



Figur 1: En ny innovativ träbyggnad på Tekniska som tänjer gränserna för vad som är möjligt.

”Free Form Construction” omdefinierar vad som är möjligt i trä!

På Tekniska museets inngång växer nu Wisdome Stockholm fram. En spektakulär och innovativ träbyggnad som till det yttersta tänjer på gränserna för vad man kan åstadkomma i trä. Innanför det raffinerade träskalet kommer du få möjlighet att ta del av världsledande teknik som tar dig längre bort, närmare inpå och djupare ned än du någonsin varit.

I centrum inuti Wisdome finns den klotformade domen av trä. Här inne kommer besökare att kunna omslutas helt av 3D-projektioner i 360 grader. Med världsledande visualiseringsteknik skapas möjligheter för helt nya upplevelser. Enor-

ma datamängder kan bearbetas och åter-skapas i form av lättbegripliga och tydliga samband och modeller. Här blir rymden ett interaktivt äventyr där du själv bestämmer vart vi ska resa, och på samma sätt blir det möjligt att upptäcka den senaste forskningen inom mikrokosmos, klimat och digitala superkrafter. Spjutspetsteknik inom visualisering i Wisdome gör det komplicerade lättare och roligare att förstå och hjälper till att få överblick och att ge nya perspektiv på många viktiga, men komplicerade frågor.

Arkitekterna Elding Oscarson skapade ett böljande vardagsrum

De svenska arkitekterna Elding Oscarson, i samarbete med den norske konstruktören Florian Kosche, vann det parallella uppdraget om denna inspirerande mötesplats för akademi, skola, näringsliv och museibesökare. Så här berättar arkitekterna Johan Oscarson och Jonas Elding om sitt förslag: ”Förslaget skapas av sitt innehåll, där formen ges av taket som omsluter domen. Under den böljande takformen bildas ett kraftfullt, identitetsbärande rum i direkt kontakt med innergården. Med den nya byggnaden vill vi öppna upp museet för ny användning och ny publik. Tekniska ska vara ett vardagsrum för alla, året om”.

Elding Oscarson har skapat en byggnad med ett böljande tak som utmanar mate-



Tomas Alsmarker
Svenskt Trä

rialet trä på ett helt nytt sätt, samtidigt som den tänjer gränserna för vad som är konstruktivt möjligt. Skalkonstruktionen är ett böljande nät av granlaminerat fanérträ, Laminated Veneer Lumber (LVL). En gallerstruktur som knutits ihop i fem lager. Den fria spännvidden är 48 meter och det krävdes totalt hela 20 kilometer LVL-element. Allt detta trämaterial levererades av Stora Enso, som är huvudsponsor i projektet. När Stora Enso fick frågan var ett av deras krav att denna nya årsring på Tekniska muséet skulle utmana vad man kan göra med trä som byggmaterial.

Formkonceptet bygger på en spektakulär, lätt och innovativ takkonstruktion i trä som interiört framhäver den kupolformade domen och gör den till den självklara fokuspunkten. Ett innovativt avstamp för framtiden, samtidigt i samklang med den kulturmiljö som byggnaden befinner sig i. Interiört skapar taket ett iögonfallande rum. Tekniskt och arkitektoniskt visar Wisdome med all önskvärd tydlighet att ingenting är omöjligt för framtidens hållbara och resurssmarta träbyggande.

Den fria formen frigör sig från allt det vedertagna

“Free Form Construction” visar att allt är möjligt! Tekniska muséets nya träbyggnad visar också hur ett gammalt hantverkskunnande inte behöver gå förlorat utan tvärtom kan utvecklas med hjälp av modern industriell teknik, avancerade digitala verktyg och processer. Det gamla trähantverket kan få en renässans. Ett nytt industriellt hantverk! Det böljande trätaket är en blinkning till byggnadsverk i trä som uppfördes för mer än två hundra år sedan, samtidigt vänder det upp och ned på det idag vedertagna. Med stöd av partners från många tidigare Free Form-projekt tog det schweiziska sågverket Blumer Lehmann sig an även denna till synes omöjliga uppgift. “För oss handlade det om att utveckla ett koncept för den bärande strukturen som skulle kunna förverkliga projektets arkitektoniska idé”, säger Martin Looser-Frey, som är Head of Free Form Timber Structures hos Blumer Lehmann.

