

# Standardiserad kvalitetssäkring av brandskydd i BIM

---

Oliwer Warnerfelt & Mathias Undeland | Avdelningen för  
Brandteknik | LTH | LUNDS UNIVERSITET





# **Standardiserad kvalitetssäkring av brandskydd i BIM**

**Oliwer Warnerfelt  
Mathias Undeland**

**Lund 2021**



Titel: Standardiserad kvalitetssäkring av brandskydd i BIM  
Title: Standardized quality assurance of fire protection in BIM

Författare/Author: Oliwer Warnerfelt & Mathias Undeland

**Report 5658**  
**ISRN: LUTVDG/TVBB--5658--SE**

Antal sidor/Number of pages: 58 (Inklusive bilagor)  
Illustrationer/Illustrations: 39

Sökord/Keywords

BIM, Byggnadsinformationsmodellering, Solibri Office, Solibri Model Checker, SMC, brandprojektering, digital projektering, kvalitetskontroll, kvalitetssäkring, BIMfire Tools.

Abstract

Digitized workflows are becoming more common in the construction industry where building information modeling, also called BIM, is a common example of this development. The BIM environment enables an unbroken chain of information on a corporate platform. To ensure that the information is correct and that the quality is of sufficient quality, systematic quality controls are carried out.

This thesis aims to develop a method for how quality controls could be performed for the fire discipline's digital deliveries. The goal was also to produce a concrete suggestion on what a set of rules in Solibri Office can look like to perform this type of quality controls.

The results of the study show that the fire discipline can generally take a more active role in the coordination controls within BIM. The study also shows that a large part of the design errors that occur regarding fire protection according to the survey can be checked with the help of rule sets in the quality assurance program Solibri Office. The case study also shows that rule sets can be different in many ways; however, they can be adjusted according to the user's needs.

© Copyright: Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2021

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2021.

---

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

[www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
Telefon: 046 - 222 73 60

Division of Fire Safety Engineering  
Faculty of Engineering  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

[www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
Telephone: +46 46 222 73 60



## Sammanfattning

Digitaliserade arbetsprocesser blir allt vanligare inom byggindustrin där byggnadsinformationsmodellering, även kallat BIM, är ett vanligt förekommande exempel på denna utveckling. Den digitaliserade arbetsprocessen har många fördelar där bland annat hög kvalitet och effektivitet är några bra exempel. BIM miljön möjliggör en obruten informationskedja på en plattform som sammanlänkar discipliner från planering och design till förvaltning och demolering. För att säkerställa att denna information stämmer och att kvalitén är av önskvärd grad genomförs systematiska kvalitetssäkringar. Majoriteten av alla discipliner inom byggbranschen har redan etablerat sig i BIM miljön men branddisciplinen är relativt ny i denna typ av digitala miljö.

På senare år har digitala verktyg utvecklats för att möjliggöra brandprojektering i BIM miljö men det finns ännu ingen standardiserad metod för att kvalitetssäkra branddisciplinens digitala leveranser. Detta examensarbete syftar till att ta fram en metod för hur kvalitetskontroller skulle kunna utföras för branddisciplinens digitala leveranser. Målet var även ta fram ett konkret förslag på hur en regeluppsättning i Solibri Office kan se ut för att utföra denna typ av kvalitetssäkring.

Examensarbetet består av en litteraturöversikt, en enkätundersökning, en fallstudie och en analys. Litteraturöversiktens syfte var att skapa en bredare kunskap för hur den digitala arbetsprocessen går till, hur branddisciplinen projekterar och levererar sina digitala leveranser idag samt hur kvalitetskontroller utförs idag för att kvalitetssäkra digitala leveranser hos övriga discipliner.

Enkätundersökningen syftade till att försöka kartlägga vilka vanliga design-, projekterings- och produktionsfel kopplat till brandskydd som branschens olika aktörer upplever ske under byggprocessen. Enkäten syftade även till att förstå i vilket skede svarspersonerna upplevde att felen uppkom och i vilket skede de ansåg att felen borde kontrolleras för att undvikas.

