

Bromodellering genom bromodulen i Revit Structure

- Anpassning av programvara för skapande av ändskärmsbroar

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

**JOAKIM HULTENIUS
LINUS ÅBERG**

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för *Constructions Management*
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2012
Examensarbete 2012:64

EXAMENSARBETE 2012:64

Bromodellering genom bromodulen i Revit Structure

- Anpassning av programvara för skapande av ändskärmsbroar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JOAKIM HULTENIUS

LINUS ÅBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Constructions Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2012

Bromodellering i bromodulen i Revit Strucure
- Anpassning av programvara för skapande av ändskärmsbroar

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

JOAKIM HULTENIUS
LINUS ÅBERG

© JOAKIM HULTENIUS, LINUS ÅBERG, 2012

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2012:64

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Constructions Management
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Vy över en bromodell genererad genom bromodulen i Revit Structure när ändskärmen
sätts på plats i efterhand.
Chalmers Reproservice
Göteborg 2012

Bromodellering i bromodulen i Revit Strucure

- Anpassning av programvara för skapande av ändskärmsbroar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JOAKIM HULTENIUS

LINUS ÅBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Constructions Management

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Bromodulen, eller Bridges som den heter i Revit Structure är ett tillägg som kan användas för att på ett snabbt och enkelt sätt skapa tredimensionella modeller av vägbroar. Dessa bromodeller skapas utifrån objektbaserade parametriska volymer för de olika delar en brokonstruktion är uppbyggd av, så kallade familjer. Möjligheten att skapa en modell av en bro i bromodulen som fungerar i enlighet med hur broar byggs i Sverige idag är emellertid begränsad. Detta beror på att de brotyper och familjer som finns att välja bland i bromodulen är få och de är inte anpassade till svensk brobyggnad.

Detta examensarbete syftar till att undersöka möjligheten att skapa en modell av en bro i bromodulen som fungerar enligt svensk brobyggnad. Det finns många typer av vägbroar och vi har fokuserat på en samverkansbro i stål och betong med ändskärmar. Referens för arbetet har varit ett verkligt projekt för ett utbyte av en bro på väg 1610 över Viskan i Rydboholm, söder om Borås. En förslagsritning för detta projekt är framtagen på Vectura Consulting AB i Göteborg där även detta examensarbete har genomförts.

Utgångspunkten har varit att skapa en familj för en ändskärm med vingar i Revit Structure då ändskärmar är något som saknas i bromodulen, för att sedan undersöka möjligheten att använda denna som en komponent vid skapande av bromodeller.

Vi har kommit fram till att detta är möjligt att göra och det har resulterat i en tredimensionell modell av bron där vår ändskärm finns med. För att få till en modell som fungerar har vissa justeringar krävts efter att modellen genererats i bromodulen.

Nyckelord: BIM, Revit familj, Revit Bridges, samverkansbro, landfäste, ändskärm, ändskärmsvingar

Bridge modeling with the Revit Structure extension Bridges

- Adaptation of software for creation of bridges with retaining walls

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

JOAKIM HULTENIUS, LINUS ÅBERG

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Construction Management

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Bridges is an extension in the Autodesk software product Revit Structure and is a handy tool for creating a three dimensional model of a bridge in a quick and easy way. The extension uses predefined parametric components of the different structural parts a bridge consists of, which in Revit are called families. The possibility to create a model of a bridge in the Bridges extension in accordance to Swedish bridges is however limited because of the scarce number of different bridge types and families available in the software.

The purpose of this thesis is to examine the possibility to create a model of a bridge in the Bridges extension in Revit Structure which conforms to Swedish bridge building. There are several different types of bridges and we have focused on a composite bridge in concrete and steel with retaining walls. The dimensions of the bridge we have made a model of are taken from a proposed drawing for a new bridge on road 1610 over river Viskan in Rydboholm, south of the city of Borås. This drawing was produced at Vectura Consulting AB in Gothenburg, where this thesis was also carried out.

The process of creating our model was based on the creation of a family for a retaining wall with connected wing walls as a replacement for abutments when generating a 3D-modell of a bridge in Revit Structure, since families for retaining walls are not available in the Bridges extension. We then examined the possibility to use a retaining wall with connected wing walls as a selectable component when creating bridge models in the Bridges extension.

We have found that this is possible to do and this has resulted in a three dimensional model of the bridge where our retaining wall-family is included. However, in order to create a model according to the drawing, adjustments were necessary after the model was generated in the Bridges extension.

Key words: BIM, Revit Bridges extension, Revit family, composite bridge, retaining wall, wing wall

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	III
INNEHÅLL	IV
FÖRORD	VI
BETECKNINGAR OCH BEGREPP	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsning	2
2 METOD	3
3 BIM	4
3.1 BIM inom anläggningskonstruktion	5
4 REVIT STRUCTURE	6
4.1 Familjer i Revit	7
4.2 Bromodulen i Revit Structure	7
4.2.1 Begränsningar i bromodulen	11
5 VECTURA CONSULTING AB	12
6 VÄGBROAR I SVERIGE	13
6.1 Rydboholmsbron	13
6.1.1 Förslagsritning för en ny bro över Viskan i Rydboholm	14
7 UTFÖRANDE	16
7.1 Modifiering av befintliga familjer	17
7.2 Skapande av nya familjer	18
7.3 Modifiering efter brogenerering	25
8 DISKUSSION	29
8.1 Framtida utvecklingsmöjligheter	29
9 SLUTSATSER	30
10 REFERENSER	31
IV	

Förord

Vi vill tacka våra handledare Maria Bigseth, Martin Caverö och Magnus Wiberg på Vectura samt Mikael Viklund Tallgren på Chalmers tekniska högskola för den feedback och det goda stöd ni har gett oss i arbetet med detta examensarbete.

Göteborg maj 2012

Joakim Hultenius & Linus Åberg

Beteckningar och begrepp

Begrepp och verktyg i Revit Structure:

Blend	En volym som skapas mellan två plan som utformats.
Constraints	Begränsningar på volymer och familjer.
Extrusions	Skapar en volym genom ett tvärsnitt.
Familj	Ett färdigt objekt eller volym som kan infogas i ett projekt.
Projekt	Projekt är huvudfilen man arbetar i.
Sweep	En volym som skapas genom att ett tvärsnitt sveps längs en bana.
Void	En tom volym som används för att skära bort delar av andra volymer.

Begrepp ur bromodulen i Revit Structure:

Abutments	Landfäste
Bearings	Lager
Deck	Betongdäck
Girders	Balkar
Piers	Pelare

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Det sker idag en förändring inom byggbranschen. Det är en bransch som sedan många år tillbaka förlitat sig till gamla traditioner och arbetssätt, inte minst vad gäller hantering av data och information. Ett exempel på detta är att det än idag i stor utsträckning förekommer tvådimensionella ritningar för att förmedla information om hur en konstruktion ska utformas. Viljan att anamma nya metoder är emellertid stor idag och utvecklingen går snabbt framåt.

BIM är ett populärt begrepp idag och går ut på att de olika parterna inblandade i ett särskilt projekt jobbar mot en och samma modell, som fungerar som en databas där all information om en konstruktion finns samlad. Syftet är att underlätta beslutsfattande, minska kostnader och minimera risker för fel under konstruktionens hela livslängd. En viktig del i BIM är visualisering i 3D. Inom anläggning har användandet av BIM inte kommit lika långt som inom husbyggnad. Efterfrågan på BIM inom anläggning ökar idag men att möta denna efterfrågan kräver en ständig teknisk utveckling, inte minst av mjukvaruprodukter som hanterar BIM.

Ett exempel på programvara för BIM inom anläggningskonstruktion är Autodesk's Revit Structure och dess tilläggsmodul Bridges. I Bridges i Revit Structure kan 3-dimensionella modeller av broar skapas utifrån fördefinierade komponenter. Möjligheterna är dock relativt begränsade och är inte anpassade till de standarder enligt vilka vi bygger broar i Sverige idag.

Vectura Consulting AB i Göteborg arbetar idag med bland annat projektering av infrastrukturobjekt som järnvägar, vägar och broar. Då efterfrågan på BIM och visualisering i 3D blir allt vanligare från beställarens sida är detta numera en väsentlig del i Vecturas arbete. Revit Structure är en av de programvaror som används hos Vectura vid projektering av broar.

1.2 Syfte

Syftet med vårt examensarbete är att undersöka och utvärdera hur 3D-modelleringsverktyget Revit Structure och dess tilläggsmodul Bridges kan utvecklas och anpassas till svenska förhållanden vid projektering av vägbroar för att förenkla och effektivisera arbetsprocesser. Huvudsyftet är uppdelat i följande delsyften.

- Skapande av en parameterstyrd familj för en ändskärm i Revit Structure, där ändskärmens utformning och dimensioner kan ändras och anpassas till olika rådande fall.
- Undersöka möjligheten att få en egen skapad familj, i vårt fall den ovan nämnda ändskärmen, att kunna användas i tilläggsmodulen Bridges genom att anpassa den efter styrande parametrar.
- Skapa en fungerande modell av en bro utifrån en förslagsritning Vectura tagit fram för en ny bro över Viskan i Rydboholm, där vår familj för en ändskärm finns med.

1.3 Avgränsning

Vägbroar och vägbroars ingående konstruktionsdelar kan se ut på olika sett beroende på vilken brotyp det är och vilket material de är gjorda av. Vi har i vårt arbete fokuserat på en samverkansbro, där vi har utgått från en förslagsritning Vectura tagit fram för nybyggnationen av en samverkansbro över Viskan i Rydboholm.

2 Metod

Följande aktiviteter har genomförts för att kunna slutföra vårt examensarbete.

Litteraturstudier har genomförts i form av informationssökning i olika databaser, tidskrifter, kravbeskrivningar och föreskrifter för att förstå vad begrepp som svensk standard vid brobyggande, samverkansbro och BIM innebär.

Modelleringsarbetet gjordes i 3D-modelleringsverktyget Revit Structure. Detta arbete har varit omfattande och innefattar framtagandet av parameterstyrd familj för en ändskärm, inläring och utvärdering av tilläggsmodulen Bridges samt identifiering av dess familjers styrande parametrar.

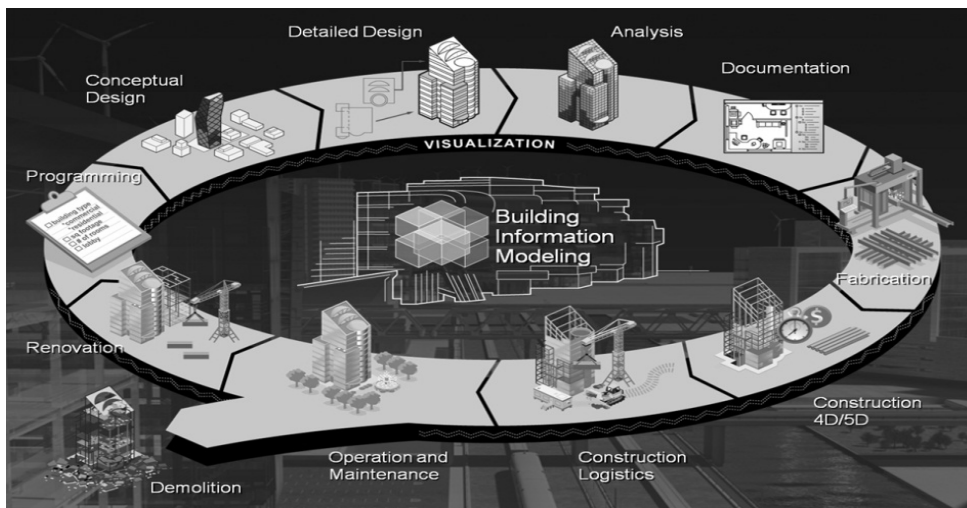
Arbetet har genomförts på Vecturas kontor i Göteborg. En dialog har förts mellan examensarbetare och handledare på Vectura och Chalmers tekniska högskola kontinuerligt under arbetets gång i form av möten och e-mailkorrespondens.

