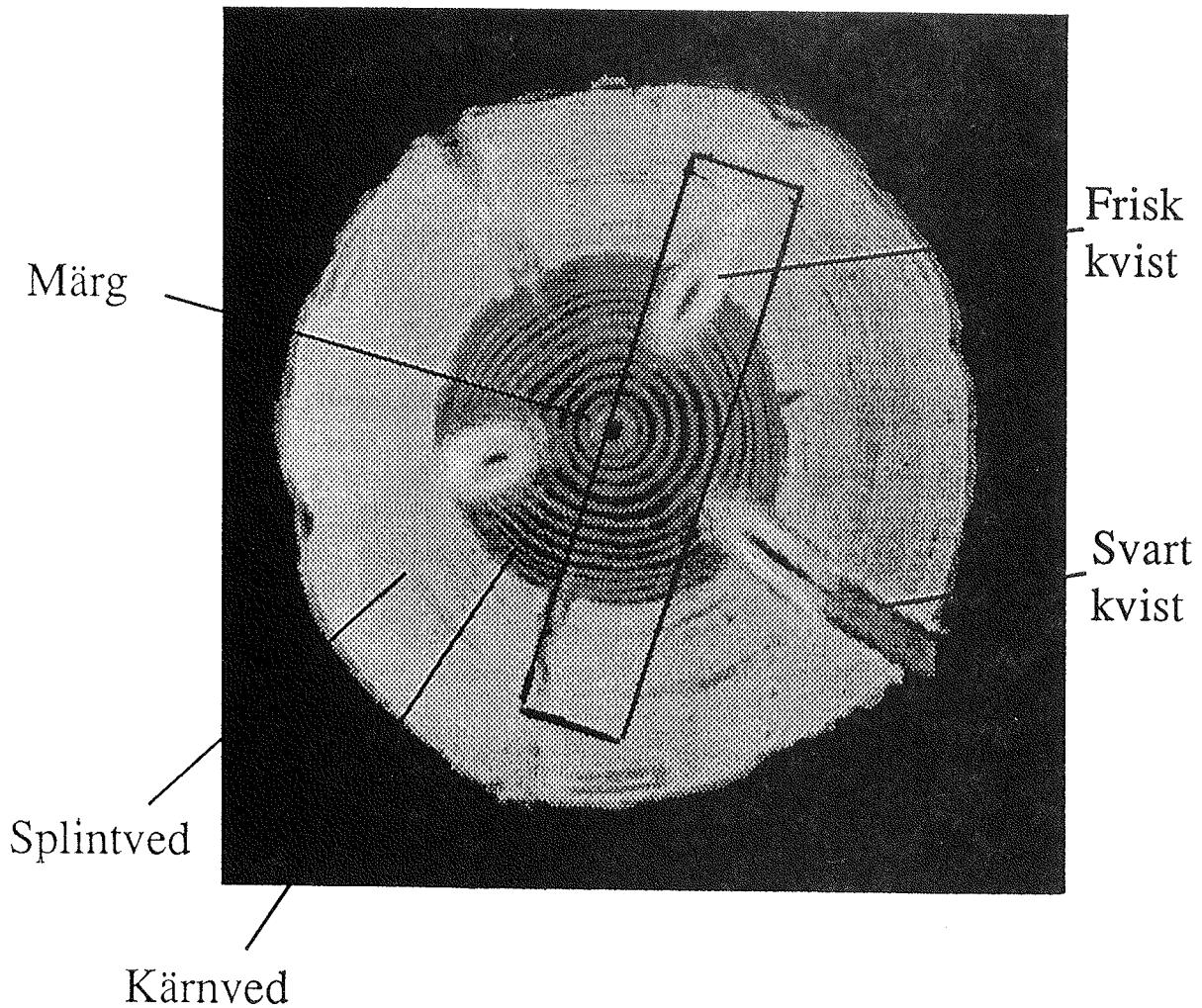


## CT-Slices from a Log

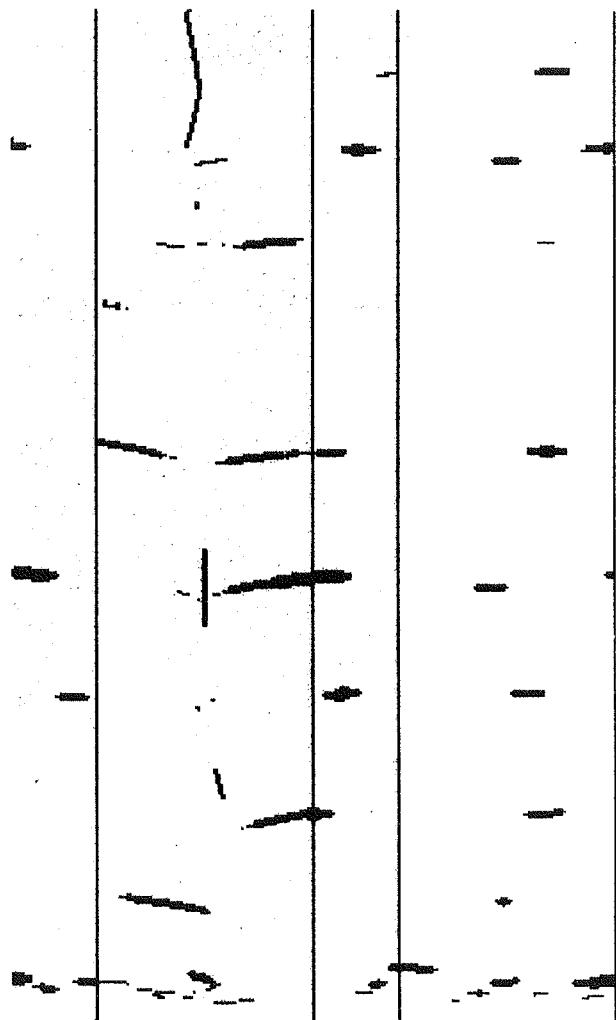
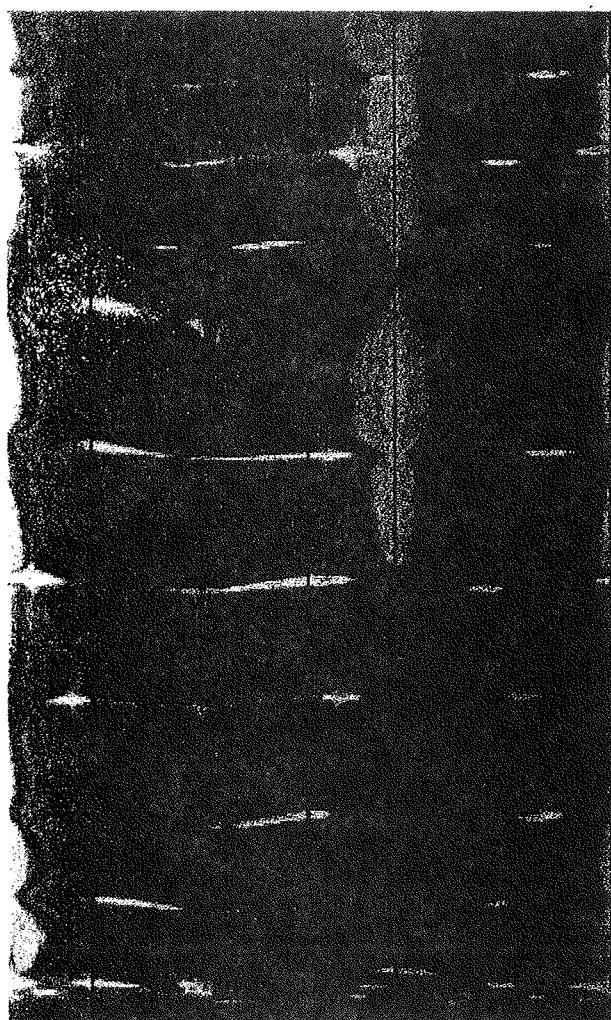
Trätek/HLu



