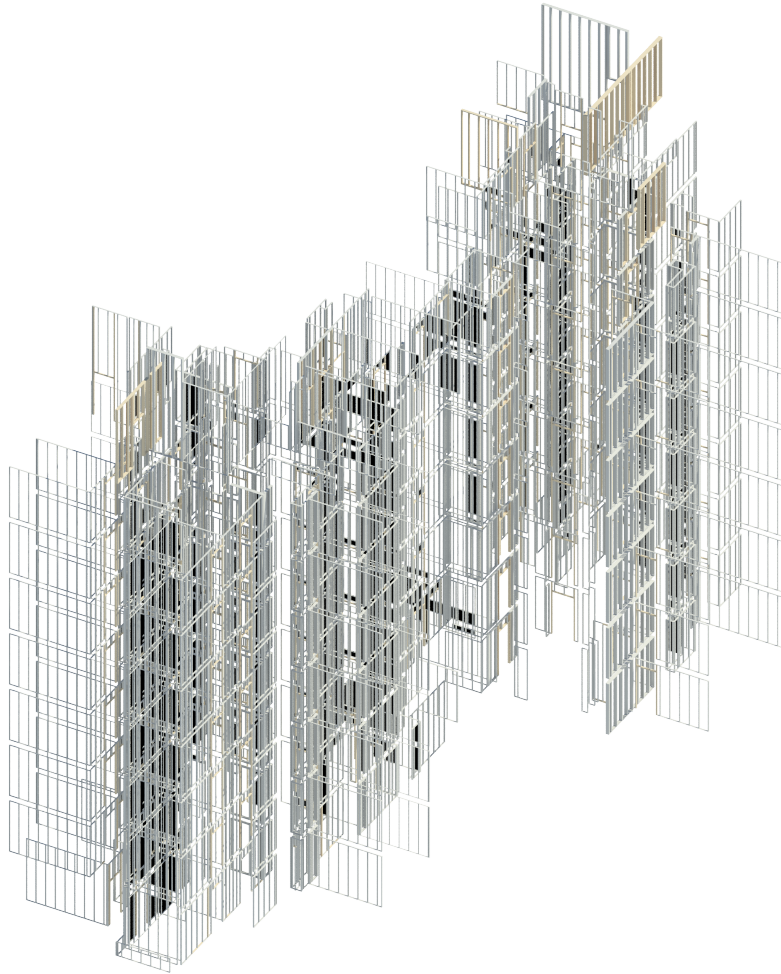




CHALMERS



Automatisk modellering av regelstommar till innerväggar

Examensarbete inom högskoleprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

VICTOR GUSTAFSSON
DAVID STRÅLMAN

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNINGEN FÖR CONSTRUCTION MANAGEMENT

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2024
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2024

Automatisk modellering av regelstommar till innerväggar

VICTOR GUSTAFSSON
DAVID STRÅLMAN



CHALMERS

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNINGEN FÖR CONSTRUCTION MANAGEMENT

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2024

Automatisk modellering av regelstommar till innerväggar
VICTOR GUSTAFSSON
DAVID STRÅLMAN

© VICTOR GUSTAFSSON/DAVID STRÅLMAN, 2024.

Handledare: Efraim Ljung, projekteringsledare på Skanska och doktorand vid Construction Management.

Examinator: Mikael Johansson, forskare vid Construction Management.

Examensarbete 2024
INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNINGEN FÖR CONSTRUCTION MANAGEMENT
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild:

Illustration av referenshusets utseende med samtliga regelstommar.

Skriven i L^AT_EX
Göteborg 2024

Automatisk modellering av regelstommar till innerväggar

Victor Gustafsson

David Strålman

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

AVDELNINGEN FÖR CONSTRUCTION MANAGEMENT

Chalmers Tekniska Högskola

Sammanfattning

På uppdrag av Skanska Hus fokuserar arbetet på att via Dynamo i Revit automatiskt modellera högre detaljnivå av innerväggar i befintliga modellfiler. Slutligen utförs en mängdavtagning baserad på de modellerade komponenterna.

Med hjälp av ett referensprojekt utformas laborativt flera skript som hanterar modellfilen. Dessa skript skapar regelstommar, öppningar i väggar för fönster och dörrar samt sammanställer information för bearbetning i Excel. Denna jämförs senare med data tillhandahållen från Skanska gällande mängdavtagning samt åtgånget material vid byggnation av projektet.

Utifrån arbetet dras slutsatsen om att automatisering av arbetsflöden i Revit är väl möjligt med både enklare och mer komplicerade skript. Innerväggar erhålles med en hög detaljnivå och kan med vidareutveckling agera god grund vid byggnation. Informationen som erhålls är av kvalitet bra nog för att kunna användas vid mängdavtagning och projektering.

Nyckelord: Automatisering, BIM, Detaljnivå, Dynamo, Mängdavtagning, Revit, Regelstommar, Innerväggar, Skript, Väggreglar.

Automatic modeling of studs in interior walls.

Victor Gustafsson

David Strålman

INSTITUTION OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION MANAGEMENT

Chalmers University Of Technology

Abstract

On behalf of Skanska Hus, the work focuses on automatically modeling a higher level of detail for interior walls in existing model files via Dynamo in Revit. This is to ultimately perform quantity take-offs based on the modeled components.

With the help of a reference project, several scripts that handle the model file are designed. These scripts creates wall studs, openings in walls for windows and doors and calculates information for processing in Excel. Then compared with quantity calculations and material used during construction of the project provided by Skanska.

Based on the work, the conclusion is drawn that workflows in Revit can be automated and made user-friendly through Dynamo. The information obtained is of good enough quality to be used in quantity take-offs and project planning. Through further development of the script, the placement of the studs in walls could be accurate enough to work as documentation for the construction site.

Keywords: Automation, BIM, Level of Detail, Dynamo, Quantity estimation, Revit, Wall studs, Interior Walls, Revit, Script.

Förord

Rapporten är ett resultat av examensarbete utfört på högskoleingenjörsprogrammet inom samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och utfördes under vårterminen 2024.

Vi vill tacka vår examiner Mikael Johansson och handledare Efraim Ljung som stöttat och kommit med goda råd och konstruktiv kritik under arbetets gång.

Vi vill även tacka Peter Samuelsson och Skanska Hus Göteborg som inte bara huserat oss utan också erbjudit modellfiler av hög kvalitet och via Josef Aden data kring mångdåtgång att arbeta utifrån.

VICTOR GUSTAFSSON & DAVID STRÅLMAN, Göteborg Maj 2024

Beteckningar

Nedan följer en lista med beteckningar som används i rapporten, listade i alfabetisk ordning.

API	En uppsättning av regler och definitioner som möjliggör olika program att kommunicera med varandra.
BIM	“Building Information Modeling” är en process för att hantera digitala representationer av fysiska och funktionella egenskaper hos byggnadsobjekt.
Custom node	En nod där användaren tillåts att skapa egna funktioner och algoritmer.
Flow control	Noder som hanterar utförandeordningen i skript.
Grid line	Virtuella linjer som agerar referens åt olika element i Revit.
IFC	Filformat för utbyte av information kring byggnadsobjekt mellan olika programvaror.
Mängdavtagning	Innerbär att utifrån ritningar samt tekniska beskrivningar identifiera antal, areor och volymer av byggnadens ingående delar.
Nod	En visuell representation av ett stycke kod, vanligtvis med in- och utdata.
Python	Vanligt förekommande programmeringsspråk.
Skript	En sekvens av instruktioner som utförs av ett program.
Template	En förlaga som används som utgångspunkt för att i arbetets fall skapa element i Revit.
VOIDs	En geometri som skapas i Revit för att t.ex. representera öppningar och former.

Innehåll

Beteckningar	xi
Figurer	xv
Tabeller	xvii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
2 Teoretisk bakgrund	3
2.1 Mängdavtagning	3
2.2 Total BIM	4
3 Teknisk bakgrund	5
3.1 Mjukvaror	5
3.1.1 Revit	5
3.1.2 Dynamo	5
3.1.3 Excel	5
3.2 Innerväggens uppbyggnad	6
3.2.1 Referensprojektet Hovås tak	6
3.2.2 Väggstommens uppbyggnad	6
3.2.2.1 Trä	6
3.2.2.2 Stål	6
3.2.3 Vägguppställning	6
3.2.3.1 Väggestandard Skanska	8
4 Genomförande	9
4.1 Förberedelser	9
4.1.1 Dynamo	9
4.1.2 Revit	9
4.1.3 Excel	10
4.2 Modellering av regler	10
4.2.1 Användargränssnitt	10
4.2.2 Extrahera data från väggar i Revit	11

4.2.3	Översiktlig funktion och skapandet av väggstomme	11
4.2.4	Curtain walls	11
4.2.5	Regelstommens offset i väggar	13
4.2.6	Vägghörn	13
4.2.7	Vägglinjers sammanslagning	14
4.2.8	Unjoin av hörn	15
4.3	Hanteringar av öppningar i väggar	16
4.3.1	Identifiera väggöppningar och skapa voids	16
4.3.2	Komplikationer vid skapande av öppning	16
4.4	Reglar och skenor kring väggöppningar	17
4.4.1	Längd och läge av mullions	17
4.4.2	Ändring av profiltyp för mullions	18
4.5	Mängdavtagning	19
4.5.1	Skenor	19
4.5.2	Reglar	20
5	Resultat	21
5.1	Resultat från skript	21
5.1.1	Skapandet av regler	21
5.1.2	Öppningar för dörrar och fönster	23
5.1.3	Reglar och skenor runt dörr- och fönsteröppningar	23
5.1.4	Mängdavtagning	23
5.2	Tidsåtgång vid försök	24
5.3	Jämförelse mängdavtagning	25
5.3.1	Mängdavtagning i Revit	26
5.3.2	Sammanställning referensprojekt	26
6	Diskussion	29
6.1	Tillämpbarhet	29
6.1.1	Underlag	29
6.1.2	Körtid	29
6.1.3	Underhåll av skript	30
6.1.4	Byggbarhet	30
6.2	Mängdavtagning	30
6.3	Beställda artiklar	31
6.4	Förbättringar av skript	31
6.4.1	Väggar vid sneda tak	32
6.4.2	Uteblivna skenor	32
6.4.3	Kolliderade regler	32
6.4.4	Oönskade objekt	32
6.5	Utvärdering av Dynamo	33
7	Slutsats	35
7.1	Förslag på framtida studier	35
	Referenser	37

Figurer

3.1	Benämning enligt Skanskas väggstandard från referensprojekt.	7
3.2	Exempel på vägg från vägguppställning.	8
4.1	Urklipp av mallfil i Excel.	10
4.2	Användargränssnitt med förutsättningar och valmöjligheter från Data-Shapes.	11
4.3	Ingående komponenter i en curtain wall.	12
4.4	Revits definitioner av border types.	12
4.5	Väggars offset och referenslinje enligt röd linje.	13
4.6	Turordning för korta och långa väggar vid ytterhörn.	14
4.7	Variationer av vägghörn från testfil i Revit.	14
4.8	Exempel på sammanslagning av vägglinjer vid hörn.	15
4.9	Exempel på joined curtain wall där väggreglar kolliderar.	16
4.10	Regelväggens utseende innan förlängning av regler och byte av regeltyp kring dörr.	17
4.11	Referenslinjens förskjutning från voiden.	18
4.12	Regelväggens utseende efter förlängning och byte av regeltyp kring dörr.	19
4.13	Modellerad längd på skena, markerad i blått.	19
4.14	Skenans verkliga höjd till vänster och anpassade höjd till höger.	20
5.1	Referensprojekt med regler och skenor modellerade på samtliga våningsplan av referensprojektet.	22
5.2	Exempel på vägghörn där kort och lång vägg ansluts inklusive ytbeklädnad. Bild tagen från Revit.	22
5.3	Träreglar runt dörröppning i referensprojektets normalplan.	23
5.4	Tabell med unika väggreglar och skenor från Excel.	24
5.5	Jämförelse av antalet regler och skenor vid mängdning.	27
5.6	Procentuell avvikelse mot skriptet av regler och skenor vid mängdning.	27
6.1	Exempel på kollision av regler vid väggens högra ände.	32

Tabeller

5.1	Tidsåtgång per våning för skapandet av regler och öppningar.	25
5.2	Tidsåtgång per våning för förlängning av regler och ändra dess profil.	25
5.3	Mängdning för olika artiklar samt den procentuella differensen jämfört med skriptets data. Mängd beskriven i antal standardlängder. . .	26

1

Inledning

1.1 Bakgrund

Byggbranschen rör sig allt mer mot modellbaserade och ritningslösa byggnationer. Detaljritningar går från traditionella 2D- till 3D-ritningar, vilket med hjälp av digitala verktyg möjliggör arbetet med automatisering och effektivisering. Detta gäller både ritningsskapande och leverans av produktionsanpassade 3D-modeller för till exempel mängdavtagning, logistik samt tids- och kostnadsuppskattning (Disney m. fl., 2023). Därför finns ett behov av att kunna leverera detaljmodeller inkluderade i husets modellfil.