3 BIM

BIM är ett populärt begrepp inom byggsektorn idag men idén härstammar från 70-talet, och konceptet blir större i takt med att tekniken utvecklas. Definitionen av BIM kan skilja sig åt beroende på vem som tillfrågas och i vilket sammanhang begreppet används, och det råder idag en viss förvirring kring vad BIM verkligen är. Ordet förknippas ofta med 3D och 3D-modellering vilket är naturligt eftersom just 3D-modeller och visualisering är en stor del inom BIM.

The National Institute of Building Sciences i USA definierar BIM som: “A computable representation of the physical and functional characteristics of a facility and its related project/life-cycle information using open industry standards to inform business decision making for realizing better value” (What is BIM?, 2009).

BIM står för ”Building Information Model” eller ”Building Information Modelling” och ibland även ”Building Information Management”. Det kan ses som en gemensam modell tillgänglig för de olika aktörer som är involverade i ett visst projekt såsom arkitekter, konstruktörer, projektörer, konsulter, beställare och entreprenör. Modellen fungerar som en databas där all information om en konstruktion finns tillgängligt under konstruktionens hela livslängd, från planeringsstadiet till rivning, se Figur 3.1 En BIM visualiseras ofta i form utav en tredimensionell modell av konstruktionen och denna 3D-modell utgör själva kärnan i ett projekt.



Figur 3.1 - Illustration av en BIM. (buldipedia.com, 2010)

Chuck Eastman (prof. i arkitektur och datavetenskap vid Georgia Institute of Technology samt författare av BIM Handbook) hävdar att det finns två strategiska begränsningar i användandet av konventionella ritningar: (1) Ett 3D-objekt måste ses från flera olika vinklar för att bli tillräckligt detaljerad, vilket gör ritningar överflödiga och öppnar för fel och (2) informationen i en ritning kan inte tolkas av datorer (Eastman, C. 2009). Styrkan i en BIM ligger i att informationen som finns i modellen

är digital och kan läsas och analyseras av datorer. Detta minskar risken för fel och att krockar mellan olika element i en konstruktion uppstår. Om en ändring görs på någon nivå så ändras detta i modellen vilket gör att alla inblandade parter i ett projekt direkt kan ta del av denna ändring.

En annan styrka med en BIM är att den underlättar planering och beslutsfattande. Som nämntes ovan så fungerar BIM som en databas med information om en konstruktion under hela dess livslängd. Det kan vara information om design, strukturella analyser och beräkningar men även byggnadstekniska detaljer, material, volymer och mängder. Man kan dessutom lägga till information om tid och kostnader i modellen vilket gör den 4-dimensionell/5-dimensionell.

En viktig del i att få utvecklingen av BIM att gå framåt är kompatibilitet de olika aktörerna sinsemellan, så kallad Open BIM. Det finns flera BIM-relaterade programvaror på marknaden idag, exempelvis AutoDesk, Tekla, Bentley och ArchiCad, som alla använder sina egna filformat. Enligt den internationella organisationen buildingSMART är Open BIM ett universellt förhållningssätt för samverkan vid design, hantering och förverkligande av konstruktioner baserat på öppna standarder och arbetsflöden (www.buildingsmart.com, 2012). Open BIM handlar alltså om att olika aktörer och deltagare i ett projekt ska kunna ta del av information oavsett vilken programvara de använder. BuildingSMART har utvecklat ett sådant öppet standardformat, IFC som står för Industry Foundation Classes och är på väg att bli en internationell standard.

3.1 BIM inom anläggningskonstruktion

Fram till idag har BIM använts i mycket större utsträckning inom husbyggnad än inom anläggningskonstruktion. Mårten Lindström & Rogier Jongeling (OpenBIM) skriver i en krönika från 2010 på byggindustrin.org: ”En stor anledning att BIM har blivit så vanligt inom husbyggnad är kraven på och vanan att tillämpa modellerna bland byggherrar och entreprenörer” och de hävdar även att ”ur ett mjukvaruperspektiv har programvaror för husbyggnad utvecklats kraftigt de senaste åren”. (Lindström, M & Jongeling, R. 2010).

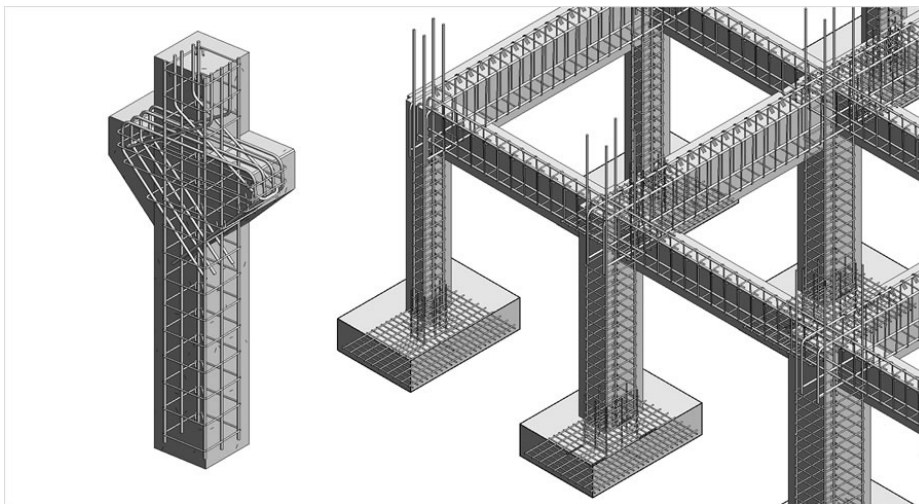
Efterfrågan på BIM inom anläggning och viljan att anamma BIM på anläggningssidan är dock något som ökar. Kravet på visualisering och redovisning i 3D vid projektering av anläggningskonstruktioner, exempelvis brokonstruktioner, blir allt vanligare från beställarens sida. Utvecklingen av programvaror för BIM inom anläggning går också framåt. Ett exempel på detta är verktyget Bridges i Revit Structure i vilket 3D-modeller av broar skapas.

4 Revit Structure

Det finns idag ett stort antal olika mjukvarualternativ för att skapa och hantera BIM vid projekteringen av en konstruktion. Beroende på vilken typ av konstruktion som ska projekteras är många av dessa BIM-verktyg specialiserade mot en viss inriktning, till exempel husbyggnad, infrastruktur eller installationer. Några av de vanligast förekommande programvarorna idag är Tekla Structures, Bentley, ArchiCad och Revit.

Revit är ett verktyg för 3D-modellering från Autodesk som är specifikt framtaget för BIM och är ett hjälpmedel för att designa, bygga och underhålla högkvalitativa och energieffektiva konstruktioner (Autodesk, 2012). Revit finns i tre versioner: Revit Architecture som hanterar design av hus och byggnader, Revit MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) som hanterar installationer samt Revit Structure. De är olika versioner av samma mjukvara så principen är densamma och de är kompatibla med varandra så att arbete i samma modell oavsett vilken version som används är möjligt.

Vi har i vårt modelleringsarbete använt oss av Revit Structure som inriktar sig mot konstruktionsteknisk modellering. Revit Structure är speciellt framtagen för byggnadskonstruktörer och innehåller verktyg för att analysering samt möjliggör optimering genom samordning av byggkonstruktion och dokumentation (Cad-Q, 2012). I programmet kan även detaljer som exempelvis armering i betongkonstruktioner hanteras, se Figur 4.1.



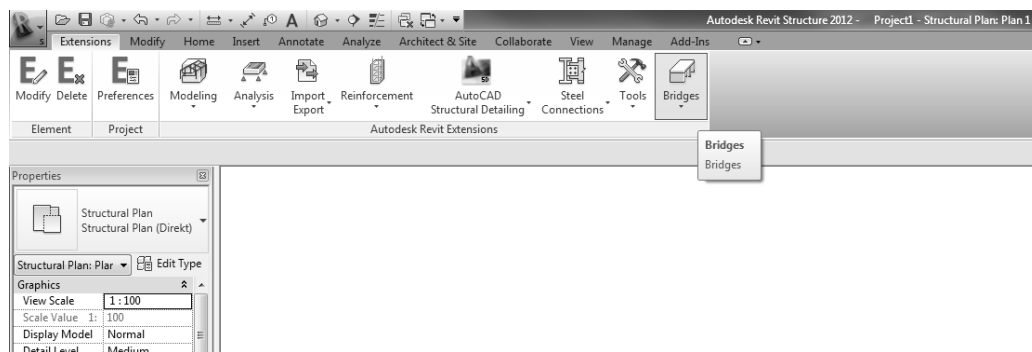
Figur 4.1 – Visualisering av armering i Revit Structure. (autodesk.com/revit, 2012)

4.1 Familjer i Revit

Modellering i Revit bygger till stor del på användandet av parametriskt styrda objekt, så kallade familjer. Exempel på familjer i Revit kan vara fönster till ett hus eller pelare till en bro. Familjerna kan vara fördefinierade av programvaruleverantören eller skapade av programanvändarna. Fördelarna med att modellera med parametriskt styrda objekt är att man utnyttjar redan utvecklade objekt för att snabbt och systematiskt bygga olika modeller. Dessa kan sen ändras genom att byta värden på olika parametrar, till exempel höjd och bredd på ett fönster.

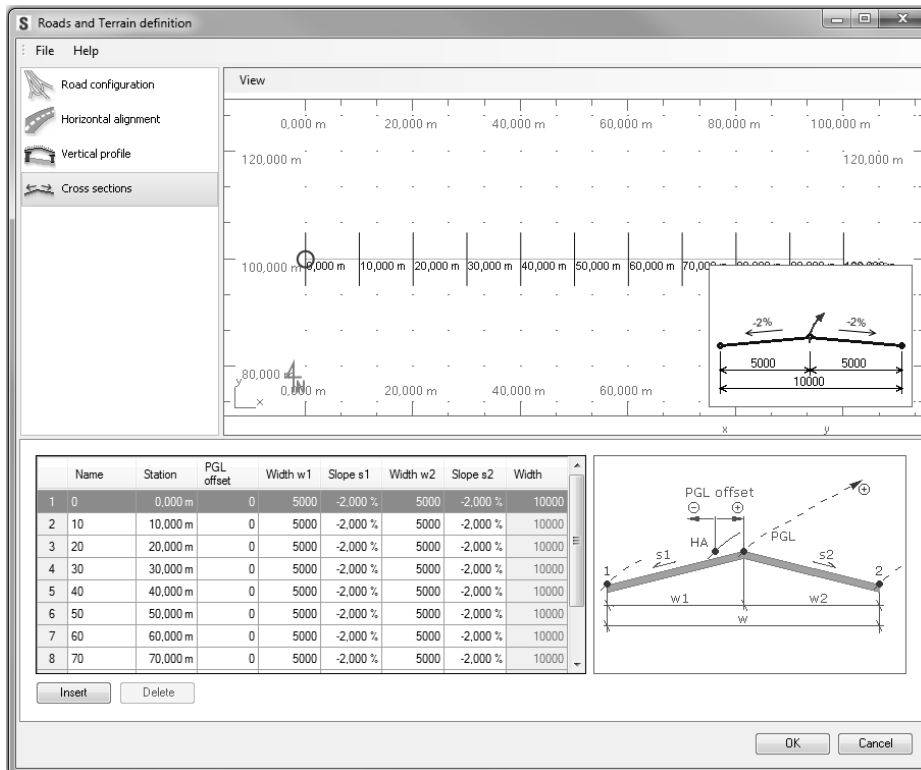
4.2 Bromodulen i Revit Structure

Bromodulen, eller Bridges som det heter i Revit, är ett tillägg till Revit Structure som används vid projektering av broar och är ett hjälpmedel för att på ett snabbt och enkelt sätt skapa en 3D-modell av en bro. Bridges hittas under fliken Extensions i ribbonmenyn i Revit Structure se Figur 4.2. Bromodulen genererar en modell av en bro utifrån fördefinierade parameterstyrda familjer för en brokonstruktions olika delar. Exempel på familjer kan i detta fall vara pelare, landfästen och kantbalkar. För att kunna anpassa bron till marken vid broläget måste först aktuell terräng definieras.

