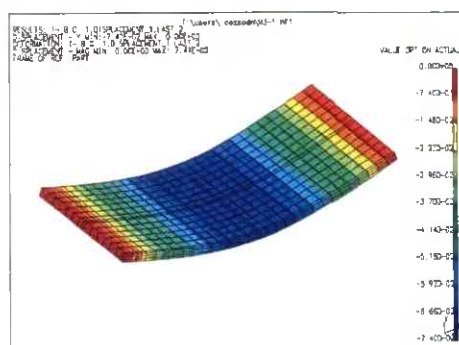


RAPPORT

Anders Gustafsson, Anna Pousette, Per-Anders Daerga

Företagsintegrerad produktutveckling – Förstudie



Träteknik

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Anders Gustafsson, Anna Pousette, Per-Anders Daerga

FÖRETAGSINTEGRERAD PRODUKTUTVECKLING
FÖRSTUDIE

TräteK, Rapport P 0309021

ISSN 1102 – 1071

ISRN TRÄTEK – R -- 03/021 -- SE

Keywords

| |
|--|
| <i>development</i> <i>feasibility study</i> <i>products</i> <i>wood</i> |
|--|

Stockholm augusti

Rapporter från Träteknisk Institutet – Institutet för träteknisk forskning – är kompletta sammanställningar av forskningsresultat eller översikter, utvecklingar och studier. Publicerade rapporter betecknas med I eller P och numreras tillsammans med alla utgåvor från Träteknisk Institutet i löpande följd.

Citat tillåtes om källan anges.

Reports issued by the Swedish Institute for Wood Technology Research comprise complete accounts for research results, or summaries, surveys and studies. Published reports bear the designation I or P and are numbered in consecutive order together with all the other publications from the Institute.

Extracts from the text may be reproduced provided the source is acknowledged.

Träteknisk Institutet – Institutet för träteknisk forskning – betjänar sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träförädlingsindustri), skivtillverkare och byggindustri.

Institutet är ett icke vinstdrivande bolag med industriella och institutionella kunder. FoU-projekt genomförs både som konfidentiella uppdrag för enskilda företagskunder och som gemensamma projekt för grupper av företag eller för den gemensamma branschen. Arbetet utförs med egna, samverkande och externa resurser. Träteknisk Institutet har forskningsenheter i Stockholm, Växjö och Skellefteå.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves sawmills, manufacturing (joinery, wooden houses, furniture and other woodworking plants), board manufacturers and building industry.

The institute is a non-profit company with industrial and institutional customers. R & D projects are performed as contract work for individual industrial customers as well as joint ventures on an industrial branch level. The Institute utilises its own resources as well as those of its collaborators and outside bodies. Our research units are located in Stockholm, Växjö and Skellefteå.

Förord

Denna rapport är en sammanställning av de resultat som framkommit under arbetet i projektet "Företagsintegrerad produktutveckling, förstudie" från september 2002 till och med maj 2003. Rapporten har sammanställts av civilingenjör Anders Gustafsson, teknologie licentiat Anna Pousette, teknologie licentiat Per-Anders Daerga, Patrik Adamsson och Lars-Erik Wikström, samtliga vid industriforskningsinstitutet Trätek. Förstudien har finansierats av Länsstyrelsen i Västerbottens län, VINNOVA, Skellefteå kommun och Svenskt Trä.

Skellefteå i juni 2003

Anders Gustafsson

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| SAMMANFATTNING | 5 |
| 1. BAKGRUND | 6 |
| 2. INLEDNING | 6 |
| 2.1 Industriell relevans | 8 |
| 2.2 Syfte och mål för förstudien | 10 |
| 2.3 Omfattning och avgränsningar | 11 |
| 3. FÖRSTUDIENS GENOMFÖRANDE | 12 |
| 3.1 Inventering av befintligt arbete | 12 |
| 3.2 Bestämning av relevanta data | 13 |
| 3.3 Tekniskt system | 13 |
| 3.4 Koppling mellan företag | 13 |
| 4. INVENTERING AV BEFINTLIGT ARBETE INOM ANDRA BRANSCHER | 13 |
| 4.1 Virtuellt produktutveckling i andra branscher | 13 |
| 5. BESTÄMNING AV RELEVANTA DATAMÄNGDER | 14 |
| 6. TEKNISKT SYSTEM | 15 |
| 6.1 Databasstruktur | 16 |
| 6.2 Databashanteraren | 18 |
| 6.2.1 Materialdatabas | 18 |
| 6.2.2 Resultatdatabaserna | 20 |
| 7. BEHANDLING AV DATA (MULTIVARIAT ANALYS) | 21 |
| 7.1 Allmänt | 21 |
| 7.2 Multivariat statistik | 21 |
| 7.3 Multivariat analys av fönster | 22 |
| 7.3.1 Arbetsgång – fönster | 23 |
| 7.3.2 Exempel fönster | 24 |
| 7.3.3 Sammanfattning fönster | 25 |
| 7.4 Multivariat analys av flerskiktsskivor | 26 |
| 7.4.1 Arbetsgång – flerskiktsskivor | 26 |
| 7.4.2 Exempel flerskiktsskivor | 27 |
| 7.4.3 Prediktion | 27 |
| 7.4.4 Sammanfattning flerskiktsskivor | 28 |
| 8. INTEGRERING MELLAN FÖRETAG | 28 |
| 8.1 Samarbetsformer | 29 |
| 9. ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN/KUNDER | 30 |
| 9.1 Användargränssnitt och implementering | 31 |
| 9.1.1 Allmänt | 31 |
| 9.1.2 Databasens blockstruktur | 31 |
| 9.1.3 Inmatningsdel | 33 |
| 9.1.4 Sök och resultatdel | 33 |
| 9.1.5 Implementering | 35 |
| 10. SLUTSATSER | 36 |

REFERENSER

| | |
|---|----|
| Bilaga A: Tabeller för materialdatabas | 38 |
| Bilaga B: Flerskiktsskivor av korslagda bräder | 39 |
| Bilaga C: Multivariat analys av fönster, exempel | 42 |
| Bilaga D: Multivariat analys av flerskiktsskivor, exempel | 50 |
| | 52 |

Sammanfattning

Denna rapport är en sammanställning av de resultat som framkommit i projektet "Företags-integrerad produktutveckling, förstudie". Förstudiens syfte är att identifiera problemställningar som kan uppkomma vid skapandet av ett hjälpmedel i form av en flexibel plattform att användas vid utveckling och anpassning av nya respektive befintliga produkter. Förstudien skall även visa på möjligheten att integrera de befintliga hjälpmedlen för beräkning av bär-förmåga, funktion, visualisering, produkt databank och för resultat från provningar. Rapporten diskuterar de möjligheter som finns att i ett integrerat system förbättra och öka industrins förmåga till effektiv produktutveckling med fokus på tekniska hjälpmedel.

Det övergripande målet med *hela* projektet är att stödja svensk industri för ökad export av träbaserade produkter. När hela projektet är avslutat skall ett IT-baserat produktutvecklings-verktyg eller metod kunna ställas till svensk träindustris förfogande. Den svenska industrin kommer allt mer att bli inriktad på produktion av specialtillverkade produkter. Kunder kräver nämligen allt mer anpassade produkter. Med hjälp av ett väl utbyggt hjälpmedel för produkt-utveckling förväntas följande industrinytta uppnås:

- Bättre stöd vid insäljning av nya produkter.
- Effektivare utvecklingsarbete.
- Större tillgänglig marknad.
- Högre kvalitet.

Fördelar med ett hjälpmedel för produktutveckling är även:

- Tillvaratagande av ackumulerad kunskap i genomförda utvecklingsprojekt.
- Möjligheten att finna "rätt" lösning i ett tidigt skede av utvecklingsfasen.
- Iterativ process där idéer kan provas tidigt i utvecklingsfasen.
- Lättillgänglighet.

Bakomliggande idé, för att uppnå effektivare utvecklingsarbete, är att skapa en plattform för sammanställning av stora mängder data under en längre tid. Detta ökar möjligheten att använda multivariat analys för utvärdering av produkterna. Med detta hjälpmedel skapas goda förutsättningar för statistiska uppföljningar vilket leder till bättre förutsättningar vid utvecklingsarbete.

Nedlagt arbete i förstudien visar att:

- Avgränsningar och gränssnitt mellan användare är avgörande för användbarheten.
- Möjligheter ges för företag att skapa "ordning och reda" i sin provningsdokumentation.

Fördelar med hjälpmedlet förväntas även vara:

- Det är tekniskt genomförbart, hitintills finns inget som tyder på att det finns några tekniska hinder för att bygga upp det tänkta hjälpmedlet.
- Rimliga kostnader.
- Lämpligast för ren produktutveckling.
- Tillgänglighet via webanslutningar gör att företag över hela Sverige bör kunna ha möjlighet att vara uppkopplade till databasen.

1. Bakgrund

Den svenska trämekaniska industrins utveckling av nya produkter kommer allt mer att intensifieras. Allt högre krav ställs på flexibilitet och snabbare anpassning till kundkrav. Det inhemska löneläget i förhållande till "låglöneländer" gör att svensk konkurrenskraft urholkas. För att bibehålla och öka sina marknadsandelar krävs det att svenska produkter kan anpassas till efterfrågan utan allt för höga kostnader i form av utvecklingsarbete, provningar, m m.

Det har länge arbetats med CAD-utveckling och integrering av utvecklingsarbete inom verkstadsindustrin, men vi konstaterar hur svårt det är för den trämekaniska industrin att ta åt sig detta hjälpmedel. Förmodligen är aktuella företag för små och deras vardag är teknikfokuserad och lite processinriktad.

Framgång är inte längre, eller kommer inte att bli, enbart beroende av hög produktivitet och god kvalitet. Det är snarare en förutsättning än en konkurrensfördel idag och här är ingen större skillnad mellan tillverkare. Tillväxt kommer framgent att fås;

- *Genom ökad geografisk marknad.* För att nå en större geografisk marknad krävs förutom god logistik väl utbyggd kommunikation i form av bl a information på Internet. Det kräver att företagets hemsidor snabbt kan uppdateras vilket kräver god kapacitet och kunskap i användandet av CAD-hjälpmiddel.
- *Genom innovationer.* Små företag har fördelen av att vara mera flexibla och svarar snabbare på förändrade kundkrav. De flesta innovationerna inom trämekanisk industri baseras på sammanfogning av redan befintliga komponenter till nya produkter och nya användningsområden vilket kräver god kännedom om tillgängliga komponenter.
- *Genom produktutveckling.* Tiden från utveckling av ny produkt till avveckling av produkten var under 1970-1980 ca 15 år (fönsterindustrin). Under de senaste tio åren bedöms den ha varit 6-8 år. Liknande förhållanden gäller för likartade sektorer inom byggnads- och möbelsnickerier. Det innebär därför stora förtjänster för varje månad en produkts livslängd kan förlängas. Detta kan ske alternativt med att utvecklingstiden minskar eller att kostnadseffektiva anpassningar görs av befintliga produkter. Båda alternativen kräver hjälpmedel för att snabbt kunna anpassa design, konstruktion m m till nya uppställda krav.

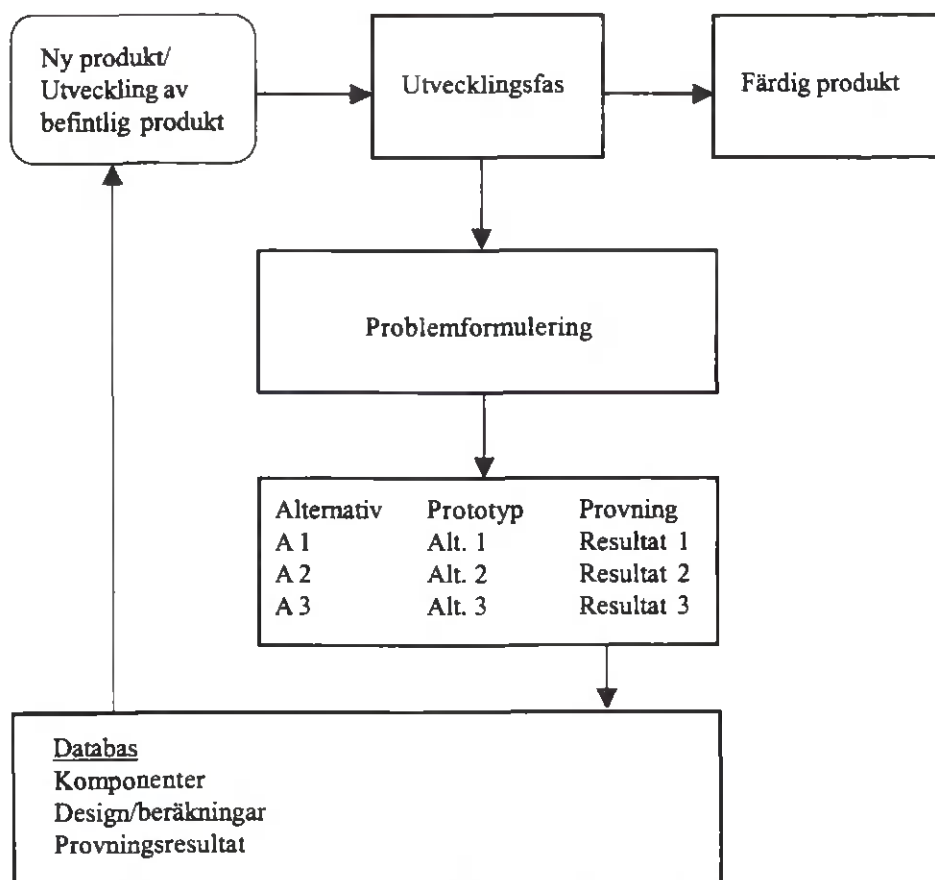
Modeller för att styra projekt i olika former finns idag på marknaden. Däremot finns det inga modeller för att integrera data från provningar som är till hjälp för utveckling av träprodukter. För detta krävs att en mängd parametrar samordnas likväl som provning av modellens funktion. Hjälpmedlet för att uppnå detta fås genom sammanbindning av råvarudata, beräknings- och simuleringsdata, provningsdata, produktdata. Härigenom skapas en plattform för produktutveckling. Hjälpmedlet skall vara användbart i såväl designfasen som produktionsfasen.

Trots all ny teknik som kan nyttjas återstår kärnfrågan att dra nytta av all kunskap och skapa ny kunskap. Använd inte ny teknik för att enbart göra samma sak, se till att tekniken hjälper dig i processen att skapa nya kunskaper!

2. Inledning

Att lösa problem är en läroprocess. Endast vid ett fåtal enkla problem kan utvecklaren komma med kompletta lösningar. Utvecklingsarbetet består av en iterationsprocess där det önskade resultatet uppnås efter ett antal steg.

För träindustrin, som till stora delar består av små och medelstora företag, är det svårt att uppbringa de resurser som skulle behövas för att nå ett bra resultat. En samverkan mellan företagen, genom att provningsresultat samlas och sammanställs för uppföljning och erfarenhetsåterföring som ett stöd i produktutvecklingsarbetet, kan därför fungera som genväg inom iterationsprocessen. Utvecklingsarbetets faser kan systematiseras och schematiskt presenteras enligt enligt *Figur 1*.



Figur 1 Schematisk bild över utvecklingsarbete

I en gemensam kunskapsbank kan slutsatser från många provningar, prototypframtagningar och simuleringar från många företag skapa en itererande process. Dataunderlaget samlas exempelvis i ett antal databaser; provningsdatabas, designdatabas och komponentdatabas.

Provningsdatabas

Provningsdatabasen innehåller resultat från provningar genomförda under ett antal år. Resultaten, i de fall där det är relevant, sammanställs med utvärderingshjälpmedel t ex multivariat-analys. Resultaten i databasen skall vara anonyma och de företag som ansluter sig till databanken skall också bidra med resultat från egna provningar. Provningsarna skall vara gjorda av välrenommerade provningslaboratorier och resultat som inte är verifierbara skall ej tas med.

Designdatabas

Utvecklingen av digitala hjälpmedel sker kontinuerligt. Övergången från 2D-ritningar till 3D-ritningar har intensifierats. 3D-ritningar innehåller större mängd information och tillsammans med materiallistor fås kompletta upplysningar om produktens uppbyggnad och utseende. Genom att lagra ritningar centralt fås god överblick av vilka ritningar som finns tillgängliga. Lagringsplatsen anordnas centralt och varje företag kan lagra sina specifika ritningar och enbart för eget bruk.

Genomförda beräkningar (FEM-beräkningar, simuleringar m m) lagras tillsammans med CAD-ritningar och ger en helhetsbild av produktens funktion. Tillgång till hela databasen har enbart administratören och då enbart för forskning och utvecklingsprojekt och där tillstånd inhämtats från respektive företag.

Komponentdatadatabas

Komponentdatabasen innehåller de komponenter som är fria att användas av alla anslutna företag. Databasen innehåller en samling komponenter som används vid uppbyggnaden av olika träprodukter såsom glas, glasningslistor, beslag m m.

Materialdatabas

Till databaser direkt kopplade till utvecklingsarbete kopplas även en informativ databas. Databasen skall innehålla data av informell karaktär, karakteristiska värden för material, dimensionerande värden för de vanligast förekommande byggmaterialen.

2.1 Industriell relevans

För att träbearbetande industri och sågverk skall kunna presentera nya produkter krävs förutom marknadskunskap, logistik m m att deras produkter även inrymmer teknisk kunskap. Teknisk kunskap erhålls genom utveckling av nya produkter och lärdom av tidigare utförda utvecklingsarbeten. För att göra detta behöver den trämekaniska industrin komma över ett antal hinder för att komma vidare.

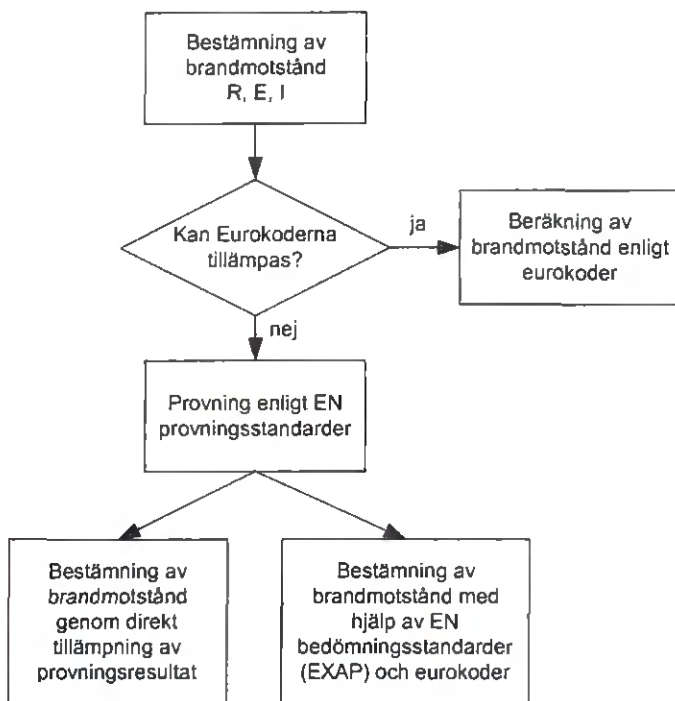
- En stor del av den information som kommer fram i en utvecklingsprocess kommer aldrig till användning i det fortsatta arbetet på grund av att kunskapen och erfarenheterna kommer bort på vägen.
- Brist på kritisk massa och kontinuitet. Många projekt lever under sin projekttid utan att nå tillräckligt momentum för att skapa en förändring. Projekten är ofta för små och saknar de resurser som erfordras för att skapa tillräckligt statistiska underlag.
- Det saknas bra program, som direkt kan förädla och nyttja den samlade informationen i utvecklingsarbetet.
- Det saknas överföringshjälpmedel mellan tillverkande företag och utvecklingsföretag.