Det finns redan nu goda exempel på automatiskt genererad 3D-detaljering vid projektering för betong och armering (Ekelöv & Olszaniec-Kozakiewicz, 2020), då dessa är högre kravställda vad gäller utformning och ritningsunderlag. Något som dock varit utmanade att erhålla för icke bärande delar så som innerväggar, regelstommar och gipsning då det anses vara mer tidskrävande i projekteringen.

Därför skulle framtagandet av en programvara som automatiskt ökar detaljnivån för icke bärande delar såsom innerväggar vara fördelaktigt för branschen. Dels för att kunna använda som underlag vid mängdavtagning, men även för att få en mer användbar 3D-modell vid detaljutformning och som underlag vid byggnation.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med arbetet är att genom programmering i Dynamo utveckla skript som genom Revit automatiskt ökar detaljinnehållet på innerväggar i IFC-filer. Att automatiskt placera ut innerväggars ingående delar i filens befintliga väggar. För att sedan exportera den nya informationen som skapats till Excel för mängdavtagning.

Utifrån syftet utformas följande frågeställningar:

- Hur ser möjligheten ut att automatisera arbetsflöden i Revit via skript i Dynamo och göra dessa användarvänliga?
- Hur ser möjligheten ut att automatiskt öka detaljnivå på befintliga innerväggar i byggnadsmodeller och låta denna agera underlag vid byggnation?
- Hur ser möjligheten ut att använda den ökade detaljnivån som underlag till mängdavtagning?

1.3 Avgränsningar

Arbetet begränsas till att automatiskt öka detaljnivån på enbart innerväggar littererade i IFC-fil enligt den väggstandard Skanska upprättat. Denna begränsning är utarbetad efter den i branschen jämförelsevis låga detaljnivå på innerväggar vid projektering.

Andra avgränsningar i arbetet är också att enbart nyttja Excel för hantering av data samt Revit och Dynamo för skapande av skript. Dessa program är vanligt förekommande vid projektering inom husbyggnad.

Det skript som utformas kommer enbart köras på ett referensprojekt tillhandahållit av Skanska Hus. Ingående data till skriptet är avgränsat till att utgå från Skanskas väggstandard. Detta för att data som erhålls genom skriptet jämförs med tidigare mängdavtagning tagen från projektet. Mängdavtagningen kommer enbart jämföras på väggar med stomme av stål då den del som byggs i trä inte är stor nog för att ge representativ data.

1.4 Metod

I en inledande fas kommer arbetet fokuseras på inläring av Dynamo och dess kommunikation med Revit genom enklare skript och att följa guider på "Dynamo Primer". För att sedan via en utvecklingsstudie utforma skript och använda dessa på IFC-filen från ett referensprojekt. Följt av export av data till Excel som jämförs med tidigare gjord mängdavtagning i projektet.

Denna typ utav studie valdes då arbetet fokuserar på att skapa, testa och utvärdera ett skript. Detta genom iterativa design- och utvärderingsprocesser. Målet är att praktiskt lösa ett problem eller förbättra en befintlig lösning, samtidigt som insikter om utvecklingsprocessen samlas och analyseras. En viktig del av den iterativa processen är att kunna köra skriptet på samma projekt flera gånger och på så vis utvärdera utvecklingen. Att referensprojektet också är från ett riktigt projekt underlättar utformningen mot att på ett smidigt sätt kunna implementera skriptet i branschen.

Kontakt kring mängdavtagningen och utformning av innerväggar kommer ske med person från Skanska på referensprojektet samt tidigare studier inom ämnet. Information kring innerväggars uppbyggnad hämtas in från leverantörer av komponenter till dessa.

2

Teoretisk bakgrund

Utöver den bakgrund som presenterats krävs också en mer teoretisk bakgrund. Detta för att skapa en bättre förståelse av hur mängdavtagning ser ut idag och vad Total BIM innebär för byggbranschen.

2.1 Mängdavtagning

Modern mängdavtagning sker till stor del med hjälp av kalkylprogram. Dessa program tar emot en IFC-fil som indata, och data kan sedan extraheras. Informationen bearbetas sedan med hjälp av en databas som innehåller information om tid, materialåtgång och priser för olika detaljer i modellen. Därefter exporteras allt till Excel.

Den mer traditionella metoden för mängdavtagning är att göra det direkt från 2D-ritningar. Detta görs numera oftast i programvaror som “Bluebeam”, vilket möjliggör skalenlig uppmätning och uppmärkning av ritningar i PDF-format (Brohn, 2018).

Mängdavtagning från 3D-modeller är både snabbare och mer precis. Vilket i ett senare skede innebär positiva effekter såsom minskad risk för extra kostnader och möjliggör för ett mer välplanerad byggnation och minskat spill. Dock används BIM i de flesta fall inte som ett juridiskt bindande byggdokument, vilket gör att mer fokus hamnar på att leverera exakta 2D-ritningar. Detta leder till kvalitets- och förtroendeproblem vid användning av BIM på byggarbetsplatsen och för kostnadsberäkningar, vilket leder till att traditionell 2D-mängdning används (Påsse m. fl., 2022). En ökning av den generella detaljnivån i modellfiler skulle således öka förtroendet och sannolikheten av mängdavtagning från IFC.

Spill innebär ineffektiv användning av material, vilket kan leda till ökade kostnader och förseningar i projektet. En vanlig branschstandard är att räkna med 10% spill för att hantera potentiella utmaningar som kan uppstå under byggprocessen (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Utöver de ekonomiska konsekvenserna har materialspill också en betydande negativ påverkan på miljön genom ökad resursförbrukning och avfallshantering. Därför är det viktigt att identifiera och minimera spill för att främja hållbar utveckling och minska den negativa miljöpåverkan. En mängdavtagning med högre exakthet resulterar i mindre spill då mängden material som köps in överensstämmer bättre med verkligheten.

2.2 Total BIM

Total BIM går bortom traditionell BIM genom att integrera alla aspekter av byggprocessens alla delar, så som planering, konstruktion och förvaltning. Vilket ger en mer omfattande metod för att skapa och hantera byggnader (Disney m. fl., 2023).

Utmaningar med Total BIM inkluderar initiala kostnader för teknisk infrastruktur samt utbildning, behovet av att säkerställa kompatibilitet mellan olika programvaror och plattformar. Men även att hantera den ökade datamängden och komplexiteten som kommer med att integrera flera discipliner och aktörer i samma digitala modell (Smith, 2016).

Fördelarna med Total BIM inkluderar effektivare samarbete och kommunikation mellan olika aktörer i byggbranschen, minskad risk för fel och förseningar genom bättre planering och upptäckt av kollisioner i förväg. Dessutom möjliggör Total BIM detaljerad 3D-modellering, vilket ger bättre förståelse och visualisering av byggprojektets olika komponenter och processer (Disney m. fl., 2022). Total BIM ställer högre krav på modellen med avseende på detaljer. Här finns alltså ett behov av en högre detaljnivå på modellfiler.

3

Teknisk bakgrund

Utöver den teoretiska bakgrund som presenterats krävs en mer tekniskt detaljerad bakgrund. Detta för att skapa en bättre förståelse av vissa programvaror och byggnadstekniska detaljer som används och diskuteras kring i rapporten.

3.1 Mjukvaror

Beskrivningar av de mjukvaror som används i de laborativa studierna. Vanliga användningsområden och dess funktion.

3.1.1 Revit

Revit är en programvara utvecklad av Autodesk och används till 3D- samt 2D-modellering av konstruktioner, byggnader och detaljer. Alla byggnadens komponenter kan modelleras och tillägnas olika egenskaper såsom densitet, materialtyp och brandklass. Data som senare kan exporteras och användas i andra sammanhang (Autodesk, 2024).

3.1.2 Dynamo

Dynamo är ett verktyg för visuell programmering via noder. Dessa innehåller funktioner som kan ta emot indata och återge behandlad data. Noderna kan kopplas ihop och tillsammans skapa ett flöde. Även geometrier kan importeras från Revit och skapas i en virtuell visningsmiljö i 3D (Dynamo Primer, 2024). Utöver den nodbaserade programmeringen kan även traditionell kod användas. Antingen i form utav den kod som Dynamo är uppbyggt på (design script) eller det numera vanliga språket, Python.

Verktyget har med åren bearbetats och numera blivit integrerat som en del av Revit. Detta innerbär en möjlighet att kunna skapa skript och styra Revit via Dynamo. En möjlighet att skapa custom nodes har också utvecklats. Dessa kan senare publiceras och bli tillgänglig för alla användare av Dynamo.

3.1.3 Excel

Excel är en programvara utvecklad av Microsoft som används för att skapa, redigera och analysera data i form av kalkylblad. Som tillåter organisering av information i tabeller, utföra matematiska beräkningar samt visualisera dessa (CFI Education

Inc., 2024). Excel används ofta inom verksamheter kring finans och redovisning men också vanligt för sammanställning av mängdavgift inom byggbranschen.

3.2 Innerväggens uppbyggnad

Vid provkörning av skript och jämförelse av resultat från dessa har referensprojektet Hovås tak används. Följt av en beskrivning med innerväggens uppbyggnad i allmänhet samt i referensprojektet.

3.2.1 Referensprojektet Hovås tak

Hovås tak är ett projekt där Skanska uppför 58 bostadsrätter i varierande storlek åt bostadsutvecklaren Nordr. Projektet befinner sig under arbetets gång i ett stadi där stommen är uppförd och innerväggar byggs. Projektets IFC-fil och den data som olika byggnadsdelar innehåller är utformad med hög kravställning och därför rik på information.

3.2.2 Väggstommens uppbyggnad

Innerväggar kan bestå av en mängd olika material och uppföras olika beroende på bland annat ljud-, brand- och bärankravs. Arbetet utgår från innerväggar med stål och trä som stomme.