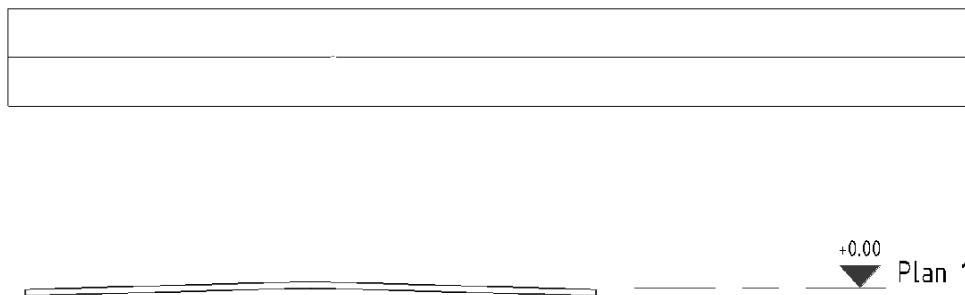


Figur 4.2 – Tillägget Bridges/bromodulen i Revit Structure

När en modell av en bro ska skapas i bromodulen måste först det vägsegment som bron ska utformas efter definieras. Detta görs under en flik i bromodulen som heter Roads and Terrain, se Figur 4.3. Här konfigureras längden, den horisontella linjeföring och den vertikala profilen. Här bestäms även vägens utformning i tvärsektion vad gäller symmetri, tvärfall och tvärfallets lutningsprocent. Figur 4.4 visar ett 100 m långt och 10 m brett vägsegment i plan och tvärsektion med ett tvärfall på 2.5 %. Väglinjen kan även importeras i formatet LandXML från andra programvaror som är anpassade för vägprojektering.

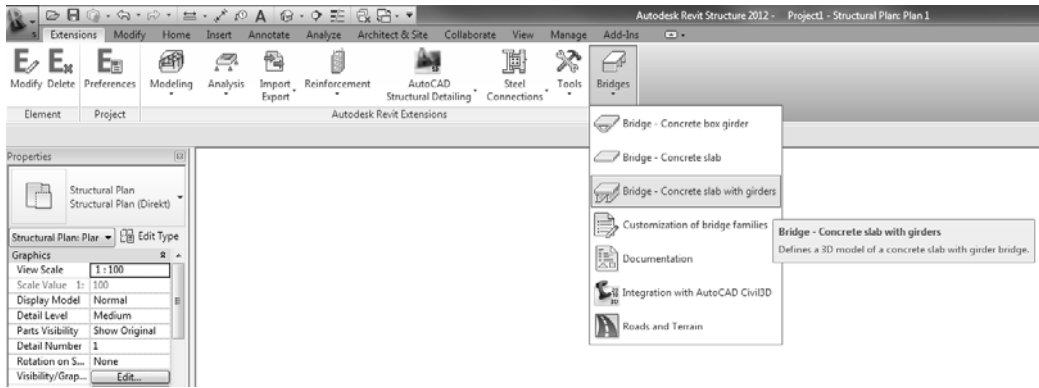


Figur 4.3 - Roads and Terrain i bromodulen



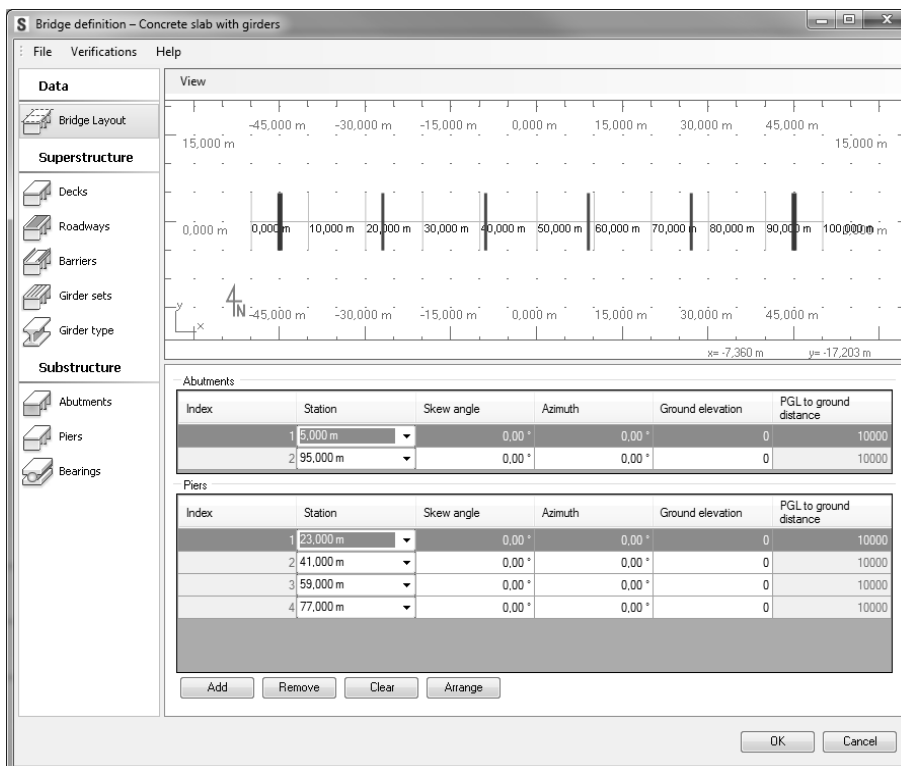
Figur 4.4 - Vägsegment i plan och tvärsnitt

Därefter väljs brotyp. Det finns tre olika typer att välja mellan: Concrete box girders som är en lådbalkbro i betong, Concrete slab som är en plattbro i betong samt Concrete slab with girders som kombinerar en betongplatta med underliggande balkar, se Figur 4.5.



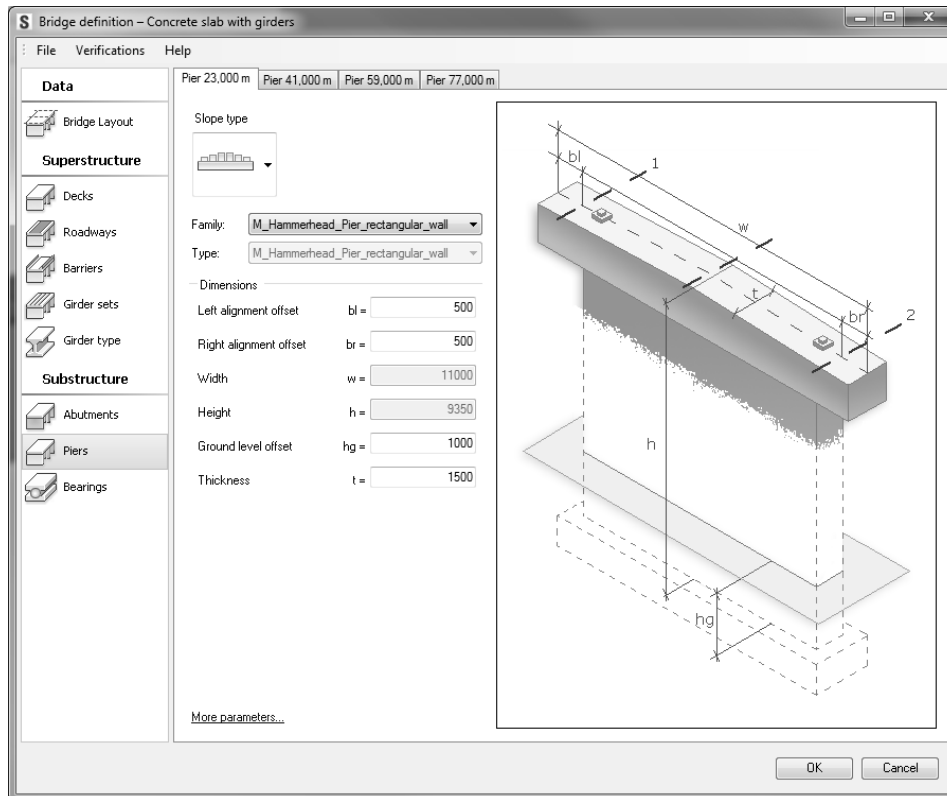
Figur 4.5 - Brottyper i bromodulen

När önskad brottyp har valts öppnas ett fönster som heter Bridge definition och härifrån kan brons layout och detaljer styras. Bridge definition är indelat i Data, Superstructure och Substructure. I data styrs i vilka sektioner brostöden ska placeras, alltså vilka spännvidder bron ska ha samt vilken höjd stödets fundament ska ligga på. Superstructure är brons överbyggnad och här väljs vilka delar överbyggnaden ska bestå av och vilka dimensioner de ska ha, exempelvis brodäck och kantbalkar. Substructure är brons underbyggnad och här väljs vilken utformning och dimensioner brons stöd, lager och pelare ska ha. Figur 4.6 visar Bridge definition-fönstret där indelningen och de olika valbara komponenterna kan ses till vänster i figuren.



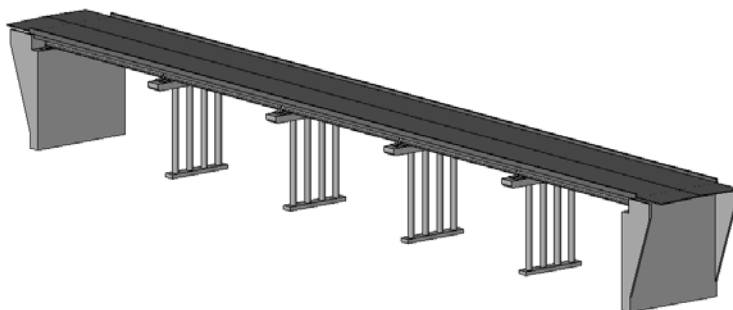
Figur 4.6 - Bridge definition i bromodulen

Figur 4.7 nedan visar hur det ser ut i Bridge definition-fönstret när bron mellanstöd ska utformas. Här väljs vilket typ av stöd som önskas samt dess dimensioner och varje stöd kan ställas in individuellt om det skulle vara så att de varierar. I det här fallet har bron fyra mellanstöd vilka kan ses som de lite ljusare linjerna under "view" i Figur 4.6. Till vänster i Figur 4.7. ses ikonen Piers under Substructure markerad och till höger ses en bild som visar de parametrar som styr mittstödet.