Ett dubbelkrökt rutnät med LVL i korslagda lager

Lösningen för det böljande taket som täcker en golvyta på 1 325 kvadratmeter blev ett konstruktivt nät av LVL-element i fem lager. De olika lagren korsar varandra i 465 olika punkter. Varje korsningspunkt har en helt unik geometri och krökning. Den fria formen skapas genom att varje enskilt LVL-element träas ovanpå 1 860 koniska LVL-dymlingar. Precisionen måste



Figur 2: “Free Form Construction” vänder upp och ned på det vedertagna. Bildreferens Tekniska muséet



Figur 3: En halvklotformig kupol av prefabricerade CLT-element med millimeterprecision.

vara hundra procentig vad gäller placering, form och mått för varje enskild dymling. Det finns inget som helst utrymme för något annat toleranskrav än noll, och detta kan endast åstadkommas med hjälp av en långt driven och sammanhållen digital designprocess, från skrivbord till CNC-fräs och montering.

En upphöjd takfot som måste ligga still

Den böljande skalkonstruktionen landar med sin takfot på en kantbalk av LVL, som i sin tur vilar på 24 massiva LVL-pelare med måtten 60 x 80 och 60 x 60 centimeter. Skalkonstruktionen landar sålunda inte i marknivå utan några meter upp. Det innebär att de 24 LVL-pelarna måste vara fast inspända i de 1,2 meter höga betongplintarna, som i sin tur måste vara fast inspända i grundplattan. En fast inspänning i en träkonstruktion är i sig en utmaning. I denna takfot har vi dessutom ett mycket komplext kraftspel och rörelserna måste vara så nära noll som det bara är möjligt. Lösningen blev att

lägga på en mycket stor förspänningskraft på de spännstänger som finns integrerade i LVL-pelarna.

Trianglar av CLT blir en spjutspetsbiograf i 360 grader

Inne under det yttre taket finns en halvklotformad kupolteater med en diameter på nästan 22 meter och en höjd nära 12 meter. Kupolen är utförd av prefabricerade triangulära element av korslimmat trä, KL-trä. Dessa tillverkades av Stora Enso vid deras KL-trä fabrik i Grums utifrån Blumer Lehmanns detaljritningar. De prefabricerade kupolelementen monterades sedan ihop med millimeterprecision under ett montagetält på byggarbetsplatsen. Kupolen kommer att inrymma en mycket avancerad domebiograf med 100 sittplatser.

Ett digitalt hantverk

Den stora böljande skalkonstruktionen var självklart den riktigt stora utmaningen. I tidigare projekt såsom Cambridge Mosque eller The Swatch Building har Blumer Leh-



Figur 4: Mock-ups är ovärderliga i sådana här komplexa konstruktioner.



Figur 5: Ett gigantiskt legobygge, ett digitalt hantverk.

mann använt sig av dubbelkrökta byggkomponenter i trä för att bygga upp konstruktionens form. I Wisdome har den dubbeldkrökta skalkonstruktionen skapats genom att använda sig av platta, tvådimensionella LVL-element (Laminated Veneer Lumber/laminerat fanérvirke). För att förstå den komplicerade geometrin och konstruktionens funktionssätt experimenterade man först med mindre trämodeller. Detta arbete leddes av tränestorn Hermann Blumer, som gärna tar ansats i historien och en annan mästare och träinnovatör, nämligen Hans Ulrich Grubenmann (1709-1783). Grubenmann genomförde ett stort antal fantastiska och innovativa byggnadsverk under 1700-talet. I stort sett varje projekt tänjde han på gränserna för vad som då ansågs möjligt att bygga i trä. Bland hans projekt ser vi framför allt broar, tak- och skalkonstruktioner med mycket stora spännvidder. Än idag skulle flera av dem upplevas som mer eller mindre omöjliga att uppföra, trots de avancerade beräkningshjälpmedel som dagens konstruktörer har till sin hjälp. Grubenmann experimenterade med små

och stora fysiska modeller för att förstå den aktuella konstruktionens funktions-sätt och hur den skulle kunna uppföras. Ett pragmatiskt tillvägagångssätt baserat på ett gediget hantverkskunnande och en djup kunskap om materialet trä. I Wisdome förenas Hermann Blumers och Hans Ulrich Grubenmanns kunskaps- och hantverkskicklighet med en långt driven digital teknik och mycket avancerade produktionsverktyg!

Kan det raka bli det krökta?