3.2.2.1 Trä

I en innervägg av trä benämns de vertikala delarna som regler och horisontella som syll och hammarband. Där hammarband är i ovankant och syll nederkant (Svenskt Trä, 2024). Varken syll eller hammarband kommer att behandlas i arbetet utan är mer vanligt förekommande i ytterväggar. Arbetet benämner istället samtliga delar som regler och de förekommer oftast som infästning kring dörrar och fönster.

3.2.2.2 Stål

Vad gäller innerväggar med stål som huvudsakliga material kallas de horisontella komponenterna för skenor och de vertikala för regler. Regeln placeras och passar i skenan för att sedan fästas i varandra (Norgips, 2024). Runt dörrar och fönsteröppningar används regler av trä för infästning av karmstycke. Ovan träregeln på dörren monteras en skena som regler ställs i. För fönster monteras en skena både över och under öppningen (Knauf, 2024).

3.2.3 Vägguppställning

Väggars utformning vad gäller konstruktion brukar sammanfattas på ett ritningsblad som kallas vägguppställningar. Dessa visar väggen genomskuren med symbolik för olika material och regeltyper. Efter följer en text som beskriver väggens funktion,

uppbyggnad, ljudkrav och brandkrav. Systemet för namngivning av väggen inleds av IV (innervägg) följt av ett nummer. Väggtypens uppbyggnad beskrivs med en kod enligt figur 3.1. De olika skivlagrarna i väggen betecknas med olika bokstäver. A för normalgipsskiva (Classic board 12.5 mm) och I för hårdgipsskiva (12.5 Solid board) t.ex. Skivornas namn är i detta fall tagna från Knaufs sortiment. Reglarnas beteckning är MR för en modell av Knaufs stålreglar och T för träregel. Följt av reglarnas centrummått och skenans bredd enligt figur 3.2.

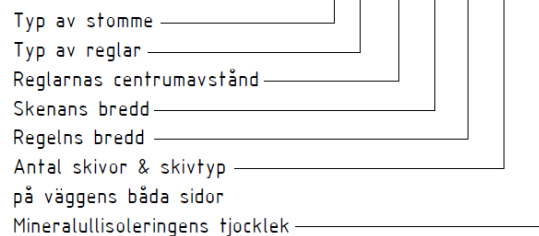
VÄGGTYPER

Beteckning av gipsskivor och regelstomme är enligt Knauf.
Vägguppbyggnad av regelstomme samt anslutningsdetaljer
mot angränsande byggnadsdelar utföres enligt Knauf.

Numrering av väggtyper sker med Knaufs väggnummer där
första bokstaven byts ut mot IV, ex. M10 blir IV10
Isolering i väggar sker som standard med glasull, densitet
minst: 15 kg/m³

Väggar Litreras enl.:

Ex: IV10 har väggbeteckning E MR 450 70/70 A/A M0



Stomme

E = Enkel stomme
D = Dubbel stomme

Reglar

MR = MR-reglar
T = Träreglar

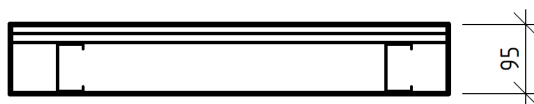
Skivor

A = 12,5 mm Normalgipsskiva – Classic Board
H = 12,5 mm Våtrumsskiva – Humidboard 2.0 GM-H1
I = 12,5 mm Hårdgipsskiva – Solid Board
F = 15,5 mm Brandskyddsskiva – Secura board

Isolering

Mxx xx mm Mineralull

Figur 3.1: Benämning enligt Skanskas väggstandard från referensprojekt.



IV02

SCHAKTVÄGG MED MINDRE LJUDKRAV EI30

VÄGGUPPBYGGNAD

E MR 450 70/70 -/AA M0

LJUDKRAV: R'w 25 dB

BRANDKRAV: EI30

Figur 3.2: Exempel på vägg från vägguppställning.

3.2.3.1 Vägstandard Skanska

Antalet unika väggtyper per byggnation kan bli väldigt stor och svår att överskåda. Därför har Skanska börjat arbeta in ett mer standardiserat utseende och system för de ingående väggarna i projekten. Denna standard är vad skriptet är byggt kring.

Standarden har utarbetats med Knaufs väggsystem som grund. Knauf tillhandahåller färdiga lösningar med deras produkter kring bland annat väggar och fasadlösningar med en handbok som agerat underlag. (Knauf, 2024) Beteckningar som används i denna handbok har således även används i Skanskas väggsstandard. Littreering av väggtyper skiljer sig på så sätt att Knaufs t.ex. M10 blir IV10.

4

Genomförande

Den genomförande delen beskriver inledningsvis kravställningen på ingående data och underlag för att senare gå in i detalj på hur skriptens olika delar fungerar samt vilken problematik som behandlats.

4.1 Förberedelser

Vid körning av skriptet krävs ett antal förberedelser. Nedladdning av custom nodes till Dynamo, mallfiler i Revit och förberedande datamall i Excel.

4.1.1 Dynamo

De skript som skapats i Dynamo består dels av de grundläggande noderna men också av ett antal custom nodes. Följande paket behöver laddas ner och importeras till Dynamo. Dessa erbjuder större möjligheter och mer specifika användningsområden vid programmering av skriptet.

- Clockwork
- Data-Shapes
- GeniusLoci
- Rhythm
- Springs

4.1.2 Revit

Till grund för det skript som hanterar skapandet av regler behövs en Revit-fil som har arbetsnamnet “Mallfil” och utgörs av samtliga regelstommar för aktuell väggstandard i modellerad form. Denna behöver skapas och kopieras in i projektet som skriptet används på. Mallfilen består av ett antal curtain walls skapade efter Skanskas väggstandard som förlaga och är även döpt efter denna.

Utöver detta krävs också en template för “Generic model”. Denna är nödvändig vid skapandet av öppningar för dörrar och fönster. Ett krav är då att filen är placerad enligt plats beskriven i skriptets användargränssnitt.

Vad gäller modellfilen är det enda kravet att en TypeID ska finnas med i den IFC-parameter väggen innehåller. Namnet måste stämma överens med mallfilen i Excel.

4.1.3 Excel

Innan körning av skript krävs en Excel-fil med nödvändig information som kan nyttjas vid import av data enligt figur 4.1. Informationen hämtas manuellt från projektets vägguppställning.

Den indata som behöver finnas i en excelfil är:

- Namn för varje vägg som ingår i projektet.
- Regelbredden för varje vägg.
- Tjockleken på lagret från väggens utsida tills lagret där reglar skall sättas in. Exempelvis om en vägg har två gipsskivor på utsidan av väggen innan lagret med reglar och varje gipsskiva är 12,5 mm bred så blir tjockleken för väggens utsida 25 mm.
- Tjockleken för varje vägg.
- En offset som är till för att reglarna skall placeras på rätt plats i väggen. Denna offset beräknas fram genom att ta halva vägg tjockleken och sedan subtrahera med summan av halva regelbredden adderat med tjockleken för väggens utsida.
- Namn på curtain walls från mallfilen som ska matcha med varje vägg.

Namn:	Regel:	offsett(utifrån):	Curtainwall namn:	Tjocklek	Regel center offset
IV01	MR 45	25	MR 450 45	80	-7,5
IV02	MR 70	25	MR 450 70	95	-12,5
IV02H	MR 70	25	MR 450 70	95	-12,5
IV10	MR 70	12,5	MR 450 70	95	0
IV12	MR 120	12,5	MR 450 120	145	0
IV44a	MR 120	12,5	MR 450 120	158	6,5
IV22	MR 70	25	MR 450 70	95	-12,5
IV26	MR 70	37,5	MR 450 70	108	-18,5

Figur 4.1: Urklipp av mallfil i Excel.

Informationen kring väggarna importeras till Dynamo och matchas med TypeID från modellfilens information. Excel-filens utseende får inte ändras då skriptet utgår ifrån den utformning som presenteras.

4.2 Modellering av reglar

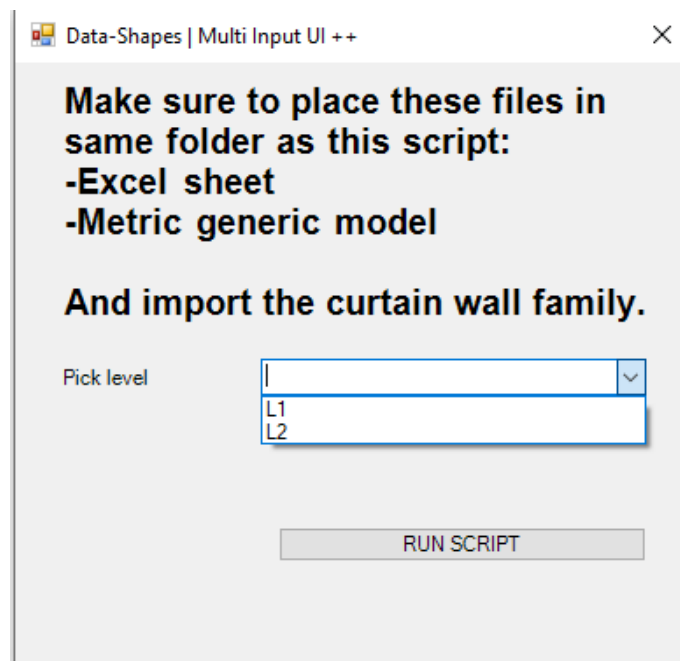
Den delen av skriptet som berör skapandet och hanteringen av reglar. Från utformning av användargränssnitt till import av data och reglars placering i olika väggtyper.

4.2.1 Användargränssnitt

Vid start av skript har nodes från Data-Shapes nyttjats. Detta paket erhåller möjligheten att utforma grafiska användargränssnitt i form utav fönster som presenteras för användaren med olika valmöjligheter tillsammans med instruktioner. Dessa val sparas senare som variabler i koden.

I figur 4.2 presenteras det inledande grafiska gränssnittet. Vilket inleds med en text som beskriver skriptets förutsättningar. Senare efterfrågas också val av våningsplan

som skriptet skall hantera. Detta på grund av en icke linjär ökning av tidsåtgång för flera våningsplan per körning av skript.



Figur 4.2: Användargränssnitt med förutsättningar och valmöjligheter från Data-Shapes.

4.2.2 Extrahera data från väggar i Revit

Inledningsvis behöver de relevanta väggarna filteras ut. Vissa väggar såsom ytterväggar och kakel-skikt som i Revit ses som vägg sorteras bort. Sedan är det väggarnas unika TypeID som tas ut, med denna information kan mer data tas fram med hjälp av matchning med Excel.

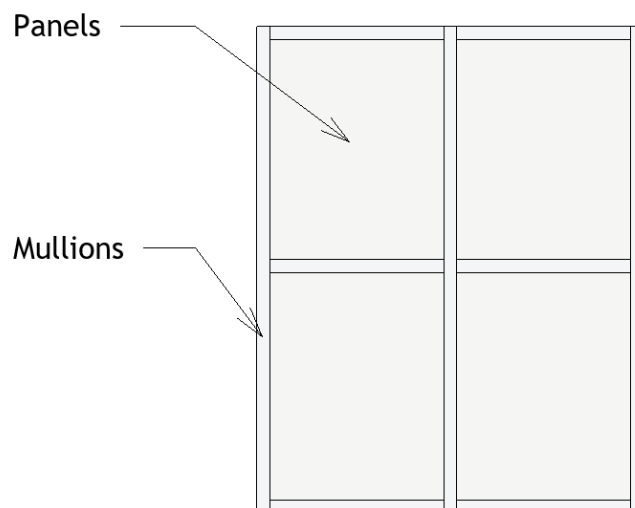
4.2.3 Översiktlig funktion och skapandet av väggstomme

Efter att väggarna importeras kommer deras referenslinjer bearbetas för att passa till den väggtyp som används vid skapandet av stommen. Innan bearbetning är väggarna inte alltid refererade likadant. Det förutsätts att referenslinjen är satt till väggens centrum vilken i många fall har ändrats vid skapandet av väggen i Revit vid import av IFC-fil. Detta löses genom att samtliga väggars referenslinjer ändras till centrum av väggen.