I fallstudien har sju av de 29 olika fel kopplat till brandskydd som nämndes under enkätundersökningen undersökts vidare i kvalitetssäkringsprogrammet Solibri Office. I programmet har olika regeluppsättningar skapats och testats för att se vilka typer av fel som går att kvalitetsskontrollera och vilken information som behövs i modellerna för att det ska vara möjligt.

Studiens resultat visar att branddisciplinen generellt sett kan ta en mer aktiv roll vid samordningskontroller i BIM. Studien visar även på att en stor del av de projekteringsfel som sker avseende brandskydd enligt enkätundersökningen kan kontrolleras med hjälp av regeluppsättningar i kvalitetssäkringsprogrammet Solibri Office. Fallstudien visar även att regeluppsättningar kan se ut på väldigt många olika sätt och kan justeras efter användarens behov.





## Summary

Digitized workflows are becoming more common in the construction industry where building information modeling, also called BIM, is a common example of this development. The digitized workflow has many advantages where, among other things, high quality and efficiency are some good examples. The BIM environment enables an unbroken chain of information on a platform that links disciplines from planning and design to management and demolition. To ensure that the information is correct and that the quality is of sufficient quality, systematic quality assurances are carried out. The majority of all disciplines in the construction industry have already established themselves in the BIM environment, but the fire discipline is relatively new in this type of digital environment.

In recent years, digital tools have been developed to enable fire design in the BIM environment, but there is still no standardized method for quality assuring the fire discipline's digital deliveries. This thesis aims to develop a method for how quality controls could be performed for the fire discipline's digital deliveries. The goal was also to produce a concrete suggestion on what a set of rules in Solibri Office can look like to perform this type of quality assurance.

This thesis consists of a literature review, a questionnaire survey, a case study and an analysis. The purpose of the literature review was to create a broader knowledge of how the digital workflow takes place, how the fire discipline designs and delivers their digital deliveries today and how quality controls are performed today to ensure the quality of digital deliveries in other disciplines.

The survey aimed to map out which common design, planning and production errors linked to fire protection that the various performers in the industry experience occur during the construction process. The survey also aimed to understand at what stage the respondents experienced that the errors arose and at what stage they considered that the errors should be checked to avoid them.

In the case study, seven of the 29 different errors linked to fire protection identified during the survey were further investigated in the quality assurance program Solibri Office. In the software, different sets of rules have been created and tested to see what types of errors that can be quality controlled and what type of information the models need to make the quality controls possible.

The results of the study show that the fire discipline can generally take a more active role in the coordination controls within BIM. The study also shows that a large part of the design errors that occur regarding fire protection according to the survey can be checked with the help of rule sets in the quality assurance program Solibri Office. The case study also shows that rule sets can be different in many ways; however, they can be adjusted according to the user's needs.



# Terminologi

## Förkortningar:

<i>BIM</i>	Building Information Modelling / Byggnadsinformationsmodellering
<i>IFC</i>	Industry Foundation Classes
<i>CAD</i>	Computer-Aided Design
<i>ANM</i>	Autodesk Navisworks Manage
<i>MMI</i>	Model Maturity Index
<i>RSM</i>	Ruleset Manager

## Begrepp:

<i>Mängdavgtagning</i>	En metod som används för att summera ett projekts alla olika byggnadselement och mängden material som ska användas i olika skeden av byggprocessen. Metoden gör det enklare att utföra kostnadskalkyler för vad ett projekt kan kosta.
<i>Klassifikation</i>	En typ av filtrering som kan göras i programvaran Solibri Office där användaren kan filtrera fram objekt efter egenskap och/eller funktion. På så sätt kan användaren visualisera specifika objekt av intresse i BIM modellen.
<i>Regeluppsättning</i>	En samling med regler som skapas i programvaran Solibri. Kan innehålla en eller flera regler.
<i>Dynamisk regeluppsättning</i>	En regelsamling med ordnade hierarki bestående av minst en villkorsregel och en underregel.