Genom att utveckla ett produktutvecklingsverktyg på gemensam plattform och anpassningsbar till bestämda produkter finns möjlighet för industrieföretag att få ökad konkurrenskraft avseende:

- Snabbare utveckling av nya produkter samt lägre utvecklingskostnader.
- Lägre kostnader vid anpassning av befintliga produkter.
- Högre produktkvalitet.
- Bättre överstämmelse med efterfrågad produkt.
- Bättre uppföljning av offererade produkter med bättre överensstämmelse mellan för- och efterkalkyl.
- Bättre förståelse för orsak och verkan vid kundoptimering av produkter.

Behovet, relevansen i att få uppföljning och samverkan mellan provningsresultat och beräkningar/simuleringar visas inte minst av de förändringar som gäller för Eurokodernas status. Se nedan skrivning av Jürgen König, Trätek.

Eurokodernas status har höjts avsevärt. Avseende byggprodukter är dessa numera huvudreferensdokument i harmoniserade produktstandarder (hEN) och europeiska riktlinjer för typgodkännanden (ETAG). Detta märks särskilt med avseende på brand. Även med avseende på CE-märkningen för brandmotstånd kommer beräkning enligt eurokodernas branddelar numera att vara det första alternativet. Om det inte går att bestämma bärförmågan vid brand genom beräkning, är alternativet provning enligt europeiska brandprovningsstandarder. Inom CEN/TC 127 utvecklas f n så kallade bedömningsstandarder (extended application, EXAP) som i framtiden ska reducera behovet av brandprovning ännu mer. Dessa standarder kommer till användning när brandprovning har genomförts på en liknande produkt, t ex med annan geometri eller materialkvalitet. Utgående från tidigare provningsresultatet ska man sedan ofta kunna göra en bedömning av brandegenskaperna av den aktuella produkten. Återigen kommer eurokoderna att vara det viktigaste instrumentet för denna bedömning, se Figur 2. Det bör dock påpekas, att i många komplicerade fall kommer provning att förbli huvudalternativet.



Figur 2 Samverkan mellan provningsresultat och beräkningar/simuleringar

2.2 Syfte och mål för förstudien

Vid beaktande av traditionellt provningsförfarande för en produkt görs provningen utifrån sina egna aspekter och information som fås i ett utvecklingsarbete används vanligen vid ett tillfälle. Informationen från provningen återanvänds ej i kommande utvecklingsarbete i den omfattning som skulle vara möjlig.

Förstudiens syfte är att identifiera problemställningar som kan uppkomma vid skapande av en flexibel plattform som kan användas vid utveckling av olika typer av produkter, fönster, dörrar, trappor m m. Förstudien skall visa på eventuella möjligheter att integrera befintliga hjälpmedel för CAD, beräkningsmetoder för hållfasthet (FEM-beräkningar), funktion (FRAME-beräkningar), visualisering, produktdata och provningsresultat.

Målet för förstudien är att studera samarbetsformer och strategiska underlag som kan ligga till grund för det fortsatta arbetet i utvecklingen av en gemensam plattform.

Förstudien skall presentera en plan eller metod för hur ett integrerat produktutvecklingshjälpmedel skall byggas upp. Resultatet utformas på sådant sätt att strukturen skall kunna appliceras på olika typer av produkter. Vid byggande av en gränsöverskridande databas med resultat från en stor mängd provningar föresvävar målet ett verksamt hjälpmedel för uppföljning även vid produktutveckling inom det trämekaniska området.

Det ömsesidiga beroendet mellan "små" tillverkare för att skapa underlag i erforderlig omfattning måste leda till fördelar för alla involverade parter. I likhet med alla andra fungerande nätverk bygger det på att alla företag måste vinna på situationen. Minskade kostnader kommer fortsatt vara en viktig del i strategin, men det är med innovativ och effektiv utveckling de

mindre tillverkarna på sikt kommer att ha sina fördelar. Med detta följer modern informationsteknologi för att kunna hantera det ökande kommunikationsbehovet.

Idén bakom denna förstudie bygger på att skapa ett verktyg som hjälper företagen att överbrygga problemen och effektivisera sitt utvecklingsarbete. Utvecklingshjälpmedlet inryms förslagsvis i ett "virtuellt företag" vilket innebär att ett antal juridiskt oberoende företag sluter sig samman och gemensamt bidrar till det underlag som krävs för att bättre nyttja kunskap från genomförda provningar och beräkningar. De mindre företagen behåller sin självständighet, sin flexibilitet och ökar sin innovationskraft, samtidigt som de får tillgång till de större företagens underlag till utveckling av nya produkter. Det virtuella företaget tillhandahåller en tjänst i form av statistiskt underlag, bibliotek, eller bidrar med övriga utvecklingsresurser.

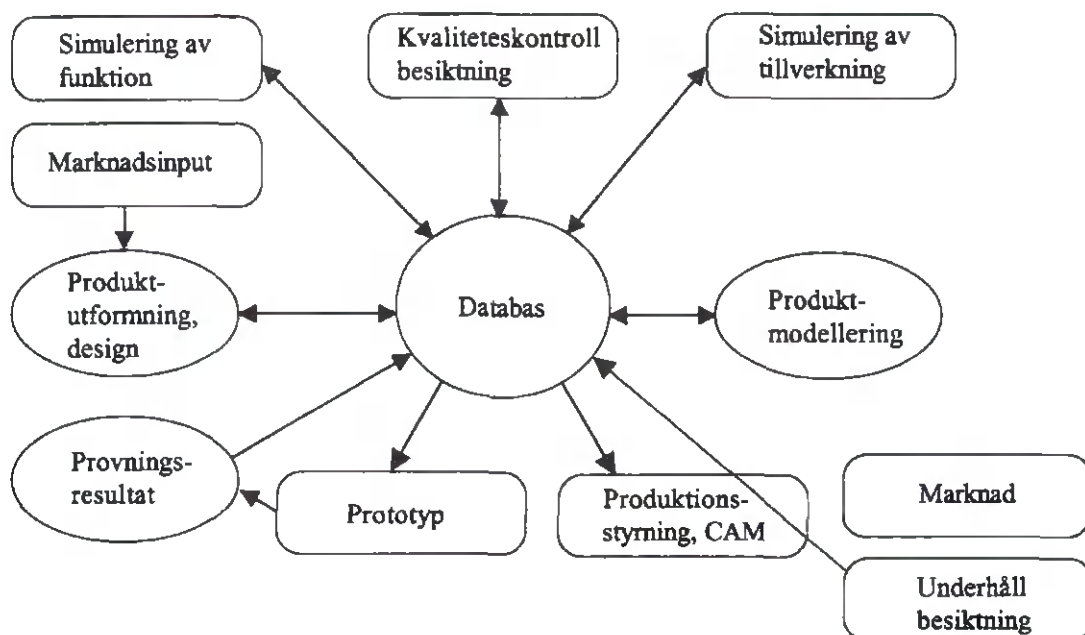
Trämekanisk industri är fragmenterad men med en enhetlig organisation kan utvecklingsfasen för nya produkter rationaliseras. Tillverkarna ger det "virtuella företaget" tillgång till sina produkter i form av CAD-ritningar och materialspecificeringar. Beräkningar, provningsvärden och lagring av tillverkarens data samlas in. Information som fås i ett utvecklingsarbete används vanligen vid ett tillfälle och tillverkare har direkt access till sina egna värden. Det "virtuella företaget" kan på detta sätt samla data för olika typer inom ett produktområde. Data kan sedan användas för att analysera bästa möjliga lösning i olika sammanhang, vilket kommer att vara till stor hjälp vid nästa tillfälle som tillverkaren önskar utveckla sin produkt.

Ett virtuellt nätverk som stöds och underhålls av ett professionellt tjänsteföretag som – om så önskas – kontinuerligt stödjer nätverket med tjänster som produktutveckling, statistiskt underlag, designhjälp, biblioteksservice, ..

2.3 Omfattning och avgränsningar

Produktutvecklingssystem omfattar vanligen hela kedjan från idé till tillverkning. Detta projekt avgränsar sitt arbete till att gälla de delar som är direkt inriktade på produktutvecklingsarbetet. Kopplingar skall dock finnas till de delar som ligger före den direkta produktutvecklingen såväl som de delar som ligger efter produktutvecklingskedet.

Nedan angivna *Figur 3* visar schematiskt på de direkta produktutvecklingsdelarna; produktutformning, produktmodellering, provningsresultat. Resultaten samlas in en gemensam databas.



Figur 3 Schematisk översiktsbild

Databas är den del av systemet där flera användare kan lagra sin information om sina produkter. Här lagras all information och kunskap som tagits fram i de övriga delarna, produktutformning, produktmodellering och provningsresultat.

Produktutformning är den del där produktens geometri, material m m bestäms.

Produktmodellering är den del där beräkningar görs med hjälp av olika expertprogram; I-DEAS, Frame, SolidWorks m fl.

Provningsresultat är den del av systemet där konkreta provningar görs. Insamlad data från provningar systematiseras för att kunna lagras i databasen för vidare bearbetning.

3. Förstudiens genomförande

Strategin för arbetet inom förstudiens ram indelas i ett antal delområden, inventering av befintligt arbetet, bestämning av relevanta databaser, tekniskt system och integrering mot företag.

3.1 Inventering av befintligt arbete

Inom verkstadsindustrin har integrerade system använts under många år. Det är därför av intresse att studera de metoder som använts och med inriktning på hur resultat från provningar, beräkningar m m nyttjas. Detta görs genom inventering av befintlig litteratur.

3.2 Bestämning av relevanta data

Vid produktutveckling förekommer ett stort antal material. En studie och sammanställning görs av vilka material, parametrar och produkter som bör ingå i databasen. Olika systems begränsningar, utbyggbarhet och flexibilitet beaktas.

- Flödesscheman bestäms och tekniska systembeskrivningar sammanställs.
- Relevanta materialparametrar, typer av produkter, lämpliga beräkningsmetoder analyseras och fastställs.
- Utkast och skisser till gränssnitt mot olika användare presenteras.

3.3 Tekniskt system

För själva processen krävs system som har den kapacitet och de systemegenskaper som erfordras. Modellen och den tekniska funktionen byggs upp i liten skala och funktionen kontrolleras med hjälp av olika typer av simulerade provningsdata. Några delar som beaktas är;

- Olika typer av databashanterare.
- Databashanterare som skall användas i förstudien bestäms, appliceras och utvärderas.

3.4 Koppling mellan företag

Integrationen i utvecklingsprocessen kräver fungerande gränssnitt mellan tillverkare och utvecklare.

Produktutveckling och resultat från produktutveckling betraktas av företagen som företags-hemligheter. Genom att samla en stor mängd data från likartade provningar men från olika företag är risken stor att involverade företag inte vill släppa sina resultat från genomförda provningar.

Genom att skapa företagsspecifika databaser lösgörs företagens resurser samt att alla resultat från provning m m samlas lätt överskådligt.

4. Inventering av befintligt arbete inom andra branscher

4.1 Virtuellt produktutveckling i andra branscher

Inom *verkstadsindustrin* och framför allt i de större företagen har försök med virtuell produktutveckling pågått under många år. Skillnaden mellan verkstadsindustrin och trämekanisk industri är företagets storlek. Inom verkstadsindustrin finns "jättar" som Audi, Mercedes, BMW med flera. De företagen är inriktade på att integrera hela kedjan från produktutveckling till färdig produkt inklusive de tjänster och dokumentation som följer med produkten. Till skillnad från den svenska trämekaniska industrin kan hela kedjan rymmas inom företaget. De underleverantörer som berörs är i sig själva stora oberoende företag men har ett väl integrerat samarbete med sina kunder och utvecklingen av delar sker till stor del hos underleverantörer. Det innebär att mycket arbete har inriktats mot kommunikation mellan företagen. Utvecklingsfasen berör också ett stort antal personer och utvecklingen sker parallellt inom olika delar. Inom trämekaniska industrin är utvecklingsfasen relativt begränsad gällande involverade personer och mestadels är arbetet baserat på tidigare utfört arbete. Det finns däremot en del att lära från verkstadsindustrins samarbete för virtuell produktutveckling.

Traditionellt inom verkstadsindustrin är de tekniska stycklistorna skilda från CAD-dokument. Med hjälp av PDM-system pågår en integrering av stycklistorna så att de kan nås av olika användare.

Den uppgiften skulle kunna inrymmas i ett "virtuellt företags" uppgifter att tillhandahålla databas för olika ingående komponenter. Exempelvis kan en tillverkare som önskar att byta beslag i sitt fönster hämta hem CAD-modeller över olika beslag med tillhörande specifikationer.

Problem som verkstadsindustrin stött på vid implementering av virtuell produktutveckling är följande:

- Ritningar finns inte som 3D-modeller.
- Datasökning tar lång tid.
- Kvalitet på produktdata är ej tillfredsställande.
- Gränssnitt mellan olika system fungerar ej tillfredsställande.
- Att introducera virtuell produktutveckling kräver en mental förändring hos användarna. Att lämna ifrån sig know-how i form av ritningar, beräkningar och data kan i detta fall anses vara en konkurrensnackdel, med följden att tillverkaren inte är benägen att lämna ifrån sig produktdata.
- Stora investeringar.

En effektiv utvecklingsprocess skapas genom att:

- Upprepningar undviks.
- Antalet arbetssteg minskas genom användande av simuleringsprogram och standardiserade komponentgrupper.
- Undvika att gå tillbaka till tidigare utförda arbetssteg.
- Processtegen utförs parallellt.

Inom många verksamhetsgrenar har utvecklingen av expertsystem gått längre än inom trämekanisk industri. Detta beroende på att inom t ex verkstads- och elektronikbranschens företag finns företag med stora resurser och där utvecklingsarbete i form av nya produkter är ett måste för att överleva på marknaden. För den trämekaniska industrin är bilden mer splittrad men gemensamt bör även träföretag kunna bygga upp en liknande struktur för utvecklingshjälpmedel av produkter.

5. Bestämning av relevanta datamängder

Vilken data som skall ingå i databasen är beroende av behov samt vilken data som är tillgänglig. Behovet kan anses vara oändligt men tillgänglig mängd data är ändlig. Huvuddelarna i databasen rör material och produkter. För huvuddelarna material finns det dimensionerande egenskaper (hållfasthetsvärden, skjuvmodul, elasticitetsmodul m m). För varje trämaterial finns det 40-50 olika värden som beskriver materialets egenskaper, *se tabeller 2 och 4, bilaga A*.

Utvecklingsarbete av träprodukter täcker ett stort spektrum från "enkla" limmade produkter till komplicerade produkter omfattande ett antal olika material. Arbetsgången vid utvecklingen av en limmad treskiktsskiva kan beskrivas enligt följande.

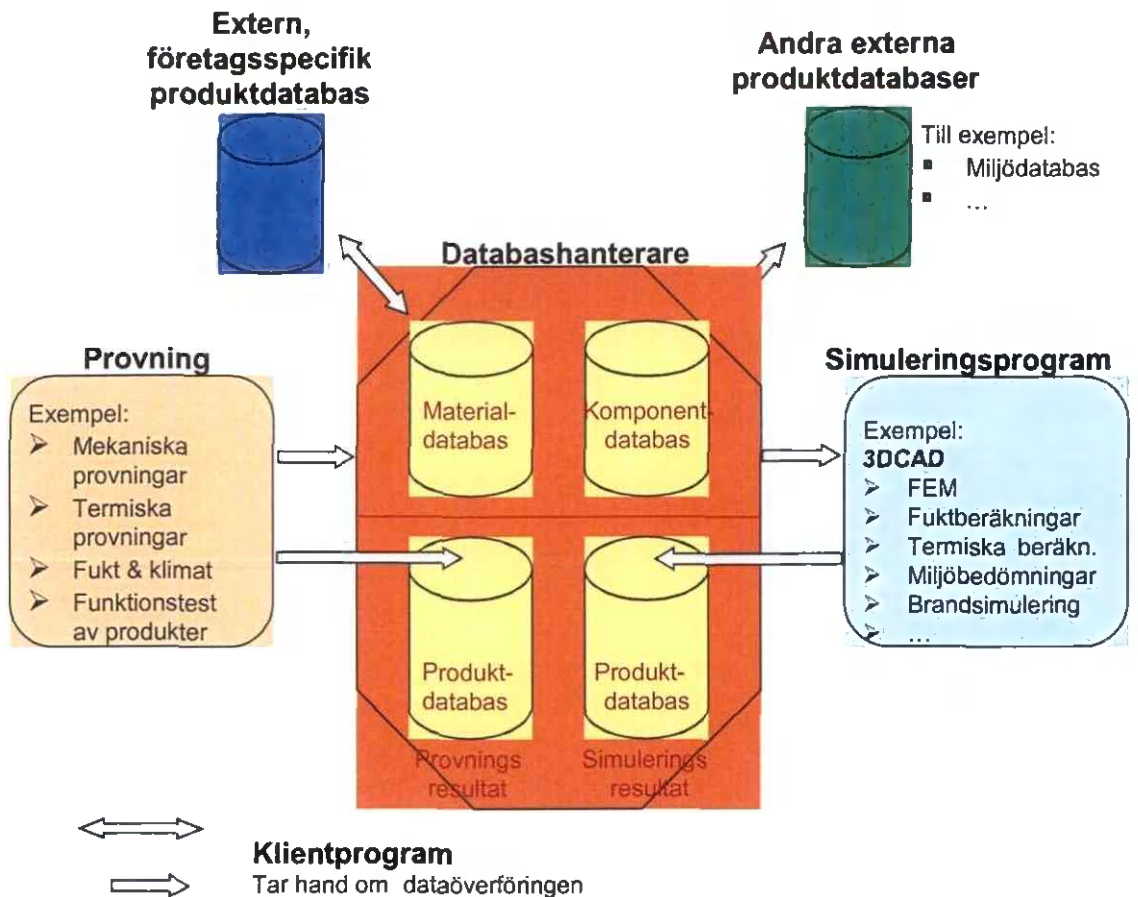
1. Tidigare utfört arbete
Sökning i databasen sker efter tidigare utförda provningar och beräkningar. Sökningen sker med sökorden "limmade treskiktsskivor". Resultatet ger fem stycken provningsrapporter, se bilaga B:2. Av provningsrapporterna framgår att skivor bestod av hoplimmade, korslagda bräder av likartad typ som söktes. Provningar bestod av mätningar av deformationer och brottlast, E- och G-moduler var beräknade. Resultaten lagrades i **produkt databasen för provningsresultat**.
2. Sökning i databasen gav även att två stycken beräkningar är utförda, se bilaga B:5. Skivornas förskjutningar och egenfrekvenser har beräknats med FE-program, och även E- och G-moduler hade beräknats. Materialvärden för beräkningen tas ur normer och annan litteratur. Resultatet hade lagrats i **produkt databasen för simuleringsresultat**.
3. Jämförelse visar att resultat från beräkningar och provningar inte stämmer. Orsaken kan vara felaktiga materialvärden. De enskilda bräderna provades med trepunktsböjprov, för att bestämma materialvärdet för $E_{//}$ -modul. Resultatet lagras i **material databasen för materialet trä**.
4. Skivornas nedböjningar beräknades på nytt med FE-program. Materialvärden för beräkningen tas från provning av bräder (enligt ovan) Resultatet lagras i **produkt databasen för simuleringsresultat**.