4.2.4 Curtain walls

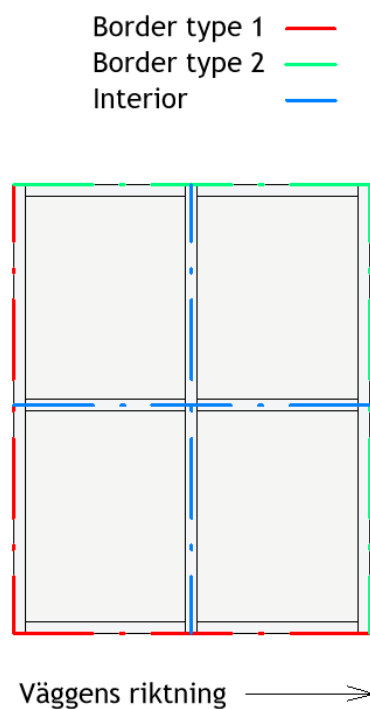
Revit har ett verktyg som skapar curtain walls. Dessa klassificeras som väggar med två olika komponenter, mullions och panels enligt figur 4.3. Regelstommarna som

skapas är en modifierade curtain wall. Där “panels” skapas i ett material som inte syns i modellen.



Figur 4.3: Ingående komponenter i en curtain wall.

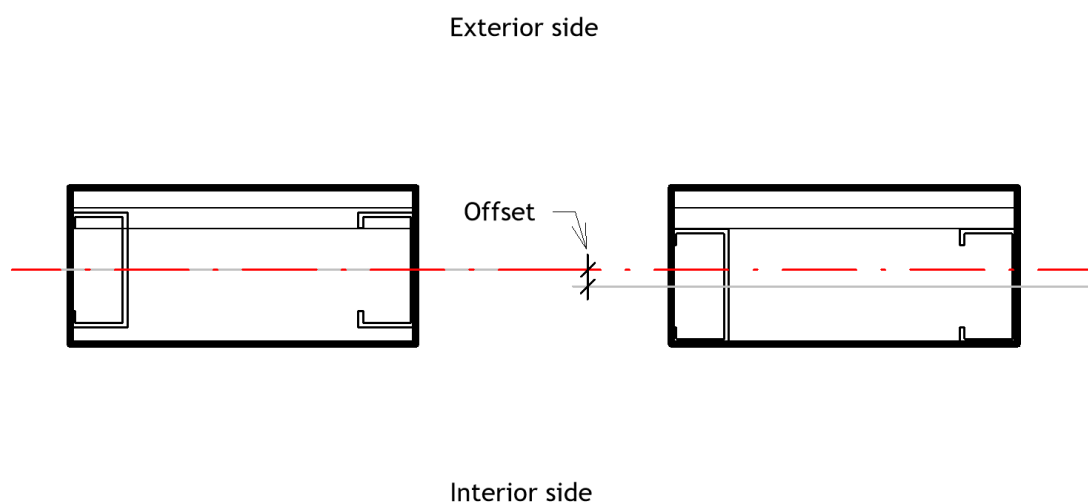
Mullions kan ha olika profiler beroende på vart de är placerade i väggen. Horisontella eller vertikala samt i början eller slutet av väggen. Dessa definieras av olika border types i Revit enligt figur 4.4.



Figur 4.4: Revits definitioner av border types.

4.2.5 Regelstommens offset i väggar

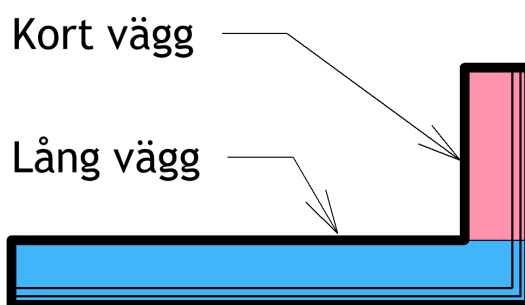
Curtain walls placeras enligt väggens referenslinje. Alla väggar erhåller inte samma skivmaterial på båda sidor regelstommen, vilket innebär att denna inte placeras korrekt i väggen. Detta hanteras genom att förskjuta väggen. Avståndet som regelväggen förskjuts med är baserat på värden från mallfilen i Excel. Figur 4.5 visar hur förskjutningen sker och exemplifierar förflyttningen med skillnad i placering av väggstommen från utgångsläget i väggen till vänster och slutgiltig placering med väggen till höger.



Figur 4.5: Väggars offset och referenslinje enligt röd linje.

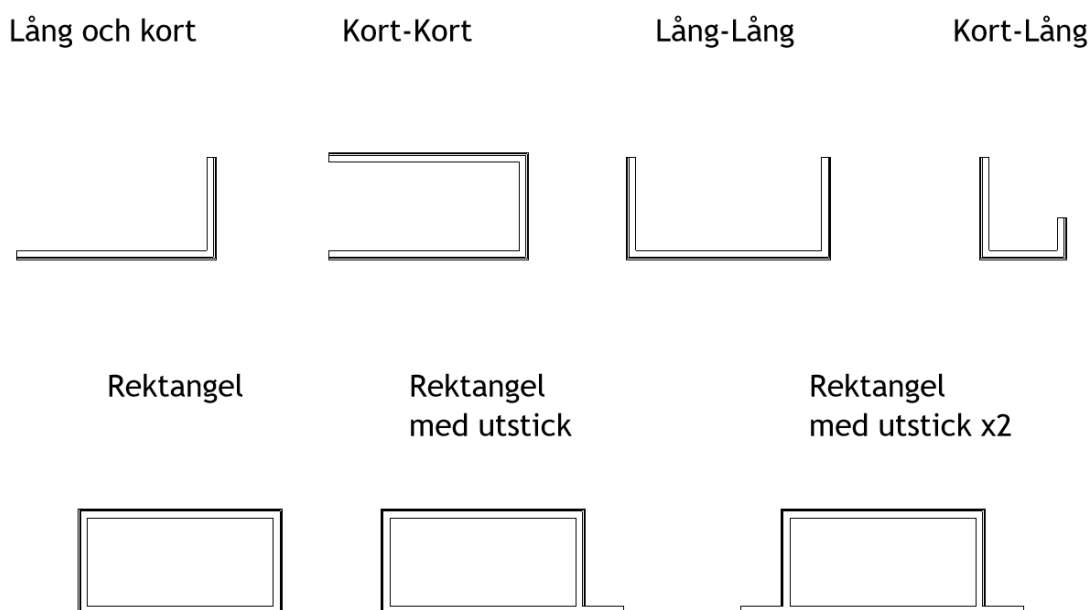
4.2.6 Vägghörn

Revit hanterar varje enskilt vägghörn med en unik “join” som resulterar i vägghörnens slutliga utseende. Om väggen byts ut till en curtain wall kommer de ingående reglarna kollidera. Vad gäller curtain walls är denna utformning godtagbar och med viss modifikation av den vertikala “border 2” kan den göras om till en mullion som är anpassad till användning i hörn. Vad gäller regler och regelväggar passar inte denna utformning in. Här eftersträvas att en utav väggarna går hela vägen ut och den andra möter denna vägg. Skriptet läser in de två av hörnets ingående väggar och låter den längsta gå hela vägen ut i till hörnets ytterkant. Detta enligt figur 4.6 som exemplifierar konceptet med hörnets utformning i det grundläggande fallet.



Figur 4.6: Turordning för korta och långa väggar vid ytterhörn.

När väggen är i kontakt med flera hörn så hanteras varje hörn enskilt av skriptet genom en sekvens av logiska operationer för förlängning av linjer. Om väggen enbart har ett hörn slussas den direkt vidare till sista steget, som innebär skapandet av väggen. Men finns det flera kollisioner behöver dessa hanteras. För att underlätta logiken i skriptet och dess egenkontroller har de olika kombinationerna döpts och skapats i en testfil. Vid körningar kan det säkerställas att de olika varianterna kan hanteras. Figur 4.7 beskriver de olika fallen. “Kort-kort” avser hur väggen är den korta i båda kollisionerna och “Lång-lång” den långa i båda fallen. I fallet “Kort-Lång” är den både kort och lång.



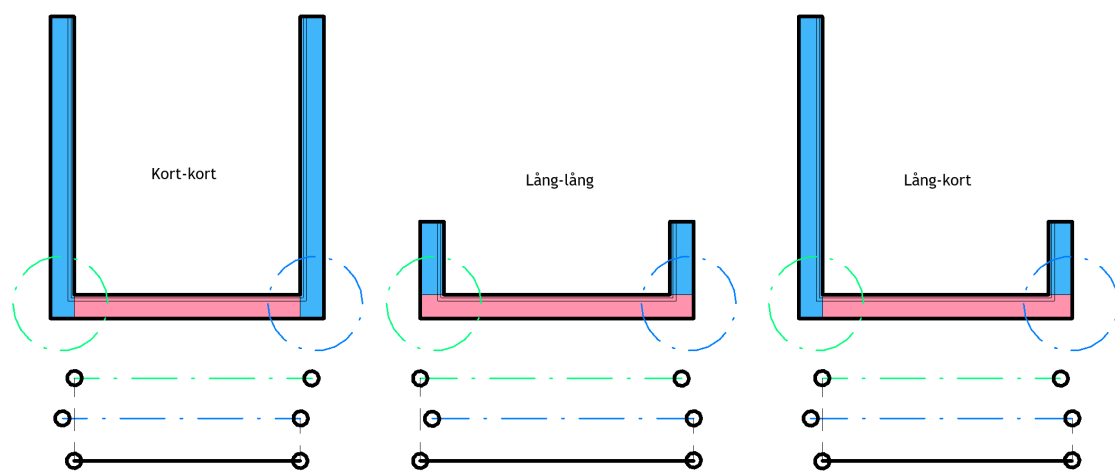
Figur 4.7: Variationer av vägghörn från testfil i Revit.

4.2.7 Vägglinjers sammanslagning

Som utgångspunkt är linjernas ändar placerade i den mötande väggens centrum. Vid fall som hanterar korta väggar kommer linjen förkortas och vid fallet långa väggar kommer den förlängas. Längdförändringens storlek är styrd av data såsom väggens

bredd och vilka ytbeklädnader som finns på olika sidor.

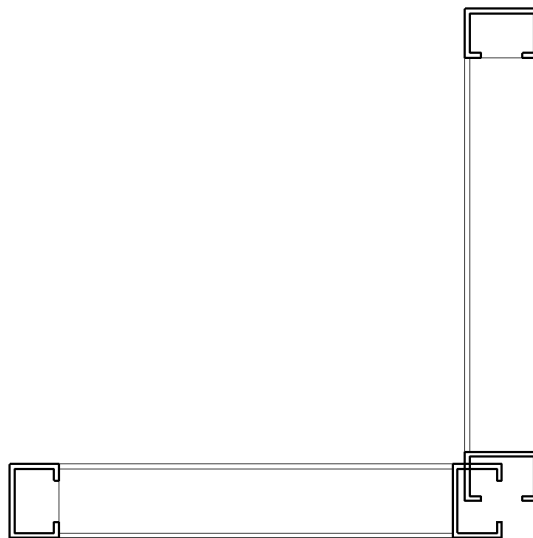
I figur 4.8 finns de ovan nämnda fallen beskrivna. Avslutningsvis visas fallet “Lång-kort”, som blir en kombination av dessa. De olika färgade linjerna hör till respektive hörn inramat med cirkel i samma färg. Resultatet av de två linjerna visas med heldragen svart linje.