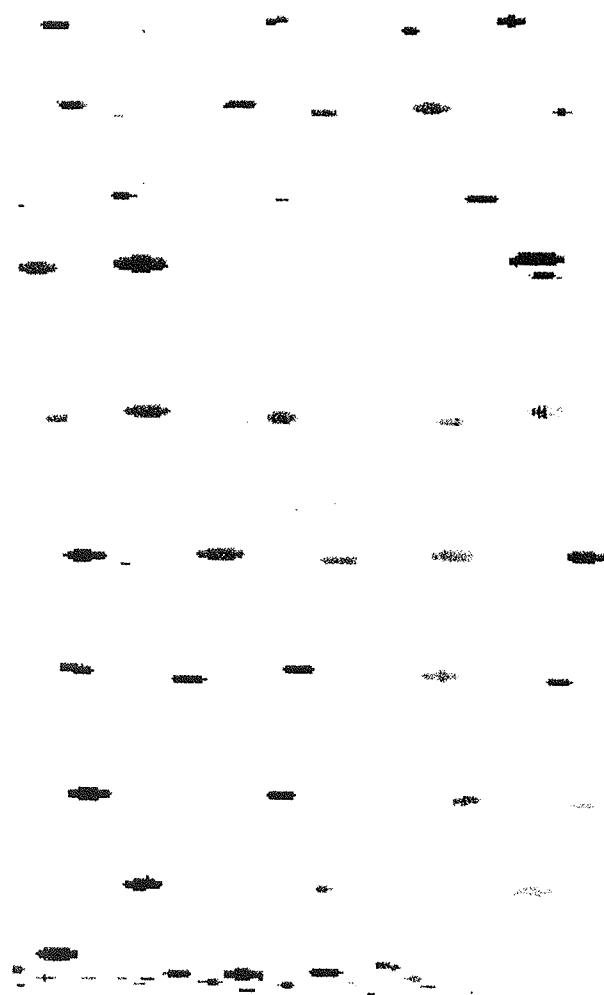
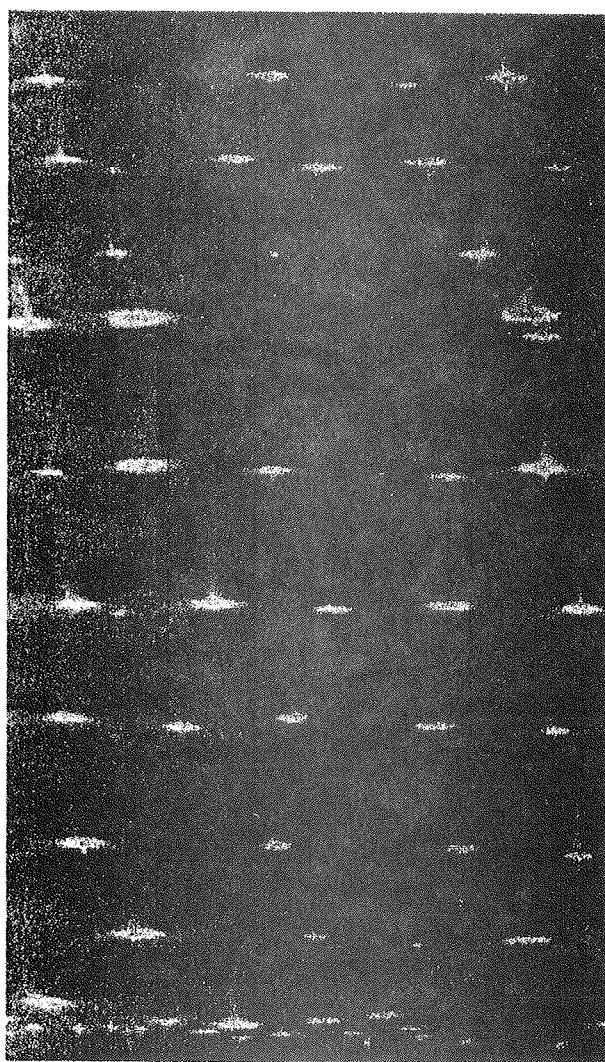
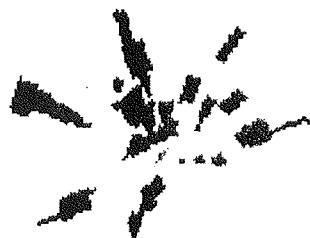
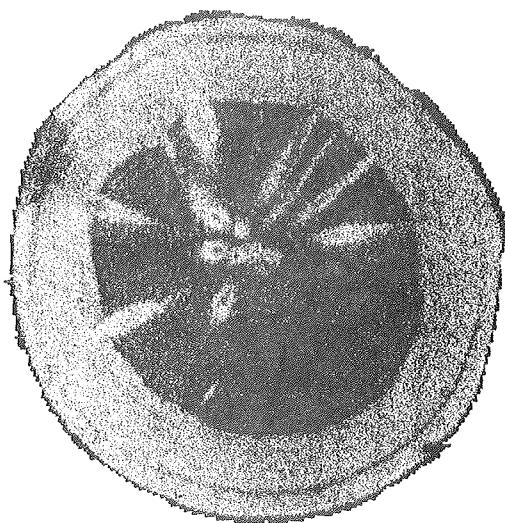
## Datortomografibild av stock



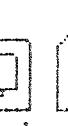
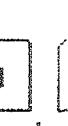
**Centrum Plankor 2-4-3**



Stoock 2-4-3



# MENY



Bestand

Urval

Träd

Aptering

Stock

TINA

IV

Välkommen till

# STAMBANKEN

En databas där du finner det mesta om och kring svenska träds inre och yttre kvaliteter.



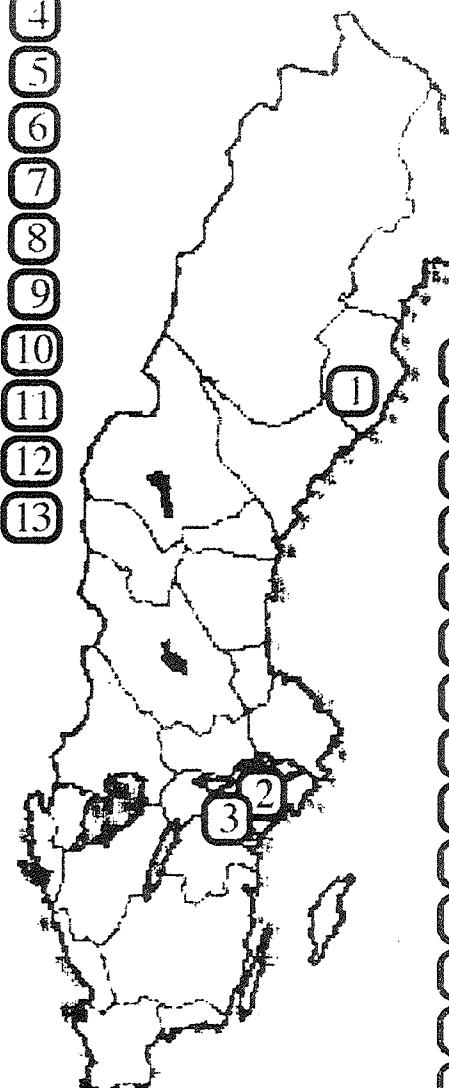
Visa alla!

För att jobba i databasen gör du ett urval genom att klicka på det område på kartan du är intresserad av.

Du kan naturligtvis använda all information genom att trycka på knappen "Visa alla".

Mycket nöje!

- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13



- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27



Vidare!

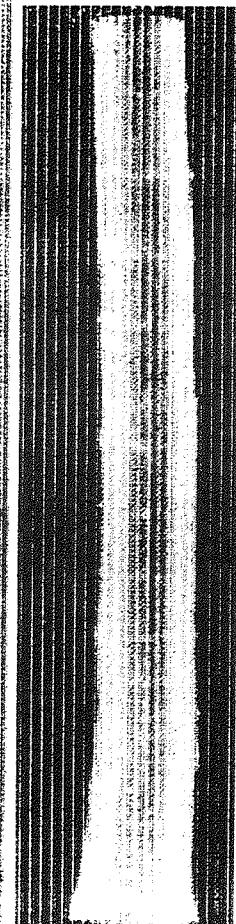
# Stock



MENY Bestand Urval Träd Aptering TINA JV

Bestånd: 1      Del: Rotstock  
Träd: 1      Plats: Degerfors  
Stock: 1

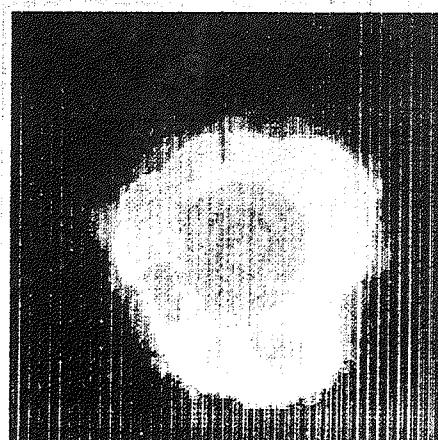
## Scout



Längd 4.50 meter  
Toppdia. 155 cm.  
Pilhöjd1 12 mm.  
Vinkelläge 340°

Skala 35 cm.  
Antal scan st.

## Tvärsnitt



## Övrig info

Innehåller något som vissa kallar "luftemboli"

	Stockkvalitet	Centrumkvalitet	Tjocklek x Bredd
VMF1	V	Gröna boken H 1	50 x 100
VMF2	V	Gröna boken V 5	50 x 100
		OptsawQ H 1	
		OptsawQ V 4	

Kvist	Antal
Totalt	42
Frisk	23
Svart	12
Röt	7
Barkdrag	3

# Automatic quality grading of logs with TINA, a Gamma Ray Log Scanner

P.O.G.Hagman, Skellefteå, Sweden

**Summary:** A quality index for Pine (*Pinus silvestris*) has been evolved, using experience from log quality sorting of pine with a quality index based on property variables from a gamma ray scanner. With this index, automatic sorting of logs due to center boards quality, could be done in realtime industrial applications. Expected precision of aim is 73 % overall correct classification. The model is a linear combination of two density connected properties and two external shape properties, measure of the taper in the butt half of the log and surface unevenness, in order to predict the log quality. All properties except measure of taper are negatively correlated to log quality. The quality index,  $G_{OH}$ , is determined by a multivariate method, PLS, and is used in practical operation in two sawmills in Sweden.

## Introduction

Log quality sorting based on a relation to the resulting lumber grades (Månsson 1991) or end user demands has a great potential. It gives the sawmills possibilities to concentrate the high quality in the timber to be sawn. This means a lower output of low quality and low price lumber from the sawmill, an increase in production capacity (Georges et al 1990) and a higher output of lumber fulfilling customer demands.

Methods for predicting log quality by using exterior shape of the log has been proposed for several years and is now used in practical operations in a sawmill (Månsson 1991). Variables studied and used are extracted from a common optilog scanner and describes taper, butt end taper, surface unevenness, ovality and bow.

By using a two dimensional gamma scanner, Tina (Månsson 1991), interior properties are indirect measured and they are used to increase the predicting precision of aim.

## Chosing the model

When classifying a log coming from a population with property variations not very well known one can use different approaches. One is to create classes for every property eg. quality class, rot and so on. Having these models one can test new logs and calculate their distance from class middles and by that judge their class belonging, if there is one.