Schematiskt kan processen beskrivas enligt bilaga B:6

Till materialegenskaper och produkter krävs att beskrivande data (metadata) kopplas i tillräcklig mängd för att användaren ska kunna avgöra om angiven data är relevant eller ej. Beskrivande data kan bestå av beskrivning av produkten, geometriska mått, antal provningar som resultatet baseras på, var provningen är utförd, m m.

6. Tekniskt system

Hela systemet består av en databas för material, komponenter och produkter. Provningsresultat samlas i en resultatdatabas och allt behandlas av en databashanterare. Allt byggs i en kommersiell databasmiljö (exempelvis SQL). Materialdata tillhandhålls från facklitteratur och från lab. provningar från Trätec och andra utförare. Komponentdata (t ex beslag, tätningsskivor etc) erhålls från leverantörer och återförsäljare. Resultatdatabaserna innehåller resultat från Trätecs produktprovningar och -simuleringar. Perifert kan även externa databaser (företags-specifik produktdata) byggas upp och anslutas via databashanteraren.



Figur 4 Övergripande struktur.

Databasen ger indata till diverse tillämpningsprogram för simulering och analys genom specifika indataformulär. Den övergripande strukturen visas i *Figur 4*.

6.1 Databasstruktur

Databasens struktur baseras på fem nivåer, material-produktnivå, funktionsnivå, egenskapsnivå, värdenivå och attributnivå. Genom att dela databasen i nivåer fås möjligheten att åskådliggöra de sökmöjligheter som finns i databasen. Tilllägg av ny information kan göras i varje nivå. Nedan i *Figur 5* anges de tänkta strukturena för *hela* databasstrukturen.

Attributnivå

| TM_ID | Eg_ID | Fu_ID |
|-------|-------|-------|
| 1 | 1 | |
| 1 | 5 | |
| 1 | | 4 |
| 4 | | |
| 5 | | |

TM_ID = Testmetodindex;
 Eg_ID = Egenskapsprovningindex;
 Fu_ID = Funktionsprovningindex;

| A_ID | Temp | Fukt | Ålder | Läge | Provst orlek | Antal prov | Mätosäk erhet | K_ID |
|------|------|------|-------|------|--------------|------------|---------------|------|
| 1 | | | | | | | | 1 |
| 2 | | | | | | | | 2 |
| 3 | | | | | | | | 3 |
| 4 | | | | | | | | 4 |
| 5 | | | | | | | | 5 |

K_ID = Klimatindex

| A_ID | Im_ID | TM_ID | S_ID |
|------|-------|-------|------|
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 4 | 2 | 1 |
| 3 | 5 | 3 | 2 |
| 4 | 9 | 4 | 2 |
| 5 | 11 | 5 | 4 |

Im_ID = Imageindex; TM_ID = Testmetodindex; S_ID = Sourceindex



Värdenivå



| P_ID | Densitet | Spridning | U_ID | A_ID |
|------|----------|-----------|------|------|
| 2 | Värde 1 | | 1 | 1 |
| 2 | Värde 2 | | 1 | 2 |
| 2 | Värde 3 | | 1 | 3 |
| 2 | Värde 4 | | 1 | 4 |
| 2 | Värde 5 | | 1 | 5 |

U_ID = Unitindex; A_ID = Attributeindex

Egenskaps-/Klassnivå



| W_ID | Egenskap | P_ID |
|------|-----------|------|
| 4 | Böjhållf. | 1 |
| 4 | Densitet | 2 |
| 4 | E-modul,L | 3 |
| 4 | Furu | 4 |
| 4 | EWP | 5 |

P_ID = Propertyindex

Träslags-/Funktionsnivå



| G_ID | Trä | W_ID |
|------|-------|------|
| 1 | Björk | 1 |
| 1 | Ek | 2 |
| 1 | Gran | 3 |
| 1 | Furu | 4 |

W_ID = Woodspeciesindex

Material-/Produktgruppnivå



| Material | G_ID |
|-----------|------|
| Trä | 1 |
| Stål | 2 |
| Betong | 3 |
| Polymerer | 4 |

G_ID = Groupindex

Figur 5 Övergripande modulär struktur: material- och produktdata ordnas i flera undertabeller.

I databasen inarbetas även en dokumentinformation för att möjliggöra sökning av rapporter m m, se Figur 6. I dokumentinformationen samlas all den kringinformation som finns till stöd för dokumentet, resultatrapporten m m.

Hjälpstabeller

| T_ID | Title | Subtitle |
|------|-------|----------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

T_ID = Titleindex

| Au_ID | First name | Middle name | Last name | Current Profession |
|-------|------------|-------------|-----------|--------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

Au_ID = Authorindex

| D_ID | Type of document |
|------|------------------|
| 1 | Rapport |
| 2 | Artikel |
| 3 | Avhandling |
| 4 | Bok |

D_ID = Documentindex

Dokumentinformation

Kommentar

Info om dokumentet

Författare, Titel,
Typ av dokument &
Typ av provmetoder

DOKUMENT

| S_ID | No Of Pages | Year of publishing | P_ID | C_ID | Co_ID | ISBN | ISSN | ISRN | Key Words |
|------|-------------|--------------------|------|------|-------|------|------|------|-----------|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |

P_ID = Publisherindex; C_ID = Commissionindex; Co_ID = Countryindex

| S_ID | T_ID | Au_ID | Author profession | Af_ID | D_ID |
|------|------|-------|-------------------|-------|------|
| 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 1 | 1 | 2 | | | 1 |
| 2 | 2 | 5 | | | 2 |
| 3 | 3 | 6 | | | 3 |
| 4 | 4 | 11 | | | 4 |

S_ID = Sourceindex; T_ID = Titleindex; Au_ID = Authorindex;
Af_ID = Affiliationindex; D_ID = Documentindex;

Dokument kan vara:

RAPPORT

ARTIKEL

AVHANDLING

BOK

ANNAT

Figur 6. Övergripande modulär struktur för dokumentdata.

6.2 Databashanteraren

Databashanteraren är den del i systemet som skall ombesörja funktionen att lägga in, lagra och söka upp information/data. Hanteraren skall klara av att hantera stora mängder av information och olika typer av data. Data som kan bli aktuella att lagra är numeriska värden, text och bilder. Den skall även kunna delas in så att olika användare får skilda åtkomstvillkor. Under rubrikerna *materialdatabasen*, *resultatdatabasen*, *externa produktdatabaser* visas något av den information som kommer att finnas i databasen. Databasen kommer fysiskt att vara en enhet, nedan gjorda uppdelning är enbart symbolisk.

Vid uppbyggnad av systemet krävs att gränssnitten till användare anpassas till brukarna. Funktion, gränssnitt, tillträde till data, begriplighet och enkelhet är några faktorer som är viktiga för att systemet skall nyttjas och få spridning.

6.2.1 Materialdatabas

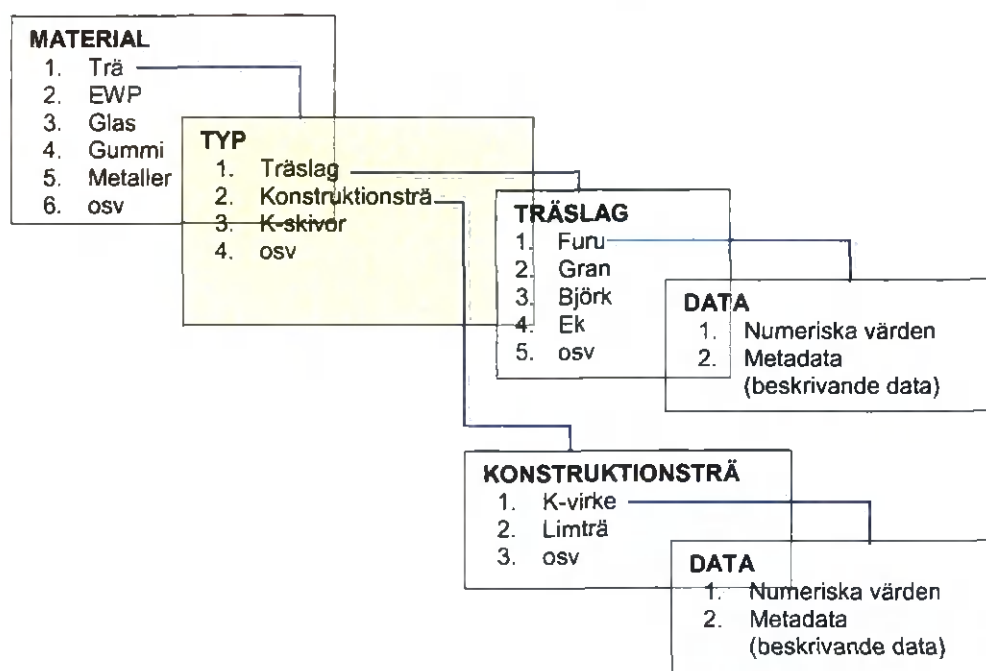
Vid uppbyggnaden av materialdatabasen har standardfunktioner använts i största möjliga mån. Detta för att användare lättare skall ta till sig hjälpmedlet och för att minimera introduktionstiden.

Tillämpningsprogrammen kopplade till systemet skall vara anpassade för t ex STEP-standard. Det grundläggande syftet med STEP-standard är att göra det möjligt att flytta information mellan olika system. Programvaran skall även vara anpassad för åtkomst från internet.

För en användarvänlig databas är sökfunktioner viktiga. Med rätt utformad sökstruktur ökar nyttjandegraden avsevärt. Materialdatabasen har därför indelats i två söknivåer, typ av material och typ inom materialgruppen. Resultatet av sökningen hämtas från resultatdatabasen.

Materialdatabasen struktur delas upp i fyra nivåer, se *Figur 6* enligt följande:

1. Material (trä, glas, metaller, gummi o s v). Huvudnivå och troligen första söknivå för användare.
2. Typ av trä (furu, gran, björk, ek, limträ o s v). Nästkommande nivå där avgränsning sker till aktuell materialtyp.
3. Materialdata för furu (normerade data, försöksdata). Aktuellt materials tekniska och fysiska egenskaper presenteras.
4. Normerade data eller försöksdata (numeriska värden, metadata)



Figur 6 Materialdatabasens principiella uppbyggnad

I databaserna görs en skillnad mellan Normerade data och Försöksdata.

Normerade data avser standardiserade värden från svenska och internationella regelverk. *Försöksdata* är publicerade experimentella data.

Normerade data indelas i numeriska värden och beskrivande data. Numeriska värden är de numeriska värden som hämtats från aktuellt normverk, se *Tabell 1*. Med detta fås en god översikt och därmed kan databasen även fungera som verktyg vid sökande av dimensionerande värden. Normvärden ger även möjligheten att bygga in automatisk rimlighetskontroll av värden från provningar. Beskrivande data (metadata), talar om var informationen står att finna och vilken information som finns inlagd, se *Tabell 2*.

Tabell 1 Exempel på numeriska värden

| Namn | Beteckning | Enhet | BKR | EN 338 |
|---|---------------------|-------|------|--------|
| Elasticitetsmodul för bärförmågeberäkning | $E_{Rk} / E_{0,05}$ | MPa | 6900 | 6700 |
| Skjuvmodul för bärförmågeberäkning | G_{Rk} | MPa | 450 | |

Osv.

Tabell 2 Exempel på beskrivande data

| Referens | BKR 99 | EN 338 |
|----------|---------|--------|
| År | 1998 | 1995 |
| Land | Sverige | Europa |

Även *Försöksdata* indelas i numeriska värden och beskrivande data. Numeriska värden, i försöksdatabasen, beskriver de resultat som framkommit i provningarna, se *Tabell 3*. Beskrivande data (metadata). Med metadata menas i detta fall den beskrivande information som alltid medföljer en provningsrapport, se *Tabell 4*.

Tabell 3 Exempel på numeriska värden i försöksdatabas

| Namn | Beteckning | Enhet | Trätekrappport xxx | | | Report TVSM-3020 | | |
|-------------------------|------------|-------|--------------------|-------|------------|------------------|-------|------------|
| | | | medel | stdav | fördelning | medel | stdav | fördelning |
| Elasticitetsmodul längs | E_L | MPa | 14908 | 2405 | normal | 16000 | | |

Tabell 4 Exempel på metadata i försöksdatabasen

| | | |
|------------|--------------------|---|
| Referens | Trätekrappport xxx | Report TVSM-3020, Lund University, ISSN 0281-6679 |
| Titel | Bräder till skiva | Modelling of wood properties by a mechanical approach |
| Författare | Anders Gustafsson | Kent Persson |

Osv.

En mera ingående beskrivning av tabellerna presenteras i Bilaga A. I bilaga A presenteras fyra tabeller som visar på tänkbart innehåll samt möjlig data

6.2.2 Resultatdatabaserna

Resultatdatabasen behandlar och inrymmer den information som kommer från genomförda provningar. Om överföringen till resultatdatabasen skall kunna ske automatiskt måste nya anpassade formulär för varje specifik typprovning tas fram. På motsvarande sätt bör resultat från de beräkningar och simuleringar anpassas till lagring i databasen.

Externa produktdatabaser

- Företagsspecifika
- Fristående

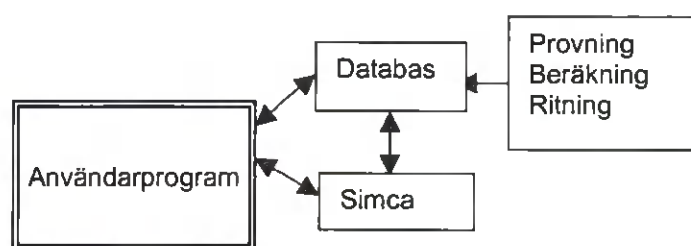
7. Behandling av data (Multivariat analys)

7.1 Allmänt

Vid provning av produkter fås ett resultat som är det samlade resultatet av varje ingående parameters medverkan till resultatet. En produkt bestäms av dess form, uppbyggnad och de ingående materialens egenskaper. En förändring av den geometriska formen, uppbyggnaden av produkten eller materialens egenskaper påverkar slutresultatet. Två olika produkter har utvärderats med hjälp av multivariat statistik; fönster och flerskiktsskivor av trä. Underlag till exemplen har hämtats från provningar utförda vid Trätek. Syftet med beräkningarna har varit att analysera hur underlag från befintliga provningsresultat kan nyttjas i statistikprogram för komplexa datamängder samt skapa underlag för utvärdering av vilka typer av produkter/variabler som är passande för multivariata statistikprogram.

7.2 Multivariat statistik

Program, som t ex Simca för multivariat statistik, kan användas tillsammans med databasen, se *Figur 8*. Man kan antingen hämta in data direkt till beräkningsprogrammet eller man kan plocka ut data från databasen till t ex Excel för vidare bearbetning.



Figur 8 Koppling till databasen av Simca, som är ett multivariat statistikprogram.

För att beskriva ett system eller en produkt behövs många variabler och egenskaper. Med multivariat data menas en datatabell med flera variabler och med värden för flera observationer.

| Observation | Variabel 1 | Variabel 2 | Variabel 3 | Variabel 4 | osv. |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

osv.

Med hjälp av multivariat dataanalys kan man få en samlad bild av ett system eller en produkt genom att använda statistiska modeller. Analyserna kan ge en översikt av datamängden och hitta samband mellan variablerna. Modellerna är dock alltid förenklade bilder av verkligheten, och observationer som avviker mycket från de övriga kan ha stor påverkan på modellen och bör inte tas med. Vid analyser av data med multivariat statistik är det viktigt att kontrollera att man har signifikanta och robusta modeller. Två olika värden brukar användas för att avgöra om de framtagna modellerna är bra. Förklaringsgraden, R^2X , anger hur stor del av variablernas variation som förklaras av modellen. Prediktionsförmågan, Q^2X , anger modellens för-

måga att förutsäga utfallet av nya observationer. PCA och PLS är två typer av analyser som används inom multivariat statistik.

Med hjälp av PCA (Principal Component Analysis) utvärderas datamängden. Observationer och variabler studeras, och man kan se kraftigt avvikande värden, grupperingar, andra skillnader och trender. Olika plottar kan användas för att studera datasetet. Med PLS (Projections to Latent Structures) undersöks förhållandena mellan responser (y-variabler) och faktorer (x-variabler), och man kan då prediktera – förutsäga – responsen om faktorerna ändras. Innan en PLS-analys utförs, kan PCA göras på x- respektive y-variablerna.

Två typer av produkter har studerats för att undersöka möjligheterna att använda multivariat analys för data från provningar och beräkningar. Produkterna är träfönster och flerskiktsskivor av bräder. Fönster kan betraktas som en komplex produkt med många olika ingående material och där resultaten baseras på funktionsprovningar. Flerskiktsskivor är en ”enklare” produkt med färre ingående variabler och där provningarna har utförts med mera renodlade försöksuppställningar.

7.3 Multivariat analys av fönster

Ingående material

En fönsterkonstruktion består av ca 8 till 13 olika delar gjorda i fyra till fem olika material.

Olika typer av provningsmetoder

För att fastställa en produkts funktion och produktens förmåga att uppfylla ställda krav finns framtagna provningsmetoder. Det finns ett tjugotal olika typer av provningsmetoder för fönster, fönsterdörrar och vädringsluckor samt ingående komponenter till dessa, se *Tabell 5*.

Vid utveckling av ett nytt fönster uppstår ett antal olika frågor om fönstrets slutgiltiga funktion. Exempel på frågeställningar är:

- Vilka faktorer har störst inverkan på lufttätheten?
- Hur stor blir luftflödet genom ett nykonstruerat fönster?
- Vilka parametrar skall jag ändra på för att få ett bättre värde?

Tabell 5 Exempel över olika provningsmetoder för fönster. Hämtat ur boken Fönster – projektering, Byggande, Underhåll

| Egenskaper | Provningsmetod |
|-----------------------|----------------|
| Lufttäthet | SS818126 |
| Regntäthet | SS818127 |
| Säkerhet mot vindlast | SS818128 |
| Värmeisolering | SS818129 |
| Kondensrisk | SS818130 |
| Mekanisk hållfasthet | SS818131 |
| Manövrerbarhet | SS818132 |
| Ljudisolering | SS025254 |
| Brandmotstånd | NT FIRE008 |
| m.fl | |

Analys av en funktion

Uppbyggnaden av analysen kan göras i flera steg för att sedan kombineras. Enbart vid en analys av lufttätheten för ett fönster finns det ett stort antal variabler som påverkar slutresultatet. Variabler som förekommer är beroende av uppbyggnad, form och materialval. En sammanställning av viktiga faktorer för fönstrets lufttäthet framgår i *Tabell 6*.