Figur 4.8: Exempel på sammanslagning av vägglinjer vid hörn.

4.2.8 Unjoin av hörn

Vid väggtypen curtain walls kommer alla hörn ursprungligen vara anslutna till varandra. Detta innebär oönskad kollision av väggreglar. Att ändra väggens referenslinjers ändpunkter kommer inte göra någon skillnad så länge väggändarna sitter tillräckligt nära varandra, då de automatiskt sätts ihop av Revit. Då Dynamo med sina grundläggande noder inte kan hantera denna problematik används en Python-baserad nod. Denna identifierar alla vägganslutningar och ändrar läget till unjoined. I figur 4.9 visas vilket läge som väggens regler är låsta till om ingen unjoin har skett. Även curtain walls där unjoin har skett kan se ut på detta sätt, men då med möjligheten att flyttas och justeras efter referenslinjernas ändpunkter.



Figur 4.9: Exempel på joined curtain wall där väggreglar kolliderar.

4.3 Hanteringar av öppningar i väggar

Curtain walls i sin ursprungliga form har ingen funktion som hanterar fönster och dörrar i väggen. Dessa kan heller inte fästas till väggen utan modifikation av väggens “panels”. Det krävs en utskärning i regelstommen och i detta fall med hjälp av voids.

4.3.1 Identifiera väggöppningar och skapa voids

Det krävs tre indata för att skapa en void:

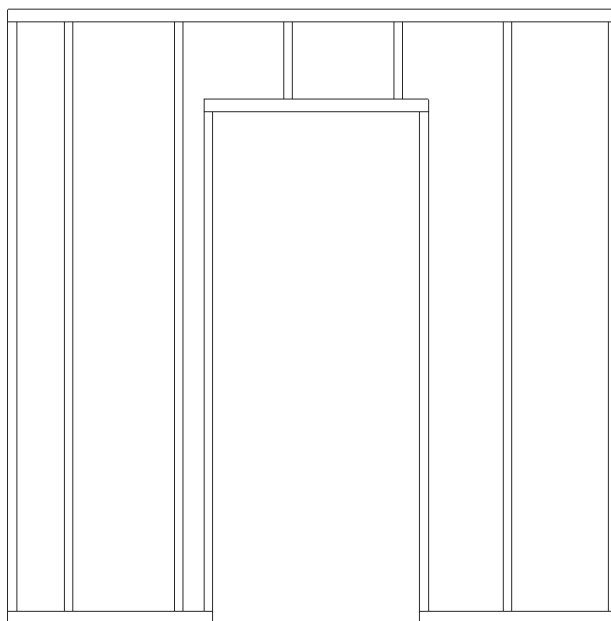
- En generic model som används som mall till skapandet av voiden. Skapar en ny family type.
- Geometrin från de element som dörr och fönstret är baserad på.
- Samt ett namn för denna family type. Namnet behöver vara unikt, för att inte skapa dubletter. skriptet löser det genom att ta fönstret eller dörrens ID och använda som namn. Dessa är unika och därför erhålls ingen risk för duplicering.

4.3.2 Komplikationer vid skapande av öppning

I vissa fall placeras de regler och skenor som skapas vid dörröppningar väldigt nära existerande regler. Revit har inte möjlighet att hantera dessa regler och ett varningsmeddelande erhålls, vilket innebär att skriptet inte kan köras. Skriptet hanterar detta genom att regler som är placerade för nära den void som skär ut raderas. Hantering av skriptets utförandeföljd görs med en custom nodes som berör flow control och heter passthrough. Denna väntar på att en node arbetat klart innan den skickar igenom data från en annan. Utskärningen sker sedan med Revits funktion “cut”.

4.4 Reglar och skenor kring väggöppningar

Efter att voiden skurit i väggen och skapat dörrhålet behöver de reglar som då skapats modifieras. De vertikala behöver förlängas och samtliga ändras till träregel. Innan denna del av skriptet körs kommer väggen att se ut enligt figur 4.10. Här visas problematiken med både fönster och dörr. Där respektive vertikala regler skall förlängas likt de stående regler intill och samma regler inklusive skenor ska ersättas med en träregel av samma bredd. Detta för att ligga till grund för infästningen av dörrar och fönster.



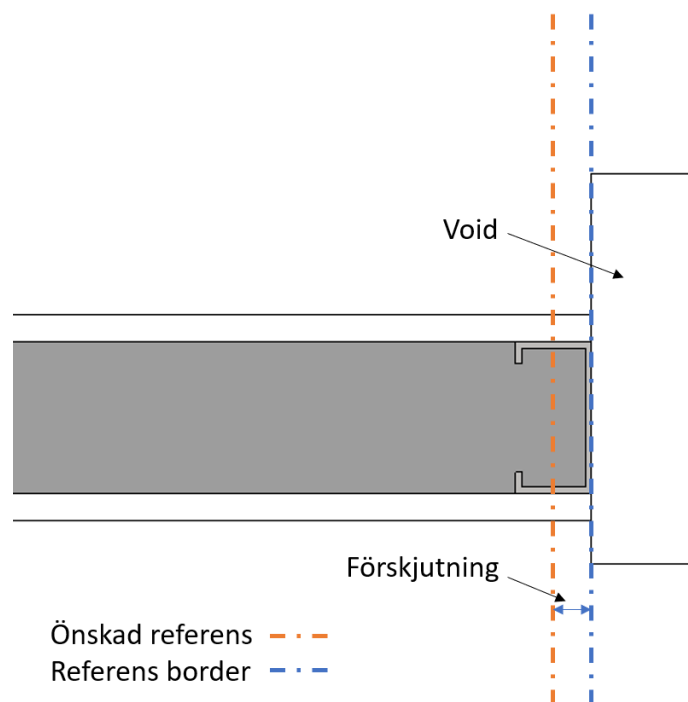
Figur 4.10: Regelväggens utseende innan förlängning av regler och byte av regeltyp kring dörr.

Inledningsvis identifierar skriptet vilka mullions som kolliderar med vilka voids. Därefter utvärderas dessa för att skilja på vertikala och horisontella.

4.4.1 Längd och läge av mullions

Mullions position i väggen är styrd av dess grid line placerade i väggens plan. Denna är definierad med en punkt tillsammans med en beskrivning av dess läge, horisontell eller vertikal. Detta gör det enkelt att hantera mullions och praktiskt att konvertera till regler i väggar, som i de flesta lägen är antingen horisontella eller vertikala. Det inte är möjligt att förlänga den redan existerande regeln, då den är skapad som border vid utskärning. En border är en kant av väggen och styrs inte av grid lines. Trots detta kan referenslinjen utvinnas från regeln och användas till att skapa en ny grid line. Referenslinjen är dock inte möjlig att använda direkt, den kräver en offset ut från voidens mitt enligt figur 4.11. Denna offset är i Dynamo baserad på en vek-

tor med längd enligt halva träregelns tjocklek. Riktningen av vektorn är framtagen med hjälp av voidens mitt och hur referenslinjen från borden förhåller sig till denna. Efter att referenslinjen erhållit lämplig förskjutning kan ändpunkten av denna användas för att skapa en vertikal mullion. Denna sträcker sig per automatik hela vägen upp. Skenan som ligger i voidens överkant behöver inte justeras vad gäller läge.

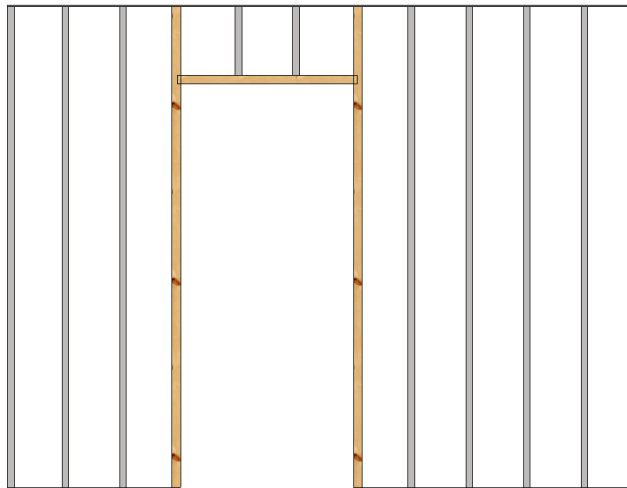


Figur 4.11: Referenslinjens förskjutning från voiden.

4.4.2 Ändring av profiltyp för mullions

Nästa del berör förändringen av regelns profiltyp. Skriptet läser in vilken typ av stålregel som hanteras och ersätter den med en träregel av samma bredd. En MR 45 ersätts exempelvis av en TR 45x45. skriptet läser in regeltypen som string och ersätter i detta fall alla "MR" med "TR 45x". Den sista delen av namnet "45" ersätts inte, utan representerar väggregelns bredd. "MR 45" blir "TR 45x45" vilket överrensstämmer med namnet på den mullion som ska ersätta.

De regler som blivit ersatta med en längre och något förskjuten regel tas sedan bort från modellen. Men inte innan den ersättande regeln har skapats. Detta främst för att kunna hantera att informationen som krävs vid skapandet av nya regler inte försvinner för tidigt. Detta via en passthrough. Den nu resulterande regelstommen beskrivs i figur 4.12.



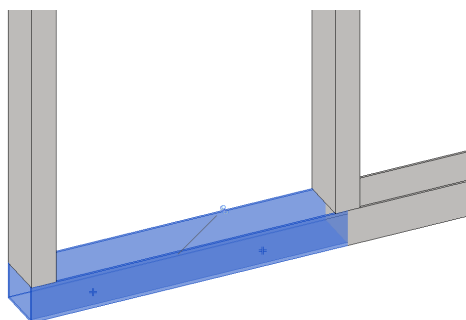
Figur 4.12: Regelväggens utseende efter förlängning och byte av regeltyp kring dörr.

4.5 Mängdavtagning

Mängdavtagningen sker som en fristående del och körs sist i ordningen. Detta över hela filen i Revit och resultatet kommer senare att kunna sorteras och filtreras efter de preferenser användaren har. Detta resulterar i en stor mängd data som kan användas mångsidigt.

4.5.1 Skenor

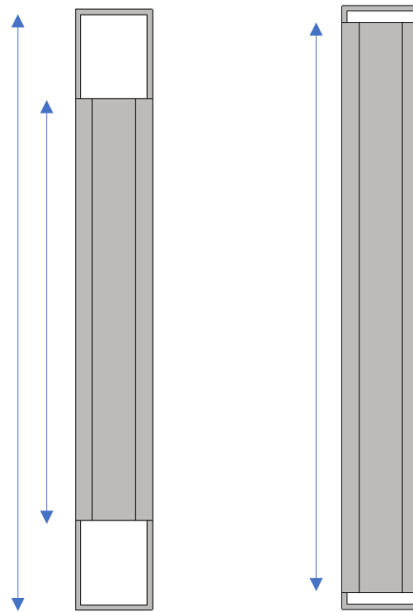
En ej önskad egenskap är hur skenan i Revits curtain wall inte ges ut i fullständig längd. I figur 4.13 visas det hur avståndet mellan reglarna räknas som skenans längd, inte hela väggen. Detta är löst genom att summan av dessa får representera varje enskild väggs sken-längd. Skenan sorteras också på tak- och väggskena.