## Beskrivning av regler som använts i Solibri Office:

<i>General Intersection Rule</i>	Kontrollerar kollisioner mellan två olika typer av objekt i en BIM modell.
<i>Required Property Sets</i>	Kontrollerar att ett objekt har en viss typ av egenskap eller ett specifikt parametervärde kopplat till sig i en BIM modell.
<i>Component Distance</i>	Kontrollerar förhållandet mellan olika objekt i en BIM modell. Regeln kan användas för att kontrollera minsta och största tillåtna avstånd mellan två objekt.
<i>Comparison Between Property Values</i>	Regeln används för att jämföra relationer mellan olika egenskapsvärden för olika objekt.



## Förord

Detta examensarbete utförs inom kursen VBRM01 på Brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola och omfattar 22,5 högskolepoäng. Examensarbetet utfördes på heltid under höstterminen 2021 vilket har inneburit att arbetet till stor del har bedrivits på distans på grund av rådande omständigheter.

Vi vill även passa på att rikta ett stort tack till alla som har bidragit med sina erfarenheter och stöttat oss i vårt arbete. Vi vill också passa på att tacka följande personer lite extra ...

***Robert Graham – Skanska Sverige AB och Erik Almgren – Bengt Dahlgren AB***

*... för god handledning och vägledning samt engagemang under hela arbetets gång.*

***Lole Flodqvist - Nolliplan AB***

*... för utbildning, programlicenser och stöttning i vårt lärande om programmet Solibri Office.*

***Nils Johansson***

*... för goda råd, stöttning och viktig korrekturläsning av arbetet.*

***Slutligen vill vi även rikta ett stort tack till alla som har tagit sig tid att svara på vår enkätundersökning och de företag som bidragit med modeller och data från pågående projekt.***

*Lund 2021*

***Oliwer Warnerfelt***

***Mathias Undeland***



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b> .....	<b>1</b>
1.1	<i>Bakgrund</i> .....	1
1.2	<i>Syfte och mål</i> .....	2
1.3	<i>Frågeställning</i> .....	2
1.4	<i>Avgränsningar</i> .....	2
<b>2</b>	<b>Metod</b> .....	<b>3</b>
2.1	<i>Litteraturöversikt</i> .....	3
2.2	<i>Enkätundersökning</i> .....	4
2.3	<i>Fallstudie</i> .....	5
2.4	<i>Analys</i> .....	5
<b>3</b>	<b>Litteraturöversikt</b> .....	<b>6</b>
3.1	<i>Arbetsprocessen i BIM</i> .....	6
3.2	<i>Brandprojektering i BIM</i> .....	9
3.3	<i>Kvalitetssäkringsprogram</i> .....	14
3.4	<i>BIM - samordning</i> .....	15
3.5	<i>Revit</i> .....	16
3.6	<i>Ruleset Manager i Solibri Office</i> .....	18
<b>4</b>	<b>Enkätundersökning</b> .....	<b>23</b>
4.1	<i>Enkät svar</i> .....	23
<b>5</b>	<b>Fel som undersökts vidare i fallstudien</b> .....	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Fallstudie</b> .....	<b>28</b>
6.1	<i>Avsaknad av krav</i> .....	28
6.2	<i>Felställda krav</i> .....	31
6.3	<i>Avsaknad av brandskyddsobjekt</i> .....	34
6.4	<i>Kravställning ej uppnådd</i> .....	36
<b>7</b>	<b>Analys av fallstudie</b> .....	<b>40</b>
7.1	<i>Designmodell/Förslagsmodell</i> .....	40
7.2	<i>Systemhandlingsmodell</i> .....	41
7.3	<i>Bygghandlingsmodell</i> .....	43
<b>8</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>46</b>
8.1	<i>Frågeställningar</i> .....	46
8.2	<i>Metoder</i> .....	46
8.3	<i>Resultat</i> .....	49
<b>9</b>	<b>Slutsats</b> .....	<b>50</b>