Tabell 6 Sammanställning över faktorer som påverkar resultatet för fönstrets lufttäthet

| | |
|----------------------------|---|
| A Fönstertyp | A1 Ej öppningsbart A2 Inåtgående A3 Utåtgående (flyttas upp?) |
| B Bågens typ | B1 Sidohängt B2 Pivåhängt |
| C Glasningssystem | C1 2+1 Glasning C2 3 Glas |
| D Material i karm och bäge | D1 Trä D2 Metall D3 Plast D4 Trä/Al |
| E Ytbehandling | E1 Obehandlat E2 Grundat E3 Lasyr eller impregnerat E4 Täckmålat |
| F Typ av tätningslist | F1 F2 F3 |
| G Beslagstyp | G1 G2 G3 |
| H Beslagsplacering | mm från kant/c-avstånd |
| I Bågens tjocklek | mm |
| J Bågens höjd | mm |
| K Bågens bredd | mm |

En stor del av informationen kan hämtas direkt från CAD-ritningar och direkta provningsresultat matas in manuellt i provningsformuläret och överförs till provningsdatabasen. Resultat från beräkningen ger vilka 3-4 variabler som har störst påverkan. Efter en genomförd provning tas informationen in till analysjälpmedlet och vid påföljande körning uppdateras totala databasen.

7.3.1 Arbetsgång – fönster

Här ges ett exempel på hur arbetsgången vid användning av databasen för fönsterprovningar kan se ut.

- a) I databasen görs en sökning på produkten fönster. Sökningen kan genomföras med olika sökvariabler, beroende på vad man vill undersöka t ex:
 - provningar (alt. beräkningar av t ex hållfasthet eller u-värde), ritningar,
 - egna företagets fönster alt. alla,
 - mått,
 - typ av fönster t ex öppningsbart/utåt/inåt/annat, fönstrets typbeteckning.

b) Sökresultatet är de fönster som finns i databasen. Man kanske hittade 50 provade fönster, som har uppmätta värden på

- öppningskraft,
- stängningskraft,
- regntäthet,
- lufttäthet.

c) Om man sedan väljer att undersöka lufttäthet, kan man finna mätresultat för olika belastningar på fönstren. Fönstren utsätts vid provningen för stegvis ökande övertryck och undertryck och man mäter hur mycket luft som passerar igenom fönstret. Luftläckaget jämförs vid kontrollprovningen mot krav i standarder. Trycken mäts i Pa och luftläckningen anges i $\text{m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2)$. De tryckskillnader som används är:

| Övertryck (Pa) | Undertryck (Pa) |
|----------------|-----------------|
| 100 | 100 |
| 200 | 200 |
| 300 | 300 |
| 400 | 400 |
| 500 | 500 |
| 600 | 600 |
| 700 | 700 |

d) Antag att man väljer att studera värden vid övertryck 600 Pa. Resultatet för alla de 50 fönstren kan först visas som medelvärden för alla, t ex lufttäthet = $3,2 \text{ m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2)$ (medel), $0,4 \text{ m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2)$ (stdav). Man kan också välja att få en lista för enskilda fönster (numrerade t ex 1, 2, 3, o s v) med kommentarer och anmärkningar, t ex lufttäthet + kommentar. Informationen kan användas för att se om någon provning gett ett exceptionellt resultat och om det finns någon kommentar till orsaken, för en bedömning om dessa fönster kanske ska väljas bort.

e) Multivariat statistik kan sedan användas på de utvalda fönstren, för att studera olika variablers betydelse för lufttätheten. Det kan ge kunskap om vad man ska ändra för att tillverka fönster med ännu bättre lufttäthet. Variablernas betydelse kan visas med VIP-värden. De variabler med högsta VIP-värden över 1 är de som har störst betydelse för lufttätheten.

f) Modellens noggrannhet visas med R^2 och Q^2 -värden. Om ingen signifikant modell erhålls, kan man välja bort eller lägga till fönster och/eller välja bort variabler och prova igen. Om modellen är tillräckligt bra, t ex R^2 och $Q^2 > 0,50$ ska man kunna testa ett annat utförande genom att ge nya värden på de variabler som modellen baseras på och göra en prediktion av vad lufttätheten skulle bli för ett nytt fönster med nytt utförande.

7.3.2 Exempel fönster

Fyra stycken analyser har utförts baserade på data från genomförda provningar. Utförligare beskrivning av analyserna och tillhörande diagram återfinns i bilaga C.

De utförda analyserna är;

- a) Analys med lufttätheten omräknad till $\text{m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2)$.
- b) Analys med lufttätheten uppmätt i m^3/h för ett urval av fönstren.

- c) Analys med lufttätheten uppmätt i m^3/h och med fler variabler.
 d) Analys med lufttätheten uppmätt i m^3/h och med fler variabler, för ett urval av fönster.

7.3.3 Sammanfattning fönster

De data som har använts i exemplen kommer från kontrollprovningar av fönster. Fönstren är alla av liknande typ, d v s det finns inte så många variabler som beskriver skillnaderna mellan fönstren. Storleken varierar, och några var fasta fönster, men i övrigt är konstruktionerna ganska lika.

För att kunna få fram bra modeller behövs fler variabler som beskriver fönstren, t ex dimensioner på båge och karm, olika lister, fästdon och antal gångjärn. Ytterligare variabler att ta med kan vara stängningskraft, bågens styvhet (tröghetsmoment) och tätningslistens bredd.

I en ytterligare modell med fler variabler användes som x-variabler open, type, wood, längd, area, höjd, bredd (open, type, wood, angavs som kvalitativa variabler som tidigare), samt dessutom stängningskraft (uppmätt vid provningen), I-båge (bågens tröghetsmoment), glaslist-h (höjd), glaslist-m (material), gångjärn-antal, avstånd gångjärn (avståndet från karmyttersida till gångjärn). Tätningslistens material är för samtliga fönster angivet som EPDM, och höjd och bredd är ritade ungefär lika på samtliga ritningar från respektive tillverkare, varför tätningslistan inte har tagits med som x-variabel, eftersom den inte varierar. Som y-variabler användes lufttäthet (m^3/h) för över- och undertryck 100, 200, 300, 400, 500, 600 och 700 Pa som tidigare.

Analysen gav ingen signifikant PLS-modell som kan beskriva sambandet mellan lufttätheten och de angivna x-variablerna för fönstren. Slutsatsen är att en noggrannare beskrivning av fönstrens konstruktion inte har så stor betydelse, eftersom stora uppmätta luftläckage framförallt har berott på fel i utförandet, och egentligen inte beror på fönstrens konstruktion.

Resultatet av de här analyserna visar att multivariat statistik är svår att utföra för fönsterprovningar. Orsaken är att provningarna utförs som kontrollprovningar av fönster som alla har ungefär samma utförande. Med planerade försöksdata kan man mer systematiskt studera de olika variablernas betydelse, genom att variera dem på ett metodiskt sätt. I framtiden om man får ett större urval av fönster som har provats, kan en större datamängd med större variation kanske innebära att man kan hitta de viktigaste parametrarna för att utveckla fönstren ytterligare. Man kan också studera variationer i tiden och se vad som har orsakat förbättringar och utnyttja det vid framtida produktutveckling.

Problemet med att man inte har planerade försöksdata, utan slumpmässiga provningar, får man ta hand om med lämpliga kontroller av data och modeller, t ex genom att

- ställa krav på R^2 och Q^2 -värdena för att ha bra modeller,
- DModx och score-värden används för att studera om data passar till modellen,
- PCA används för att kontrollera om data passar till modellen.

7.4 Multivariat analys av flerskiktsskivor

Ingående material

En flerskiktsskiva består av tre till fem skikt bräder, som är limmade eller mekaniskt hopsatta till en stor skiva. Skivans egenskaper är beroende av bland annat hur skikten placerats, skiktens tjocklek, hopfogningsmetod, skivans tjocklek m m.

Olika typer av provningsmetoder

För att fastställa en produkts funktion och produktens förmåga att uppfylla ställda krav finns framtagna provningsmetoder. För flerskiktsskivor finns det inga standardprovningar som enbart gäller för denna typ av flerskiktsskivor. Provningsmetoder som använts har därför baserats på de standardprovningar som bland annat gäller för trepunktsböjning av balkar.

Vid utveckling och bedömning av en ny flerskiktsskiva finns ett antal olika frågor om skivans slutgiltiga funktion. Exempel på frågeställningar är:

- c) Vilka faktorer har störst inverkan på bärförmågan?
- d) Hur stor är olika skiktjocklekar?
- e) Vilka parametrar skall jag ändra på för att öka bärförmågan vinkelrätt skivans plan?

7.4.1 Arbetsgång – flerskiktsskivor

Här ges ett exempel på hur arbetsgången kan se ut om man ska ta fram en flerskiktsskiva som ska klara vissa styvhetskrav. Vad kan man få ut av databasen om hur den bör utformas?

- a) I databasen görs en sökning på produkten flerskiktsskiva. Sökningen genomförs med olika sökvariabler, beroende på vilken typ man vill undersöka t ex:
 - provningar (alt. beräkningar, ritningar, allt),
 - alla alt. egna företagets skivor,
 - mått,
 - typ t ex limmad/spikad, skruvad.
- b) Sökresultat är de flerskiktsskivor som finns i databasen och som uppfyller sökvillkoret. De kan ha beräknade eller uppmätta värden på
 - E-modul,
 - böjbrottspänning,
 - G-modul,
 - skjubbrottspänning.
- c) Om man sedan väljer att söka på E-modul och böjspänning, kan man t ex få att resultatet för alla träffar är E-modul = 11000 MPA (medel), 600 MPa (stdav). Man kan också välja att få en lista för enskilda skivor, för att se om någon bör väljas bort.
- d) Multivariat statistik kan sedan användas på de utvalda flerskiktsskivorna, för att studera olika variablers betydelse för E-modulen, t ex med VIP-värden.
- e) Modellens noggrannhet visas med R^2 och Q^2 -värden. Om ingen signifikant modell erhålls, kan man välja bort eller lägga till flerskiktsskivor och/eller välja bort variabler och prova igen. Om modellen är tillräckligt bra, t ex R^2 och $Q^2 > 0,50$ ska man kunna testa ett annat utförande.

de genom att ge värden på de variabler som modellen baseras på och göra en prediktion av E-modulen för en ny skiva med nytt utförande.

7.4.2 Exempel flerskiktsskivor

För flerskiktsskivor finns data från provningar av ett antal flerskiktsskivor, samt från finit-element-beräkningar av ett större antal varianter. Provningarna användes vid utvecklingsarbetet framförallt för att kalibrera beräkningarna. Statistiska multivariat-analyser har utförts på olika data-set:

- A) Beräknade värden för skivor belastade i styva respektive veka riktningen
 - A1) Alla skivor belastade i styva och veka riktningen.
 - A2) Skivor belastade i styva riktningen.
 - A3) Skivor belastade i veka riktningen.
- B) Provade värden för skivor belastade i styva respektive veka riktningen
 - B1) Alla skivor belastade i styva riktningen.
 - B2) Alla skivor belastade i styva riktningen och ej stumskarvade.
 - B3) Alla skivor belastade i veka riktningen.
- C) Beräknade och provade värden för skivor belastade i styva respektive veka riktningen
 - C1) Skivor belastade i styva riktningen.
 - C2) Skivor belastade i veka riktningen.

Utförligare beskrivning av analyserna och tillhörande diagram återfinns i bilaga D.

7.4.3 Prediktion

Ett prediktions-set med två flerskiktsskivor med olika utförande användes för att testa vilket resultat man skulle få om man använde de ovan beskrivna modellerna för beräknade och/eller provade värden. Några prediktioner ger värdet noll för Tillh. mod, där Tillh. mod. anger sannolikheten att observationer tillhör modellen, och med 95% konfidensnivå anses observationer med sannolikhetsvärde mindre än 5% vara avvikande och inte tillhöra modellen.

Prediktionsset:

| Primary ID | skikt | skiktj 1 | skiktj 2 | brädbredd | träslag | skivtjocklek | skivbr. | spännv. | stumskarvar |
|------------|-------|----------|----------|-----------|---------|--------------|---------|---------|-------------|
| 3-skikt-t | 3 | 23 | 23 | | 1 | 69 | 900 | 2000 | |
| 3-skikt-t1 | 3 | 18 | 18 | | 1 | 65 | 600 | 2000 | |

Sammanfattning prediktion

| Modell | 3-skikt-t | | | 3-skikt-t1 | | |
|--------------------------|-------------|-------|----------|-------------|-------|----------|
| | Tillh. mod. | E | spänning | Tillh. mod. | E | spänning |
| Styva riktningen | | | | | | |
| Beräkningar (35 st) | 0,41 | 10125 | | 0,64 | 10247 | |
| Provningar (22 st) | 0,0 | 9897 | 0,86 | 0,48 | 10691 | 59,02 |
| Beräkn. + Provn. (57 st) | 0,57 | 10729 | 57,69 | 0,22 | 11113 | 60 |
| Veka riktningen | | | | | | |
| Beräkningar (23 st) | 0,97 | 523 | | 0,70 | 968 | |
| Provningar (12 st) | 0,0 | 1722 | 6,57 | 0,0 | 1240 | 13,76 |
| Beräkn. + Provn. (35 st) | 0,82 | 491 | 10,46 | 0,73 | 956 | 12,38 |

7.4.4 Sammanfattning flerskiktsskivor

Data för flerskiktsskivorna kommer från utvecklingsarbete där styvhet och hållfasthet har beräknats och mätts för att studera olika utföranden, och data-seten kan ses som delvis planerade försöksdata. Variablerna i studien har valts utifrån användbara dimensioner på skivorna, och med hänsyn till lämpliga dimensioner på bräderna.

Data-seten för flerskiktsskivorna ger ett bättre underlag för statistiska analyser än det tidigare exemplet med data från kontrollprovningar av fönster. Signifikanta PLS-modeller, som anger förhållandet mellan x- och y-variabler, erhöles för samtliga de använda data-seten. Modeller-
nas användning blir dock begränsad till liknande skivor, eftersom variablerna bara har varierats med ett fåtal värden. För att täcka in de flesta användbara varianterna av skivor skulle det behövas ytterligare ca 20-30 försök. Man kan också lägga till fler variabler, t ex stumskarvar-
nas lägen i skivan och avståndet mellan tvärgående bräder, vilket skulle kräva ytterligare försök.

Prediktionen för nya skivtyper ger lite olika resultat beroende på vilken modell som används och det beror bl a på att modellerna baseras på olika x-variabler och olika data. Vid praktisk användning bör variationerna som modellerna gäller för klart framgå och anges med t ex max- och min-värden för de olika ingående variablerna.

Multivariat analys kräver bra indata, och ger bäst resultat om indata kommer från designade försök. Multivariat statistik kan dock, även för annan typ av indata, vara till hjälp vid produkt-
utvecklingen, genom att man får en översikt av vad som finns utfört sedan tidigare, och vilka variabler som då var viktiga. Om databasen utökas med tiden, kan bättre modeller erhållas så att prediktioner för nya utföranden bli säkrare. Det förutsätter att det sker ett kontinuerligt utvecklingsarbete med de aktuella produkterna.

8. Integrering mellan företag

Med ökande konkurrens från bland annat länder med billigare arbetskraft kommer företagen tvingas till snabbare och effektivare produktutveckling för att med bättre produkter kunna upprätthålla sina marknadsandelar. Behovet ökar av avancerade beräknings- och visualiseringshjälpmedel för att kunna anpassa sina produkter. Det medför ett större flöde av informationsmängder i form av ritningar, beräkningar och provningsresultat m m för de egna produkterna. Möjligheten för små och medelstora företag att öka sin förmåga att utveckla pro-

duktioner kräver samarbete, lagringsplats samt enkla metoder för att ta fram och bearbeta information.

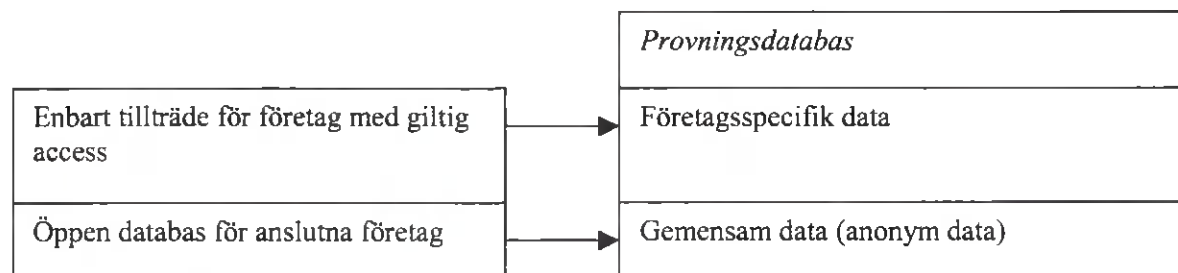
Genom att samla informationen i en databas anpassad för företagets produkter och med relevanta sökfunktioner ökar företagets förmåga att överblicka sitt utvecklingsarbete.

8.1 Samarbetsformer

Utvecklingsprojekt drivs internt inom företag eller som av företaget inköpta konsulttjänster. I det senare fallet sker arbetet vanligtvis med sekretess och i samråd mellan parterna. Avser uppdraget att ta fram en ny produkt eller likvärdig har beställaren oftast ensamrätt till uppdragets resultat. Resultaten från utvecklingsprojekt är oftast av den arten att beställaren vill behålla resultaten internt inom företaget. Därför är det av största vikt att resultat som lagras i databasen enbart kan nyttjas av behöriga personer.

I de fall där företagen enbart nyttjar databasen för lagring av sina provningsdata, CAD-ritningar m m är detta inga problem då åtkomst kan kopplas till t ex lösenord. I de fall data skall ingå i den "gemensamma" databasen anpassas provningsdata så att enbart allmängiltig data är tillgänglig. Personer med access till all information skall vara knutna till databasadministratör.

Önskar medverkande företag att enbart samla sina egna provningsresultat i databanken skall även det vara möjligt, se principfigur nedan.



En databas kan förläggas internt inom företaget alternativt "outsouras" till utomstående betrodd och kompetent "databasbank". Genom att förlägga databasen hos utomstående företag med resurser för underhåll och support uppnås ett antal fördelar:

- Egna resurser frigörs.
- System, hantering av system är alltid uppdaterade.
- Kunnig supportservice.
- God säkerhet, tillgänglighet.

En av databasens styrkor är mängden ingående data och möjligheten att bearbeta data. Mängden data inhämtas från rena forskningsuppdrag eller provningar initierade av industrin. Det kommer därför att krävas tillstånd från industrin eller andra parter för att använda resultaten i kommande utvecklingsarbeten.

Om varje enskilt företag ej lämnar information eller enbart önskar nyttja egna provningsresultat är det en risk att underlaget blir för litet eller för ensidigt för multivariata analyser. Det innebär att entydiga och signifikanta lösningar ej kan presenteras.

Resultat från produktutveckling i form av ritningar och värden är känslig information för den som äger resultaten, därför krävs det stor säkerhet mellan databashanterare, informationsgivare och företag. Detta kan uppnås genom olika typer av säkerhetssystem i form av krypteringar och lösenord.

För att anslutna företag skall acceptera att information om deras provningsresultat sparas och bearbetas i en gemensam databas krävs tydlig information och avtal mellan parterna.

Överenskommelse med respektive industripart

En formulering i utförarens (forsknings- och utvecklingsföretag) leveransbestämmelser för tjänster framgår vanligen att om ej annat överenskommit, äger utföraren rätt att, för såväl sitt eget forsknings- och utvecklingsarbete som i arbete för annan beställare, använda och vidareutveckla tidigare resultat och erfarenheter, om detta kan ske utan att beställarens affärshemligheter utlämnas.