Figur 4.13: Modellerad längd på skena, markerad i blått.

4.5.2 Reglar

I verkligheten står regeln i skenan. Detta är något som mullions och curtain walls inte stödjer, med syftet att undvika kollisioner. Med kollision menas att oavsett geometri för respektive mullion så är det skenans största bredd och höjd som agerar avgränsande geometri. Skenans höjd utan modifikation är det mått som modellerats enligt den vänstra väggen i figur 4.14. Lösningen på detta beskrivs till höger i samma figur. Här har profilen för den mullion som representerar tak- och golvskenan gjorts lägre. Höjden på skenan representerar nu istället den tolerans som krävs vid byggnation av väggen för att regeln ska passa. Reglarnas längd blir således för kort.



Figur 4.14: Skenans verkliga höjd till vänster och anpassade höjd till höger.

5

Resultat

Arbetet resulterar i tre skript. Det inledande skapar och lägger in regler för innerväggar samt gör öppningar där dörrar och fönster är placerade. Sedan hanterar det andra hur regler som sitter runt fönster och dörrar ser ut och är placerade. Det tredje och sista exporterar relevant information så att mängdning med erhållen data möjliggörs. Skripten har körts på IFC-fil erhållen från Skanska. Modellen består av källarplan, entréplan, sex stycken normalplan samt ett vindsplan.

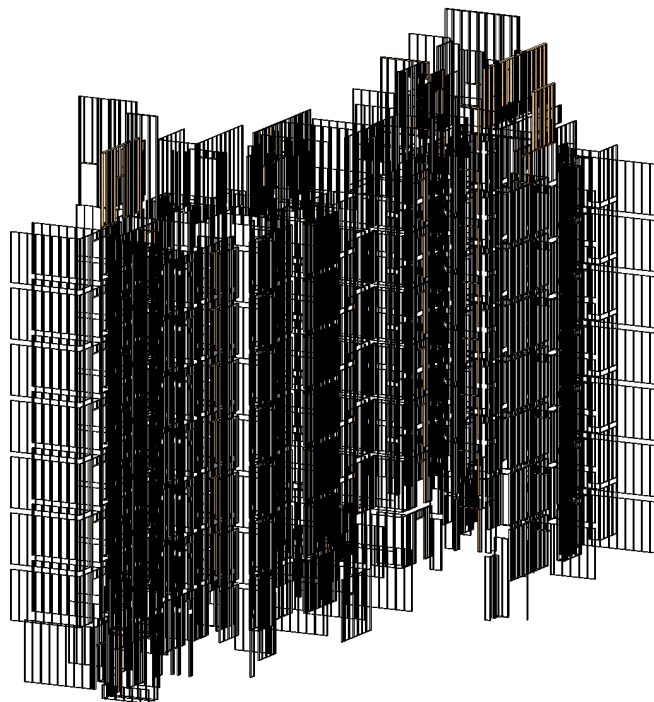
Kapitlet behandlar resultaten från skripten, dess tidsåtgång, funktioner samt mängdtagning baserad på dessa. Avslutningsvis presenteras mängdtagning och åtgång från referensprojektet och Skanska.

5.1 Resultat från skript

Modellens resulterade utseende vad gäller regler och skenor i vägghörn, runt fönster och i generella fall efter bearbetning med skript. Även vilken data som extraherats, vilket format och hur den ser ut vid export till Excel.

5.1.1 Skapandet av regler

Refensobjektets utseende efter det inledande skriptet ger resultat enligt figur 5.1. Här kan de olika våningsplanernas regler urskiljas tillsammans med de öppningar för dörr och fönster som skapats. På översta planet kan även ett antal träreglar urskiljas.



Figur 5.1: Referensprojekt med regler och skenor modellerade på samtliga våningsplan av referensprojektet.

Vägghörnen utformas enligt principen att längsta väggen går först enligt figur 5.2. Den långa väggens regler går hela vägen ut och den korta ansluts mot gipsskivorna.



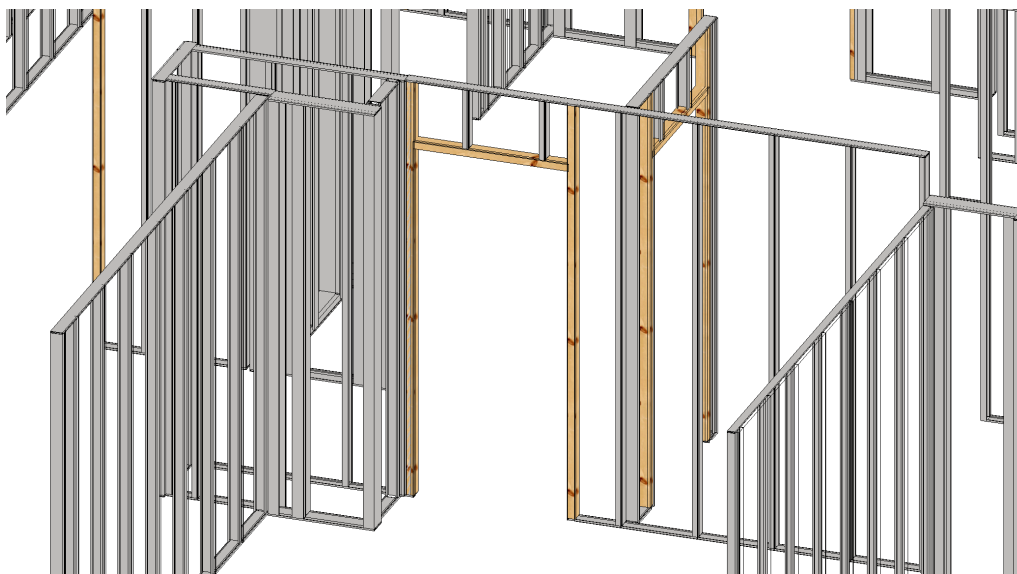
Figur 5.2: Exempel på vägghörn där kort och lång vägg ansluts inklusive ytbeklädnad. Bild tagen från Revit.

5.1.2 Öppningar för dörrar och fönster

Öppningar skapas genom att den befintliga modellen för dörrar och fönster inklusive karm tillsammans skapar en void som skär i regelväggens profil. Flera dörrar och fönster i samma eller olika väggar kan hanteras. De voids som skapas kan inte tas bort utan att öppningarna försvinner. Därför ligger de kvar i modellen.

5.1.3 Reglar och skenor runt dörr- och fönsteröppningar

Reglar kring fönster och dörrar förlängs och byter tillsammans med omkringliggande skenor material och profiltyp till träregel. I figuren 5.3 syns ett urklipp från referenshusets normalplan i Revit. Här har stålreglar bytts ut till trä och förlängts till väggens ovankant. Den skena som stålreglar över dörröppning i underkant ska fästas i har gjorts om till en träregel. Den stålskena som egentligen skall placeras ovanpå denna skapas ej av skriptet.



Figur 5.3: Träreglar runt dörröppning i referensprojektets normalplan.

5.1.4 Mängdavtagning

Modellen som nu skapats används senare till skriptet för mängdavtagning. Här presenteras alla enskilda reglar och skenor som exporteras till en tabell i Excel enligt figur 5.4.

Väggtyp	Regestome	Lägenhet	Regeltyp	Längd [mm]	Plan
IV81	MR 450 70	5B.0904	SK 70	3450	PLAN 09
IV81	MR 450 70	5B.0904	SK 70	3450	PLAN 09
IV26	MR 450 70	5B.0902	SK 70	2092,5	PLAN 09
IV26	MR 450 70	5B.0902	SK 70	2092,5	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	3745	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	3745	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	715	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	715	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	735	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	T 45x70	910	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	1645	PLAN 09
IV81	MR 450 70	5B.0904	SK 70	3449,5	PLAN 09
IV81	MR 450 70	5B.0904	SK 70	3449,5	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	1251,999905	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	1251,999905	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	1614,5	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	T 45x70	910	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	2524,5	PLAN 09
IV22	MR 450 70	5B.0901	SK 70	2430	PLAN 09
IV22	MR 450 70	5B.0901	SK 70	2430	PLAN 09
IV02H	MR 450 70	5B.0901	SK 70	2430	PLAN 09
IV02H	MR 450 70	5B.0901	SK 70	2430	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	2712	PLAN 09
IV10	MR 450 70	5B.0901	SK 70	2712	PLAN 09
IV12	MR 450 120	5B.0901	SK 120	1645	PLAN 09
IV12	MR 450 120	5B.0901	T 45x120	910	PLAN 09

Figur 5.4: Tabell med unika väggreglar och skenor från Excel.

Denna tabell kan bearbetas beroende på användarens önskemål. Detta enklast med hjälp av Excels Query-funktioner som tillåter sortering och gruppering. Möjligheten finns då att gruppera enligt våningsplan och löpmeter per artikel. Men också hela huset och längd per artikel. För att senare dividera dessa summor med hänsyn till leverantörens standardiserade längder.

5.2 Tidsåtgång vid försök

Under körning av IFC-filen uppmättes åtgången tid för de olika skripten. Vid försöket användes en dator med processor Intel Core i5-7500.

Tabell 5.1 visar erhållna tider för samtliga våningsplan när det första skriptet som skapar regler och öppningar för dörrar har körts på projektet. Tabellen visar att ett normalplan tar cirka fyra minuter att köra medans tiden för alla våningar blir ungefär 30 minuter.

Tabell 5.1: Tidsåtgång per våning för skapandet av regler och öppningar.

Våning	Tid [min]
Källarplan	01:10
Entréplan	02:50
Plan 1	04:00
Plan 2	04:00
Plan 3	04:00
Plan 4	04:10
Plan 5	04:10
Plan 6	04:20
Vindsplan	01:50

Körtiden för det andra skriptet som hanterar regler runt dörrar och fönster visas i tabell 5.2. Den totala körtiden på hela modellen blir runt en timma och tio minuter. Där ett normalplan tar dryga nio minuter.

Tabell 5.2: Tidsåtgång per våning för förlängning av regler och ändra dess profil.

Våning	Tid [min]
Källarplan	01:50
Entréplan	08:00
Plan 1	09:20
Plan 2	09:20
Plan 3	09:20
Plan 4	09:20
Plan 5	09:40
Plan 6	09:20
Vindsplan	05:00

Sista skriptet som plockar ut och exporterar information tar kortast tid att köra, cirka en minut för hela modellen. Detta skript körs inte per våningsplan utan hela modellen på en gång.

Även en total arbetstid för körning av samtliga skript inklusive tider för förberedelser mellan körningarna har uppmätts. Detta för att efterlikna det vardagliga arbetet för projektörer och bygga upp ett realistiskt scenario. Denna tid resulterade i en timme och 55 minuter. I denna tid ingår inte förberedelser av mallfill och Excel-ark.

5.3 Jämförelse mängdavgtagning

De resultat skriptet har gett i form utav mängdavgtagning ställs i jämförelse med den data projektet använt sig av vid byggnation och projektering. Det har även gjorts mängdavgtagning direkt från Revit via schedules.