<b>10</b>	<b>Förslag till fortsatta arbeten .....</b>	<b>51</b>
<b>11</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>52</b>
<b>12</b>	<b>Bilaga A – Enkätundersökning .....</b>	<b>54</b>
<b>13</b>	<b>Bilaga B – Förslag på standardiserad brandparametrik .....</b>	<b>57</b>



# 1 Inledning

I detta kapitel presenteras bakgrunden till examensarbetet, syfte och mål, frågeställningar, och avgränsningar som har gjorts under arbetets gång.

## 1.1 Bakgrund

Digitaliserade arbetsprocesser blir allt vanligare inom byggindustrin där Byggnadsinformationsmodellering är ett vanligt förekommande exempel på en sådan utveckling. Byggnadsinformationsmodellering, även kallat BIM, är ett helhetsbegrepp för en digitaliserad arbetsprocess som utgörs av en molnbaserad plattform. BIM kan beskrivas som en intelligent modell som integrerar data och information från olika discipliner för att skapa en digital tredimensionell representation av byggnaden i en virtuell miljö. Genom digitala tredimensionella modeller lagras och uppdateras information i realtid hela vägen från planering, design och konstruktion till byggnation, drift och demolering (Autodesk, 2021). Denna kedja av information sammanlänkar projektets olika stadier och bidrar till att discipliner får en bättre och gemensam bild av objekten. Detta resulterar i sin tur till att färre missförstånd uppstår. Den digitala arbetsprocessen leder till att oönskade repetitiva fel undviks under hela processen. Tanken är därmed att digitaliseringen sparar både tid och pengar.

Dessa tredimensionella modeller är objektbaserade informationspaket som vanligtvis sparas i det öppna standardiserade filformatet IFC (Industry Foundation Classes). Formatet möjliggör att disciplinerna kan arbeta med sina egna tredimensionella modeller i olika mjukvaruprogram såsom exempelvis Revit (Autodesk, 2021). För att undvika avvikelser vid samkörning av disciplinernas modeller genomförs systematiska kvalitetssäkringar. En kvalitetssäkring kan utföras med hjälp av programvaror som exempelvis Solibri Office, Trimble Connect och Autodesk Navisworks Manage (Kristiansson, BIM-dokument för svenska byggprojekt, 2018). Programvaror som Solibri Office kombinerar de olika disciplinernas modeller till en och jämför dessa mot varandra. Genom definierade regeluppsättningar som specificeras i Solibri upptäcker programvaran fel mellan modellerna beroende på vilka regler som definieras. Ett exempel på en vanligt förekommande kontroll i projekt är kollisionkontroller. Detta innebär att Solibri Office kan varna ifall några av disciplinernas modeller kolliderar med varandra. Till exempel om byggnadsdelar är placerade på samma plats eller om en installation hindras av någon annan (Solibri, 2016). Utöver kollisionkontroller kan det genomföras kontroller för information kopplade till objekten i modellen. Informationskontrollen kan till exempel behandla brandklassning på dörrar, fönster och brandceller. Vidare går det att utföra "smarta" kontroller där programmet används för att analysera relationer mellan objekt. Solibris kontroller är ett sätt för inkluderade discipliner att kvalitetssäkra sina arbeten och se till att onödiga fel upptäcks så tidigt som möjligt i projekten. Även om digitaliseringen av byggindustrin är i ett tidigt skede finns det ett flertal exempel på projekt som sparat in både tid och pengar genom ovanstående beskrivet arbetssätt (Solibri, 2020).