Figur 4.7 - Mittstöd i Bridge definition-fönstret

När alla inställningar i Bridge definition-fönstret gjorts klickas "OK" för att modellen ska genereras. Figur 4.8 nedan visar en bromodell av typen "Concrete slab with girders" som skapats i bromodulen.



Figur 4.8 - Concrete slab with girders

4.2.1 Begränsningar i bromodulen

En begränsning i bromodulen är att det finns relativt få valmöjligheter och de olika typer av familjer som finns tillgängliga idag är ganska få. Detaljer som broräcken och ändskärmar finns inte i bromodulen överhuvudtaget. Detta försvårar möjligheten att skapa en modell av en bro i bromodulen som direkt blir precis som önskat utan att behöva justera modellen efter att den genererats. En annan begränsning är att de brotyper och de familjer som finns i bromodulen inte är anpassade efter hur svenska brokonstruktioner är utformade. Många av de broar som byggs i Sverige idag kan inte skapas direkt i bromodulen. Det är dessutom svårt att hantera krökta och dubbelkrökta ytor i Revit.

5 Vectura Consulting AB

Vectura Consulting AB är ett teknikkonsultföretag inom transportinfrastruktur och finns på ca 40 orter i Sverige, Norge och Danmark. Vectura erbjuder tjänster inom utredning och analys, projektering, bygg- och projektledning samt drift och underhåll. Vectura Consulting AB startades 1 januari 2009 genom en sammanslagning av Vägverket Konsult och Banverket Projektering. På Vecturas kontor i Göteborg arbetar man med de flesta delar inom infrastruktur och här jobbar konsulter inom bland annat järnväg, väg, gata, mark, samhällsplanering, miljö, landskapsarkitektur, geoteknik, GIS, VA och anläggningskonstruktion. Inom teknikområdet anläggningskonstruktion arbetas det med projektering och konstruktion av broar och tunnlar, men även andra anläggningar såsom färjelägen, hamnkonstruktioner, bryggor, kajer och kraftverksanläggningar. Det kan vara projektering och konstruktion för nybyggnation men även för ombyggnad, reparation och förstärkningsarbeten (Vectura, 2012).

6 Vägbroar i Sverige

Vid projektering av vägbroar kopplade till Trafikverkets verksamhet finns det särskilda föreskrifter och kravbeskrivningar som ska följas. Sedan 1 juli 2009 gäller Tekniska Krav Bro 2009 och förkortas TK Bro. Kraven som står angivna i TK Bro ska följas vid utformning och dimensionering av broar med teoretiska spännvidder i det största facket större än 2.0 m. Publikationen beskriver vilka krav som ställs vid bland annat grundläggning, betongkonstruktioner, stål- och aluminiumkonstruktioner och träkonstruktioner. I anslutning till TK Bro finns även publikationen TR Bro 2009. TR Bro är ett tillägg till de tekniska kraven och innehåller tekniska råd och förklaringar.

I publikationen för tekniska krav finns även en hänvisning till vilka standarder som gäller. De standarder som ska tillämpas är Europeiska beräkningsstandarder, Eurokod, för beräkningar samt Allmän material- och arbetsbeskrivning, AMA.

6.1 Rydboholmsbron

Rydboholmsbron är en befintlig bro över ån Viskan på väg 1610 i Rydboholm söder om Borås. Den byggdes 1934 och är byggd som en bågbro med överliggande båge, se Figur 6.1. Den befintliga bron har låg bärighet, bärighetsklass 2 (BK2). Bron trafikeras av motortrafik, cyklister och fotgängare men är för smal för att rymma en gång- och cykelbana bredvid körbanan. Sikten är dessutom begränsad vilket minskar säkerheten ytterligare. Trafikverket har gjort en förstudie för anläggandet av en ny bro på väg 1610 över Viskan i ungefär samma sträckning som den befintliga bron. Målet med en ny bro är att öka bärigheten till bärighetsklass 1 (BK1). Dessutom är förhoppningen att öka säkerheten genom en väglinje som förbättrar sikten samt en separerad gång- och cykelbana på bron (Trafikverket, 2012).



Figur 6.1 - Befintlig bro över Viskan i Rydboholm. (trafikverket.se, 2012)

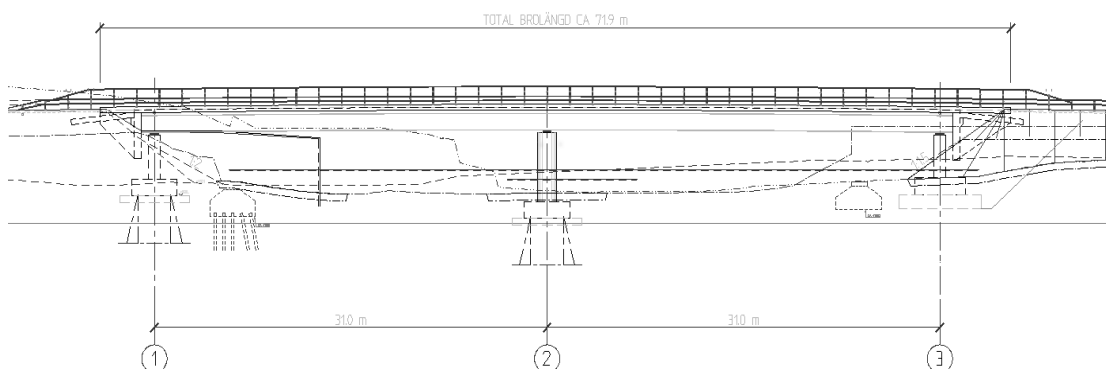
6.1.1 Förslagsritning för en ny bro över Viskan i Rydboholm

På Vectura har en förslagsritning för en ny bro över Viskan i Rydboholm tagits fram. Förslaget är för en samverkansbro i stål och betong. En samverkansbro är en bro där två eller flera olika materialtyper samverkar för att bära upp de laster som påverkar. Broar där stål balkar samverkar med en brobanaplatta i betong är idag en vanlig brotyp i Sverige. Genom att använda sig av svetsbultar i övergångarna verkar de två materialerna som en enhet, och samverkan uppnås (Stålbyggnadsinstitutet, 2012). Figur 6.2. visar placering av stål balkarna för en samverkansbro innan brobanaplattan i betong är på plats.

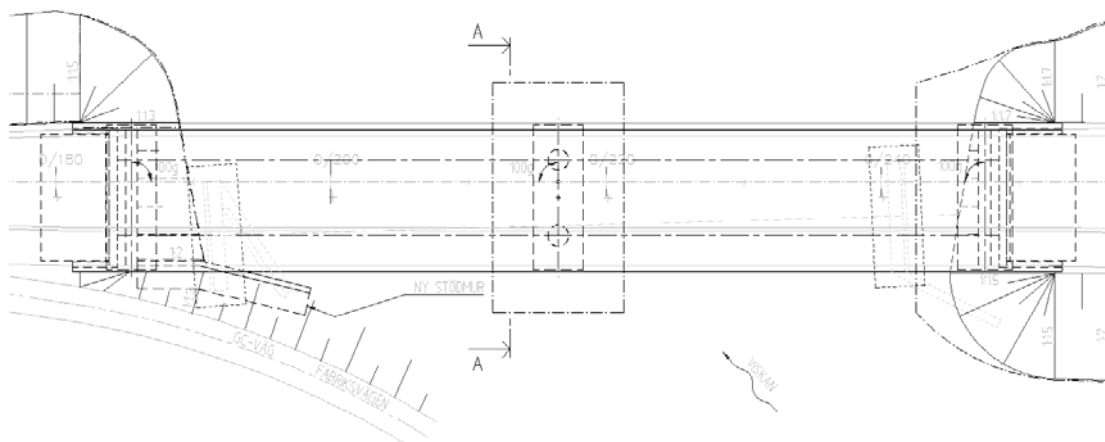


Figur 6.2 - Stålbalkarnas uppbyggnad för en samverkansbro. (sbi.se)

Förslaget för den nya bron i Rydboholm är utformad i två spann med en spannbredd på 31.0 m och har en total längd på ca 71.9 m, se Figur 6.3.

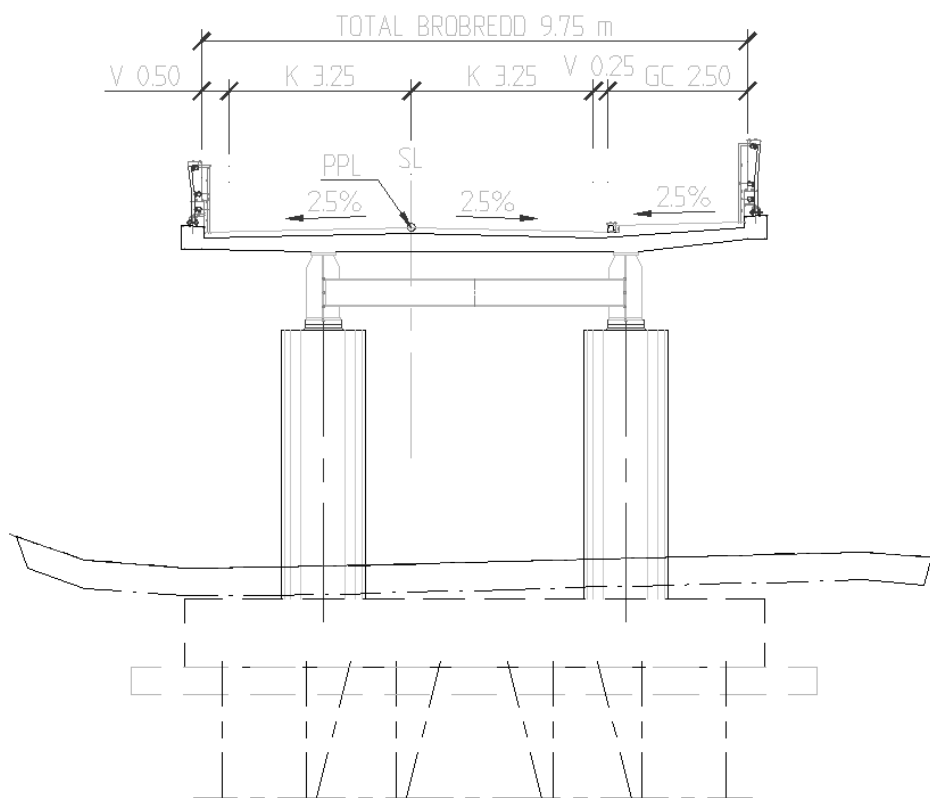


Figur 6.3 - Elevationsvy från förslagsritning



Figur 6.4 - Planvy från förslagsritning

Bron har två körfält för trafik i motsatta riktningar där varje körfält har bredden 3.25 m samt en separat gång- och cykelbana med bredden 2.50 m, se Figur 6.5. Tillsammans med väggrenarna blir den totala brobredden 9.75 m, kantbalkarna exkluderat.