Skulle det överhuvudtaget vara möjligt att bygga en dubbelkrökt skalkonstruktion genom att utgå från helt plana LVL-element, som först när de träs på de fixerade koniska dymlingarna får sin krökning? För att kunna svara på den frågan, och för att övertyga sig själva och Tekniska muséet, byggdes en första Mock-up i skala 1:1. Man valde ett utsnitt vid skalkonstruktionens hjassa där krökningen är som störst. Desto färre lager, desto snabbare produktionsprocess och montage. Därför valdes att först testa 4 lager LVL-element. Vart och ett av dessa bestod av 4 lameller

med tjockleken 39 mm. Denna Mock-up visade att det krävdes en alltför stor kraft för att böja och samtidigt trä lamellerna på plats. Krafterna som ville fjädra tillbaka lamellerna till sitt ursprungliga läge blev för stora. Detta resulterade i ett femte lager LVL-element och ett femte lager lameller i dessa, vilket i sin tur innebar längre tid i den femaxliga CNC-maskinen och en längre montagetid på byggarbetsplatsen. Men nöden har ingen lag! Samtidigt är det detta femte lager som skapar yttertakets form och helhet, ihop med de utstickande takfötterna. Det femte lagret bär även upp själva taköverbyggnaden med isolering, tätskikt och spåntak av kärnfuru.

Mock-ups i skala 1:1 gav svaren

När man väl kommit fram till att det skulle krävas fem lager LVL-element behövde man också testa sig fram genom ytterligare en Mock-up i skala 1:1 för att se att den tänkta utformningen av dymlingar och skjuvförband skulle fungera som det var tänkt. Det gjordes även en tredje Mock-up för att i detalj studera knutpunkternas funktion och att de olika lagren av LVL-element skulle gå att montera! Mock-ups är ovärderliga för att veta att en sådan här komplex konstruktion faktiskt är byggbar och för att kunna ge byggherren en trovärdig kostnad. ”Det här gjorde att vi kunde ingjuta förtroende hos kunden”, säger Martin Looser-Frey hos Blumer Lehmann.

Fem lager LVL-element och fem lameller i varje element innebär 25 lameller. Vart och ett ska sedan träs över 1860 koniska trädymlingar i 465 knutpunkter och över 1740 ”vanliga” dymlingar i 420 skjuvförband. En komplexitet som kräver nolltoleranser i varje enskild punkt och som skulle vara omöjlig att åstadkomma utan en mycket precis digital designprocess.

Ett industriellt platsbyggeri

Det första lagret LVL-element består av ihoplimmade lameller som i fabrik fått sin exakta form, och där varje enskild dymling är inplacerad i sin exakta position. Detta första lager kan liknas vid en kvarsittande form, en mall i skala 1:1, som stöd för för den fortsatta uppbyggnaden. Varje enskilt LVL-element träs sedan över de olika dymlingarna. De från början helt plana elementen tvingas då in i den kvarsittande formens geometri. Element för element, lager för lager skapas skalkonstruktionens fria form. Montaget kan liknas vid ett gigantiskt legobygge med exakta klotsar (LVL-element), ”ploppar” (dymlingarna) och urtag. Ett industriellt platsbyggeri i den högre skolan! Ett digitalt hantverk med möbelprecision! Den digitala precisionen och att allt var förberett in i minsta detalj

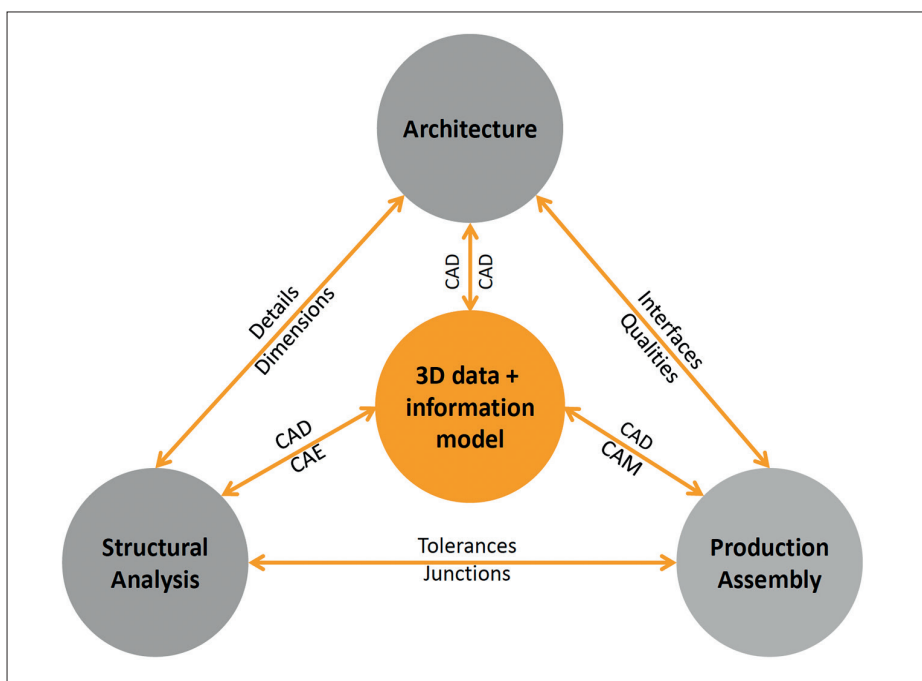
innebar att denna mycket avancerade takkonstruktion kunde uppföras av knappt en handfull hantverkare på byggarbetsplatsen. Imponerande!