Trots digitaliseringens påvisade fördelar har inte alla discipliner följt med under utvecklingen av den digitaliserade arbetsprocessen. Särskilt gäller detta kravställande discipliner som normalt inte skapar egna fysiska objekt. Branddisciplinen är en sådan kravställande aktör inom byggindustrin som nyligen påbörjat sin digitala transformation och på så sätt arbeta med att överbygga informationsgapet mellan discipliner och faser i projektets livscykel. På senare år har projekt utförts för att undersöka, utveckla och testa digitala arbetsprocesser för att integrera brandskyddsinformation i den digitala molnbaserade plattformen BIM. Genom att kartlägga byggindustrins önskemål och förväntningar för hur brandskydd bör implementeras och presenteras i den digitala arbetsprocessen tydliggjordes behovet av en obruten kedja av information för brandskydd. Att integrera och kommunicera brandskyddsinformation på ett strukturerat och väldefinierat sätt i BIM ökar åtkomligheten och kvalitén för berörda parter i processen (Strömgren, Norén, Eriksson, Hiort, & Furenberg Ring, 2021). Denna slutsats har resulterat i framtagandet av Revit-verktyget BIMfire Tools som tillåter branddisciplinen att integrera information direkt i BIM processens arbetsflöde.

Digitaliseringen av byggindustrin bidrar som sagt till ökad kvalitet och effektivitet i arbetsprocesserna, men med utvecklingen följer även en del utmaningar. Konceptet BIM möjliggör en obruten informationskedja på en plattform som sammanlänkar discipliner från planering och design till förvaltning och demolering. För att säkerställa att denna information stämmer och att kvaliteten är av önskvärd grad så genomförs som tidigare beskrivits systematiska kvalitetssäkringar. Dock saknas denna typ av kontroller för brandskydd och det finns i nuläget ingen tydlig metodik för hur sådana kvalitetssäkringar ska genomföras. I ett projekt är varje disciplin ansvarig för sin egen kvalitetssäkring och eftersom informationen i objekten ständigt uppdateras är det viktigt att branschen utvecklar en standardiserad metod för hur brandskydd i projekten kan kvalitetskontrolleras. Brandskydd är dessutom en omfattande kravställare som i princip berör alla aktörer i branschen. Behovet av en metod för systematisk kvalitetssäkring blir därmed ännu större för att uppnå den eftertraktade kvalitén på information genom hela byggnadens livscykel.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet var att undersöka på vilket sätt brandskydd kan kvalitetskontrolleras i den digitala arbetsprocessen. Examensarbetet fokuserar på vad kvalitetskontrollerna ska kontrollera samt i vilket skede av byggprocessen som respektive kvalitetskontroll bör utföras för att uppnå bästa möjliga slutresultat.

Målet med examensarbetet var att ta fram en metod för hur kvalitetskontroller skulle kunna utföras i den digitala arbetsprocessen. Målet var även att ta fram ett konkret förslag på hur en regeluppsättning i programvaran Solibri Office kan se ut för att utföra denna typ av kvalitetssäkring.

## 1.3 Frågeställning

Nedanstående frågeställningar var de punkter som examensarbete syftade till att besvara:

- Hur kvalitetskontrolleras brandskyddet i den digitala arbetsprocessen idag?
- Vad kan och bör kontrolleras i den digitala brandprojekteringen?
- I vilket skede i projektets gång ska vad kontrolleras? Vilken information som ska visas och i vilket skede det ska kontrolleras?
- Hur bör en regeluppsättning vara utformad för att utföra kontroller?