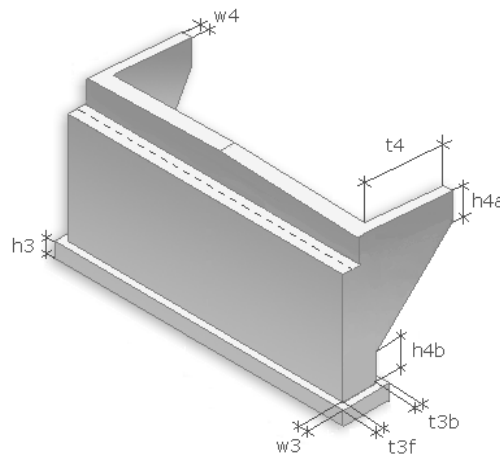
Figur 6.5 - Sektionsvy från förslagsritning

7 Utförande

Vår uppgift har varit att genom bromodulen i Revit Structure skapa en bro som är anpassad efter hur broar ser ut och byggs i Sverige. Detta är något som saknats sen tidigare då familjerna som följer med bromodulen är anpassade efter en annan standard och gör därför att användandet blir begränsat för svenska nyttjare. För att göra bromodulen mer användbar krävdes därför nya familjer att mata in i bromodulen som är bättre anpassade för den svenska marknaden. Utgångspunkten för en svensk bro blev de förslagsritningar för Rydboholmsbron som vi haft tillgång till under examensarbetet. Rydboholmsbron som är en samverkansbro med stålbalkar och betongdäck, och med skivstöd och ändskärmar.

Till en början gjordes en identifiering av familjerna som följer med bromodulen för att se vilka som skiljer sig mellan de som finns i bromodulen och de som krävs för att göra en modell av en typiskt svensk bro, Rydboholmsbron i detta fall. Där fann vi att de största skillnaderna var att:

- I bromodulen saknas ändskärmar. Det som finns i bromodulen är endast olika typer av landfästen, så kallade abutments.

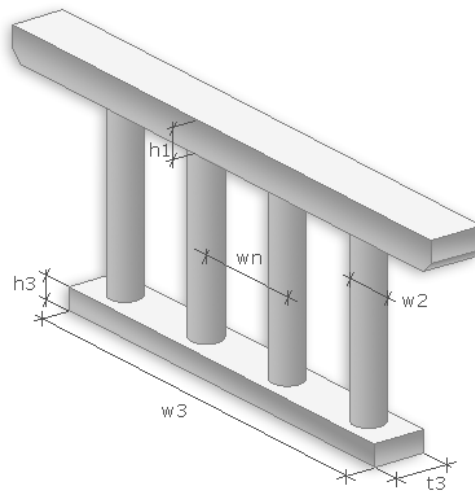


Figur 7.1 - Landfäste i bromodulen

Ett landfäste tillhör en bros underbyggnad och tar laster från både brons överbyggnad och laster från anslutande vägbanks jordtryck. Landfästen består dels av ett stöd som bär upp överbyggnaden samt en frontmur och kan dessutom ha vingmurar som ansluter till frontmuren. Figur 7.1 visar ett sådant landfäste. För en bro med landfästen har man en övergångskonstruktion mellan överbyggnaden och landfäste. En ändskärm motsvarar landfästets frontmur och tar laster från

anslutande vägbanks jordtryck och bromslaster från fordon på bron men tillhör bronns överbyggnad och är ihopgjuten med brobaneplattan. Ändskärmen sitter med ett visst avstånd ifrån ett ändstöd, se Figur 7.4, som tillhör underbyggnaden och tar laster från överbyggnaden.

- Alla typer av stöd och pelare i bromodulen har en överliggare, något som inte är särskilt vanligt på svenska broar.

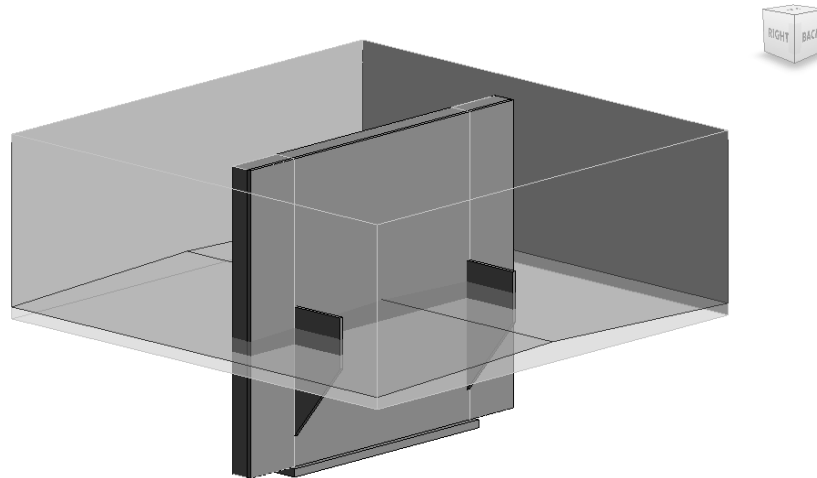


Figur 7.1 - Pelarfamilj i bromodulen

Resterande familjetyper i bromodulen ansågs vara tillräckligt anpassningsbara för att fungera i en sådan bro vi vill kunna generera.

7.1 Modifiering av befintliga familjer

Första steget blev att studera de existerande abutmentfamiljerna för att se hur dem var uppbyggda och huruvida det var praktiskt att modifiera en sådan snarare än att skapa en ny familj.



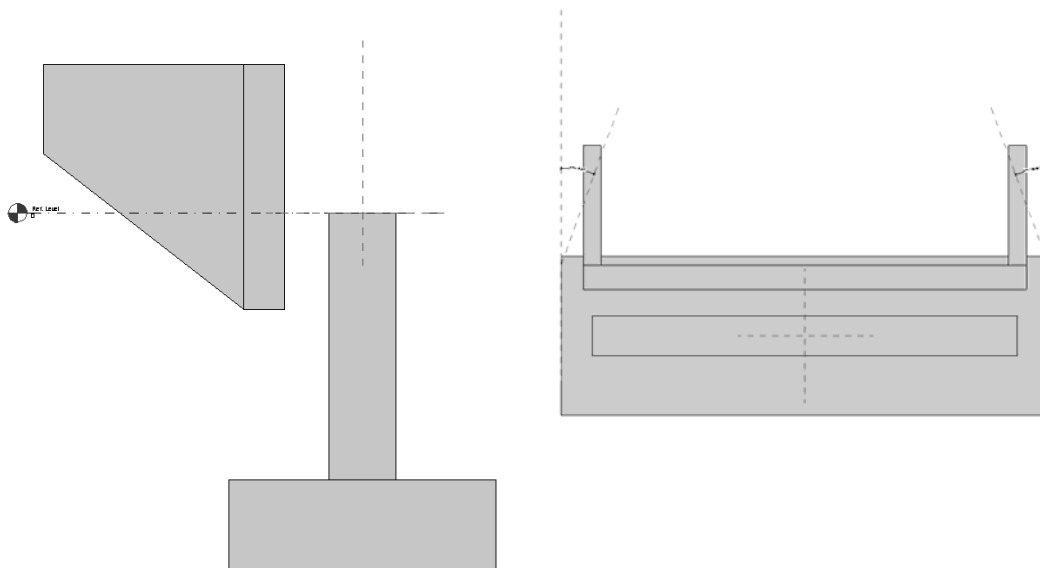
Figur 7.3 - Uppbyggnaden av en abutment i bromodulen

Vi fann tidigt att de befintliga familjerna var uppbyggda på en komplex vis och att de var svårmodifierade på grund av de begränsningar som finns i dess alla parametrar, constraints och voids. Det blev därför inte aktuellt att använda sig av någon av de befintliga abutmentfamiljerna, det visade sig inte vara praktiskt. I Figur 7.3. ses en abutmentfamiljs grundvolym som blir beskuren av de voids som skär bort de volymer som inte önskas vara synliga när familjen genereras genom bromodulen.

7.2 Skapande av nya familjer

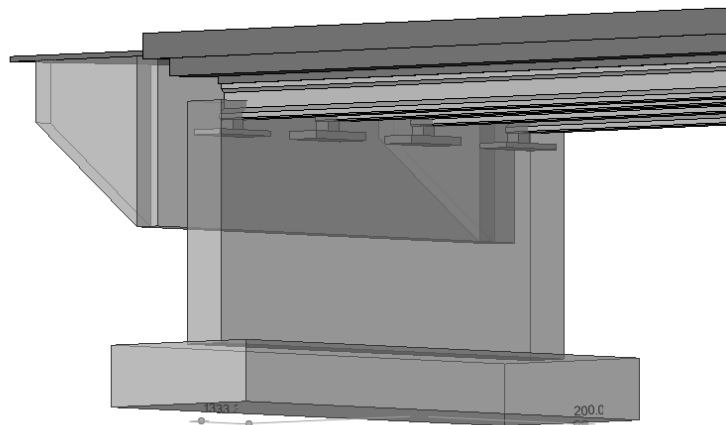
Att skapa en ny familj för en ändskärm blev istället det tillvägagångssätt som användes. När denna skapades användes den data vi fått från förslagsritningarna för Rydboholmsbron för att ta fram lämpligt utseende och dimensioner.

För att ändskärmsfamiljen ska placeras i rätt position då den genereras genom bromodulen är det viktigt att ta reda på vart en abutments utgångspunkt är placerad, för att sedan utgå ifrån den när ändskärmen ska börja modelleras. Detta görs genom att studera en befintlig abutment och se hur den är modellerad utifrån den centrumpunkt, se Figur 7.4, i familjefilen som är låst och alltså alltid är centrum. Det är utifrån den punkten den placeras in ett projekt när en bro skapas genom bromodulen, så det är viktigt att familjen hamnar rätt för att undvika onödig handpåläggning i efterhand. När det gäller just ändstöd med ändskärm så måste centrumlinjen gå igenom centrum av ändstödet ovansida för att placeras under bron lager i den tänkta modellen.



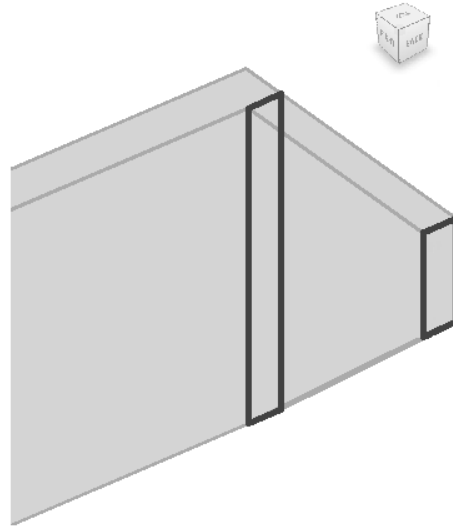
Figur 7.4 - Ändskärmsfamilj i plan och profil med synlig centrumpunkt

När ändskärmsfamiljen skulle modelleras så skapades den som en familj med två separerade delar, en ändskärm och ett ändstöd, se Figur 7.4. Ändstödet, i detta fall ett skivstöd, skapades med två extrusions, en för fundamentet och den andra för skivstödet. Stödets ovansida måste här vara låst i centrumlinjens underkant för att stödet inte förlängs upp igenom bromodellen när höjden för stödet ändras, som det gör i Figur 7.5 nedan.