Another approach is to create separate models for each diameter class to try to optimize each model.

Due to the variables involved in the model one can increase the precision by transformation of the variables. A way to make the variables equal at start is to give them the same variance by dividing each variable with its variance.

A less complex way to try to solve the problem is to have a single model covering all qualities and diameter classes.

The index expressed as a linear model :  $G_{OH} = f(k_i x_i + k_{(i+1)} x_{(i+1)} \dots)$ , is assuming that log quality could be expressed as a continuous function from high quality to low, which is not true because of discontinuous properties such as rot, cracks and local abnormalities.

Another problem is the way quality is described. If quality is expressed in five classes, A to E or 1 to 5, how far is the distance between the class middles? Is the distance between 1 and 3 the same as the distance between 2 and 4? (Probably not.)

All these approaches has been tested for Pine in an early stage, but the increase in computer capacity needed and complexity in understanding the model was not overstated by the increase in precision of aim compared to the simple linear model describing the quality for diameter classes from 150 mm to 300 mm.

## Training set

Another problem in building a model of log quality is the lack of correct manual classified logs and lumber to use as a training set. The same problem arises when the precision of aim or correlation is to be found out. Multiple regression models are not suited for handling these kind of problems (Wold 1989) with an error of up to 30 % in the human classification (Grönlund 1992). Models built must be robust and work when used for new set of log coming from different geographic areas and sites. The normal way to handle this kind of problem is to use experimental design (Box et al 1978) when creating the training set. However, there is a practical problem when handling logs due to their weight, transportation and again judging their properties. Instead of using design, a large number of logs are used. The problem is to decide when the model is correct, due to general rules and functions, and not modelling the error in the test set. The problem could be described in principle as in figure 1, where number of terms in the model are plotted against explained error for a test set.

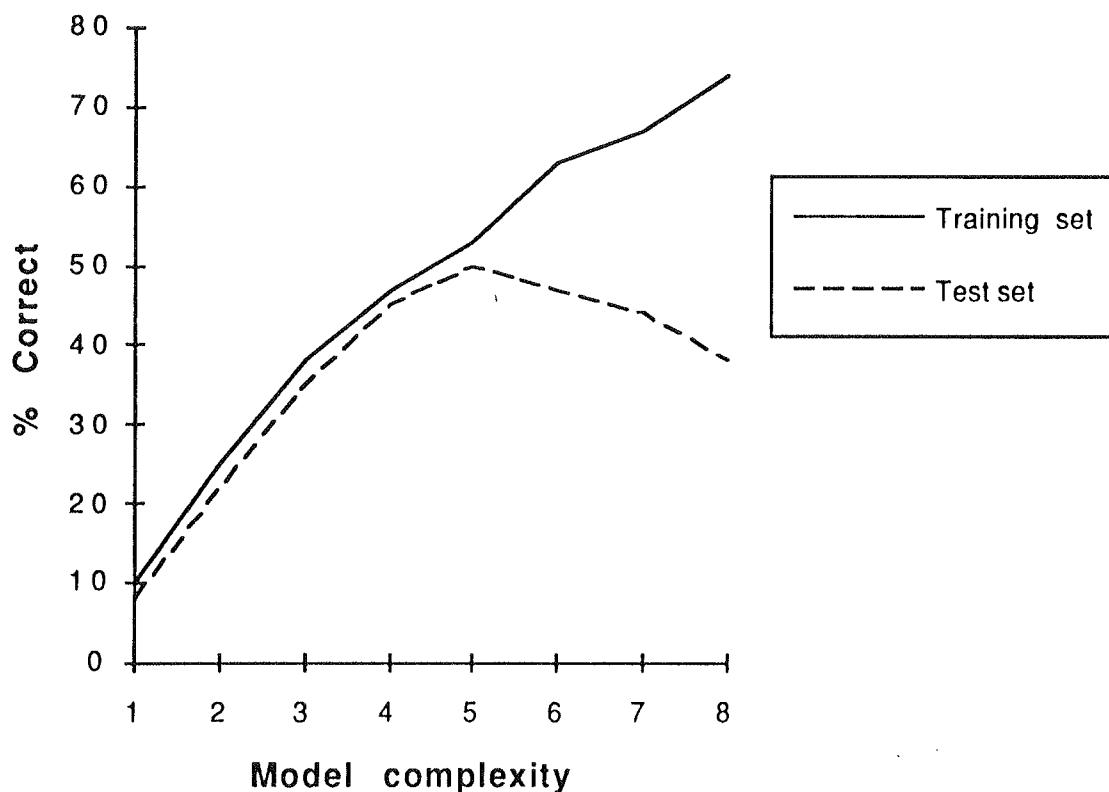


Fig 1. Explained error and correct classification as a function of the complexity of the model. Complexity could be: number of Principal Components, number of iterations, number of terms in the model etc.

As seen in figure 1, a large number of terms in the model gives a high correlation but that does not mean that it gives a high precision of aim due to error in the training set. Therefore models simply cannot be judged by terms of correlation. The only way of judging the model is in a real application.

The model for pine log quality has been built from a training set of about 1000 logs scanned, and after sawing the centerboards were manually classified. The quality of a log is represented by the mean quality from the two centerboards. Very often a log has a high and a low quality side and in case of correct breakdown pattern it gives different lumber quality for the two lumberpieces. This means that by using the meanvalue the precision available decreases. It is necessary because the properties from Tina are meanvalues for the log and can not at this stage be separated into log halves or other sections.

The GOH index model has at this stage been tested against two different test sets. (1000 and 250 logs coming from different parts of Sweden.) Recalculation of the model from these test sets gives similar coefficients for the important properties. This indicates a robust model that could be used for pine logs coming from normal geographical areas and sites in Sweden.

The GOH index is used with a breakpoint between two qualities, high and low, that gives the best concentration of real high quality in the high quality bin. The setting of breakpoint is due to a number of decisions, such as: precision of aims for high quality compared to low, total number of correct classifications, distribution of quality in the log yard etc.

The breakpoint could be different in different diameter classes, though the model is equal for all diameters.

### Materials and methods

Pine logs from an area near Söderhamn were picked in order to have a representative material for the ALA sawmill. 951 logs in five diameter classes described in table 1 were separately marked, manually classified and scanned with the two dimensional gamma radiation based scanner TINA.

Table 1 Training set containing 956 pine logs in five diameter classes.

Diameter class	No of logs
150	194
200	173
225	191
270	200
300	193

The logs were then sawn, individually marked and quality classified so that every piece of lumber could be connected to the correct log.

The lumber were classified in six classes, 1- 6, and at the same time notations were made concerning reason for the down classification, log type and abnormalities.

Property variables indirect measured in Tina are :

Ggn:	Old quality index for pine
Dx:	Diameter in Tinas x-direction every 20 mm
Dy:	Diameter in Tinas y-direction every 20 mm
BH:	Log bow height
T:	Taper of the log
SU1	Surface unevenness based on absolute deviation of diameter from mean value of log shape for 1/4 of the log
BT:	Butt taper of the log
TT:	Top taper of the log
DV:	Density variation
SU2:	Surface unevenness based on mean deviation of diameter from mean value of log shape for 0.5 m parts of the log
WI:	Factor for winding

There was also about 30 secondary variables based on polynomial fitting to the sweep.

The log data from Tina combined with log and lumber quality data and notations were systemized in a spreadsheet matrix. Every row in that matrix describes a log hereafter defined as an object. Principle Component analysis was carried out in order to find outlayers (Wold 1989) due to incorrect data handling or measuring errors. This means that differences due to normal variations are accepted and even necessary when creating a prediction model, but isolated objects distorting the models should be picked out. One problem is to differentiate between error based objects and objects belonging to a different class. If there are objects belonging to another class, there must be a decision whether the model should cover that class or not. Sometimes a general model is wished for and then classes represented in the material must be used. Sometimes the mechanisms and property functions are so different from other classes that modelling them together gives an blunt model. An example of this is rot in part of the log that gives completely different property behaviour. A completely rotten log is easy to classify from Tina data.

After deleting error caused outlayer objects, a PLS analysis was carried out.

As a start all possible Tina property and sweep variables were chosen as X -variables to give a prediction model for the Y-variable represented as meanvalue of the human grading of the two center boards.

The variables are scaled to the same variance, 1, by dividing every variable row with its variance. This is a normal procedure when there is no knowledge regarding the variables importance.

In order to get an as good model as possible, property variables were chosen with the highest variable influence on Y variable modelling (VINFM), Simca manual 1991). A model was selected with number of principal components and variables that gave the highest possible variance explanation and a significant model due to crossvalidation.

When the model was chosen, predictions were made and compared to the original training sets Y-values. The original quality classes were separated in two groups, high and low quality, and were compared to a classification. The classification is made by dividing the predicted Y-values into two groups separated by a breakpoint.

The results are presented as a matrix seen in figure 2, where 2 of the 4 possible outputs are shown, correct positive classification and correct negative classification. False positive and false negative classification could also be represented in the same figure. In an actual sawmill management situation the setting of breakpoint is a mixture of different external parameters. Therefore, as seen in figure 2, a plot of the outputs when the breakpoint varies could be a good help.

## Results

The Principal Component based outlayer analysis reduced the number of pine logs to about 900. By using PLS-analysis a prediction model was developed. The model is linear for all X-variables and are reduced from the initial 40 Tina property variables to the 5 that have the highest modelling power and are significant. The model is significant in aspects of cross validation.