Utföraren har dock ej rätt att publicera resultat från uppdrag utan beställarens medgivande.

9. Användningsområden/kunder

Uppbyggnaden av databasen ger oändliga möjligheter till variation. Ett antal användningsområden kan urskiljas beroende på vilken tjänst som efterfrågas. En variant är kompletta utvecklingshjälpmedel där helheten nyttjas. En annan variant är att nyttja delar av hjälpmedlet som lagringsplats, informationskälla eller behandling av data. Anpassningar för enskilda företag alternativt grupp av företag är till största delen beroende på utformningen av användarens gränssnitt.

Den struktur för ett hjälpmedel som presenterats har olika stor nyttjandegrad beroende på företagets verksamhet. Tre tydliga användare kan urskiljas; industri med egen utveckling, ett antal mindre industrieföretag med gemensamma utvecklingsbehov samt institut/universitet. Förutom nämnda användare finns ett antal tjänsteföretag som kan ha nytta av en samlade databas.

Industri med egen utveckling. För industrieföretag med stor egen utveckling kan databasen fungera som en sammanhållande länk mellan de egna projekten.

Mindre industrieföretag med gemensamma utvecklingsbehov. För mindre industrieföretag med måttliga resurser ges möjligheten att få en kontinuerlig uppföljning och lagring av sina egna provningar. Provningarna görs ofta punktvis och med avseende på att lösa ett specifikt problem. Genom att lagra alla provningar i en och samma databas skapas en intern överblick över vilka provningar som utförts under en längre tid samt att sökmöjligheter skapas. En samlad kunskapsbank ger små företag möjlighet att med måttlig insats få tillgång till statistiskt tillförlitligt underlag. Databasen ger också företagen möjlighet till lagring och god översikt av egna provningsresultat.

Institut/universitet. Databasen ger underlag för samkörning av data och med vars hjälp analyser av produkter kan göras. Sökmöjligheten ger en snabb överblick över vilka provningar som utförts och vilken relevant data som finns till hands.

Konsulter. Konsulter som ansluter sig till databasen kommer att ha enkel tillgång till aktuella dimensioneringsvärden för alla träslag och även andra material.

9.1 Användargränssnitt och implementering

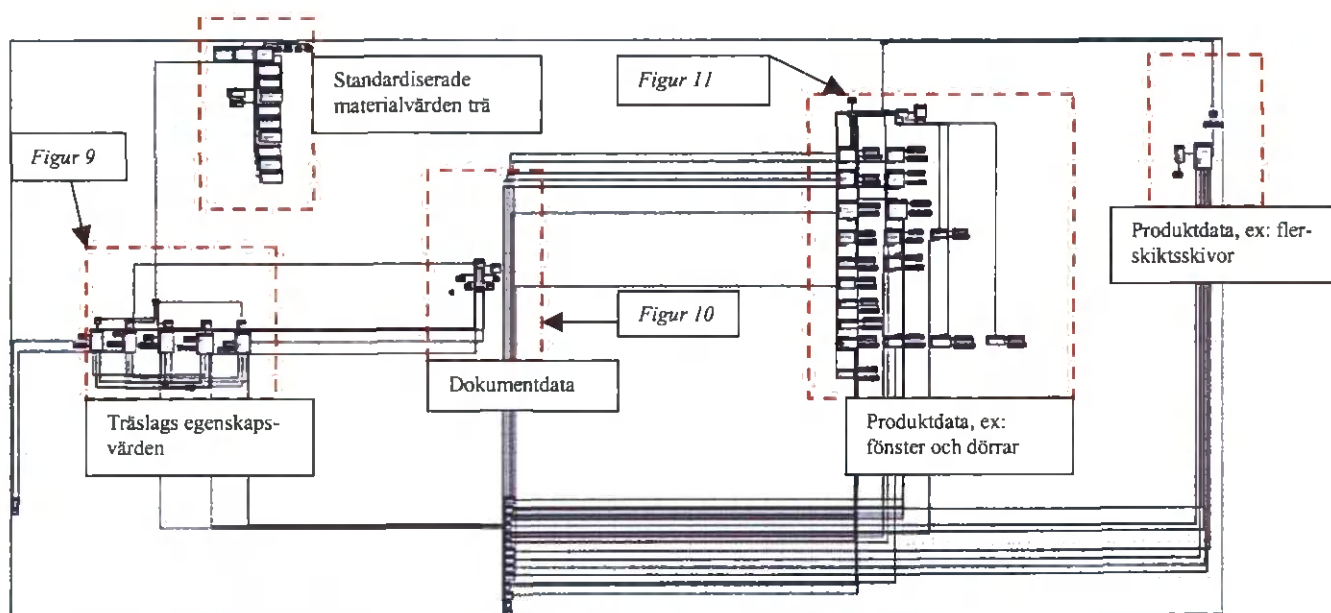
9.1.1 Allmänt

I förstudien har ett användargränssnitt sammanställts för att visa på hur kopplingen mellan företag och databasen kan se ut ur användarens synvinkel. Sökfunktioner utgör en av de viktigaste delarna vid användande av databasen.

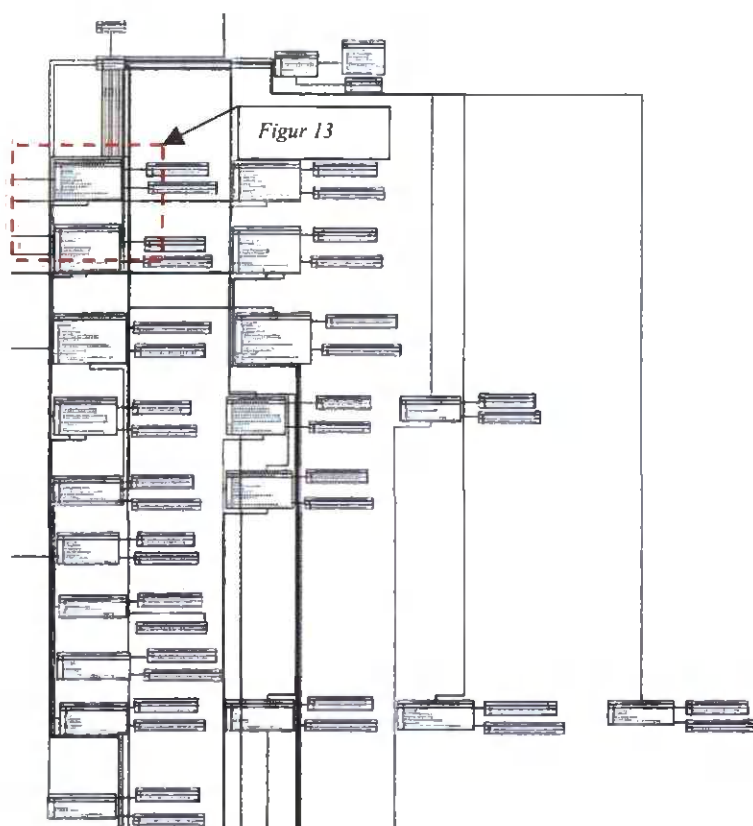
9.1.2 Databasens blockstruktur

Designen är utförd i Microsoft Visio och implementerad i Microsoft Visual Studio

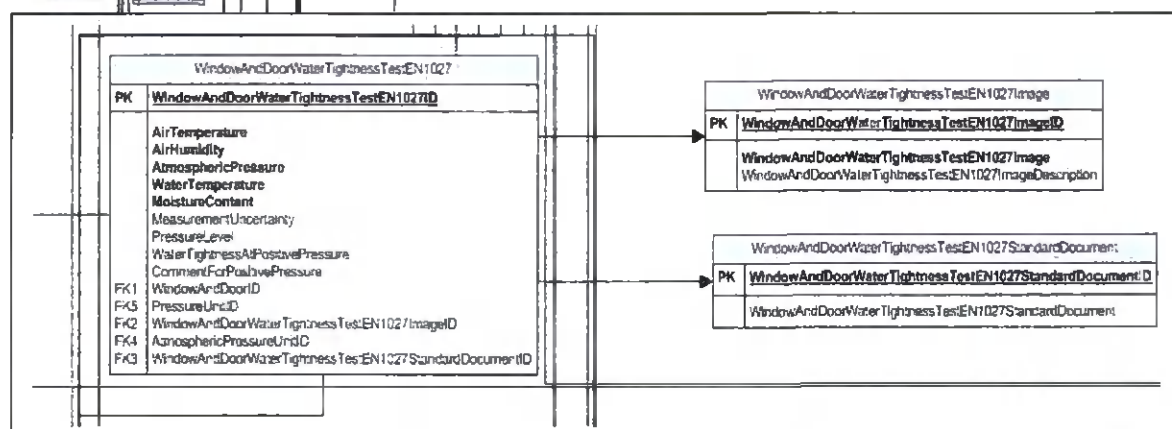
- Allt material och alla produkter samlade i en gemensam databas, se *figur 9*.
- Blockschemat har indelats i egenskapsvärden från materialprovning, standardiserade materialvärden, dokumentdata och produktdata.



Figur 8 Översiktsbild av databasens blockstruktur



Figur 12 Produktdatabasen inrymmer de olika provningsmetoder och standarder för varje enskild produkt. I vidstående figur visas det totala antalet provningsstandarder som finns för enbart fönster. Motsvarande schema och kopplingar byggs upp för varje produkt. Produktens komplexitet och antalet provningsmetoder bestämmer hur omfattande varje koppling kommer att bli.



Figur 13 Exempel på beskrivande data för provning av vattentätthet för fönster och dörrar

9.1.3 Inmatningsdel

Vid skapande av en inmatningsdel till databasen skall den anpassas till provningsmetod och den information som önskas vid kommande sökningar i databasen. Det innebär att inmatningsformulär måste byggas upp för varje enskild produkt.

9.1.4 Sök och resultatdel

Databasen kommer att användas till sökning av information alltifrån normerade värden till rena provningsresultat. Användaren skall enkelt definiera önskad information och i de fall användaren önskar skall analyshjälpmedel kunna hämtas in för utvärdering av resultat. Inom förstudiens ram har därför ett antal demosidor av sök- och resultatdel sammanställts. Nedan gjorda sammanställning utgör enbart en del av de möjligheter till olika sök- och resultatsidor som kan utformas från innehållet i databasen.

Form2

Författare/Dokument | Material | Produkter |

Trä | Stål | Polymerer | Metaller | Betong | **Berg** | Jord |

Sökning kan ske under tre huvudflikar, Författare/Dokument, Material och Produkter. Varje huvudavsnitt blir indelat i ett antal underflikar. Exempelvis för material ingår trä, stål, polymer, metaller, betong, berg och jord.

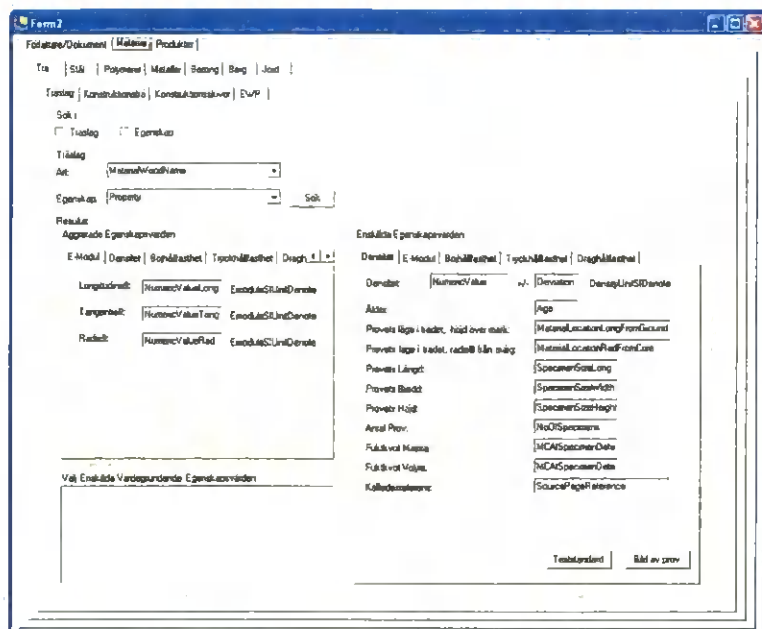
Figur 14 Exempel på huvudflikar

The screenshot shows the 'Form2' search interface with the following elements:

- Navigation:** Författare/Dokument | Material | Produkter |
- Sök:**
 - ☑ Dokument
 - ☑ Författare
 - ☑ Organisation
 - ☑ **Dokumentdata**
- Dokumentdata:**
 - Title: [Dropdown]
 - Huvudtitel: [DocumentTitle]
 - Undertitel: [DocumentSubTitle]
 - Författare: [Dropdown]
 - Autör: [Dropdown]
 - Förbete: [AuthorProfile]
 - Förnumr: [AuthorProfile]
 - Ejenditel: [AuthorProfile]
 - Ejendevr: [AuthorProfile]
 - Yk: [AuthorLegacyProfession]
 - Antal sidor: [SourceNoOfPages]
 - Publiceringsår: [SourceYearOfPubl]
 - ISBN: [SourceISBN]
 - ISSN: [SourceISSN]
 - ISRN: [SourceISRN]
 - Nyckelord: [SourceKeywords]
 - Semmerställning: [SourceAbstract]
- Organisation:**
 - AutörRelation: [Dropdown]
 - Huvudorganisation: [MainAffiliation]
 - Underorganisation: [SubAffiliation]
 - Underunderorganisation: [SubSubAffiliation]
- Buttons:** Rensa, Sök

Under fliken Författare/Dokument kan sökning göras på alla de dokument som finns inlagda i databasen. Varje utförd provning finns vanligtvis registrerad med Huvudtitel, Författare, löpnummer m m. Resultatet vid en sökning i detta skede ger ett utfall av ett antal rapporter som sedan kan hämtas upp och studeras mera ingående.

Figur 15 Exempel från dokumentsöksida



Figur 16 Exempel på sida för träslag

I underfliken Trä kan sökning ske på träslag med tillhörande materialegenskaper, samt normerade materialvärden för konstruktionsträ, konstruktions-skivor, EWP etc. Fliken Träslag innehåller "sanna" materialegenskaper medan övriga flikar innehåller normerade materialvärden från olika byggnormer, se *Figur 17*. Resultaten densitet, hållfastheter och styvheter kan presenteras som värden från enskilda provningar eller medelvärden från ett antal provningar. Till fliken kommer även uppdateringsmöjligheter att kopplas så att även de senaste provningsresultaten tas med.

| Egenskapsnamn | Värde |
|--|-------|
| Karakteristiska Hållfasthetsvärden | |
| Börning parallelt fibrerna, f_{yk} | 30 |
| Dragning parallelt fibrerna, f_{tk} | 20 |
| Dragning vinkelsett fibrerna, $f_{yk,90}$ | 0,5 |
| Tryck parallelt fibrerna, f_{ck} | 25 |
| Tryck vinkelsett fibrerna, $f_{ck,90}$ | 7 |
| Längdskrivning, ϵ_{yk} | 3 |
| Styvhetvärden För Bärformigtäckningar | |
| Elasticitetsmodul, E_{yk} | 8700 |
| Skjuvmodul, G_{yk} | 630 |
| Styvhetvärden För Därrastreräckningar | |
| Elasticitetsmodul parallelt fibrerna, E_{yk} | 12000 |
| Elasticitetsmodul vinkelsett fibrerna, $E_{yk,90}$ | 420 |
| Skjuvmodul, G_{yk} | 800 |
| Korrigerade Längd | |
| k_{yk} | 0,65 |
| k_{tk} | 0,65 |
| $k_{yk,90}$ | 0,4 |
| k_{ck} | 0,65 |
| $k_{ck,90}$ | 0,6 |
| $k_{\epsilon_{yk}}$ | 0,6 |
| Dimensionerade Hållfasthetsvärden | |
| $f_{yk,d}$ | 13 |
| $f_{tk,d}$ | 8,57 |
| $f_{yk,90,d}$ | 0,133 |
| $f_{ck,d}$ | 12,57 |
| $f_{ck,90,d}$ | 2,8 |
| $f_{\epsilon_{yk,d}}$ | 12 |
| Dimensionerade Styvhetvärden | |
| $E_{yk,d}$ | 3770 |
| $G_{yk,d}$ | 260 |
| Korrigerade Längd | |
| k_{yk} | 0,8 |
| k_{tk} | 0,8 |
| $k_{yk,90}$ | 0,8 |
| k_{ck} | 0,8 |
| $k_{ck,90}$ | 0,8 |
| $k_{\epsilon_{yk}}$ | 0,8 |
| $E_{yk,d}$ | 9500 |
| $E_{yk,90,d}$ | 220 |
| $G_{yk,d}$ | 940 |

Figur 17 Exempel på sida med normerade värden

9.1.5 Implementering

Fortsatt arbete/anpassningar

Det arbete som nedlagts i denna förstudie visar att uppbyggnaden av en provningsdatabas ur teknisk synvinkel inte har några direkta tekniska hinder. Nästa steg i utvecklingen är att färdigställa strukturen för en specifik produkt. Det fortsatta arbetet för specifik produkt skulle då omfatta:

- Anpassning av provningsförfarande.
- Anpassning och uppbyggnad av provningsformulär.
- Utveckling av modul eller Anpassning för inläsning av produktinformation.
- Utprovning av påverkande variabler.
- Uppbyggnad av multivariabel analys.
- Utvärdering av hjälpmedlet.
- Anpassning till andra databaser.
- Insamling av underlag.
- Utformning av gränssnitt mot intressenter.

I ett första steg bör den specifika produkten vara en ”enkel” produkt där provningsmetoderna är klart formulerade och variablerna relativt väl dokumenterade. Detta för att minimera kostnaderna för framtagning av variabler. Nyttan kan antas bli lägre än vid val av en komplex produkt men tids- och kostnadsfördelarna bör överväga.

10. Slutsatser

Uppbyggnaden av ett integrerat hjälpmedel för produktutveckling innebär en uppbyggnad av en komplex databasstruktur. För att det skall fungera fordras en sammanhållen länk mellan alla faserna i produktutvecklingsprocessen. Förstudien har fokuserats på integreringen av provningsresultat i utvecklingsprocessen och på det sätt resultaten skall komma till nytta för kommande utvecklingsarbete. Hitintills visar nedlagt arbete i förstudien att:

- Tekniskt finns det inget som tyder på att en helhetslösning inte är möjlig. Databaser, kompletterade med lättanvända användargränssnitt, möjliggör för de flesta att utan förkunskaper kunna använda systemet.
- Databasen skapar en plattform för insamling av stora mängder data under en längre tid, vilket ökar möjligheten till att använda t ex multivariat analys för utvärdering av produkter. Med detta hjälpmedel skapas goda förutsättningar för statistiska uppföljningar.
- Möjligheter ges för företag att skapa ”ordning och reda” i sin provningsdokumentation.
- Befintliga provningar enbart till viss del kan användas. Tillverkningskontroll av produkter är en av de vanligaste provningarna som görs inom exempelvis fönsterindustrin. Upplägget av dessa provningar baseras enbart på att visa om produkten klarar de krav som ställs. Det innebär att en stor del av de variabler som påverkar resultatet ej tas med på grund av att tillverkningsfel överskuggar de mindre variabelernas inverkan på resultatet. För att framledes nyttja resultat från provningar vid tillverkningskontroll i utvecklingsfasen krävs att varje produkts påverkande variabler utvärderas ingående och att provningsförfarandet anpassas för att uppnå avsedd verkan.
- Det är av största vikt att avgränsningar för vad som kan nyttjas som allmän data och företagsunik data klargörs och väl specificeras gentemot företagen.