## 1.4 Avgränsningar

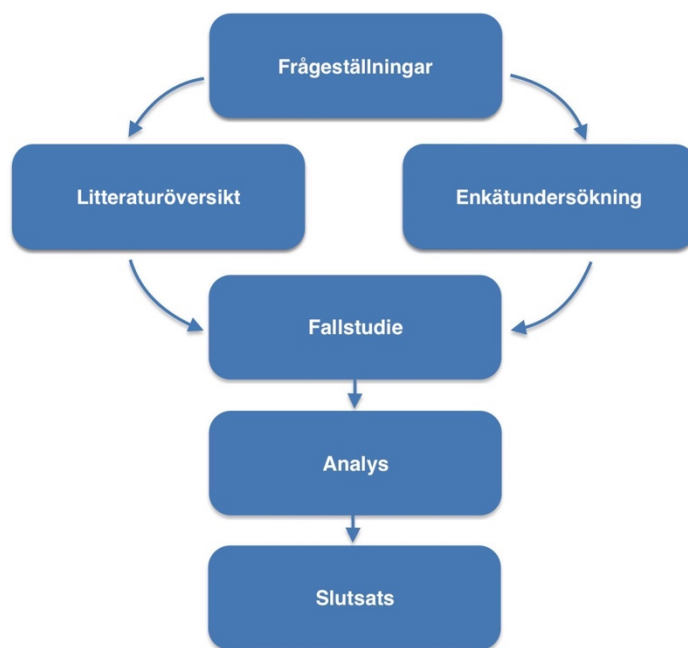
Examensarbetet har avgränsats till att endast behandla byggnadsinformationsmodellering med BIMfire Tools för brandprojektering och regeluppsättningar har enbart testas i programvaran Solibri Office.

Antalet fel som undersökts vidare i fallstudien har avgränsats genom att ha prioriterat ett antal fel för att begränsa omfattningen på examensarbetet. Detta har varit nödvändigt för att hålla examensarbetet inom en rimlig gräns och för att hinna med samtliga moment i kursen.

Fallstudien har begränsats till att endast använda tre olika referensprojekt projekterade med BIMfire Tools. Informationsmängden i referensprojekten har även begränsats på grund av den sekretessbelagda informationen som finns i projekten.

## 2 Metod

I följande kapitel beskrivs de metoder som har använts under examensarbetet. Arbetet är en delstudie där en utforskande och problemlösande metodik har använts. Enligt Höst, Regnell och Runeson (2006) är den utforskande metodikens syfte att på djupet förstå hur något fungerar eller utförs och den problemlösande metodikens syfte är främst att hitta en lösning på det problem som har identifierats. Examensarbetets syfte var att förbättra arbetsprocessen för brandkonsulter genom att ta fram en standardiserad metod för hur kvalitetssäkring av brandskydd kan utföras i BIM.



Figur 1. Beskrivning av hur arbetsgången har gått till under examensarbetet.

Examensarbetet har delats in i fyra delmoment som består av följande moment: Litteraturoversikt, enkätundersökning, fallstudie och analys. Delmomenten illustreras i Figur 1 ovan och i följande fyra avsnitt beskrivs metodiken som har använts för respektive delmoment.

Vilka olika metoder som har använts för att besvara frågeställningarna i Avsnitt 1.3 redogörs i Tabell 1 nedan. De olika metoderna presenteras i Avsnitt 2.1–2.4.

Tabell 1. Illustrerar vilka metoder som har använts för att besvara respektive frågeställning. Frågeställningarna är numrerade i samma ordning som de står i Avsnitt 1.3 ovan.

Frågeställning	Litteraturoversikt	Enkätundersökning	Fallstudie
1	x		
2		x	x
3		x	x
4			x

### 2.1 Litteraturoversikt

Examensarbetet inleddes med en litteraturoversikt vars syfte var att undersöka branddisciplinens arbetsprocess i BIM och ge en bättre förståelse för hur dagens digitala brandprojektering går till. Syftet med litteraturoversikten var även att ge en bättre förståelse för hur kvalitetskontroller utförs idag, vilka vanliga programvaror som används och hur de olika programvarorna fungerar.

För att hitta relevant litteratur till examensarbetet har information hämtats från flera olika källor och databaser. De databaser som har använts i arbetet är LUBsearch, Google Scholar och sökmotorn

Google. I examensarbetets tidiga skede genomfördes breda sökningar för att få en överskådlig bild över källorna. Därefter utfördes mer specifika sökningar med relevanta sökord för att få en djupare kunskap inom de områden som litteraturöversikten behandlar.