5.3.1 Mängdavtagning i Revit

Revits funktion Schedules möjliggör en form utav mängdavtagning där exempelvis antal meter och höjd av samtliga väggtyper går att filtrera fram. Den sammanlagda vägglängden divideras senare med centrummåtten och multipliceras med väggens höjd. På detta vis fås löpmeter väggregel fram. För löpmeter skena multipliceras löpmeter vägg med två då skenan finns i både över- och underkant av väggen. Dessa divideras senare med de standardiserade längder leverantören tillhandahåller, 3 meter för skenor och 2.5 för regler. Resultatet för hela huset presenteras i tabell 5.3.

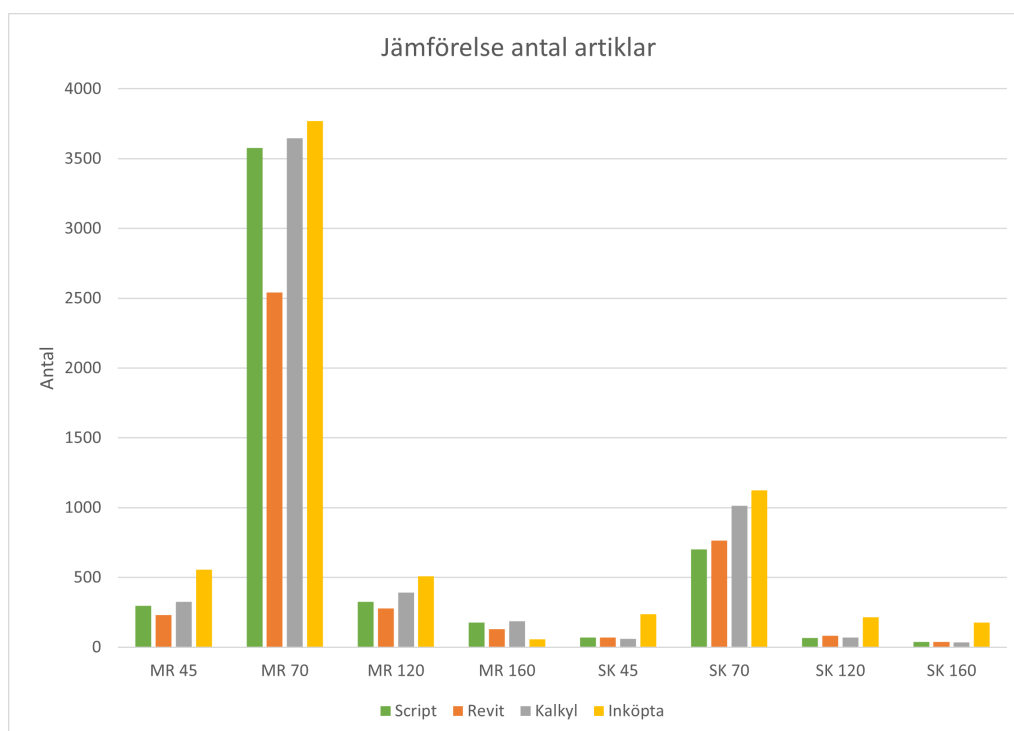
5.3.2 Sammanställning referensprojekt

Vid jämförelse har data hämtats in kring kalkylerad mängdavtagning för de olika komponenter en innervägg kan ha. Dessa har sedan procentuellt jämförts med skriptets resultat enligt tabell 5.3. Där kolumnen "kalkyl" står för den mängd Skanskas kalkylavdelning uppskattat vid projekteringsstadiet. "Beställt" berör den mängd som sammanställts från de inköp som skett till byggarbetsplatsen.

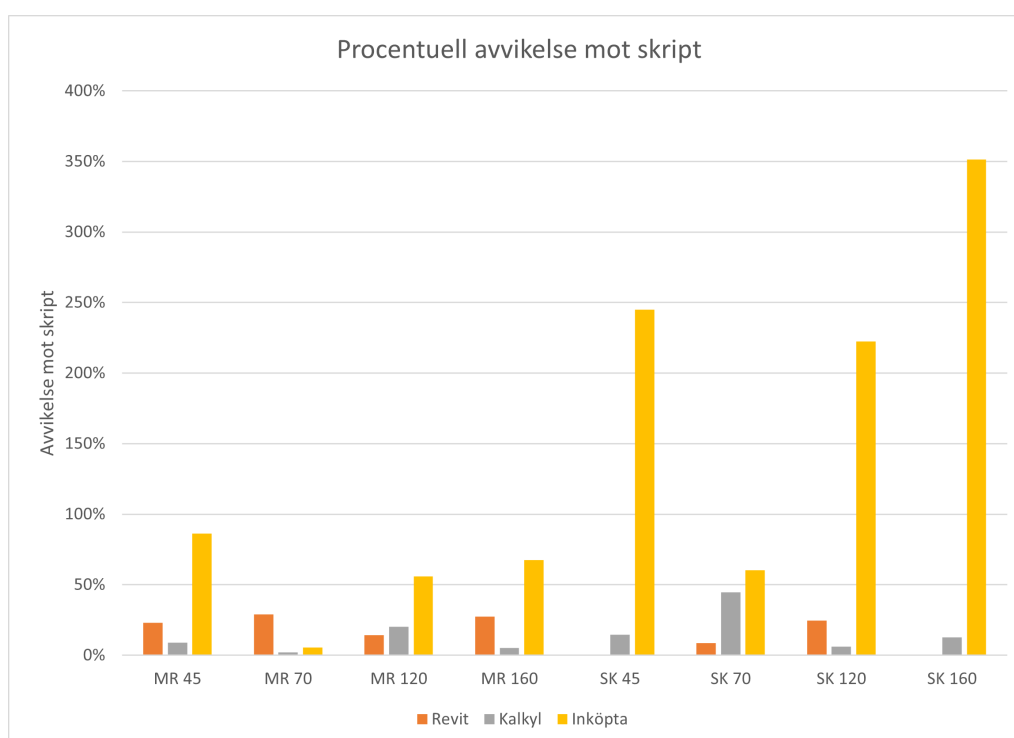
Tabell 5.3: Mängdning för olika artiklar samt den procentuella differensen jämfört med skriptets data. Mängd beskriven i antal standardlängder.

Artikel	Skript	Revit	Diff %	Kalkyl	Diff %	Beställt	Diff %
MR 45	298	230	-23%	325,00	9%	555	86%
MR 70	3578	2543	-29%	3645	2%	3770	5%
MR 120	325	278	-14%	391	20%	507	56%
MR 160	178	129	-27%	187	5%	58	-67%
SK 45	69	69	0%	59	-14%	238	245%
SK 70	702	763	9%	1014	44%	1125	60%
SK 120	67	83	25%	71	6%	216	222%
SK 160	39	39	0%	34	-13%	176	351%

De olika artiklarnas antal har sedan jämförts med varandra och presenteras visuellt i figur 5.5. Skillnaden mot skriptet har sedan dividerats med skriptets åtgång och av en procentuell skillnad har tagits fram. Skillnaden presenteras som absolutbelopp i figur 5.6.



Figur 5.5: Jämförelse av antalet regler och skenor vid mängdning.



Figur 5.6: Procentuell avvikelse mot skriptet av regler och skenor vid mängdning.

6

Diskussion

Utvärdering av skriptets tillämpbarhet och mängdavtagningens exakthet. Vilka förbättringspunkter som finns i skriptets olika delar och hur dessa kan hanteras. Slutligen Dynamos användbarhet generellt men också i detta arbetets specifika fall.

6.1 Tillämpbarhet

Hur användbart är det som skriptet tillför och vilken detaljnivå av underlaget krävs för att uppnå ett resultat gott nog för tillämpbarhet i branschen vad gäller bygghet och framtida underhåll av skript.

6.1.1 Underlag

Genom att öka detaljnivån i modellfilen har arbetet tagit steg mot en mer omfattande implementering av Total BIM. Skriptet skapar en mer detaljerad ny version av modellfilen där innerväggars detaljnivå erhålles både i 3D och 2D. Underlaget som krävs är en modellfil där TypeID finns som stämmer överens med väggnamnet i Excel. Att skapa en ny sådan inför varje projekt blir väldigt tidskrävande. En väggstandard som gäller flera projekt är därför att rekommendera. Vilket är något som behöver tas höjd för tidigt i projekteringsstadiet, vilket inte är varken tidskrävande eller komplicerat. Med tanke på den minimala indata som krävs för körning av skriptet, går det även att genomföra tidigt i projekteringsstadiet, vilket kan vara till fördel för kalkyl och övrigt planering.

6.1.2 Körtid

Vad gäller de olika skriptens körtid så rör sig totaltiden för hela huset inklusive tid mellan för byte och förberedelser av skript runt 2 timmar. Av detta så står det första skriptet för en mindre del då det andra skriptet körtid är mer än dubbelt så stor och består av mycket färre noder.

I det första skriptet går förloppet att följa visuellt i Revit. Till skillnad från det andra där Revit slutar svara och fryser under skriptets körtid. Ett önskat förlopp som tyder på att länken mellan Dynamo och Revit inte ännu är fullt tillämpbar på mer avancerade skript.

Ingen data kring Skanskas tidsåtgång för mängdavtagningen har erhållits. Det är svårt att sammanställa och har skett under flera separata tillfällen för olika saker.

Den mängdning skriptet gjort gäller också enbart innerväggar. Vilket gör det svårt att jämföra. Men med stöd av den teoretiska bakgrunden kan det ses hur mängdning baserad på IFC går mycket snabbare än t.ex. traditionell 2-D mängdning för hand.

En annan aspekt är huruvida tidsåtgången sett ut för att rita den ökade detaljnivån i 3-D för hand. Skriptets körtid är ca. 2 timmar för hela huset. Vilket består av många småväggar och olika väggtyper på många våningar. Något som hade varit väldigt tidskrävande vid manuellt utförande.

6.1.3 Underhåll av skript

Skripten är utformade och funktionella med den aktuella versionen av Dynamo och Revit samt kombinationen av dessa. I framtiden så väntas uppdateringar och helt nya versioner av respektive mjukvaror. Detta kan resultera i att custom nodes förlorar sin funktion tillfälligt eller permanent. Tillfälligt när en uppdatering skett och skriptet behöver justeras och anpassas kring denna. Permanent när vissa delar av custom nodes eller mjukvaran slutar stödjas. I båda fallen krävs vad gäller underhållsarbete en god förståelse för skriptets funktion i både Dynamo och Revit. Något som inte sänker den tidigare nämnda kunskaptströskeln kring BIM och tillämpbara verktyg vid projektering.

6.1.4 Byggbarhet

Vissa väggreglars kollisioner i kombination med den saknade skenan ovan dörrar och fönster resulterar i en modellfil som inte helt överensstämmer med verkligheten. Utöver detta är logiken kring vilken vägg som går hela vägen ut i hörn eller korsningar av väggar generaliserad och förenklad. Vilket leder till en viss osäkerhet i programmet och i vissa fall kan leda till något som inte är byggbart. Ett kvarstående hinder som inte går i linje med de visioner kring Total BIM om ökad byggbarhet och möjlighet till projektering på en högre detaljnivå.

6.2 Mängdavtagning

Vid jämförelse mellan skriptet och siffror från kalkylen vad gäller antal artiklar av de olika komponenterna i väggens stomme ser vi hur 4 av 8 artiklar ligger under 10 % skillnad. Den högre differens som kan ses i SK70 (44 %) sticker ut från övriga, vilket högst troligt beror på den uteblivna skenan i ovankant på dörrar och fönster. Ett normalplan innehåller ca. 30 dörrar vilket resulterar i en differens som ungefärligt överensstämmer med den stora skillnad som i detta fall uppstår.