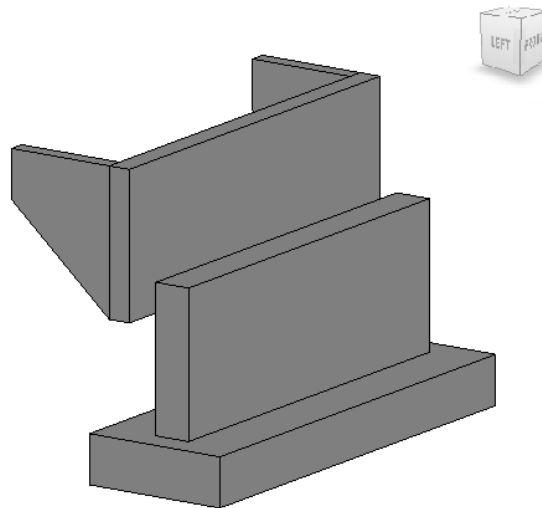
Figur 7.5 - Ändstöd som växer igenom bromodellen vid höjdändring

Görs detta på rätt sätt växer stödet istället nedåt vid höjdändring. Fundamentet måste även det vara låst i överkant, detta av samma anledning som stödet, det får inte växa upp igenom ovanstående volym när höjden ändras. Så fundamentets ovansida måste låsas i stödets undersida för att dem ska fungera bra ihop. Ändstödet kan sedan förses med de parametrar som behövs för att kunna använda den i bromodulen och för att kunna hantera familjen efter behov.



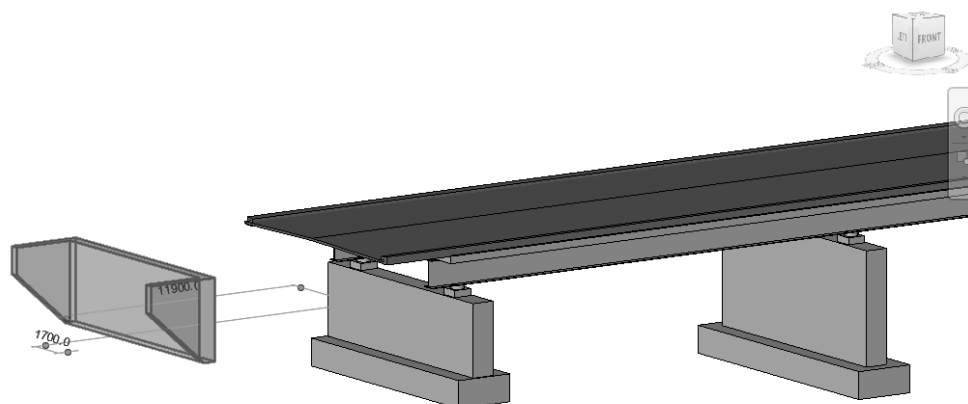
Figur 7.6 - Topp och bas till den blend som skapar ändskärmsvingarna

Ändskärmen skapades även den med en extrusion som grund, men för att skapa ändskärmsvingarna till ändskärmen användes verktyget blend. En blend skapas genom att två plan, en bas och en top, placeras och formas, se Figur 7.6, där en volym sedan skapas emellan de två planen. Först måste den extrusion som bildar ändskärmen skapas för att sedan kunna fästa de två blendplanen på höger respektive vänster sida på ändskärmen. Basen för den blend som ska skapa volymen för ändskärmsvingarna måste fästas på det plan som är baksidan av ändskärmen så att volymen utgår ifrån ändskärmen. Toppen för ändskärmsvingens blend kan skapas i samma plan som basen men kan även skapas i en referensplan som kan placeras på valfritt avstånd ifrån ändskärmen. Här är också viktigt att toppen och basen blir låsta i de riktningar som de inte är önskade att kunna röra sig i, i detta fall ut ifrån ändskärmen. Alltså så att ändskärmsvingarnas tjocklek endast kan växa inåt mot ändskärmens centrum. Basens top ska heller inte kunna resa sig över ändskärmens. När dessa begränsningar är satta och parametrar är bestämda efter krav och önskemål är det klart att generera volymen för ändskärmsvingarna. Det är alltid viktigt att sätta så många som möjligt av de begränsningar och parametrar som behöver vara med i editeringsläget och inte på volymen efter den har skapats. Detta för att ha med de viktigaste och mest grundläggande parametrarna i grunden och inte på ytan för att få familjen att fungera som önskat.



Figur 7.7 - Ändskärmsfamiljen

Familjen som skapats, se Figur 7.7, fyllde sitt syfte som ändstöd med ändskärm som gick att generera genom brommodulen, men det visade sig opraktiskt att ha ändstöd och ändskärm i samma familj. Anledningen var att som familj i en projektfil blir hela familjen ett objekt, en volym. Detta är opraktiskt vid exempelvis volymeräkningar, då volymerna helst bör behandlas separat på grund av att ändskärmen tillhör överbyggnaden och ändstöd med fundament hör till bron underbyggnad och dessa kan därför ha olika betongklasser och behandlas därför bäst separat. Så en familj fick bli två. Ändstödet gjordes till en egen familj som skulle gå att använda genom brommodulen då det är stödet centrumpunkt som placeras under bron lager. För att ändstödet skulle fungera genom brommodulen var extra parametrar, som egentligen hör hemma på ändskärmen, tvungna att definieras. Detta gjordes enklast genom att skapa tomma parametrar så att de parametrar som det är krav på för abutments i brommodulen kan anges. Den nya ändskärmsfamiljen, med endast en fri ändskärm, hade inte samma begränsningar då den inte längre behöver genereras genom brommodulen. Ändskärmen placeras istället in i efterhand, likt i Figur 7.8, när bron från brommodulen redan skapats, vilket ger större frihet i familjeskapandet.

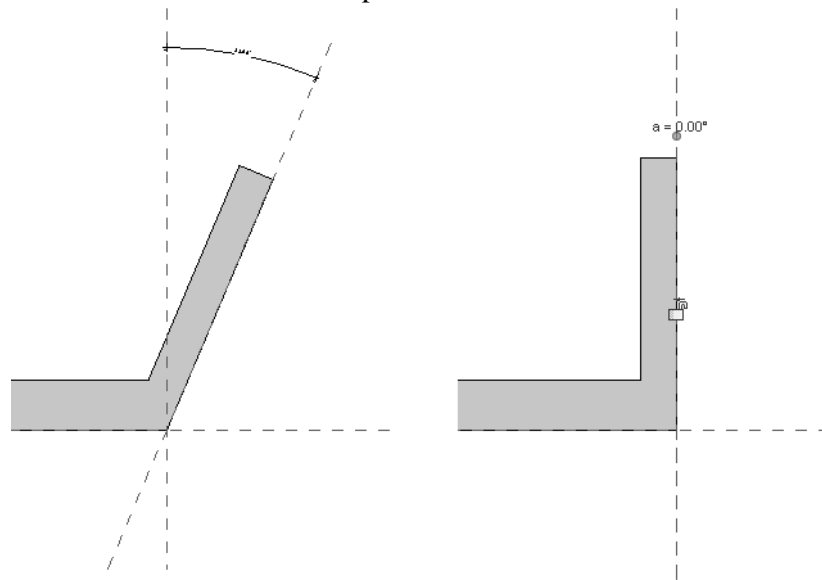


Figur 7.8 - Ändskärmen placeras i efterhand

Skivstödet som skapats sparades även som pelarfamilj för att även kunna användas som mellanstöd, vilket går att se i Figur 7.8. Att göra det kräver endast att de parametrar som det är krav på för piers (pelare) i bromodulen kan anges, alltså på samma vis som för abutments som beskrivs ovan.

Ändskärmen ville vi utveckla ytterligare genom att göra det möjligt att vinkla ändskärmsvingarna både utåt och inåt. Detta för att göra ändskärmen mer användbar genom att kunna använda den till krökta broar och även de raka broar där ändskärmsvingarna är vinklade av andra skäl. Det visade sig dock vara problematiskt. Att just få ändskärmsvingarna att vinkla sig genom att fästa dem på ett referensplan eller referenslinje var inte det huvudsakliga problemet, det fungerade. Men det dök upp problem när väl ändskärmsvingarna kunde vinklas:

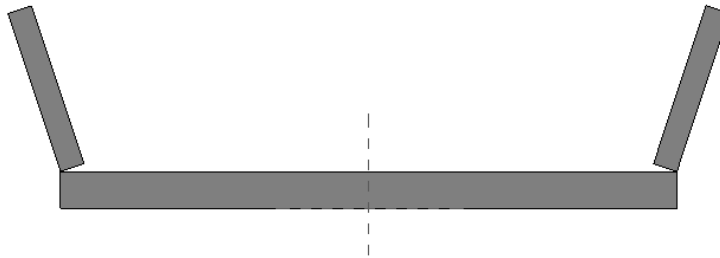
- **Överlappande referensplan** – När ett system med referensplan byggts upp och ändskärmsvingen fästs i det som ska vinklas i förhållande till de andra och fått det att fungera så noteras att det går bra så länge vinkeln inte är noll. Alltså då ändskärmsvingens kommer tillbaka till sitt ursprungsläge. I det läget överlappar två referensplan och ett fel uppstår som gör att funktionen upphör att fungera. Det fungerar alltså med vinklar från 1° till 89° då det kolliderar med nästa referensplan vid 90° .



Figur 7.9 - En utvinklad och en tillbakavinklad ändskärmsvinge

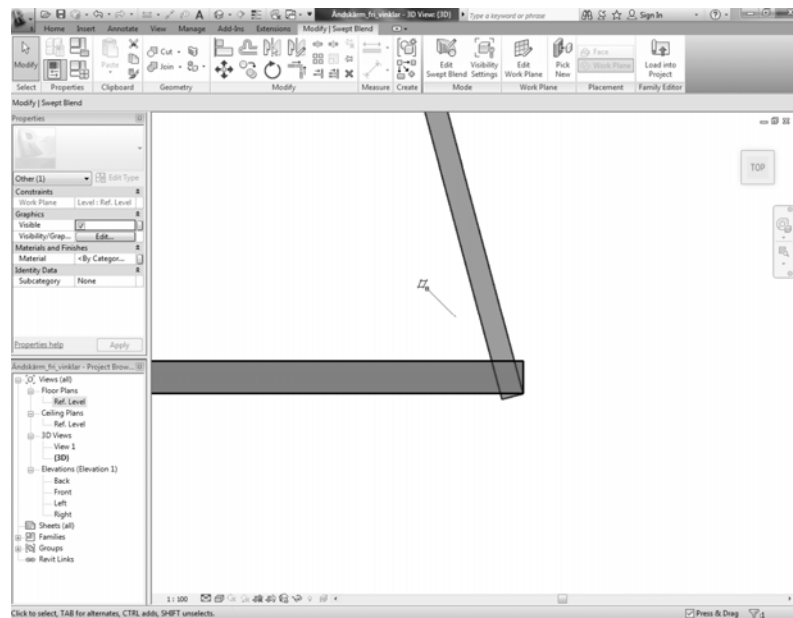
- **Släpper på insidan** – När ändskärmsvingarna ska modelleras kan de fästas på baksidan av ändskärmen eller på framsidan för att låta dem växa ut bakåt igenom ändskärmen. Väljs alternativet att fästa dem på baksidan så uppstår problemet att ändskärmsvingarna släpper ifrån ändskärmen när dem vinklas utåt, se Figur 7.10. Däremot fungerar det bra att vinkla inåt. Dessutom blir det en knäck mellan ändskärmen och

ändskärmsvingarna på utsidan som i Figur 7.10, det bör se ut som till vänster i Figur 7.9.