The strong variables used in the model are listed below in order of variable influence on Y variable modelling:

G <sub>GN</sub> :	Old quality index for pine
DV:	Density variation
SU2:	Surface unevenness based on mean deviation of diameter from mean value of log shape for 0.5 m parts of the log
BT:	Butt taper of the log
(K <sub>1</sub> )	(is a constant)

The model is:

$$G_{oh(pine)} = K_1 + 0.02 * G_{GN} - 0.0001 * BT + 0.002 * DV + 0.3 * SU2$$

With an optimal setting in aspect of total precision the output matrix is as seen in table 2

Table. 2. Output matrix showing the precision of aim for a breakpoint of 21.5 and a difference quality class separation between 1-2, high quality, and 3-5, low quality. First matrix gives percentage out of respective quality class, and second percentage out of total number of logs.

	Quality 1-4 (%)	Quality 5-7 (%)
Predicted high quality	75	25
Predicted low quality	25	75
Sum	100	100

Showing the results as a function of the breakpoint gives a plot shown in figure 2.

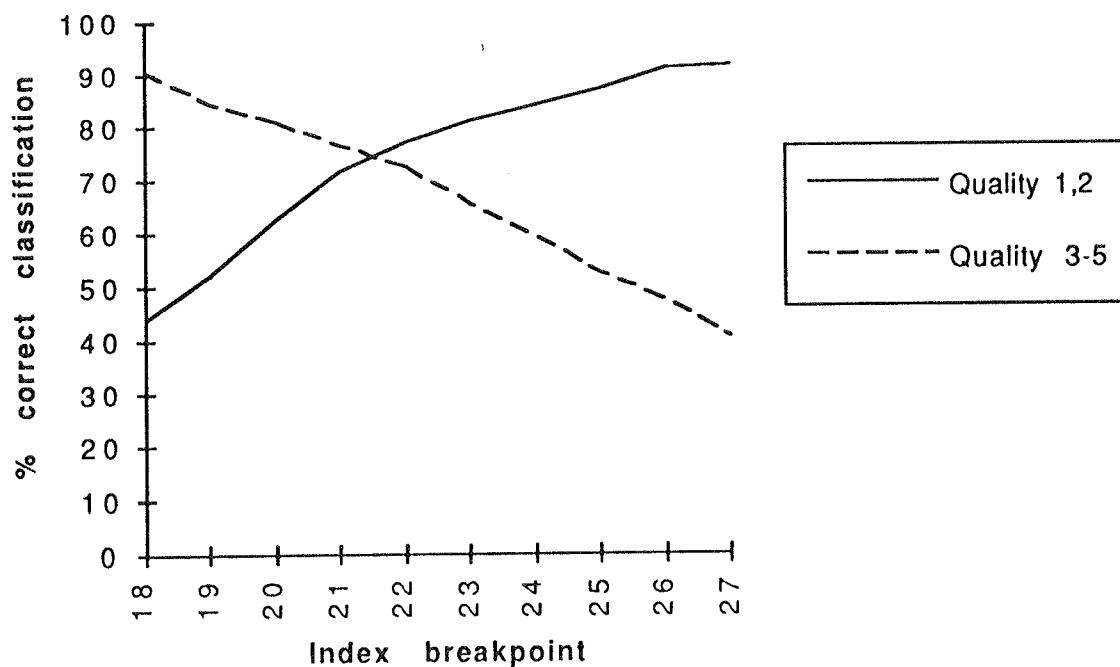


Fig. 2. Output of prediction based classification showing the precision of aim as a function of chosen breakpoint. A: % correct hits of the low quality. B: % correct hits of the high quality.

The precision is better if the breakpoint is individually chosen for every diameter class, optimization for every diameter class results in higher precision of aim for the total output within every class.

Tests with different models for each diameter class results in higher precision of aim but due to computer problems in implementing in the industrial application the models are not tested.

Using the same methodology for two different test sets (250 and 880 logs) with geographical representativity for Sweden results in equal models. The same variables are important and the coefficients have minor differences.

## Discussion

The quality index proposed,  $GOH$  (pine), gives a possibility of quality sorting Pine logs within the top diameters 150 to 300 mm. The class setting that has been tested is a two class system, high quality and low, and is to be used in industrial application for concentrating the high quality in the high quality bins.

The grading can be performed in real time at normal production rates. The precision of aim (PoA) calculated on correct output of both quality classes is 75 % with equal output in both groups. Separate breakpoints for every diameter class can increase the PoA. Due to the quality mix in the log yard, end user demands or other reasons, the breakpoint could be changed and higher output reached for one of the quality classes. This means of course that the other output also is changed in the opposite direction.

The model is verified in industrial application. Using PLS with crossvalidation makes it possible to handle training material that has a lot of errors and not over fit the model. The only problem not known at this stage is the geographical representativity of the training material. Tests that have been carried out on the  $GOH$ (pine) model with controlled geographical representativity shows that the model is quite robust in that sense.

A model covering a wide area in dimensions and quality is always weaker in its prediction amplitudes than the original "facit" and a lot of errors in facit increase that tendency. A bad experimental design, i.e. relative low representation of real high (1-2) and low (6-7) quality within all diameter classes, gives the same result. This is why this two class classification is chosen.

Down classification, due to abnormalities not seen by the Tina property variables, is also a problem because this results in logs that belong to another class. Dummy variables indicating such properties could increase the prediction capacity of the model.

## Conclusion

For the purpose of sorting Pine logs in realtime industrial application, these results show that logs varying in diameter from 150 to 300 mm should be quality graded in accordance with the Tina system.

There is now a  $GOH$  index both for Spruce and Pine. The index differs in chosen variables and coefficients due to model fitting with Partial Least Squares Models in Latent Variables (PLS)

## References

- Box, G.E.P.; Hunter, W.G; Hunter, J.S.; 1978: Statistics for Experimenters. John Wiley & sons, Inc.
- Georges, G. ; Paillette, M. ; Bussy, M. ; 1990: Three-dimensional measurement of strips at the moulding inlet. Proceedings First european wood symposium. WOOD AND COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING: WHAT IS THE FUTURE? May 10-11 Paris.
- Grönlund, U. ; 1992: Quality variations in the chain log-board-blank caused by biological properties and subjective grading procedures. Licenciate thesis under writing, Luleå University
- Månsson, M.; 1991: Experiences from Modern Gamma Ray Log Scanners in Sawmilling Operation. Proceedings 4th International Conference on Scanning Technology in the Wood Industry. Oct. 28 - 29 ,1991 Burlingame CA. U.S.A.
- Wold, S.; 1989: Multivariate Data Analysis: Converting Chemical Data Tables to Plots. Computer Applications in Chemical Research and Education. Dr Alfred Hüting Verlag, Heidelberg.

## **Dimensjonsortering under bark på obarkat timmer med mikrovågteknikker.**

**Hans Dutina, gruppeleder, Trätek**

På grunn av stor interesse i treindustrien, lanserte Trätek i 1994 et omfattende prosjekt angående måling av barktykkelse på tømmer. Mikrobølgeteknikk ble brukt, og et laboratoriesystem ble implementert.

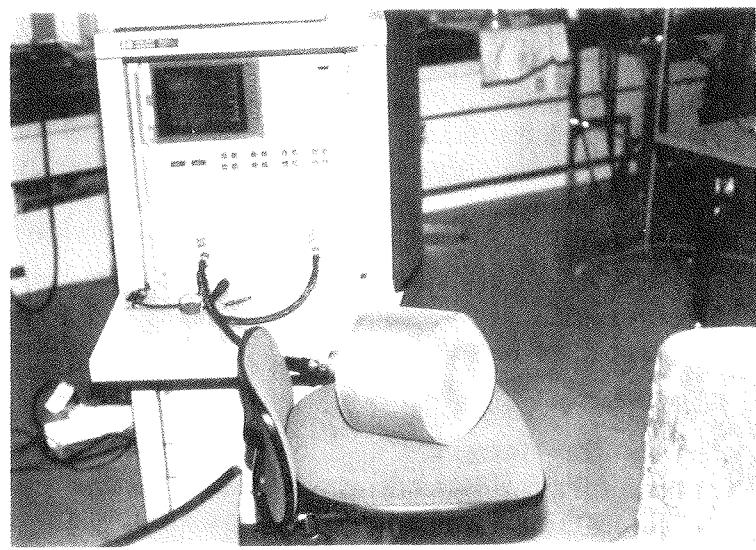
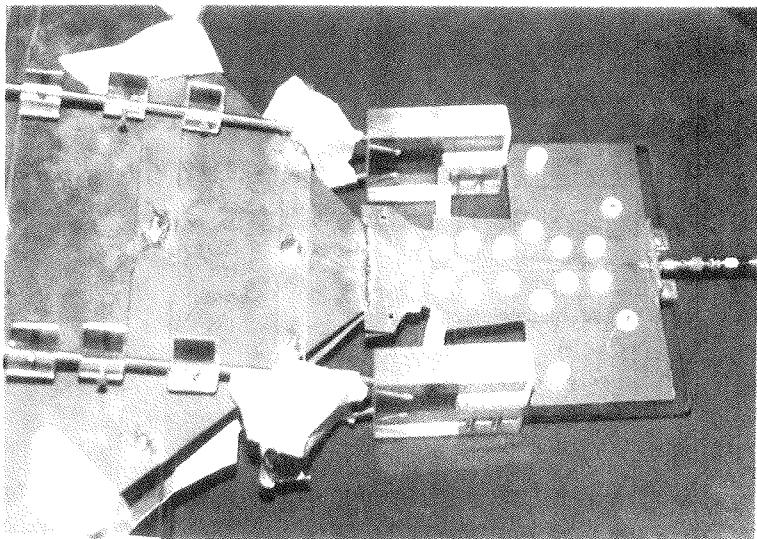
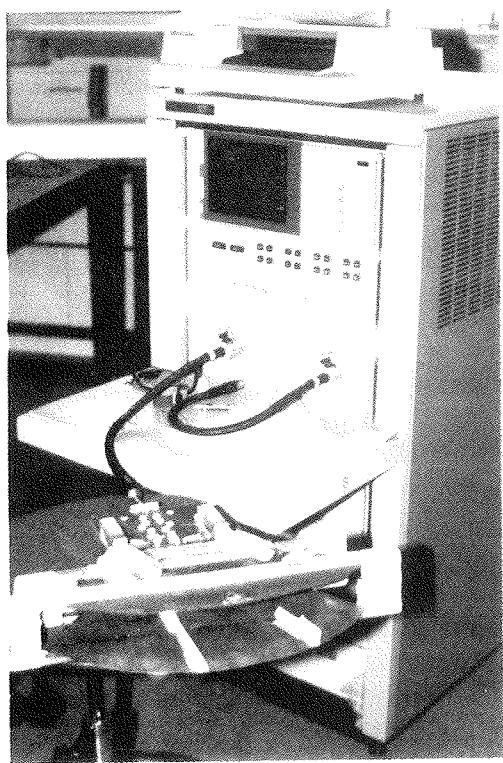
Systemet består av en pulsgenerator, en sensor og en mikrobølggesampler. Mikrobølger, 18 GHz i frekvensen, genereres av sensor når den får en puls fra pulsgeneratoren, og sendes mot tømmerets bark. Bølgene beveger seg gjennom barken inn i stokken. En del energi er reflektert tilbake ved grensesnittet luft og bark. Det gjelder også ved grensesnitt bark og kambium.