Under litteraturöversikten har en litteratursammanställning upprättats. Litteratursammanställningen har använts för att sammanställa all den litteratur som ansågs vara av intresse och för att få en bättre överblick över all relevant litteratur. I litteratursammanställningen angavs vilka sökord som använts, vart källan hittades, tidpunkt då den hittades och kommentarer på relevanta punkter som respektive källa berörde. Viktigt att tillägga är att litteraturöversikten i detta examensarbete inte gör anspråk på att vara en fullständig litteraturstudie, utan enbart har använts för att ge författarna en bättre översikt över all litteratur. Litteratursammanställningen presenteras inte i detta arbete men nedan i Tabell 2 ges ett exempel på hur den har utformats. Likadana tabeller har skapats för olika Ämnen/Områden för att snabbt kunna filtrera efter ett visst Ämne/Område i litteratursammanställningen.

Resultatet från litteraturöversikten presenteras i Kapitel 3.

Tabell 2. Exempel på hur litteratursammanställningen har sett ut vid genomförandet av litteraturöversikten.

<b>Datum:</b>	11-11-2021		
<b>Ämne/Område:</b>	Kvalitetskontroller		
<b>Databas:</b>	LUBsearch		
<b>Sökord:</b>	BIM AND kvalitetskontroll		
<b>Antal träffar:</b>	Antal träffar		
<b>Källa nummer:</b>			
	<b>Länk:</b>	<b>Titel:</b>	<b>Kommentar:</b>
1.	<i>Länk</i>	<i>Titel</i>	<i>Text</i>
2.			
3.			

## 2.2 Enkätundersökning

I samband med att litteraturöversikten började bli färdig bildades en uppfattning om vilken information som var relevant för det fortsatta arbetet. Informationen som ansågs vara av intresse samlades därefter in med hjälp av en enkätundersökning.

Syftet med enkätundersökningen var att med hjälp av byggbranschens olika aktörer kartlägga vanliga eller allvarliga fel som uppstått i design-, projekterings- och produktionskedet med avseende på fel eller risk för fel i brandskydd. I enkäten fick svarspersonerna även ange sin yrkesroll samt vilket företag de representerar för att kunna särskilja olika aktörers syn på vilka fel som de upplever uppstått i olika skeden av byggprocessen. Enkäten var i form av en digital enkät där svarspersonerna fick svara på tre öppna frågor via en länk som skickades ut med e-post. Frågorna som ställdes i enkätundersökningen presenteras vidare i Bilaga A - Enkätundersökning.

Länken till enkäten sändes ut till företag som arbetar med eller har kopplingar till BIM. Företagen fick därefter själva distribuera ut enkäten till sina anställda som de ansåg ha tillräckligt med kunskap för att bidra med svar till enkätundersökningen. Syftet med den digitala enkäten har varit att försöka nå ut till så många olika aktörer och personer som möjligt. Ambitionen har således inte varit att få en representativ bild av hur ofta olika fel förekommer utan i stället har målet varit att kartlägga de fel som kan förekomma.

Främst har enkäten skickats ut till brandkonsult företag som arbetar med digital brandprojektering för att få en bild av vilka vanliga eller allvarliga fel kopplat till brandskydd som branddisciplinen upplever ske under byggprocessen. Eftersom det troligen är just branddisciplinen som upptäcker och märker av felen kopplade till brandskydd i första hand. Men enkäten har också skickats ut till andra företag som arbetar med BIM för att få ytterligare perspektiv på hur felen kopplade till brandskydd upplevs av

byggbranschen och när felen uppstår. Urvalet som har gjorts i enkätundersökningen har troligen gett en relativt god indikation av vilka fel som byggbranschen upplever ske kopplade till brandskydd under byggprocessen.

Resultaten från enkätundersökningen presenteras vidare i Kapitel 4.

### 2.3 Fallstudie

Genom enkätundersökningen och litteraturoversikten gavs en bild av vilka vanliga fel som tycks ske kopplat till brandskydd under byggprocessen. Svaren från enkätundersökningen användes i fallstudien för att få en indikation på vilka vanliga fel kopplat till brandskydd som är av intresse att kunna kvalitetskontrollera.