Figur 7.10 - Utvinklade ändskärmsvingar fästa på baksidan av ändskärmen

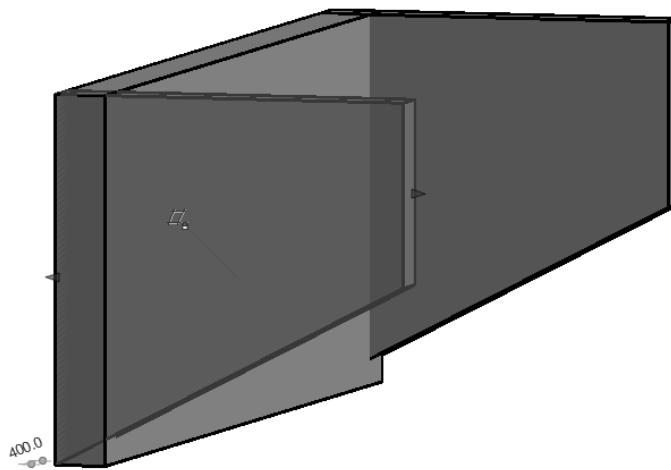
- **Går igenom på framsidan** – Väljs istället alternativet att fästa ändskärmsvingarna på framsidan och låter dem växa igenom ändskärmen så undviks problemet med att dem släpper ifrån ändskärmen då de vinklas utåt. Däremot uppstår ett annat problem i att dem istället går igenom på framsidan av ändskärmen, se Figur 7.11, när någon av ändskärmsvingarna ska vinklas inåt.



Figur 7.11 - Ändskärmsvinge som går igenom ändskärmen på framsidan vid inåt vinkling

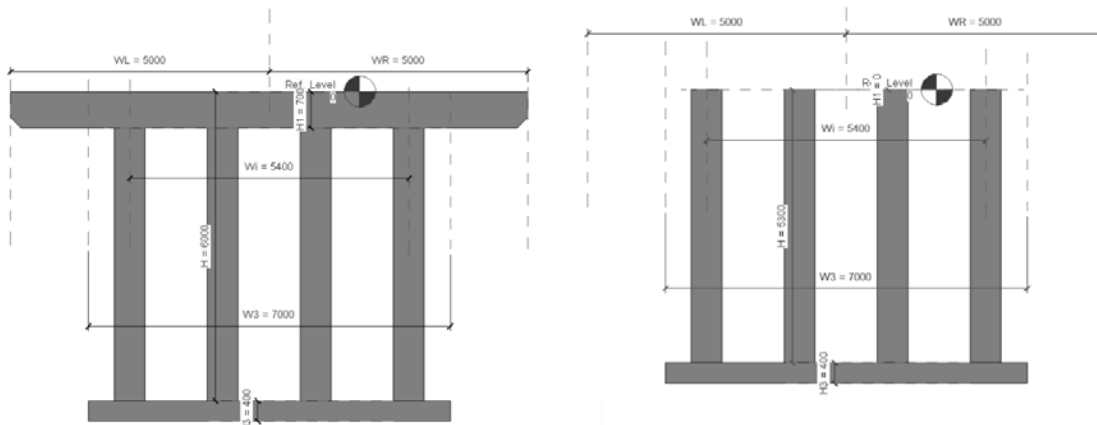
- **Offsetfel** – Ett annat problem när ändskärmsvingen fästs på ändskärmens framsida och låter den växa bakåt är att om vingens offset nedifrån är noll, alltså att ändskärmsvingen startar i nedkant av ändskärmen, så kommer det ändå se ut som att den har en liten offset ifrån marken. Detta på grund av att ändskärmsvingen börjar just i framkant på ändskärmen och när

den blir synlig på andra sidan så har den redan ett avstånd ifrån marken, som kan ses i nedre vänstra hörnet i Figur 7.12.



Figur 7.12 - Ändskärmsvinge fäst på ändskärmens framsida

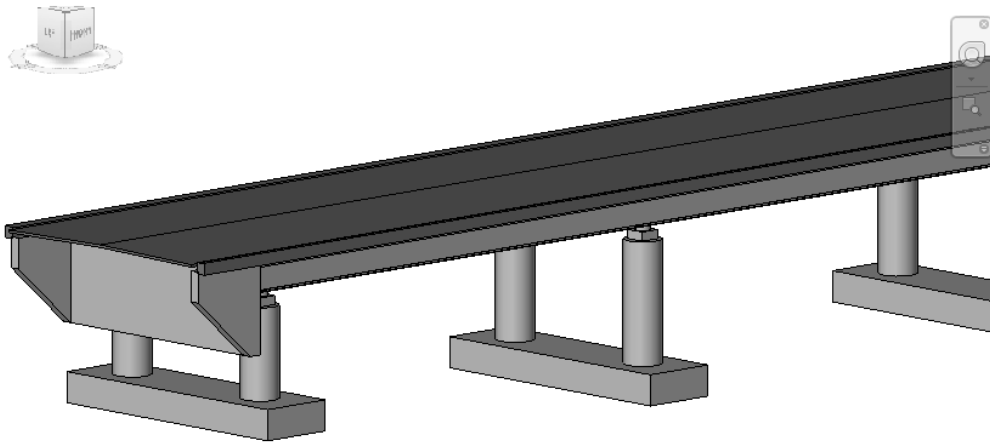
En lösning för att kunna använda vinklade ändskärmsvingar har tyvärr inte kunnat finnas, trots de försök som gjorts. Det går med största sannolikhet att hitta en bra lösning som fungerar och fyller de krav vi ställer på ändskärmsvingarnas flexibilitet, men vi har inte lyckats med detta. Eftersom vingarna på Rydboholmsbron inte är vinklade och tiden behövde disponeras till annat valde vi att lämna problemet. Detta kan istället vara något att jobba vidare med i framtiden, att utveckla och optimera de familjer som skapats för att öka användningsområdena och användarvänligheten.



Figur 7.12 - Pelare före och efter överliggaren är borttagen

Utöver den pelarfamiljen som skapades utifrån samma grund som skivstödet så saknades det pelarfamiljer utan överliggare. När det kom till att göra nya pelarfamiljer så skilde det sig en del ifrån att göra nya abutmentfamiljer. Pelarfamiljerna som ingår i bromodulen från början är inte lika komplext uppbyggda som de abutmentfamiljer

som är standard, så pelarna fungerade bra att modifiera men också bra att skapa nya, som med skivstöden i Figur 7.8. Modifieringen som krävdes i detta fall var först och främst att ta bort överliggaren. När överliggaren är borta är det viktigt att flytta upp stödets nya överkant till centrumpunkten för att pelaren ska ansluta emot brons lager som den ska, likt i Figur 7.13. Denna pelarfamilj sparades även som en abutmentfamilj för att kunna användas som ändstöd. I Figur 7.14 ses pelarfamiljen som skapats som både mittstöd och ändstöd.



Figur 7.13 - Bro med pelarstöd

Utifrån de familjer som skapats och de förutsättningar som nu finns vid detta läge är det fullt möjligt att generera en bro igenom bromodulen som kan liknas vid Rydboholmsbron, eller andra ändskärmsbroar.

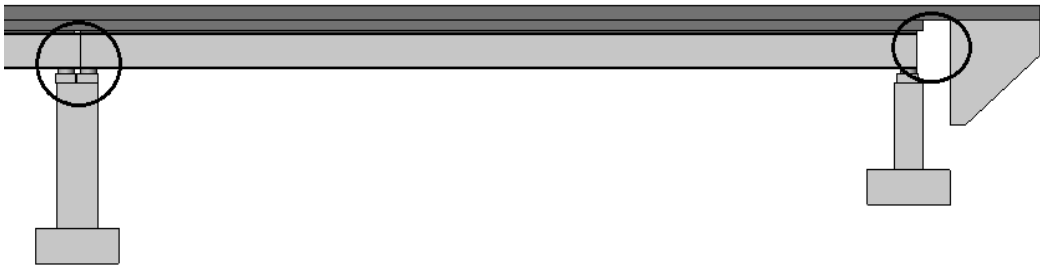
7.3 Modifiering efter brogenerering

När en bro ska genereras genom bromodulen är det viktigt att parametrarna för varje familjetyp som finns i bromodulen anges med noggrann precision för att bron ska ta önskad form. Men trots detta finns det delar i den skapade bron som inte följer de parametrar som anges eller önskas på grund av begränsningar som finns i bromodulen. Begränsningar som uppmärksammats är:

- **Girder sets** - När stål balkarna ska skapas kan en offset i längdled anges ifrån lagrets centrum och mot ändskärmen. Denna offset är dock begränsad så att stål balken inte kan sträcka sig längre än till baksidan av ändstödet, lika långt som parametern "Tb", när den i själva verket ska gå hela vägen in emot ändskärmen. Bromodulen skapar stål balkar med avbrott vid varje stöd även om det är en rak bro då det ska vara kontinuerliga balkar över hela sträckan.

- **Deck** – Betongdäcket sträcker sig endast, precis som balkarna, till baksidan av stödet. Här saknas även parametrar för att styra längden, vilket är opraktiskt då betongdäcket i själva verket ska vara ihopgjutet med ändskärmen.
- **Bearings** – När en bro skapas genom bromodulen så skapas det alltid ett lager på båda sidorna av varje balk. Detta medför att på varje mittstöd hamnar två lager istället för ett.

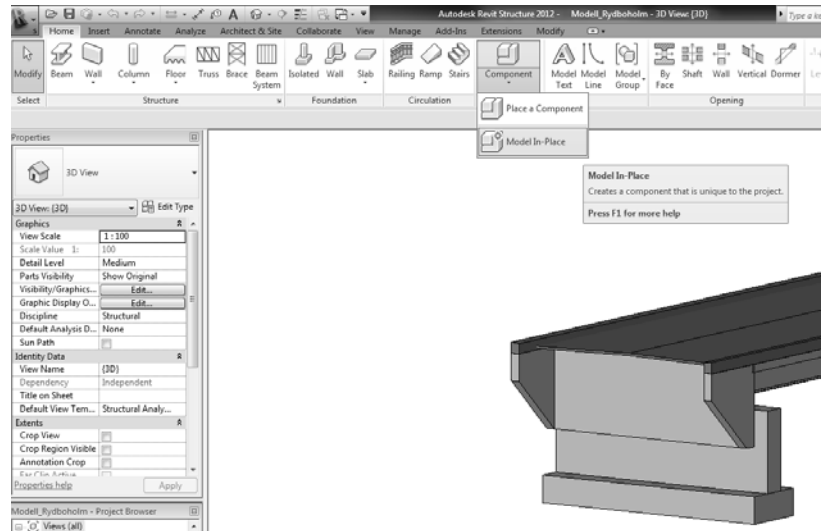
Samtliga brister går att se tydligt i Figur 7.15.



Figur 7.14 - En nyskapad bro från bromodulen med ovan nämnda brister.