Den digitala modellen är hjärtat

“Hjärtat” i Wisdome är den digitala 3D-modellen. I denna modell sker allt utbyte av information avseende förändringar och förbättringar mellan arkitekt, konstruktör och produktion. Med hjälp av den parametriska Rhino/Grasshopper modellen har varje enskild komponent, varje knutpunkt och detalj definierats parametriskt. Det innebär att den minsta lilla förändring som görs i en given detalj automatiskt påverkar och förändrar alla kopplade detaljer och komponenter i den globala strukturen. Med hjälp av de parametriska verktygen säkerställs att alla vet vad som händer i varje steg. Mått och dimensioner ändras sömlöst. Utan dessa digitala verktyg hade det varit nästintill omöjligt att få fram alla de tusentals unika mått som det här är frågan om. Och tänk utmaningen att för hand räkna ut vilka mått ett hål måste ha när det fräses ut i ett plant läge för att passa perfekt i sitt krökta läge! Tänk att för hand hålla ordning på varje unikt LVL-element, från inlastning till CNC-fräsning, från lossning till montering.

Ett 150 årigt sågverk som förenar tradition och innovation

Blumer Lehmann är ett snart 150-årigt sågverk som under de senaste tio åren genomfört flera banbrytande träbyggnader över hela världen i samarbete med internationellt kända arkitekter som Foster + Partners, Shigeru Ban Architects och Herzog & de Meuron. Det är ganska långt ifrån hur vi normalt tänker på ett sågverk. Hos Blumer Lehmann kombineras djup träkunskap och ett gediget hantverkskunnande med hypermodern digital teknik och produktion. Ett industriellt hantverk.



Figur 6: “Hjärtat” i Wisdome är den digitala 3D-modellen.

För att lyckas med dessa utmanande projekt är det helt nödvändigt med ett hundraprocentigt nära samarbete mellan arkitekt, beställare, leverantör, tekniska konsulter och hantverkare. Man måste tillsammans hålla i “pennan” framhåver Blumer Lehmann med emfas!

Wisdome Stockholm är planerad att öppna i december 2023 och kan med rätta utnämnas till ett av världens mest innovativa och spektakulära träbyggnadsprojekt. ■

Ytterligare information

Wisdome Stockholm finansieras med Stora Enso som huvudpartner och Vectura som partner för byggprojektledning för projektet samt NIBE som hållbarhetspartner och Ericsson som huvudpartner till Tekniska Muséet. Genomförandet är möjligt tack vare stöd från Wallenbergstiftelserna, Erling-Perssons Stiftelse, Stora fonden och Fritz Öst fond för elektroteknik.

Adress: Museivägen 7, 115 27 Stockholm, Sverige

Projekttyp: Konst och kultur, museikonstruktion

Beställare: Tekniska museet, Stockholm

Arkitektur: Elding Oscarson Arkitekter, Stockholm

Virkesleverantör och huvudpartner: Stora Enso AB, Sverige

Konstruktör: DIFK, Oslo.

Konstruktör trästomme: Création Holz, SJB Kempter Fitze, Schweiz.

Träspecialister: SJB Kempter Fitze, Gossau, Schweiz, i samarbete med Hermann Blumer.

Parametrisk design: Design-to-Production, Erlenbach, Schweiz.

Planering och utförande trästomme: Blumer Lehmann AG, Gossau, Schweiz.

Materialproducent: Stora Enso, LVL från Varkaus i Finland och CLT från Gruvön i Sverige.

Generalentreprenör: Oljibe, Stockholm.