Fördelar med hjälpmedel för produktutveckling förväntas även vara:

- Att ta vara på den ackumulerade kunskapen i genomförda utvecklingsprojekt.
- Att finna ”rätt” lösning i ett tidigt skede av utvecklingsfasen.
- Att arbeta i en iterativ process där idéer kan provas tidigt i utvecklingsfasen.

- Tillgänglighet via webanslutningar gör att företag över hela Sverige bör kunna ha möjlighet att vara uppkopplade till databasen.

Ett fungerande system kräver en lång implementeringstid då stora delar av datamängderna kontinuerligt läggs till i databasen. En jämförelse kan göras med att om motsvarande hjälpmedel vore uppbyggt för 20 år sedan skulle industrin och forskningsvärlden idag inneha en ovärderlig kunskapsbank.

Detta hjälpmedel är början till ett verktyg som bidrar till *samverkan* mellan industri och FoU och ger den kritiska massa som krävs för att skapa nya produkter under en längre tidsperiod.

Hjälpmedlet/databasen kommer successivt att förbättras och inom ett tiotal år kommer inget motsvarande system att finnas i Europa.

Referenser

Adlercreutz, Axel: *Avtalsrätt I*. 11 uppl. Juristförlaget i Lund 2000.

Bernitz, Ulf: *Standardavtalsrätt*. 6 rev. uppl. Stockholm: Norstedts juridik 1999

Bogdan, Michael: *Utrikeshandelns civilrättsliga grundproblem*. 2 uppl Stockholm: Norstedts 1994.

Frisk Eva: *Konstruktionsarbete i produktutveckling, Lic. avhandling KTH 1995*

Fönsterprojektering, byggande, underhåll. Svensk Byggtjänst, Lund 1984

Grauers, Folke: *Fastighetsköp*. 15 uppl. Lund: Juristförlaget/ Studentlitteratur 2001.

Hellner, Jan: *Speciell avtalsrätt II*. Kontraktsrätt, 1 häftet. 3 uppl. Stockholm: Juristförlaget 1996.

Hed, Olle, Jori Munukka: *Standardavtal - en formulärsamling*. Stockholm: Juristförlaget 1993.

Heper, Yasemin, Eliason, Johan Virtuell: *Produktutveckling i Tyskland, konferensrapport 1998-10-27*

Håstad, Torgny: *Den nya köprätten*. 4 uppl. Uppsala: Iustus 1998.

Kleineman, Jan: *Rättsfallssamling i civilrätt*. 8 uppl. Stockholm: Juristförlaget 1994.

Ramberg, Jan: *Köplagen*. Norstedts Juridik. Stockholm 1995.

Ritzen S., Nordqvist S., Zika-Viktorsson A.: *Förstudier i industriell produktutveckling, KTH 1996*

Slutrapport 98324 PRODIT, *3-D-Produktmodell som 4D-Produktionsmodell*

Whellwright S., Clark K.: *Revolutionizing Product Development, New York 1992*

Bilaga A. Tabeller för materialdatabas

Bilaga A:1

Tabell 1

Material
Trä
Gran
Normerade data

Beskrivande data (metadata)

| | | |
|-------------------|--------------------|--------------------|
| Referens | BKR 99 | EN 338 |
| År | 1998 | 1995 |
| Land | Sverige | Europa |
| Träslag | barrträ | barrträ |
| Material | konstruktionsvirke | konstruktionsvirke |
| Hållfasthetsklass | K24 | C24 |
| Typ av värden | karaktäristiska | karaktäristiska |

Tabell 2

Material
Trä
Gran
Normerade data

Numeriska värden

| Namn | Beteckning | Enhet | BKR | EN 338 |
|--|-------------------------|-------------------|-------|--------|
| Elasticitetsmodul för bärförmågeberäkning | $E_{Rk} / E_{0,05}$ | MPa | 6900 | 6700 |
| Skjuvmodul för bärförmågeberäkning | G_{Rk} | MPa | 450 | |
| Elasticitetsmodul parallellt för deformationsberäkning | $E_k / E_{0,mean}$ | MPa | 10500 | 11000 |
| Elasticitetsmodul vinkelrätt för deformationsberäkning | $E_{90k} / E_{90,mean}$ | MPa | 350 | 370 |
| Skjuvmodul för deformationsberäkning | G_k / G_{mean} | MPa | 700 | 690 |
| Hållfasthet böjning parallellt | $f_{mk} / f_{m,k}$ | MPa | 24 | 24 |
| Dragning parallellt | $f_{tk} / f_{t,0,k}$ | MPa | 16 | 14 |
| Dragning vinkelrätt | $f_{t90k} / f_{t,90,k}$ | MPa | 0,5 | 0,4 |
| Tryck parallellt | $f_{ck} / f_{c,0,k}$ | MPa | 23 | 21 |
| Tryck vinkelrätt | $f_{c90k} / f_{c,90,k}$ | MPa | 7 | 5,3 |
| Längsskjuvning | $f_{vk} / f_{v,k}$ | MPa | 3 | 2,5 |
| Tvärskjuvning | f_{v90k} | MPa | 1,5 | |
| Densitet | ρ_k | kg/m ³ | | 350 |
| Medeldensitet | ρ_{mean} | kg/m ³ | | 420 |

Tabell 3

Material
Trä
Gran
Försöksdata

Beskrivande data (metadata)

| | | |
|-------------------------------|--------------------|---|
| Referens | Trätekrappport xxx | Report TVSM-3020, Lund University, ISSN 0281-6679 |
| Titel | Bräder till skiva | Modelling of wood properties by a mechanical approach |
| Författare | Anders Gustafsson | Kent Persson |
| År | 2002 | 1997 |
| Antal prov | 60 | 70 |
| Träslag (svenska) | gran | Norwegian Spruce |
| Träslag (latin) | | Picea Abies |
| Fuktkvot (%) | 10 | 12 |
| Tjocklek (mm) | 20 | 10 |
| Bredd (mm) | 70 | 10 |
| Längd (mm) | | 290 |
| Spännvidd (mm) | | |
| Höggkant/låggkant | | |
| Virkestyp | sidobräda | clear wood specimen, ring no 45 |
| Hållf. kvalitet | | |
| Kvalitetsstandard hållfasthet | | |
| Estetisk kvalitet | | |
| Kvalitetsstandard estetisk | | |
| Provmethod | 3-punktsböj | tensional load, MTS testing machine |
| Provningsstandard | EN 408 | |
| Mätnoggrannhet | | |

Bilaga B: Flerskiktsskivor av korslagda bräder

Bilaga B2

Nedan anges ett exempel på hur sökning, bearbetning och uppdatering av en produkt kan ske i tänkt produktutvecklingshjälpmedel. Databasen byggs upp stegvis där data från varje provning eller beräkning införs.

Ny typ av skiva

Bilaga B:1

Vid utveckling av en ny liknande produkt kan tidigare kunskap användas.
Vid en hållfasthetsberäkning av en ny skiva kan arbetsgången vara följande:

PRODUKTDATABAS

Sök 3-skikts skiva

5 provningar
2 beräkningarVälj en FE-modell
(som är lämplig att använda,
som stämmer med provningar osv.)Justera mått
Justera material
osv.

Ny beräkning



Jämför provningar

**Spara beräkning**

MATERIALDATABAS

Sök bräder



2 provningar

Välj material



1. Produktdatabas provningar

Bilaga B:2

Produkt: Flerskiktsskivor

Typ: limmad

Antal skikt: 3

PRODUKT

1. Flerskiktsskivor
2. Trappor
3. Fönster

TYP

1. Limmad
2. Spikad, skruvad

ANTAL SKIKT

1. 3 skikt
2. 5 skikt

PROVNINGSDATA

1. Numeriska värden
2. Metadata (beskrivande data)

Beskrivande data (metadata)

| ns | Trätekrapport 100 | Trätekrapport 100 | Trätekrapport 100 | Trätekrapport 100 | Trätekrapport 100 |
|--------------------|---|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Utveckling massivträväggar | Utveckling massivträväggar | Utveckling massivträväggar | Utveckling massivträväggar | Utveckling massivträväggar |
| are | Peter Jacobsson | Peter Jacobsson | Peter Jacobsson | Peter Jacobsson | Peter Jacobsson |
| | 2002 | 2002 | 2002 | 2002 | 2002 |
| VDel | Prov 011212 | Prov 011212 | Prov 020328 | Prov 020328 | Prov 020328 |
| tum | 2001-12-13 | 2001-12-13 | 2002-03-28 | 2002-03-28 | 2002-03-28 |
| etod | Trepunktsböj | Skjuvtest | Trepunktsböj | Trepunktsböj | Trepunktsböj |
| andard | | | | | |
| ningsriktning | styva | | styva | styva | styva |
| prov | 6 | 5 | 2 | 1 | 2 |
| p | 3x21 korslagd | 3x21 korslagd | 3x21 korslagd | 3x21 korslagd | 3x21 korslagd |
| g | furu | gran | furu | furu | furu |
| b) | melamin | melamin | melamin | melamin | melamin |
| essstryck (MPa) | 0,3-0,4 | | 0,3-0,4 | 0,3-0,4 | 0,3-0,4 |
| s tjocklek | 63,6 | 63 | 63 | 63,6 | 63,6 |
| s bredd | 598 | 1200 | 598 | 592 | 598 |
| s längd | | | | | |
| vidd | 1900 | 2000 | 1900 | 1900 | 1900 |
| ek skikt 1 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| alriktning skikt 1 | längs | längs | längs | längs | längs |
| ek skikt 2 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| alriktning skikt 2 | tvärs | tvärs | tvärs | tvärs | tvärs |
| ek skikt 3 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| alriktning skikt 3 | längs | längs | längs | längs | längs |
| skarvar | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| övning skarvar | | | | i mitten | c 300 |
| knig | Mest dragbrott, något tryckbrott och ett skjuvbrott | Ej brott, lokal intryckning | | | |

Numeriska värden

Bilaga B:3

| Namn | Bet. | Enhet | Trätekrapport 100 | | | Trätekrapport 100 | | | Trätekrapport 100 | | | Trätekrapport | |
|-------------------------|----------------|-------|-------------------|-------|--------|-------------------|-------|--------|-------------------|-------|--------|---------------|-------|
| | | | medel | stdav | förd. | medel | stdav | förd. | medel | stdav | förd. | medel | stdav |
| Elasticitetsmodul längs | E_L | MPa | 11101 | 834 | normal | | | | 10728 | 123 | normal | 10071 | |
| Böjbrottspänning | σ_{max} | MPa | 64 | 5,3 | normal | | | | | | | | |
| Skjuvmodul | G | MPa | | | | 560 | 64 | normal | | | | | |
| Skjuvbrottspänning | τ_{max} | MPa | | | | 0,93 | 0,22 | normal | | | | | |

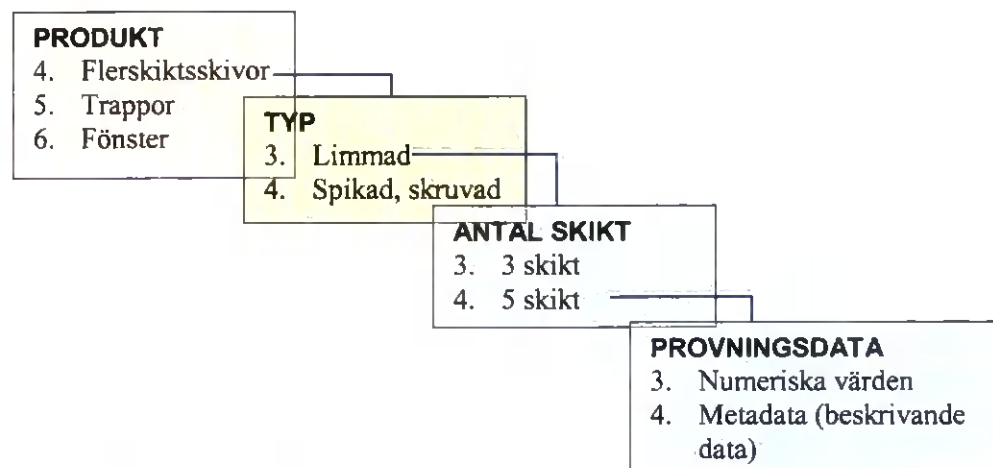
| Trätekrapport 100 | | |
|-------------------|-------|-------|
| medel | stdav | förd. |
| 9371 | 17,9 | |
| | | |
| | | |
| | | |

1. Produktdatabas provningar

Produkt: Flerskiktsskivor

Typ: limmad

Antal skikt: 5



Beskrivande data (metadata)

| Referens | Trätekrapport 100 | Trätekrapport 100 | Trätekrapport 100 | Trätekrapport 100 | Trätekrapport 100 |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Titel | Utveckling massivträväggar | Utveckling massivträväggar | Utveckling massivträväggar | Utveckling massivträväggar | Utveckling massivträväggar |
| Författare | Peter Jacobsson | Peter Jacobsson | Peter Jacobsson | Peter Jacobsson | Peter Jacobsson |
| År | 2002 | 2002 | 2002 | 2002 | 2002 |
| Kapitel/Del | Prov 011212 | Prov 011212 | Prov 020328 | Prov 020328 | Prov 020328 |
| Provdatum | 2001-12-12 | 2001-12-13 | 2002-03-28 | 2002-03-28 | 2002-03-28 |
| Provmetod | Trepunktsböj | Trepunktsböj | Trepunktsböj | Trepunktsböj | Trepunktsböj |
| Provstandard | | | | | |
| Belastningsriktning | styva | veka | styva | styva | styva |
| Antal prov | 6 | 6 | 2 | 1 | 2 |
| Skivtyp | 5x13 korslagd | 5x13 korslagd | 5x13 korslagd | 5x13 korslagd | 5x13 korslagd |
| Träslag | gran | gran | gran | gran | gran |
| Limtyp | melamin | melamin | melamin | melamin | melamin |
| Limpresstryck (MPa) | 0,3-0,4 | 0,3-0,4 | 0,3-0,4 | 0,3-0,4 | 0,3-0,4 |
| Skivans tjocklek | 66 | 66 | 63 | 63,6 | 63,6 |
| Skivans bredd | 598 | 598 | 596 | 590 | 596 |
| Skivans längd | | | | | |
| Spännvidd | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 |

| | | | | | |
|-------------------|-------------------------------|------------------------|-------|----------|-------|
| Skikt 1 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Riktning skikt 1 | längs | längs | längs | längs | längs |
| Skikt 2 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Riktning skikt 2 | tvärs | tvärs | tvärs | tvärs | tvärs |
| Skikt 3 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Riktning skikt 3 | längs | längs | längs | längs | längs |
| Skikt 4 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Riktning skikt 4 | tvärs | tvärs | tvärs | tvärs | tvärs |
| Skikt 5 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Riktning skikt 5 | längs | längs | längs | längs | längs |
| Skarvar | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| Placering skarvar | | | | i mitten | c 300 |
| Skadetyper | Dragbrott, lite tryckbrott | En skiva ej till brott | | | |

Numeriska värden

| | Bet. | Enhet | Trätekrapport 100 | | | Trätekrapport 100 | | | Trätekrapport 100 | | | Trätekrapport 100 | | |
|----------------------|----------------|-------|-------------------|-------|--------|-------------------|-------|--------|-------------------|-------|--------|-------------------|-------|-------|
| | | | medel | stdav | förd. | medel | stdav | förd. | medel | stdav | förd. | medel | stdav | förd. |
| Styvnhetsmodul längs | E_L | MPa | 9650 | 261 | normal | 2967 | 179 | normal | 10229 | 85,9 | normal | 9860 | | |
| Tryckspänning | σ_{max} | MPa | 50,8 | 3,4 | normal | 25,3 | 1,3 | normal | | | | | | |
| Skjuvmodul | G | MPa | | | | | | | | | | | | |
| Tryckspänning | τ_{max} | MPa | | | | | | | | | | | | |

| Trätekrapport 100 | | |
|-------------------|-------|-------|
| medel | stdav | förd. |
| 9246 | 24,5 | |
| | | |
| | | |
| | | |

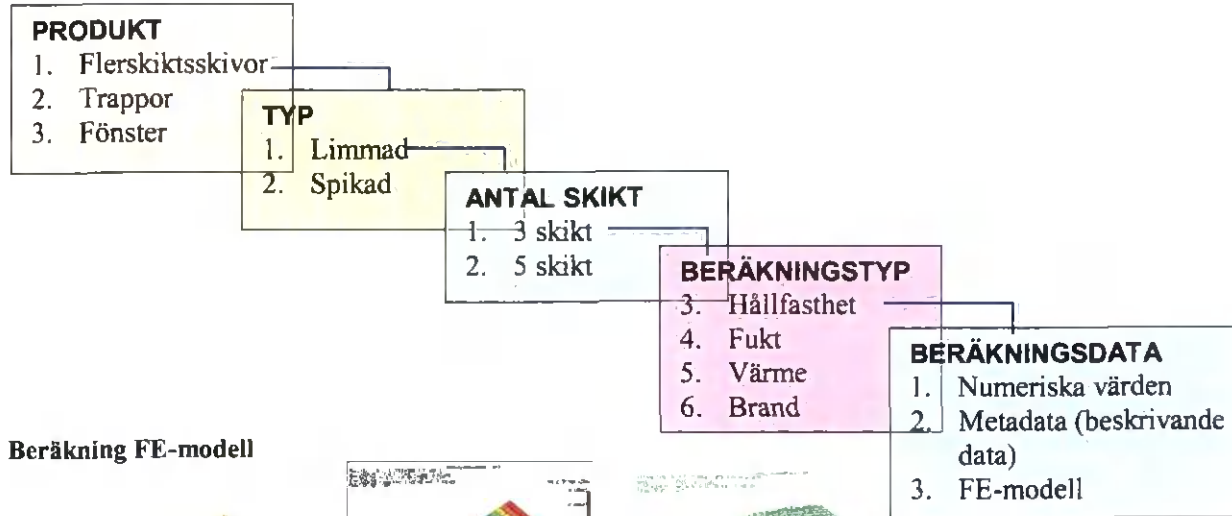
2. Produktdatabas simuleringar

Bilaga B:5

Produkt: Flerskiktsskivor

Typ: limmad

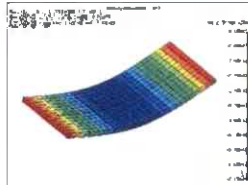
Antal skikt: 3



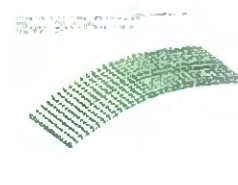
Beräkning FE-modell



FE-modell - geometri



Resultatbild nedböjning



Resultatbild egenfrekvens

Beskrivande data (metadata)

| Referens | Trätekrapport 001 | Trätekrapport 002 |
|--------------------------|-----------------------|-------------------|
| Titel | Massivskivor | Treskiktsskivor |
| Författare | Anders Gustafsson | Peter Jacobsson |
| År | 2001 | 2002 |
| FE-program | I-DEAS | Femlab |
| Programversion | 8m2 | 2.3 |
| Modelltyp | 3D | 2D |
| Elementtyp | 20-nod solid | 4-nod yt |
| Elementstorlek (mm) | 100x100x21 | 100x100 |
| Elementkoppling | noder, kontaktelement | noder |
| Material | K12 | Gran |
| Materialreferens | BKR 94 | Trätekrapport xxx |
| Skivans bredd | 1200 | 1200 |
| Skivans längd | 1900 | 19000 |
| Skivans tjocklek | 63 | 66 |
| Tjocklek skikt 1 | 21 | 22 |
| Materialriktning skikt 1 | längs | längs |
| Tjocklek skikt 2 | 21 | 22 |
| Materialriktning skikt 2 | tvärs | tvärs |
| Tjocklek skikt 3 | 21 | 22 |
| Materialriktning skikt 3 | längs | längs |
| Stumskarvar | 0 | 0 |
| Anmärkning | | |