Energiaspeilingene skjer på grunn av forskjell mellom luft, bark og ved i dielektrisitet-konstant  $\epsilon$ .  $\epsilon$ -verdi for luft er 1, for bark 3, og for ved 10. Reflektert energi er mottatt av den samme sensoren som har sendt energien. Energien er ført videre til mikrobølggesampleren og analysert der.

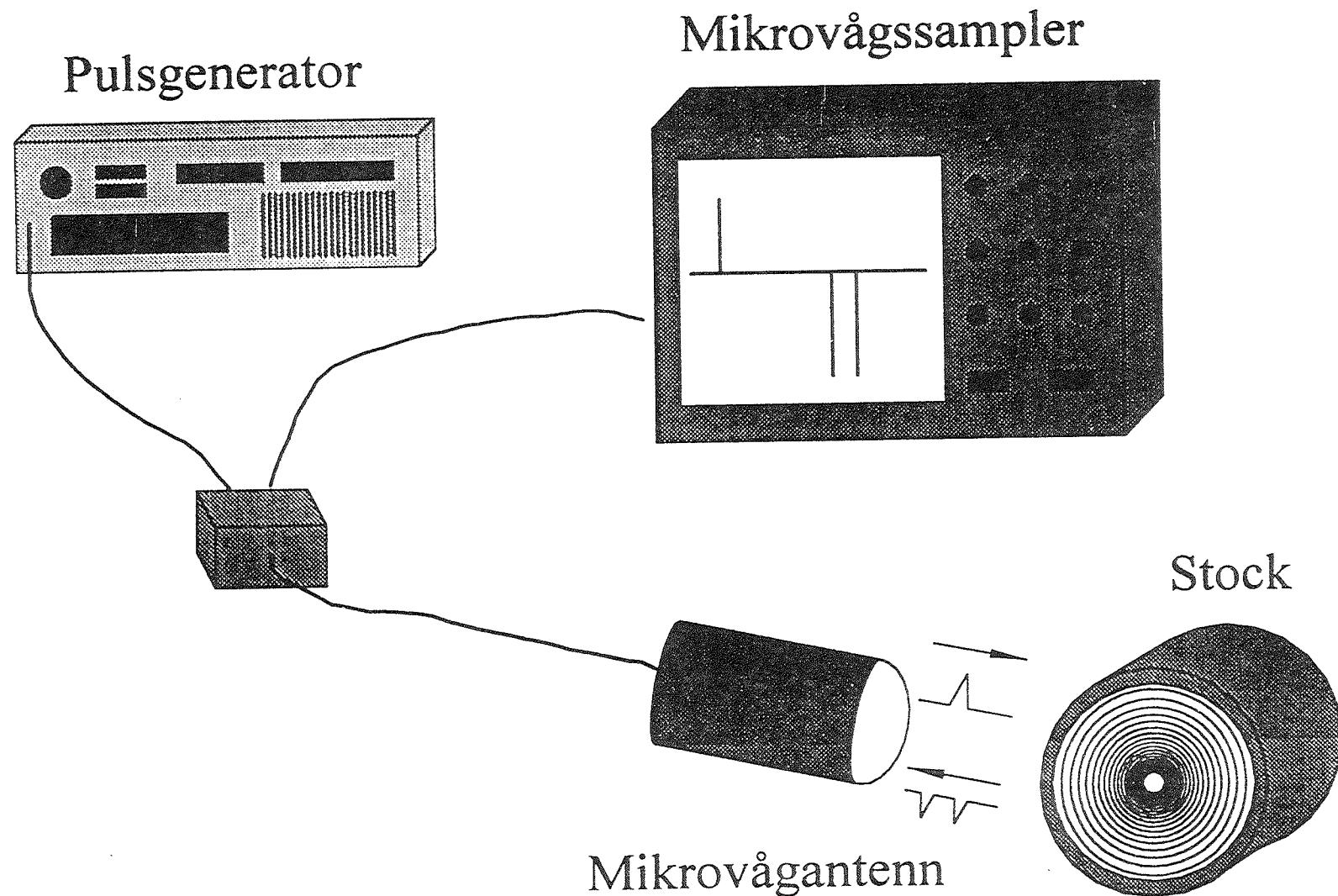
Energidelen fra barken og delen fra kambium kommer inn i sampleren til forskjellige faser. Det er denne faseforskjellen som skal analyseres og tas som parameter for barktykkelsen. Systemet har måleoppløsning 1-2 mm, måleomfang 5 cm, måle-frekvens 1.000 punkter/sek. og komponentkostnad (for mikrobølgeteknikk) SEK 250.000. I tillegg til nøyaktighetstesting er teknikken også testet i forhold til robusthet og miljø.

Resultater har vist at systemet ellers fungerer fint på diverse faktorer, unntatt på barktyper - bark på bark, løs bark og barkmangel. Prosjektet skal videreføres i 1995.

Referert av NTI.