Den kalkyl som Skanska tillhandahållit för referensprojektet är baserad på en modellfil över branschstandard. Detta möjliggör att materialavtagning kunnat utföras och exporterats med hög precision och lägre tidsåtgång än traditionellt. Något som bör nämnas är också hur denna mängdning inkluderar spill. Det påstående i teoretiska bakgrunden kring hur mängdning blir mer exakt vid IFC-fil som utgångspunkt

kan enligt arbetet därför bekräftas. Det resultat som skriptet påvisar är dels väldigt likt den mängdning gjord av Skanska via IFC-fil men också längre ifrån vad som har beställts. En beställning som gjorts med manuell och mer traditionell 2D-mängdning.

Den tidsåtgång och kravställning på hög detaljnivå vad gäller projektering gör det mindre lönsamt att använda skriptet till mindre projekt. I dessa fall skulle en manuell mängdning högst troligt ta både mindre tid och därför vara mer lönsam i slutändan. Men i större projekt skulle krav på en högre detaljnivå på modellfilen kunna motivera den ökade exaktheten och minskade tidsåtgången vid mängdavgivning och planering.

6.3 Beställda artiklar

Vid en inledande jämförelse av den beställda mängd av olika artiklar på byggarbetsplatsen kan en större differens urskiljas på samtliga, med MR 70 som undantag. Skenan SK 70 har delvis också använts till undertak på två våningshalvor vilket resulterar i en mer missvisande åtgång. Skillnaden på övriga skenor varierar mellan 222-351 %. Medans tillhörande regler hamnar på en skillnad av 86 % till -67 %. Den generellt sett större skillnaden på skenor än regler kan kopplas till den längdanpassning som görs vid beställning av regler. Skenor beställs efter löpmeter då väggarnas längder skiljer sig åt. Vilket leder till en svårighet att uppföra väggen på ett optimalt sätt, vad gäller mängdåtgång. Väldigt korta skenor kan ej användas utan blir istället spill.

Ett mer omfattande arbete vad gäller projektering hade likt beskrivet i den teoretiska bakgrunden med Total BIM, kunnat undvikas. Om avrop kunnat förberedas tidigare än på byggarbetsplatsen under byggets produktionsfas. Hur till exempel arbetsledarens roll i referensprojektet skulle kunnat handla mer om att meddela när leveransen kan ske istället för att själv mängda ytterligare en gång. På ett dessutom mindre exakt sätt än tidigare redan gjord mängdavgivning.

Generellt sett bör den beställda mängden vara större än den beräknade mängdavgivningen. Då ingen hänsyn tas till spill, svårigheten att använda allt för korta längder samt den del av skadade artiklar som anländer till arbetsplatsen. En viktig del att ta med sig är att beställt material inte är likvärdigt med åtgånget material då det kan ha blivit material över.

6.4 Förbättringar av skript

Vilka delar av skriptet som är i behov utav förbättringar, hur dessa påverkar resultatet och vart de kan urskiljas. Rör sig från mindre detaljer till större och mer påverkande delar.

6.4.1 Väggar vid sneda tak

Innerväggar utformas i vissa fall i rum med sneda tak. I referensprojektet sker detta på översta våning då innertaket följer yttertaket sadeltaks-form. I skriptet skapas den nya regelstommen med indatan höjd och referensprofil. Höjden är konstant, vilket resulterar i att sneda takprofiler inte stöds, utan högsta höjden på den sneda ursprungsväggen blir regelstommens höjd. Resultatet blir en högre uppskattad materialåtgång i projekt där sneda tak förekommer. Referensprojektets sneda väggar är en liten del av projektets totala väggar, skillnaden blir inte nämnvärt stor och många av dessa är av trästomme vilket inte redovisas i resultatet.

6.4.2 Uteblivna skenor

Skenor som saknas uppstår under två omständigheter i skriptet. En sådan är den stålskena som skall vara placerad ovan den överliggande träregeln i dörr- och fönsteröppningar. Denna funktion hann inte utvecklas under arbetets gång. Men är rent teknisk möjlig att genomföra. En liten detalj som hade gjort stor skillnad och resulterat i en högre exakthet i mängdavgivningen.

Den andra omständigheten är när skenan mellan regler ovanför dörrar och fönster blir liten nog för att inte skapas av Revit. Resultatet blir ett millimeterstort glapp i skenan/regeln. I nuläget är detta enbart ett problem för träreglarna som ligger ovanför dörrar. Differensen är inte ett stort problem om beställning sker enligt löpmeter, men problematiskt vid måttbeställda delar som ska passa på individuella platser i väggen.

6.4.3 Kolliderade regler

Curtain walls har i sitt grundutförandet ingen funktion som hanterar kollision av mullions. I detta fall resulterar det i att regler kan kollidera i slutet av väggar likt figur 6.1. Vad gäller mängdning så uppstår där ingen felaktighet då regeln i verkligheten förskjuts lite bakåt. Samma lösning kan användas även i skriptet men har inte utvecklats. Vad gäller byggbarhet är ett ritningsunderlag med denna felaktighet inkluderad inte lämplig.



Figur 6.1: Exempel på kollision av regler vid väggens högra ände.

6.4.4 Önskade objekt

Vid utskärning av dörrar och fönster krävs det att voids skapas. Dessa voids kommer sedan agera som referens för väggarna och kan inte tas bort utan att öppningarna försvinner. Filen blir då större och har fyllts med i efterhand ej användbar information. På liknande sätt följer curtain panels utan information med regelstommarna.

Dessa är heller inte möjliga att välja bort utan utgör en för curtain walls grundläggande funktionalitet. Vid användande av filen finns alternativet att dölja dessa i visningsläget och på ritningar.

6.5 Utvärdering av Dynamo

I allmänhet är dokumentationen för Dynamo väldigt god. Det finns många guider och forum som innehåller svar på de problem som uppstått vid utveckling av skripten. Men en viss grundläggande kunskap inom programmering krävs, trots att miljön är helt grafiskt utformad och egentligen inte tänkt att kräva kunskaper kring detta. Arbetsflödet utgår i detta fall från att användaren först har djupare förståelse för den del av Revit som önskas styra. För att sedan utforska möjligheterna kring detta i Dynamo. Om inga eller någon av dessa kunskaper finns kommer utformandet av de mer avancerade skripten mellan Dynamo och Revit svåruppnåeligt.

Grundläggande noder finns redan inbyggt i Dynamo vid första användning. Men mer avancerade och specifika noder har utvecklats och släppts i form utan custom nodes packages som har nyttjats. Utan dessa hade en högre förståelse i programmering och kunnande kring Revits API krävts. Att integrera dessa custom nodes i Dynamos ursprungliga utbud hade varit önskvärt då det underlättar för användning och förkortar inlärningskurvan. I många fall har också information hanterats som string (text) istället för det "object" (filformat från Revits API) informationen ursprungligen var. Något som egentligen hade kunnat hanteras med ett utökat utbud av nodes för olika och mer specifika syften som hantera olika data-typer.

Vid större mängder nodes i Dynamo uppstår en fördröjning vid in- och utzoomande samt generell förflyttning runt i det grafiska nodlandskapet. Det första skriptet som hanterar skapandet av regelstomme samt håltagning för dörr och fönster består av 663 noder, vilket vid arbete kring skriptet är extra tidkrävande med tanke på detta. Alternativet att skapa egna custom nodes för vissa av skriptets delar har prövats. Det löser fördröjningen och den dåliga responstiden men omöjliggör redigering av skriptets utformning på smidigt sätt, vilket är en viktig del vid utveckling av skript. I övriga skript som arbetet innefattar uppstår inte liknande problem, de innehåller avsevärt färre noder.

7

Slutsats

Sammanfattningsvis är det möjligt att automatisera arbetsflöden i Revit via Dynamo och göra dessa användarvänliga. Både enklare och mer avancerade skript går att skapa och kan tillsammans med användargränssnitt fungera bra som hjälpmedel vid dagligt arbete i Revit. Skriptet kräver minimal indata för att kunna köras, vilket dels förenklar förberedelserna men också underlättar körning tidigt i projekteringsstadiet. Vilket underlättar arbete för kalkyl och planeringsarbete.

Arbetet har lyckats uppnå ökad detaljnivå av innerväggar men inte av kvalitet nog för att fullt ut kunna agera underlag för byggnation. Men kan efter vidareutveckling bli tillräckligt bra för detta ändamål. Väggarna genereras med en hög förutsägbarhet av reglars placering i väggen.

Informationen som erhålls är exakt nog för att kunna användas vid projekteringsarbete. Mängdavtagning baserad på skriptet är redan nu på liknande nivå med de metoder som används i dagsläget, med fördelen att regelstommar modelleras och att öppningar för dörrar och fönster inkluderas.

7.1 Förslag på framtida studier

Under arbetets gång har tankar och ideer kring framtida studier inom området utarbetats. Nedan följer några av dessa:

- Vidareutveckla den turordningsföljd i ytterhörn av väggar, som i detta arbete förenklats från att enbart ta den längsta väggen till att ta hänsyn till faktorer som bärighet, brand, ljudkrav och byggbarhet.
- Att utöver innerväggar och dess regler undersöka möjligheten att även automatiskt modellera andra byggnadsdelar i väggen. Som skivmaterial och optimering av dess materialåtgång.
- Utveckla av skript som parametriskt väljer väggtyp mellan två rum baserat på yttre omständigheter som brand, ljudklass och bärighet.
- Att undersöka möjligheten för användning av Revits API i stället för Dynamo. Något som kan få utförandetiden av skriptet att minskas.

Referenser

- Autodesk. (2024). *Revit overview*. <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>
- Brohn, C.-E. (2018). *Kalkyl via modell - pilotprojekt*. <https://www.sbuf.se/>
- CFI Education Inc. (2024). *Excel definition*. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/excel/excel-definition-overview/>
- Disney, O., Roupé, M., Johansson, M., & Leto, A. D. (2022). *Embracing BIM in its totality: a Total BIM case study*. <https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2022-0124>
- Disney, O., Roupé, M., Johansson, M., Ris, J., & Höglén, P. (2023). *Total BIM on the construction site: a dynamic single source of information*. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2023.027>
- Dynamo Primer. (2024). *What is Dynamo?* https://primer.dynamobim.org/en/01_Introduction/1-2_what_is_dynamo.html
- Ekelöv, T., & Olszaniec-Kozakiewicz, L. (2020). *Creating 3D Models through Parametric Coding*. <https://odr.chalmers.se/items/1262c6b5-3ea5-47a7-963d-c7163189581b>
- Josephson, P.-E., & Saukkoriipi, L. (2005). *Slöseri i byggprojekt : behov av förändrat synsätt*. Sveriges byggindustrier. https://www.cmb-chalmers.se/wp-content/uploads/2015/10/sloseri_byggprojekt.pdf
- Knauf. (2024). *Knaufm, Om oss*. <https://knauf.com/sv-SE>
- Norgips. (2024). *Bygga innervägg med stålreglar*. <https://www.norgips.se/kunskapsbank/bygga-vagg-med-stalreglar/>
- Påsse, D., Disney, O., Roupé, M., & Johansson, M. (2022). *Cost-Estimation in Construction: BIM versus Total BIM*. <https://research.chalmers.se/en/publication/533895>
- Smith, P. (2016). *Project cost management with 5D BIM*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.179>
- Svenskt Trä. (2024). *Bygga innervägg*. <https://shop.svenskttra.se/media/1228/bygga-innerva-%C3%A4g.pdf>

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige
www.chalmers.se



CHALMERS