Numeriska värden

| Namn | Beteckning | Enhet | Trätekrapport 001 | Trätekrapport 002 |
|-------------------------|------------|-------|-------------------|-------------------|
| Elasticitetsmodul längs | E_L | MPa | 6767 | 11000 |
| Elasticitetsmodul tvärs | E_T | MPa | 408 | 700 |

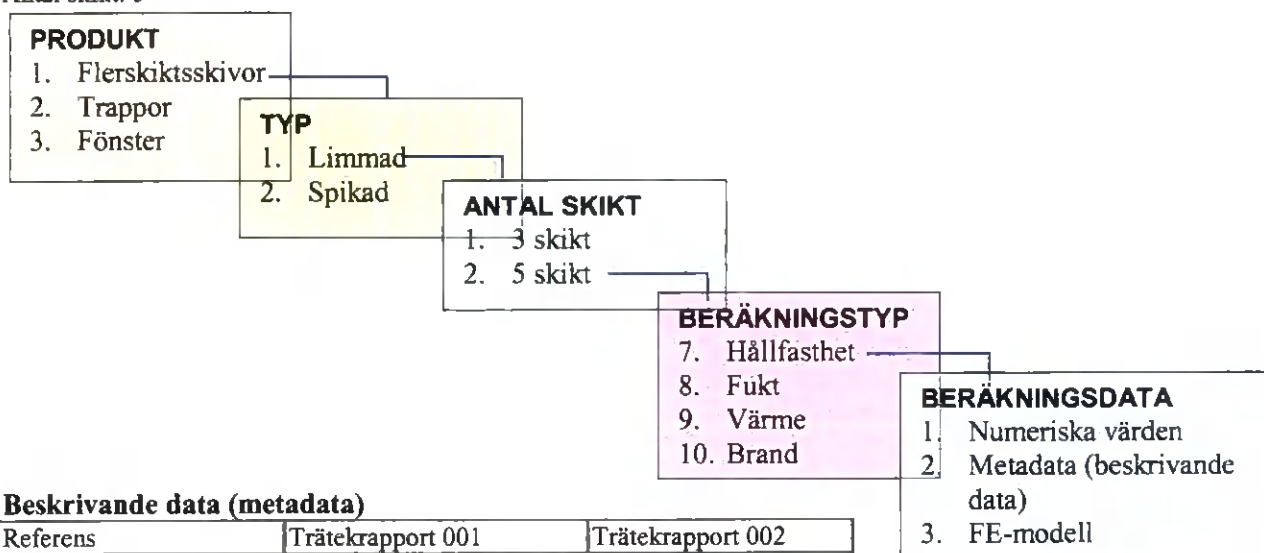
| | | | | |
|---------------|----------|-----|------|-----|
| Eigenfrekvens | f_{01} | Hz | 29,6 | |
| Skjuvmodul | G | MPa | 428 | 500 |

Produkt: Flerskiktsskivor

Typ: limmad

Antal skikt: 5

Bilaga B:6



Beskrivande data (metadata)

| Referens | Trätekrapport 001 | Trätekrapport 002 |
|--------------------------|-----------------------|-------------------|
| Titel | Massivskivor | Treskiktsskivor |
| Författare | Anders Gustafsson | Peter Jacobsson |
| År | 2001 | 2002 |
| FE-program | I-DEAS | Femlab |
| Programversion | 8m2 | 2.3 |
| Modelltyp | 3D | 2D |
| Elementtyp | 20-nod solid | 4-nod yt |
| Elementstorlek (mm) | 100x100x21 | 100x100 |
| Elementkoppling | noder, kontaktelement | noder |
| Material | K12 | Gran |
| Materialreferens | BKR 94 | Trätekrapport xxx |
| Skivans bredd | 1200 | 1200 |
| Skivans längd | 1900 | 19000 |
| Skivans tjocklek | 105 | 110 |
| Tjocklek skikt 1 | 21 | 22 |
| Materialriktning skikt 1 | längs | längs |
| Tjocklek skikt 2 | 21 | 22 |
| Materialriktning skikt 2 | tvärs | tvärs |
| Tjocklek skikt 3 | 21 | 22 |
| Materialriktning skikt 3 | längs | längs |
| Tjocklek skikt 4 | 21 | 22 |
| Materialriktning skikt 4 | tvärs | tvärs |
| Tjocklek skikt 5 | 21 | 22 |
| Materialriktning skikt 5 | längs | längs |
| Stumskarvar | 0 | 0 |
| Anmärkning | | |

Numeriska värden

| Namn | Beteckning | Enhet | Trätekrapport 001 | Trätekrapport 002 |
|-------------------------|------------|-------|-------------------|-------------------|
| Elasticitetsmodul längs | E_L | MPa | 6767 | 11000 |
| Elasticitetsmodul tvärs | E_T | MPa | 408 | 700 |
| Eigenfrekvens | f_{01} | Hz | 29,6 | |
| Skjuvmodul | G | MPa | 428 | 500 |

Materialdatabas

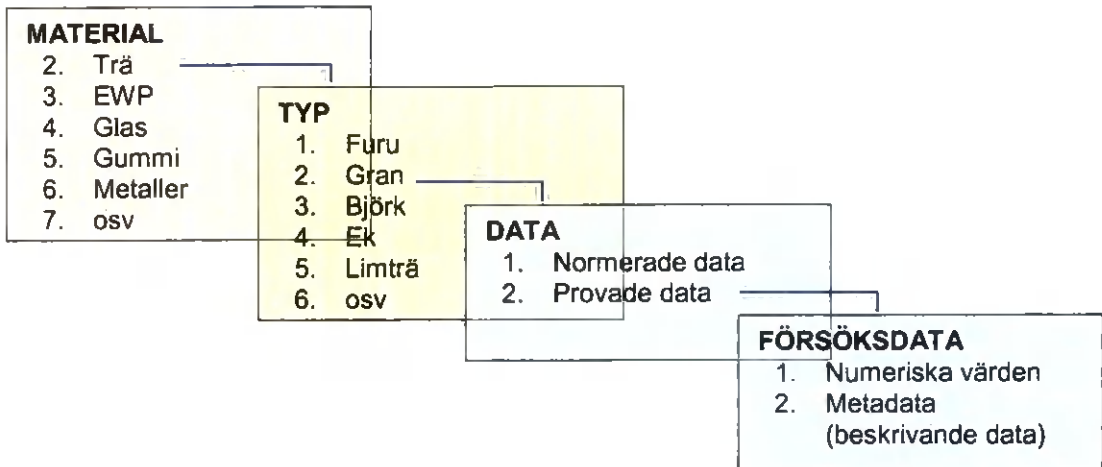
Bilaga B:7

Provning bräder

Material: Trä

Träslag: Gran /Furu

Typ av data: Försöksdata



Beskrivande data (metadata)

| | |
|---------------------|--------------------|
| Referens | Trätekrappport 100 |
| Titel | Bräder till skiva |
| Författare | Peter Jacobsson |
| År | 2002 |
| Kapitel/del | Prov 011221 |
| Provdatum | 2001-12-21 |
| Provmetod | 3-punktsböj |
| Provstandard | EN 408 |
| Belastningsriktning | |
| Antal prov | 5 |
| Träslag (svenska) | gran |
| Träslag (latin) | |
| Fuktkvot (%) | |
| Tjocklek (mm) | 13 |
| Bredd (mm) | 95 |
| Längd (mm) | |
| Spännvidd (mm) | 1000 |
| Höggkant/låggkant | låggkant |
| Virkestyp | sidobräda |
| Hållf. kvalitet | |
| enl. standard | |
| Estetisk kvalitet | |
| enl. standard | |
| mätnoggrannhet | |
| Anmärkning | |

| |
|--------------------|
| Trätekrappport 100 |
| Bräder till skiva |
| Peter Jacobsson |
| 2002 |
| Prov 011221 |
| 2001-12-21 |
| 3-punktsböj |
| EN 408 |
| |
| 5 |
| furu |
| |
| 10 |
| 21 |
| 95 |
| |
| 1000 |
| låggkant |
| sidobräda |
| |
| |
| |
| |
| |

Bilaga B:8

Material
Trä
Gran
Försöksdata

Numeriska värden

| | | | Trätekrapport 100 | | |
|-------------------------------|------------|-------|-------------------|-------|------------|
| Namn | Beteckning | Enhet | medel | stdav | fördelning |
| Elasticitetsmodul längs | E_L | MPa | 14879 | 1867 | normal |
| Elasticitetsmodul tangentiell | E_T | MPa | | | |
| Elasticitetsmodul radiell | E_R | MPa | | | |

Material
Trä
Furu
Försöksdata

Numeriska värden

| | | | Trätekrapport 100 | | |
|-------------------------------|------------|-------|-------------------|-------|------------|
| Namn | Beteckning | Enhet | medel | stdav | fördelning |
| Elasticitetsmodul längs | E_L | MPa | 11990 | 3065 | normal |
| Elasticitetsmodul tangentiell | E_T | MPa | | | |
| Elasticitetsmodul radiell | E_R | MPa | | | |

Bilaga C1

Bilaga C: Multivariat analys av fönster, exempel

a) Analys med lufttäteten omräknad till $\text{m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2)$.

Som x-variabler användes open, längd, area, höjd och bredd. Som y-variabler användes lufttätet beräknad per m^2 fönsteryta ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) för över- och undertryck 100, 200, 300, 400, 500, 600 och 700 Pa.

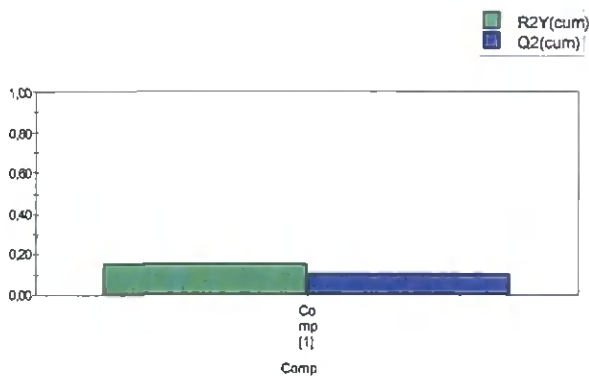
Från utförda provningar av fönster valdes 31 fönster från en fönstertillverkare och 19 från en annan. Alla fönster (exklusive ett pivotfönster som saknade lufttätetsmätning över 300 Pa tryckskillnad) användes för att skapa en statistisk modell, men det gav ingen signifikant PLS-modell.

PCA-modellen för x-variablerna gav en signifikant komponent. Några fönster, som hade mycket större eller mindre storlek än de övriga, låg vid sidan av de andra. PCA-modellen för y-variablerna gav tre signifikanta komponenter. Även denna analys visade några fönster som avvek från de andra. Det var de fönster som hade haft störst luftläckage, vilket framförallt berodde på dålig komprimering av tätningslisten.

b) Analys med lufttäteten uppmätt i m^3/h för ett urval av fönstren.

De fönster med de största luftläckagen har inte tagits med. Som x-variabler användes open, type, wood, längd, area, höjd, bredd (open, type och wood angavs som kvalitativa variabler). Som y-variabler användes lufttätet (m^3/h) för över- och undertryck 100, 200, 300, 400, 500, 600 och 700 Pa.

PLS gav en modell med en komponent. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är dock låg, se *Figur 18*.

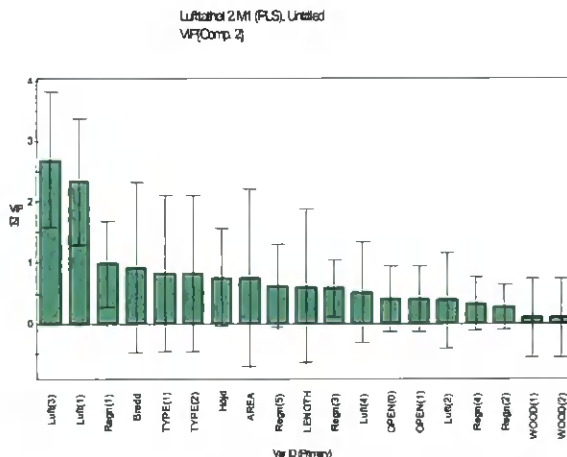
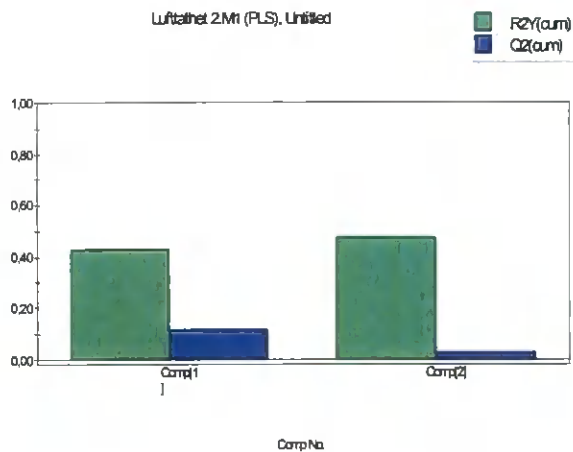


Figur 18 PLS-modell med en komponent

c) Analys med lufttäteten uppmätt i m^3/h och med fler variabler

Som x-variabler användes open, type, wood, längd, area, höjd, bredd, regn och luft (open, type, wood, regn och luft angavs som kvalitativa variabler). Variabeln regn anger olika orsaker till dålig regntätet och variabeln luft anger orsaker till dålig lufttätet. Som y-

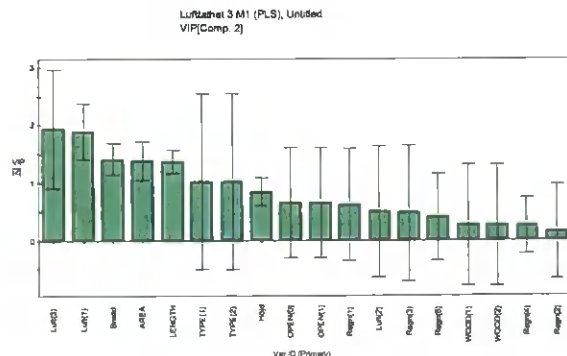
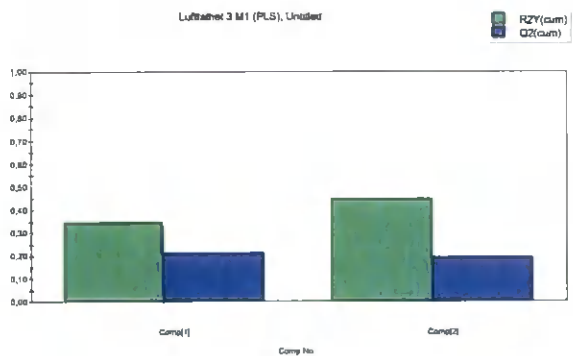
variabler användes lufttätethet (m^3/h) för över- och undertryck 100, 200, 300, 400, 500, 600 och 700 Pa. PLS gav en modell med två komponenter, se *Figur 19*. Förklaringsgrad och framförallt prediktionsförmåga för modellen är dock låg. Variablernas inverkan visas i VIP-ploten, se *Figur 20*. Variablerna för orsaker till luft- och regntätethet har stor inverkan på resultatet.



Figur 19 PLS-modell med två komponenter *Figur 20 VIP-plot*

d) Analys med lufttätetheten uppmätt i m^3/h och med fler variabler, för ett urval av fönster Vart femte fönster har inte tagits med. Den här analysen kan jämföras med analys 3 ovan, men med ett annat urval av fönster får man här en något bättre modell. Det visar att modellerna är mycket beroende av de data som de bygger på. Som x-variabler användes open, type, wood, längd, area, höjd, bredd, regn och luft (open, type, wood, regn och luft angavs som kvalitativa variabler). Som y-variabler användes lufttätethet (m^3/h) för över- och undertryck 100, 200, 300, 400, 500, 600 och 700 Pa.

PLS gav en modell med två komponenter, se *Figur 21*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är dock ganska låg, prediktionsförmågan har emellertid ökad något jämfört med analys 3 ovan. Variablernas inverkan visas i VIP-ploten, se *Figur 22*. Variablerna för orsaker till luft- och regntätethet har stor inverkan på resultatet.

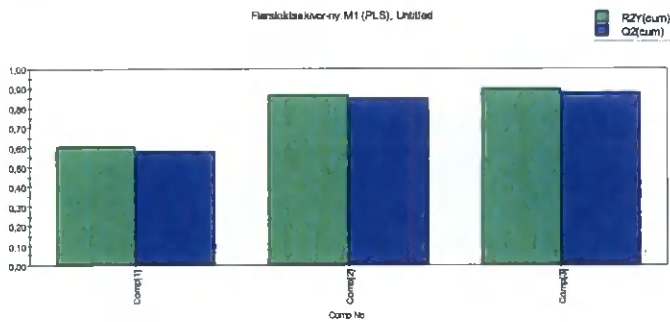


Figur 21 PLS-modell med två komponenter *Figur 22 VIP-plot*

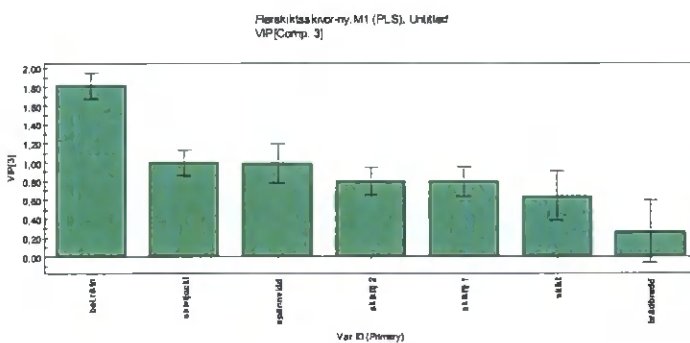
Bilaga D: Multivariat analys flerskiktsskivor, exempel

Exempel A1: Beräkning - Alla skivor belastade i styva och veka riktningen

Som x-variabler användes skikt (antal skikt), skiktjocklek1, skiktjocklek2, skivtjocklek och spännvidd. Som y-variabler användes E-modulen. PLS gav en modell med tre komponenter, se *Figur 23*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är hög. Variablernas inverkan visas i VIP-ploten, se *Figur 24*. Belastningsriktningen är den viktigaste faktorn, och den data är grupperat i två grupper. Därför bör data analyseras med olika modeller för de olika belastningsriktningarna.