# Systemuppförande

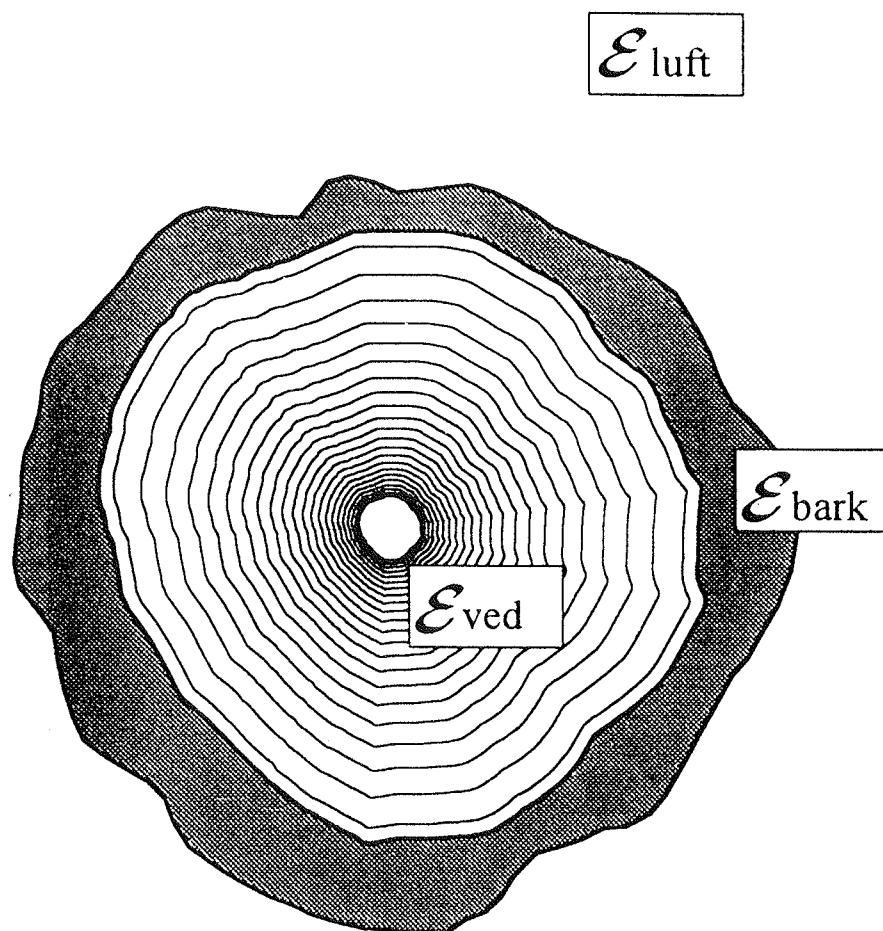


# Dielektricitetskonstanter

$$\epsilon_{\text{luft}} \approx 1$$

$$\epsilon_{\text{bark}} \approx 3$$

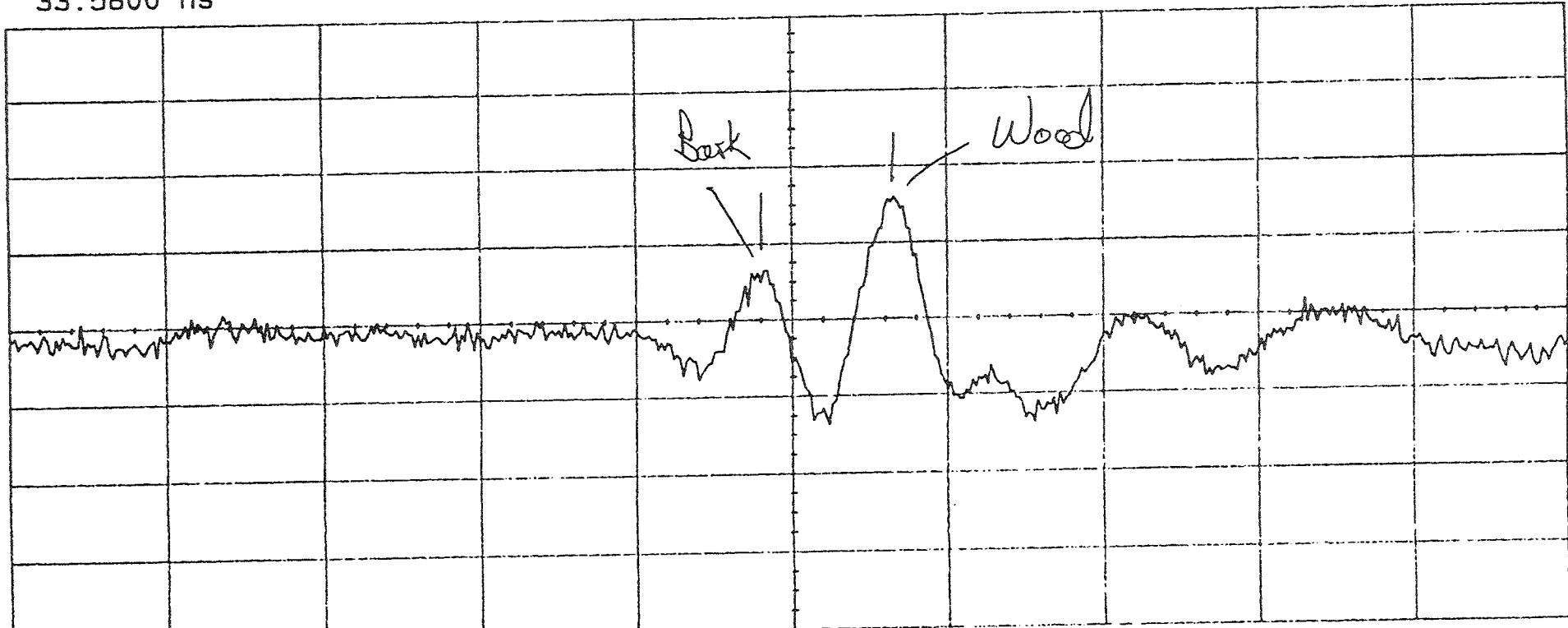
$$\epsilon_{\text{ved}} \approx 10$$



33.5800 ns

34.5800 ns

35.5800 ns



Ch. 2 = 10.00 mVolts/div  
Timebase = 200 ps/div

Offset = -125.0 uVolts  
Delay = 34.5800 ns

31cm dia Log

31mm bark thickness

T<sub>x</sub>  
2076      R<sub>x</sub>  
2077

Dust 55cm

PSPL 3050 A

# Robusthet & Miljö

## Mäteknisk robusthet

- barktyper
- kyla
- väta
- snö
- is
- bark på bark
- lös bark
- barkavskav

## Miljö

- vibration
- fukt
- kyla
- värme
- smuts

# Projektstatus

## *Mål:*

Ta fram en robust sensor som till till rimlig kostnad bestämmer barkavdraget/dimensionen under bark på obarkat timmer med acceptabel mätnoggrannhet.

## *Resultat:*

Mätupplösning	1-2 mm
Mätfrekvens	1000 ggr/s
Mätfläck, diam	5 cm
Komponentkostnad, mikrovågtek	250,000 SEK

# Nätverk

- *Projektledning och ide* Trätek
- *Teknisk förstudie* KTH, Inst Teor.  
Elektroteknik
- *FoU kompetens\** KTH, Inst Teor.  
Elektroteknik
- *Sensorutveckling* AEL Industries  
Pennsylvania
- *Provning & utvärdering* Trätek, AEL

\**projektanställning vid Trätek*

## Seminar på Holmenkollen Restaurant 25.10.94

### Måling av tømmerkvalitet

Birger Eikenes, professor NLH:

#### Del 3. Grunnlag for prosjektet "Måling av tømmerkvalitet"

I den tredje og siste delen av dagens seminar skal vi slippe til noen av de forskerne som er involvert i ulike delprosjekt i forskningsprosjektet "Måling av tømmerkvalitet". Før jeg slipper foredragsholderne til skal jeg ganske kort redegjøre for bakgrunnen for at dette prosjektet ble etablert.

Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd (NLVF) satte i 1989 søkerlyset på den landbruksbaserte industrien og tok spesielt for seg næringsmiddelindustrien og treindustrien. Konklusjonen i NLVF-rapporten var bl.a at treindustrien er en forskningssvak industri som i 1987 bare brukte 0,14% av brutto produksjonsverdi til FoU-virksomhet, dvs bare ca en 1/10 av gjennomsnittet for industrien totalt sett. Treindustrien representerte i 1987 7% av industriens totale bruttoproduksjonsverdi og 9% av den totale industrisysselsettingen. Dessuten hadde treindustrien relativt sett en høyere bearbeidingsverdi enn industrien totalt, og en betydelig distriktsorientering.

Utredningen viste også at treindustrien hadde den mest markerte nedgangen i FoU-utgiftene i løpet av 80-årene, i en periode da industrien totalt sett hadde en betydelig vekst i FoU-innsatsen. Treindustrien var også den industrien som mottok minst offentlig støtte av samtlige industrigrener.

På denne bakgrunn vedtok det tidligere NLVF å vurdere treteknologi som et satsingsområde. For å markere starten på dette arbeidet inviterte NLVF høsten 1992 til en "work shop" hvor hensikten var å belyse problemstillinger og utfordringer knyttet til den industrielle utnyttelsen av trevirke som materiale. Ønskemålet var å få innspill og legge grunnlaget for det videre arbeid med et treteknologisk forskningsprogram.

Skogbruket og skogindustriens forskningsforening (SSFF) som er et samarbeidsorgan for NISK, NTI og PFI, fikk i oppdrag av Norges forskningsråd å utforme det faglige innholdet i et nasjonalt treteknologisk forskningsprogram.

Det ble tidlig klart at kompetanseutvikling og kompetanseheving vil være nødvendig på alle nivåer i forskningsmiljøene og i industribedriftene hvis trebaserte produkter skal makte konkurransen fra det økende antall nye produkter som tilbys forbrukerne.

Målet med et treteknologisk forskningsprogram ble derfor å utvikle livskraftige FoU-miljøer på internasjonalt nivå og medvirke til en fremtidsrettet, eksportsterk norsk treindustri.

I SSFF's forslag til et treteknologisk forskningsprogram ble det listet opp en rekke delmål som et slikt program skal oppfylle:

- ivareta behovet for grunnleggende nasjonal kompetanse om tre
- bidra til målrettet kompetanseoppbygging og rekruttering i FoU-miljøene
- bidra til samarbeid mellom FoU-miljøer
- vektlegge områder med forskningspotensiale
- vektlegge områder som ansees viktige fra brukernes side
- vektlegge områder som ansees viktige fra forskningens side
- bidra til en mer effektiv utnyttelse av råstoffet og ivareta virkeskvaliteten i produksjonskjeden
- bidra til å utvikle og forbedre produksjonsprosesser og produkter

Forslaget til treteknologisk forskningsprogram ble delt inn i hovedområdene råstoff, prosess og produkt, og det ble skissert en rekke prosjekter under disse områdene.

SSFF's programforslag resulterte i at Forskningsrådet våren 1994 bevilget midler til fire prosjekter som det alle skal knyttes minst en dr.gradsstudent til.

Prosjektene er: "Skogbehandling og virkeskvalitet", "Forbedring av trevirkets egenskaper", "Optimalisering av trelasttørking" og "Måling av tømmerkvalitet". Måling av tømmerkvalitet er det største av disse prosjektene med en bevilgning på 5,0 mill NOK for perioden 1994-98. Til sammen for alle prosjektene er det bevilget 9,4 mill NOK for hele perioden.

Formålet med prosjektet "Måling av tømmerkvalitet" er å fremskaffe ny kunnskap om alternativ og forbedret måleteknikk og målemetoder for registrering av tømmerkvalitet. Basert på denne kunnskapen om trevirkets egenskaper er målet dessuten å utvikle disse metodene slik at de kan brukes i tømmerterminaler, tømmersorteringsanlegg og tømmerinntak for å bestemme kvalitetsparametere som er viktige for å kunne utnytte tømmeret optimalt i trelast- og treforedlingsindustri.

# KYBERNETIKK

## BASISVERKTØY I BIOPRODUKSJON OG FOREDLING.

Petter Hieronymus Heyerdahl, Institutt for tekniske fag, Norges landbrukskole, Å.S.

Foredrag på nordisk seminar om «Måling av tømmerkvalitet» 25. oktober 1994.  
Arrangør: Norsk Treteknisk institutt og Institutt for skogfag, NLH.