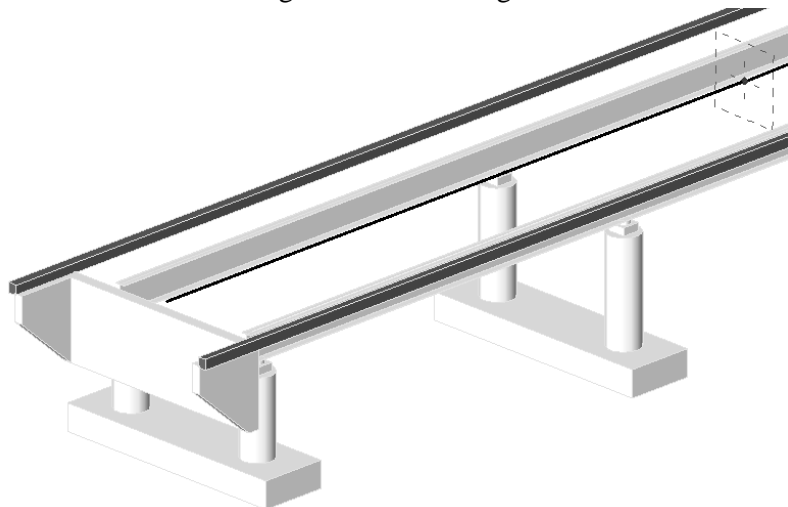
Så när en bro skapats genom bromodulen krävs en del handpåläggning i efterhand. Åtgärderna som krävs för respektive bristfällighet är:

- **Lagren** - För de dubbla lagren som hamnar på mittstöden gäller endast att lagren som är överflödiga tas bort och lagren som ska vara kvar flyttas till önskad position på stödet.
- **Balkarna** – Stålbalkarna går att ändra längden på genom att dra i dem i en profilvy. För att få det önskade tillståndet med en lång stålbalk som löper över hela längden raderas de balkar som inte är önskvärda och sedan dras stålbalken ut tills den ansluter mot ändskärmen i båda ändar av bron.
- **Betongdäcket** – Betongdäcket är lite mer komplicerat att hantera än de andra bristerna som uppstår vid en brogenerering. Däcket skapas som en massa som inte går att dra i eller förlänga. En lösning på detta är att skapa en ny volym som kan flyttas och förlängas efter behag.



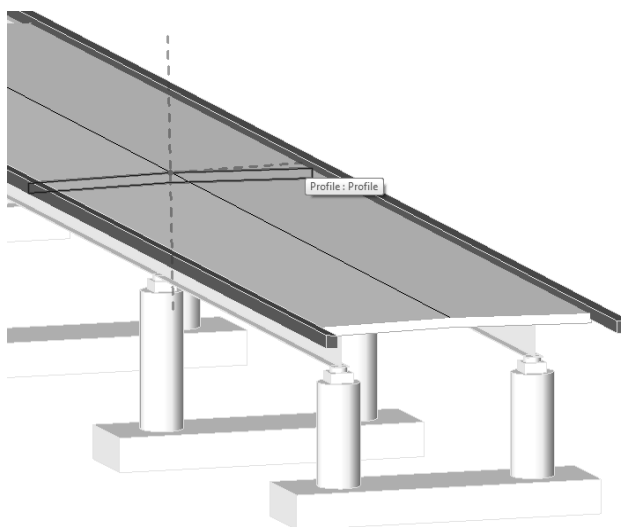
Figur 7.15 - Model In-place

En ”Model In-Place” måste då skapas, det hittas i Ribbon-menynt likt Figur 7.16. Därefter väljs det alternativ av modell som önskas skapas, med fördel väljs en modelltyp som går att armera till exempel Structural Foundation. Modellen måste sedan namnges innan val av vilken modelltyp som ska skapas görs. Här passar det sedan bäst att göra en sweep. Sweep är ett verktyg som skapar en volym utifrån ett tvärsnitt som sveps längs en bana. Så det första som görs när sweep valts som modelltyp är just att välja den bana som ska svepas. Detta görs med verktyget ”Pick Path”. Banan som väljas är väglinjen, likt i Figur 7.17. Denna kan sedan förlängas till önskad längd.



Figur 7.16 - Väglinjen vald som bana för att skapa en sweep

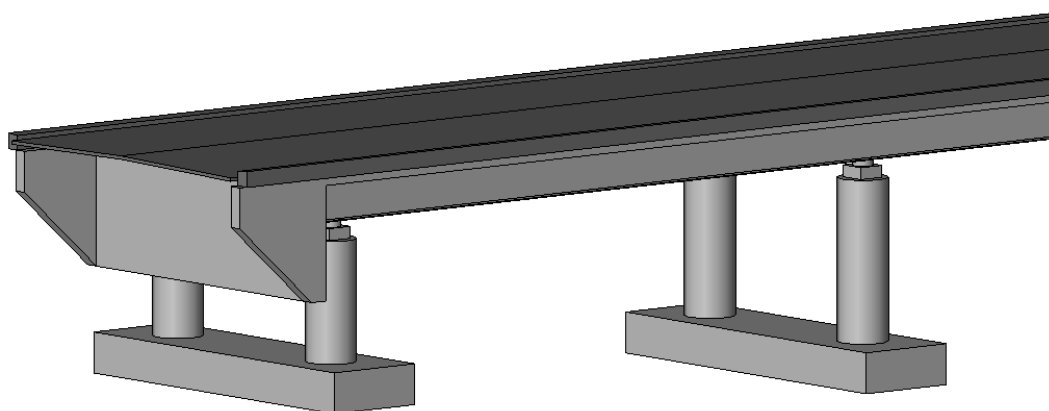
Därefter ska ett tvärsnitt utformas för den sweep som ska skapas. Detta görs genom "Select profile" och sedan "Edit Profile". Tvärsnittet ska sedan skapas som en kopia av betongdäcket och det kan göras på flera sätt, men enklast är att använda "Pick Lines" och sedan välja de linjer som skapar tvärsnittet för originaldäcket.



Figur 7.17 - Tvärsnittet för den sweep som skapar det nya betongdäcket

När sedan den sweep som skapats har svepts så kan betongdäcket som skapades genom bromodulen raderas så att endast det nya finns kvar.

Handpålägning efter att en bro genererats är nödvändigt vid majoriteten de broar som skapas genom bromodulen. Men ju noggrannare parameterangivelserna är desto mindre handpålägning kommer krävas efteråt. När handpålägning enligt ovan är gjord kan det se ut som i Figur 7.19, med betongdäck som är sammangjutet med ändskärmen, stålbalkar som ansluter emot ändskärmen och mittstöd med endast ett lager per pelare.



Figur 7.18 - Exempel på en bro efter ovan beskriven handpålägning

8 Diskussion

I vårt skapande av familjer för att kunna skapa en bromodell av svensk struktur genom bromodulen har vi stött på både problem och begränsningar. De flesta går att ta sig runt. Det handlar om att lära sig hur bromodulen fungerar och vad den har för begränsningar för att sedan kunna hantera familjer och parametrar på ett sätt som gör att de modeller som genereras skapas som de var önskade att bli.

När det gäller ändskärmsfamiljen vi skapade och vinklarna på ändskärmsvingarna så lyckades vi inte hitta en lösning där vinkling av båda vingarna både utåt och inåt fungerade på önskat vis för att göra en familj med maximal flexibilitet. Det vi hade kunnat göra då vi inte fick detta att fungera som vi ville är att vi kunde ha gjort fyra olika familjer. Vi hade kunnat göra en familj för högerkrökta broar, en för vänsterkrökta, en för raka broar med ändskärmsvingarna vinklade utåt och en familj med raka ändskärmsvingar likt den vi använt oss av i examensarbetet. Med dessa fyra olika familjer hade de problem vi stött på med ändskärmsvingar som släpper eller går igenom ändskärmen kunnat undvikas.

Bromodulen i Revit Structure är ett mycket användbart verktyg vid projektering av broar då tiden det tar att skapa en modell i bromodulen är betydligt kortare jämfört med att skapa en modell från grunden. Kunskap om hur familjerna är uppbyggda, vilka parametrar som styr samt vilka begränsningar de har är en vital del för att kunna anpassa användandet av bromodulen till svensk standard.

8.1 Framtida utvecklingsmöjligheter

De tvärsektions-symmetrier som är möjliga att skapa i bromodulen vid definiering av sitt vägsegment är i dagsläget relativt enkla. Förslaget för Rydboholmsbron har en separat gång- och cykelväg bredvid vägbanan och ett sådant vägsegment går inte att skapa i bromodulen. Så att kunna skapa mer avancerade tvärsektioner är något som skulle kunna utvecklas i bromodulen.

Som nämnt ovan så finns det även utvecklingsmöjligheter även när det kommer till ändskärmar och dess ändskärmsvingar.

9 Slutsatser

Att skapa modeller för broar i bromodulen som är anpassade till svensk standard genom att använda sig av egna skapade familjer är möjligt. Att helt undvika handpåläggning och justering av modellen i efterhand är emellertid svårt eftersom vissa brodetaljer är begränsade medan andra helt saknas i bromodulen. Nedan listar vi våra viktigaste slutsatser.

- Att skapa familjer utifrån redan befintliga familjer för att sedan använda dem i bromodulen är möjligt. För en ändskärm är detta däremot onödigt komplicerat och således inte ett fördelaktigt tillvägagångssätt.
- Att skapa en egen familj för en ändskärm från grunden för att sedan kunna använda denna i bromodulen är genomförbart. Denna lösning är dock inte praktisk eftersom ändskärmen och ändstödet hamnar i samma familj.
- Den lösning vi finner lämpligast är att separera ändskärmen från ändstödet, och placera den i efterhand.
- När lämpliga familjer finns att tillgå i bromodulen är det ett bra sätt att snabbt generera en tredimensionell modell av en bro.

10 Referenser

Tryckta källor:

Vägverket (2009). *TK Bro 2009*. Borlänge.

Webbkällor:

Autodesk (2012), *Autodesk Revit Products*
<http://usa.autodesk.com/revit/> (2012-05-15)

buildingSMART (2012), *Model – Industry Foundation Classes (IFC)*
<http://buildingsmart.com/standards/ifc/model-industry-foundation-classes-ifc> (2012-05-15)

Cad-Q (2012), *AutoCAD Revit Structure Suite*
<http://www.cad-q.com/sv/Produkter/AutoCAD-Revit-Structure/> (2012-05-15)

Eastman, Chuck (2009), *What is BIM?*
<http://bim.arch.gatech.edu/?id=402> (2012-05-14)

Lindström, M & Jongeling, R (2010), *Kräv BIM även vid anläggningsjobb*
http://www.byggindustrin.com/krav-bim-aven-vid-anlaggningsjobb__8105 (2012-05-14)

Stålbyggnadsinstitutet (2012), *Samverkansbroar*
http://www.sbi.se/omraden/o_kat_dokument.asp?mId=1&kId=4&subKId=125&mgrp=0 (2012-05-19)

Trafikverket (2012), *Väg 1610, ny bro över Viskan*
<http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Vastra-Gotaland/Ny-bro-over-Viskan-vag-1610/> (2012-05-16)

Vectura Consulting AB (2012), *Om Vectura*
<http://www.vectura.se/sv/Om-Vectura/> (2012-05-16)

Vectura Consulting AB (2012), *Produkter & Tjänster*
<http://www.vectura.se/sv/Produkter-tjanster/> (2012-05-16)

Bildkällor

Figur 3.1:

http://buildipedia.com/images/masterformat/Channels/In_Studio/The_Daily_Life_of_Building_Information_ModelingBIM/BIM_Illustration.jpg

Figur 4.1:

http://images.autodesk.com/adsk/images/adsk_revit_strctrl_improved_snapping_large_900x486.jpg

Figur 6.1:

http://www.trafikverket.se/PageFiles/13971/bro_over_viskan.jpg

Figur 6.2:

<http://www.sbi.se/uploaded/kategorier/Samverkan.jpg>