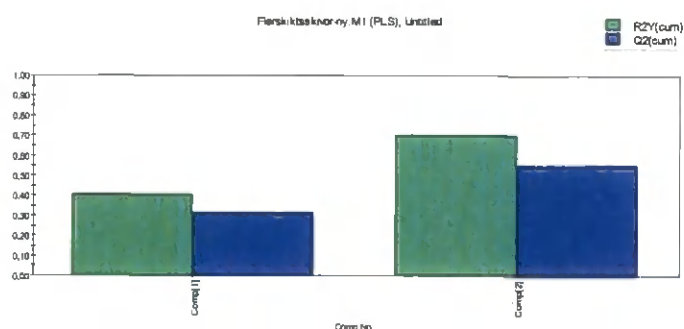
Figur 23 PLS-modell med tre komponenter



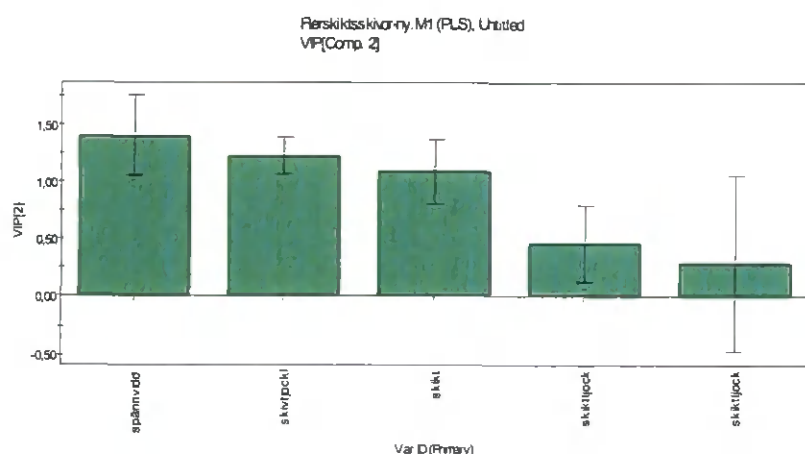
Figur 24 Vip-plot

Exempel A2: Beräkning - Skivor belastade i styva riktningen

Som x-variabler användes skikt (antal skikt), skiktjocklek1, skiktjocklek2, skivtjocklek och spännvidd. Som y-variabler användes E-modulen. PLS gav en modell med två komponenter, se *Figur 25*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är relativt hög. Variablernas inverkan visas i VIP-ploten, se *Figur 26*. Spännvidd, skivtjocklek och skiktantal är de viktigaste variablerna för beräkning av E-modulen i styva riktningen.



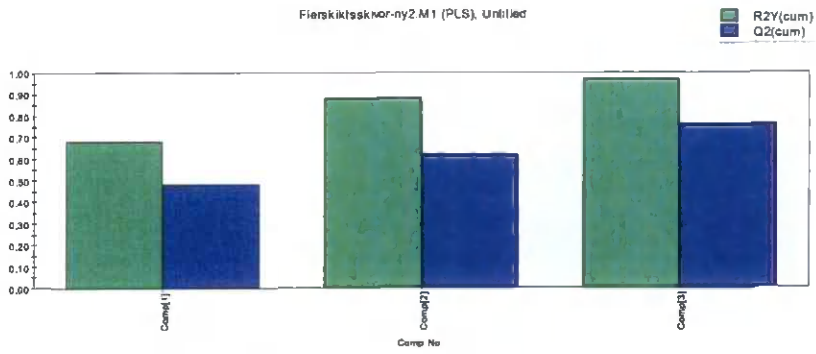
Figur 25 PLS-modell med två komponenter



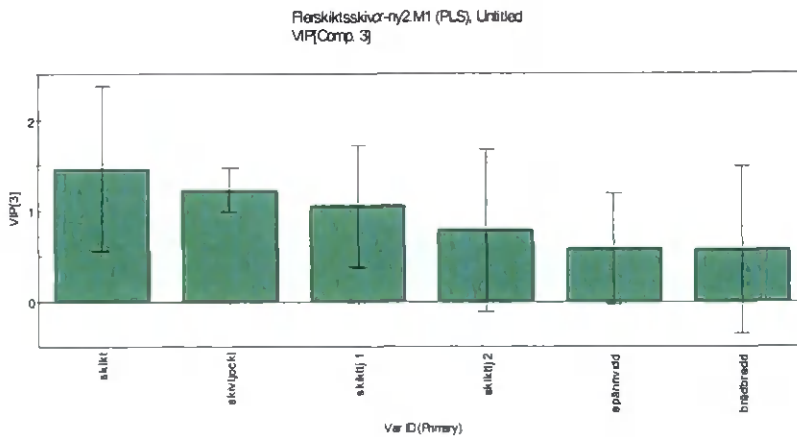
Figur 26 VIP-plot

Exempel A3: Beräkning - Skivor belastade i veka riktningen

Som x-variabler användes skikt (antal skikt), skiktj1, skiktj2, brädbredd, skivtjocklek och spännvidd. Som y-variabler användes E-modulen. PLS gav en modell med tre komponenter, se *Figur 27*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är höga. Variablernas inverkan visas i VIP-ploten, se *Figur 28*. Skiktantal, skivtjocklek och skiktjocklek 1 är de viktigaste variablerna för beräkning av E-modulen i veka riktningen.



Figur 27 PLS-modell med tre komponenter

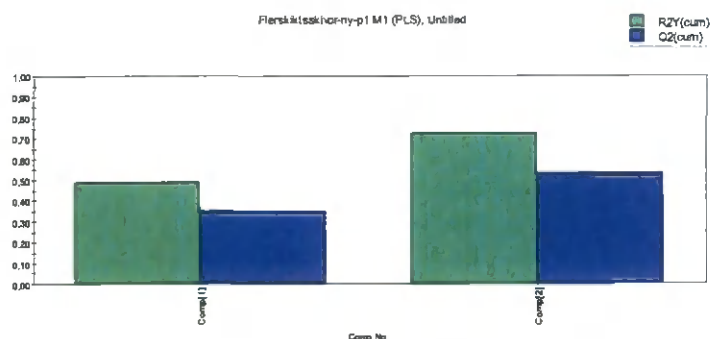


Figur 28 VIP-plot

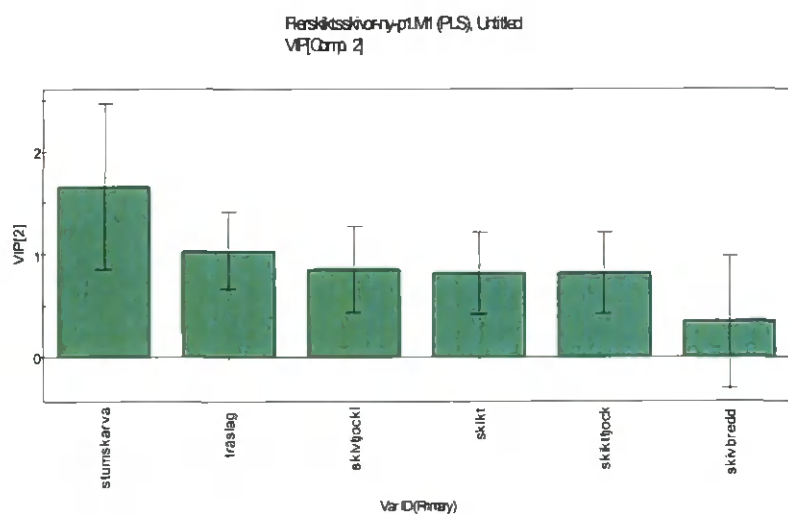
Belastningsriktning är den avgörande skillnaden mellan observationerna och data analyseras med olika modeller för de olika belastningsriktningarna.

Exempel B1: Provnig - Alla skivor belastade i styva riktningen

Som x-variabler användes skikt (antal skikt), skiktjocklek, träslag (anger träkvalitet), skivtjocklek, skivbredd och stumskarvar. Som y-variabler användes E-modulen och brottspänningen. PLS gav en modell med två komponenter, se *Figur 29*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är relativt höga. Variablernas inverkan visas i VIP-ploten, se *Figur 30*. Antal stumskarvar är den variabel som påverkar resultatet mest, och sedan kommer träslag.



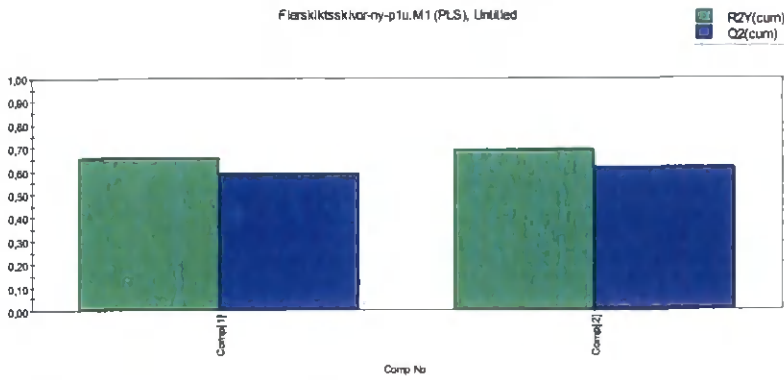
Figur 29 PLS-modell med två komponenter



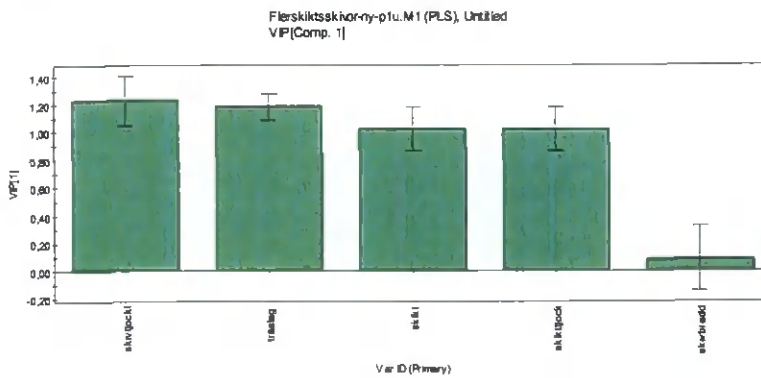
Figur 30 VIP-plot

Exempel B2: Provning - Alla skivor belastade i styva riktningen och ej stumskarvade

För skivor belastade i styva riktningen gjordes även en modell där skivor med stumskarvade bräder inte ingick. Som x-variabler användes skikt (antal skikt), skiktjocklek, träslag (anger träkvalitet), skivtjocklek och skivbredd. Som y-variabler användes E-modulen och brottspänningen. PLS gav en modell med två komponenter, se *Figur 31*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är relativt höga, se *Figur 32*. Skivtjocklek och träslag är viktigaste variablerna, men även skikt och skiktjocklek har betydelse för uppmätt E-modul och spänning.



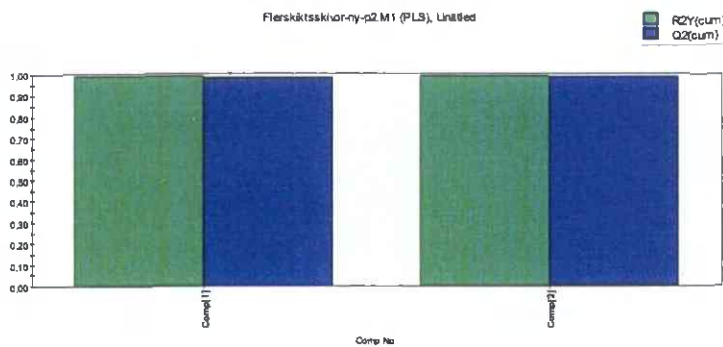
Figur 31 PLS-modell med två komponenter



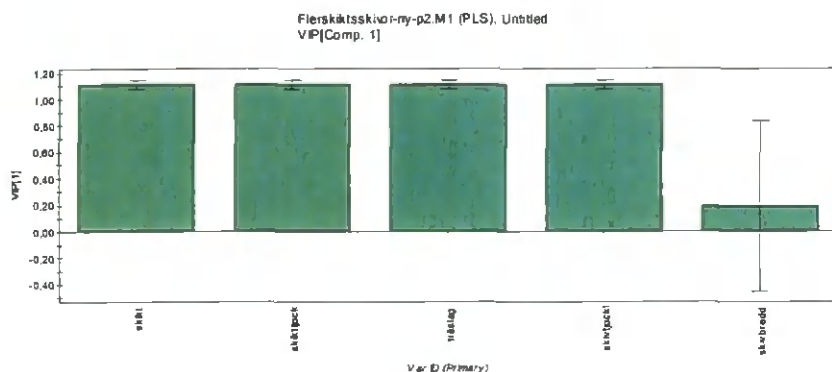
Figur 32 VIP-plott

Exempel B3: Provning - Alla skivor belastade i veka riktningen

Som x-variabler användes skikt (antal skikt), skiktjocklek, träslag (anger träkvalitet), skivjocklek och skivbredd. Som y-variabler användes E-modulen och brottspänningen. PLS gav en modell med två komponenter, se *Figur 33*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är väldigt höga, se *Figur 34*. Skikt, skiktjocklek, träslag och skivjocklek är viktiga. Modellen baseras egentligen på två olika utföranden som ger olika resultat, vilket gör att R2 och Q2 är så höga.



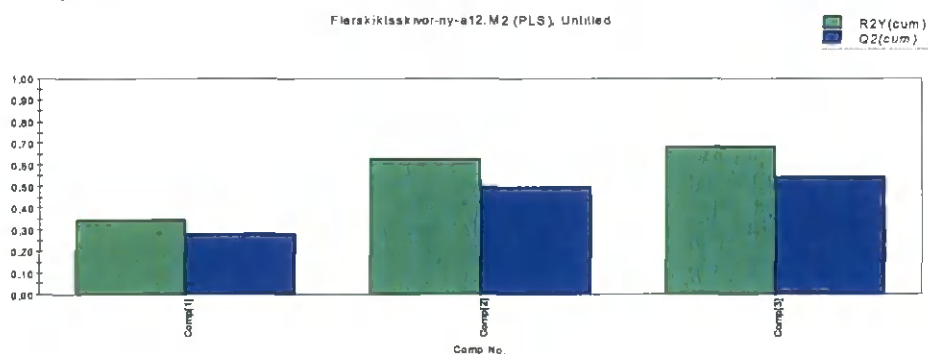
Figur 33 PLS-modell med två komponenter



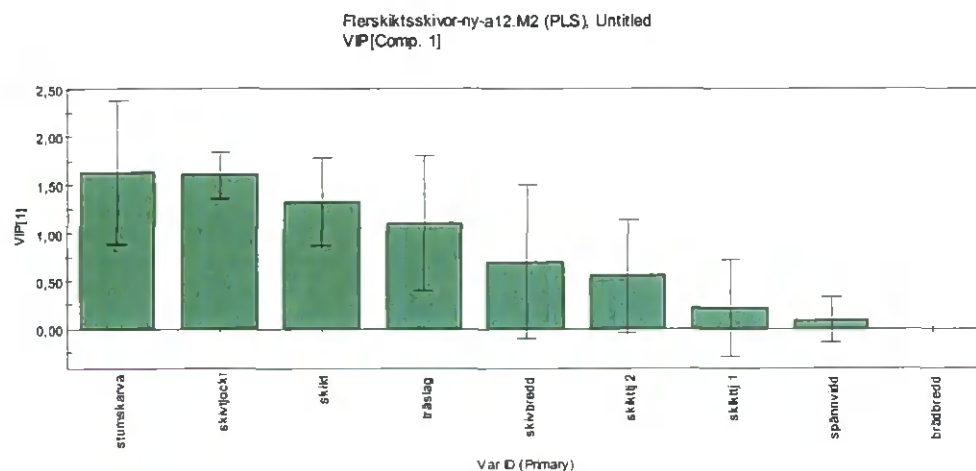
Figur 34 VIP-plott

Exempel C1: Beräkning och provning - skivor belastade i styva riktningen

Som x-variabler användes skikt (antal skikt), skiktj1, skiktj2, brädbredd, träslag (anger träkvalitet), skivtjocklek, skivbredd, spännvidd och stumskarvar. Som y-variabler användes E-modulen och brottspänningen. PLS gav en modell med tre komponenter, se *Figur 35*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är ganska höga, se *Figur 36*. De viktigaste variablerna är stumskarvar, skivtjocklek, skiktantal och träslag.



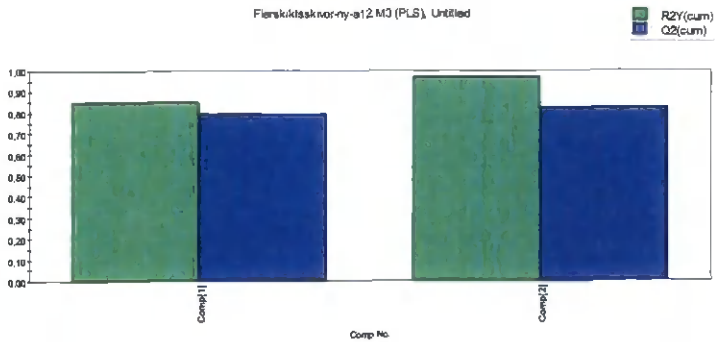
Figur 35 PLS-modell med tre komponenter



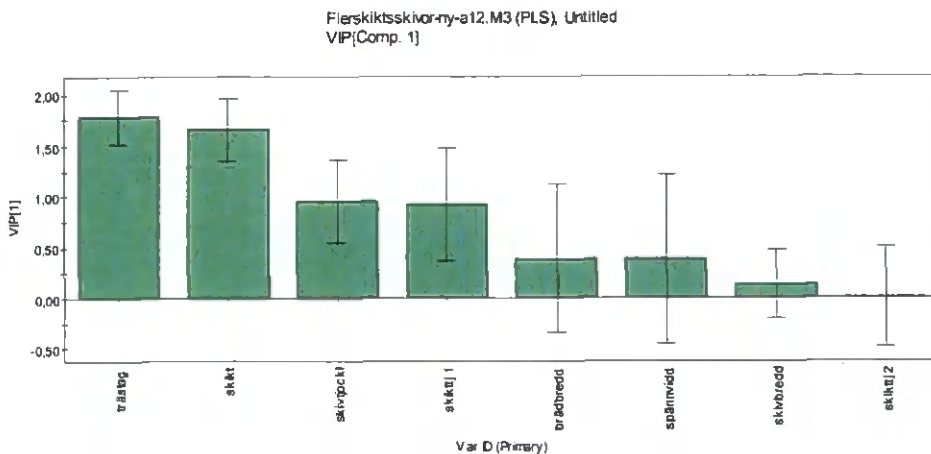
Figur 36 VIP-plott

Exempel C2: Beräkning och provning - skivor belastade i veka riktningen

Som x-variabler användes skikt (antal skikt), skiktj1, skiktj2, brädbredd, träslag (anger träkvalitet), skivtjocklek, skivbredd och spännvidd. Som y-variabler användes E-modulen och brottspänningen. PLS gav en modell med två komponenter, se *Figur 37*. Förklaringsgrad och prediktionsförmåga för modellen är höga, se *Figur 38*. Träslag och skiktantal är viktigaste variablerna.



Figur 37 PLS-modell med två komponenter



Figur 38 VIP-plott

Detta digitala dokument
skapades med anslag från
**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

Träte

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-762 18 00
Telefax: 08-762 18 01

Vidéum Science Park, 351 96 VÄXJÖ
Besöksadress: Lückligns plats 1
Telefon: 0470-59 97 00
Telefax: 0470-59 97 01

Skeria 2, 931 77 SKELLEFTÅ
Besöksadress: Laboratorgränd
Telefon: 0910-28 56 00
Telefax: 0910-28 56 01