### Noen begreper.

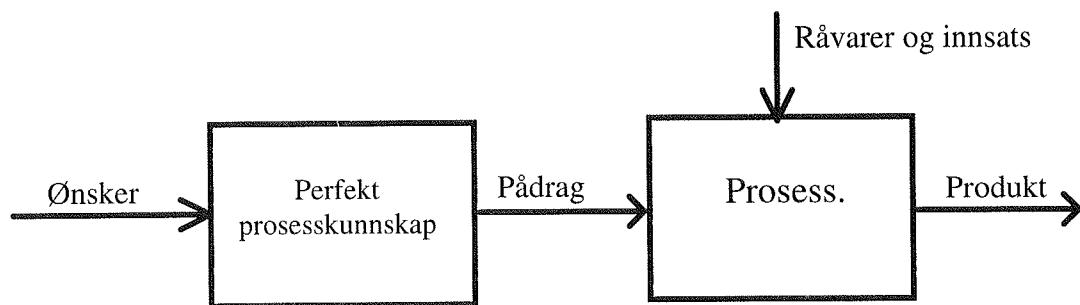
**Biologisk produksjon** er alt som vokser på vår klode, det vil si total tilvekst av biomasse.

**Bioproduksjon** derimot, er den andelen av den biologiske produksjon som er menneskestyrт.

Et sentralt begrep her er **menneskestyrт**. Dette betyr i korthet at mennesket griper inn i den biologiske produksjonen og styrer den slik at produktene og eller prosessene tilfredsstiller visse krav.

Bioproduksjonen avsluttes med for eksempel høsting, slakting eller hugging. Da starter en rekke **foredlingsprosesser** for å lage produkter som noen vil betale penger for å få. Også her er står styring av prosessene sentralt. Det er jo nettopp god styring som gir oss for eksempel bedre utbytte, senkete kostnader, høyere kvalitet, reduserte miljøbelastninger, lavere energiforbruk etc.

Styring av en prosess, det være seg bioproduksjon eller foredling, består i at vi gjør noe med prosessen; vi gir den **pådrag**. Pådragene er gjerne dannet av de krav vi stiller til prosessen og produktenes egenskaper kombinert med den kunnskapen vi har om prosessen, figur 1.

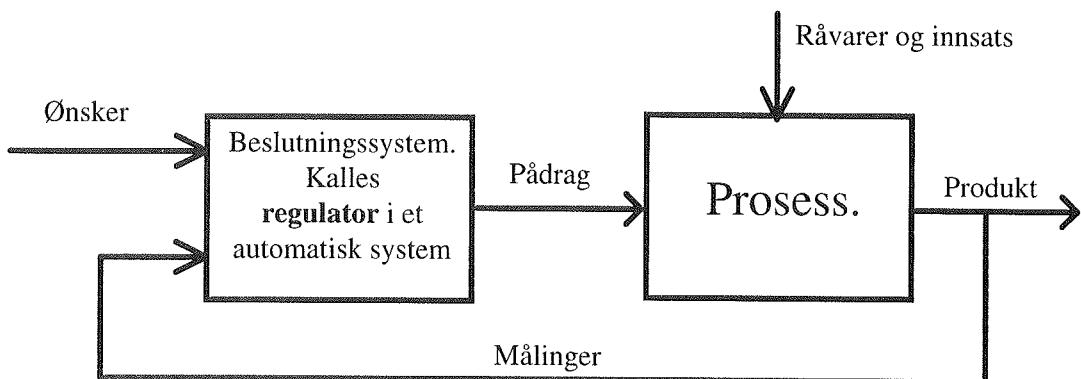


Figur 1. Prinsippskisse av styrt prosess.

Vi kan få gode resultater med slik styring dersom vi har perfekte kunnskaper om prosessen. Da kan vi nemlig nøyaktig forutsi hvordan prosessen vil reagere på våre pådrag og da kan vi også forutsi kvaliteten på produktet.

Imidlertid kjenner vi sjeldent prosessen godt nok til å styre den direkte. Da må vi innføre et regime der vi løpende korrigerer pådragene i forhold til hvordan prosessen utvikler seg. Når vi gjør dette, sier vi at prosessen er **regulert**, figur 2.

Pådraget som styrer prosessen er nå dannet av et beslutningssystem som sammenligner utviklingen i prosessen med de krav vi stiller. Når dette gjøres automatisk av for eksempel en datamaskin, kalles beslutningssystemet en **regulator**.



*Figur 2. Skisse av en regulert prosess. Det kan for eksempel være saging av tømmer.*

Regulatoren sammenligner løpende målinger på produktet (dimensjonen på planken) med ønsket verdi og stiller pådragene (sagen). Dimensjonene på produktet blir som ønsket selv om sagen forandrer seg under drift. Hvis ikke regulatoren klarer å oppfylle kravene kan den gi alarm eller stanse sagingen.

Når målinger i en prosess er koblet tilbake slik som vist i figur 2 sier vi at prosess, måling og regulator danner en lukket **sløyfe**.

Regulering av prosesser er et stort fagområde. Tidligere ble det gjerne kalt automasjon, men i dag kalles det **reguleringsteknikk** eller **kybernetikk**.

### Bioproduksjon kan også reguleres, men krever kunnskaper.

Biologiske prosesser har en ofte en iboende tosidighet. De er hardføre og robuste samtidig som de styres av signaler og påvirkninger som vi knapt kan merke, måle eller forstå. Den som vil regulere prosesser der dyr og planter er aktører vil oppleve at det levende liv kan overraske ved å velge andre veier enn de vi venter. Prosesser i bioproduksjonen er ofte mindre forutsigbare og derfor vanskeligere å regulere enn industrielle prosesser. Regulering av slike prosesser må derfor baseres på

- **Prosesskunnskap.** Her inngår for eksempel rutine, god røkt, omsorg, erfaring av typen "hvis vi gjør det slik så går det bra", klimahensyn, tradisjoner etc.
- **Prosessforståelse.** Det vil si de grunnleggende kjemiske og fysiske prinsipper som ligger til grunn for bioproduksjonen og dens kontaktflate mot den fysiske verden den lever i. Her må vi imidlertid trå varsomt. Vi må være forsiktige med å tro at vi forstår bioproduksjon fullt ut selv om vi forstår noen av de fysiske og kjemiske delprosesser som inngår.

Det er nettopp kunnskaper om biologi og naturgrunnlaget kombinert med teknikk som er et av hovedsatsingsområdene for Norges landbrukshøyskole.

## **Skal vi styre eller regulere prosessen?**

La oss illustrere forskjellene mellom styring og regulering med noen tenkte eksempler fra en sagssituasjon:

1) Sagmesteren bestemmer seg for en dimensjon på planken, stiller inn sagen på denne dimensjonen og kjører i vei uansett dimensjon på tømmeret, figur 1.

Dette er en styrt prosess der pådraget (innstilling av sagen) hverken blir stilt inn etter dimensjon på tømmeret eller av resultatet.

2) Tømmeret sorteres i klasser etter toppmål. Sagen stilles så i forhold til den klassen som skjæres slik at utbyttet blir best mulig.

Dette er også en styrt prosess der pådraget er fast innstilt for hver kjøring. Her tar man imidlertid i bruk forkunnskaper om prosessen basert på erfaringer fra tidligere. Dette kalles **foroverkobling**. Dette er den mest utbredte metoden pr. i dag.

3) Hver stokk måles individuelt etter ytre former. Stokken orienteres før den går i sagen som også stilles individuelt for hver stokk med hensyn på optimalt utbytte.

Dette er foroverkobling fra målinger på den stokken som står for tur. Dette er et langt kraftigere styringsverktøy enn skjæring etter klasser da man fanger opp variasjoner som toppmålet ikke gjenspeiler.

4) Måling av planken under saging. Under drift kan sagbladene skjemmes eller det kan bli mekaniske endringer i stillverket som kan gi variasjoner i dimensjonene. Ved å innføre løpende måling av dimensjonene som kommer ut av sagen kan pådragene som matehastighet og innstillinger justeres kontinuerlig slik at variasjonen i målene hele tiden møter bestemte krav, figur 2.

Dette er tilbakekobling fra målinger og gir stabil produktkvalitet. Det er naturlig å kombinere foroverkobling og tilbakekobling.

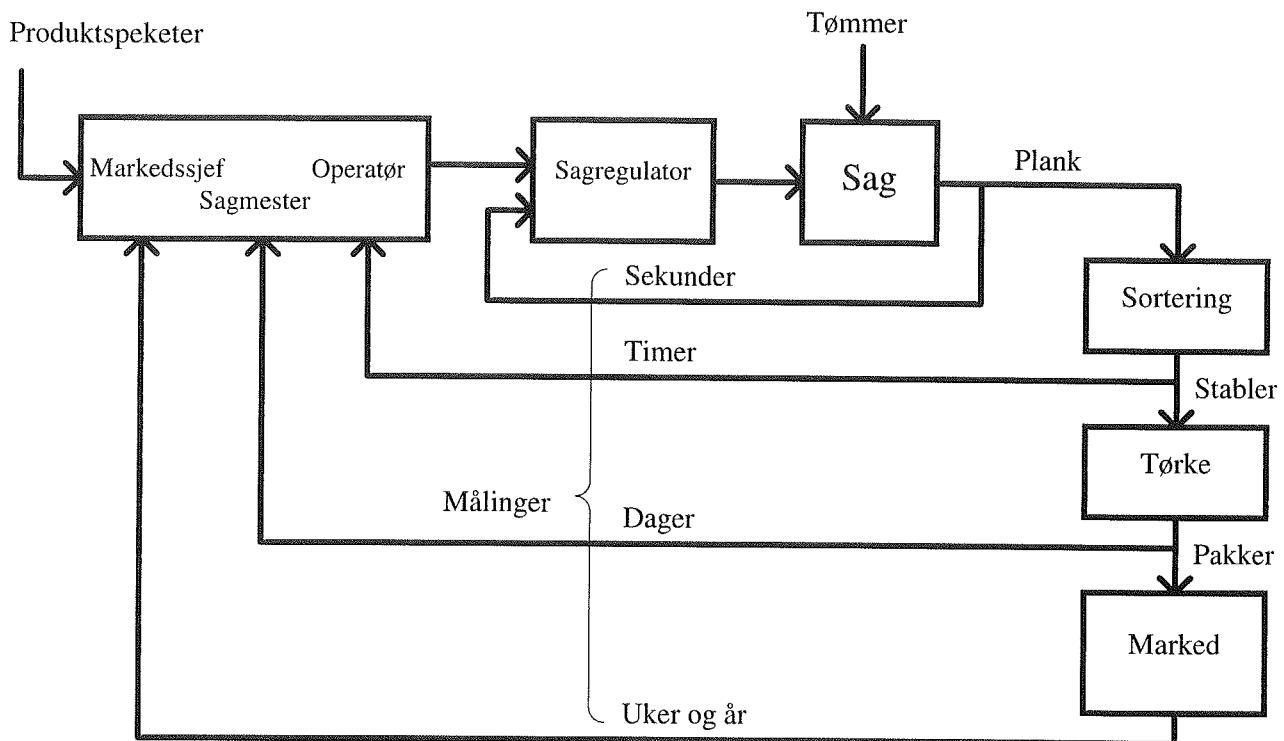
5) Stokken måles med gjennomlysningsmetoder for å kartlegge indre egenskaper som posisjon av grenkranser, kjernevæd, kandidater for svartkvist og indre sprekker.

Dette er foroverkobling med stort potensiale da plankenes kvalitet kan forutsies før skjæring. Slikt utstyr blir neppe allemannseie med det første fordi:

- Målemetoden er kostbar da den krever avansert gjennomlysningsutstyr.
- Tolkningen av dataene er komplisert og krever stor datakraft.
- Det er vanskelig å finne et regime for å utnytte dataene fullt ut.

Saging er eksempel på en samling dynamiske prosesser.

Vi kan prøve å illustrere material- og informasjonsflyten og noen dynamiske egenskaper i sageprosessen ved en eksempelbedrift «Konglerudsaga A/S», figur 3.



*Figur 3. Illustrasjon av sageprosessen hos «Konglerudsaga A/S». All informasjon som flyter tilbake fra prosessen, produktet eller markedet kan oppfattes som målinger. De kan ha svært forskjellig responstid.*

I eksempelet med «Konglerudsaga A/S» ser vi 4 sløyfer inne i hverandre:

Den innerste sløyfen, sløyfe 1, har tilbakekobling fra målingene på planken under saging. Her korrigeres avvikene øyeblikkelig. Vi har kort reaksjonstid for regulatoren. Vi sier den har kort **responstid**; i størrelsesorden sekunder.

I sløyfe 2 kan avvik i dimensjoner oppdages ved kontrollmålinger under strølegging eller sortering. Operatøren kan korrigere pådragene på sagen manuelt og vi kan vente responstid på timenivå.

I sløyfe 3 gjør man målinger etter tørking på pakkenivå. Avvik her rapporteres til sagmester og tiltak kan treffes. Responstiden er kanskje dager.

I sløyfe 4 er tilbakekoblingen reaksjonene fra markedet. Her kan responstiden naturligvis variere sterkt - vi snakker om dager eller uker. Markedsignalene av denne typen kan imidlertid ha forskjellige uttrykk og tolkninger. For eksempel kan uendelig responstid, det vil si ingen reaksjon, bety at kunden er fornøyd eller har valgt en annen leverandør! Her bør markedsavdelingen gå ut og måle hos kunden.

Figuren belyser noen interessante egenskaper ved prosessen «Konglerudsaga A/S».

- All informasjon som kobles tilbake i prosessen er målinger, selv om de har svært varierende form og uttrykk.
- All informasjon som beslutningssystemet bearbeider i forbindelse med sageprosessen skal fokuseres inn til ett punkt: nemlig pådragene til sagen. Dette er et kritisk punkt i prosessen.
- Produktkvaliteten påvirkes mest effektivt der dynamikken er stor - i de innerste sløyfer.

### **Kybernetikk, et tidløst styringsverktøy for optimister.**

Tekniske forskningsmiljøer, industri og forsvar har gjennom mange år utviklet kybernetikk eller reguleringsteknikk (eng. control theory) som egen fagdisiplin. Den er anvendt på industrielle prosesser med tanke på reduserte kostnader, bedre produkter, lavere utslipp etc.

Treforedlingsindustrien i Norge var tidlig ute med å utnytte kybernetikkens muligheter og kan vise til mange vellykkede installasjoner.

Nesten all aktivitet ved Norges landbrukshøyskole har siden starten i 1859 vært knyttet til forbedring av bioproduksjonen. I NLHs virksomhetsplan mot år 2000 er ett av målene å flette sammen elementer fra kybernetikken med kunnskaper om de biologiske prosessene og tilby dette som undervisning i **biokybernetikk**.

På denne måten ønsker vi å gi biogene en plattform for regulering av biologiske prosesser og øke forståelsen for at de utfordringene vi står overfor innen bioproduksjon og foredling løses best ved å betrakte teknikk og biologi som likeverdige partnere.

I vedlegget er det nevnt eksempler på aktiviteter ved NLH der biologisk prosessforståelse forenet med tekniske kunnskaper kan gi betydelige gevinster.

*Ved siden av å være et verktøy, er biokybernetikk også en optimistisk filosofi.  
Den skal gi studentene tro på at de problemer vi står overfor er utfordringer som kan løses.*

### **Konklusjon:**

To viktige faktorer for suksess med bioproduksjon og foredling er:

- **Vi må ha måleteknikk og sensor-teknologi som kan gi objektive og sikre målinger.**
- **Vi må forstå de biologiske og tekniske prosessene så godt at vi kan utnytte målingene.**

Begge disse faktorene er forankret i kunnskaper i fysikk som derfor er en av grunnpilarene i sivilingeniørutdanningen ved NLH.

Landbrukshøyskolen er gjennom sin nære kontakt med primærnæringen eier av problemer og utfordringer innen bioproduksjon, foredling, miljø og ressursforvaltning. Vi ser store utfordringer for fremtiden. Vi ønsker å videreutvikle kompetanse på områdene samt å knytte til oss miljøer vi kan vekselvirke med. Dette vil også fremme forståelsen mellom industri og primærnæring.

## Vedlegg.

### Noen eksempler på aktiviteter ved Norges landbrukskole med store utfordringer innen måleteknikk og prosessforståelse:

Biomassestimator for fiskeoppdrett. Tilvekst, helsetilstand og kvalitet er oppdretterens viktigste parametere for styring av driften ved anlegget. Tilveksten måles ved stikkprøver. Disse tas sjeldent for ikke å stresse fisken da dette gir redusert tilvekst eller for å gi fisken skader som sender den ned i lavere prisklasser. Helsetilstanden er vanskelig å vurdere og knyttes mest til appetitt, utbrudd av sykdom, markant endret adferd eller hvis smitte truer i omegn. Kvalitet er i dag sterkest knyttet til størrelse, form, fethet og farge på kjøttet.

Ved NLH er det konstruert et instrument for kontinuerlig måling av størrelse, form og svømmehastighet hos enkeltfisk i en merd eller dam. En ramme med fire gitter av infrarøde lysstråler senkes ned i merden. Når en fisk svømmer gjennom rammen måles høyde og bredde langs fiskens kontur slik at volum, form, svømmehastighet og akselerasjon kan beregnes. Etter en tid kan det dannes et bilde av størrelsese- og formfordeling samt svømmemønster. Størrelse benyttes i dag som målinger for regulering av tilvekst. Formen på fisken har sammenheng med fetheten og vil i nær fremtid bli en styringsparameter for kvalitet. Svømmemønster er dynamiske data som i fremtiden vil kunne benyttes som målinger for helse og appetitt.

Kvalitetsbestemmelse av slakt med impedansmåling. I dag klassifiseres slakt ved visuell vurdering langs slaktelinjen. Dette kan gi uønskede variasjoner over tid og innen de enkelte klassifisører og gi uheldige utslag i økonomiske oppgjør. Riktig og nøytral klassifisering vil gi rettferdige oppgjør, gi markedet mer presis produktinformasjon og kunne styrke avls- og foredlingsarbeidet da sikrere datagrunnlag vil kunne innhentes fra større mengder dyr.

Ved NLH utvikler vi et instrument for automatisk klassifisering av slakt ved å måle forholdet mellom elektrisk impedans og frekvens i slaktet. Siden fett og kjøtt har forskjellig ledningsevne, vil rent kjøtt, kjøtt marmorert med fett og fett kjøtt ha forskjellig impedans. I tillegg vil impedansen variere med frekvensen. Ved å kombinere impedansmåling med hvor på slaktet målingene er tatt kan vi danne et nøytralt, nøyaktig og mer detaljert bilde av kvalitetene ved slaktet.

Registrerende infiltrometer. Når man skal vurdere utbredelse av sigevann fra deponier, dimensjonere infiltrasjonsanlegg for gråvann, risikovurdere tankanlegg eller kartlegge og bestemme kapasiteten i grunnvannsreservoarer må man kjenne jordartenes evne til å transportere vann - dens hydrauliske ledningsevne. Ved NLH og JORDFORSK er det utviklet modeller for transport av vann i jord og et instrument for måling av ledningsevnen. Her inngår grunnleggende fysisk forståelse av strømning i porøse media, målefysikk og reguleringsteknikk.



## Innledning:

**Problem:**

Massekvaliteten varierer

**Årsak:**

Store variasjoner i råstoffet

**Løsning:**

Sorter råstoffet

# Forskjellen mellom disse stammedelsortimentene ble undersøkt