I fallstudien testades olika regeluppsättningar mot tre verkliga referensprojekt. För att kunna visualisera BIM-modellerna och skapa regeluppsättningarna användes programvaran Solibri Office, som beskrivs mer detaljerat i Avsnitt 3.3.1. Med hjälp av referensprojekten har olika regler testats för att undersöka vilka fel kopplat till brandskydd som går att kontrollera, men också för att se vilken information som behövs i modellerna för att kunna utföra en specifik kontroll.

### 2.4 Analys

Examensarbetet avslutades med att analysera resultaten som har tagits fram under fallstudien. Metoden som har använts är kvalitativ analys där målet har varit att ta fram ett förslag på en metod för att kvalitetssäkra brandskyddet i BIM. Enligt Höst, Regnell och Runeson beskrivs den kvalitativa analysen som en metod där den data som analyseras är i form av textdokument och annan icke numerisk data, vilket data i litteraturoversikten och enkätundersökningen för detta examensarbete är i form av (Höst, Regnell, & Runeson, 2006).

Analysen har tagit stöd från både litteraturoversikten och enkätundersökningen för att kunna analysera resultaten i fallstudien. Detta har gjorts genom att koppla data från enkätundersökningen till de resultat som tagits fram i fallstudien och utifrån det dragit slutsatser om vad som är rimligt att kontrollera och i vilket skede. På så sätt har ett förslag på en metod för att kvalitetssäkra brandskyddet i BIM tagits fram.

### 3 Litteraturöversikt

I detta kapitel presenteras litteraturöversikten som innehåller hur den digitala arbetsprocessen ser ut generellt för övriga discipliner idag och även hur branddisciplinen projekterar brandskydd i denna digitala arbetsprocess. I detta kapitel presenteras även några olika kvalitetssäkringsprogramvaror, hur de fungerar, hur information läggs in i modellerna och generellt hur kvalitetskontroller utförs med hjälp av olika regeluppsättningar i programvaran Solibri Office.

#### 3.1 Arbetsprocessen i BIM

Detta avsnitt syftar till att kortfattat beskriva byggnadsinformationsmodellering i praktiken. Precis som traditionell projektering delas den digitala arbetsprocessen upp i ett design-, projekterings- och produktionsskede. BIM-modellen kan i sig delas upp i tre olika designfaser som följer projektets utveckling. Dessa tre faser är designalternativ (designmodell), tidig design (projekteringsmodell) och detaljerad design (produktionsmodell). Designfaserna kan vidare delas in i ytterligare nivåer beroende på mängden information i objekten och syftet med modellen. Det finns ett antal publiceringstillfällen under ett projekt som traditionellt sett innebär publicering av program-, system-, bygg- och relationshandling. I BIM-processen uppdateras information mer frekvent mellan disciplinerna och för att utnyttja fördelarna med den digitala arbetsprocessen fastslås tätare publiceringstillfällen (Nolliplan AB, 2021). Det är viktigt att klargöra att ett publiceringstillfälle i BIM nödvändigtvis inte behöver vara publicering av en handling. Det kan även innebära publicering av information inför en viss aktivitet som till exempel mängdavgöringar, energiberäkningar och byggbarhetsgenomgångar (Björk & Graham, 2021).

Modellering som sker under utredningsskedet görs ofta i form av tredimensionella modeller som kan skapas genom olika CAD-system. Projekteringen utgår från en basmodell, även kallad designmodell, som tas fram av arkitekten. Arkitektmodellen används som en grund för resterande discipliners projektering. I detta skede värderas olika lösningsförslag mot varandra med hänsyn till krav som etablerats initialt i projektet. Huvudsyftet och målet i denna fas är att ta fram beslutsunderlag och analyser till den senare projektering. I utredningsskedet är informationsmängden och detaljeringsgraden i objekten låg i modellerna. Grundregel för att bestämma mängden information i modellen i projektets olika skeden är ändamålsenligt. Mängden information ska inte vara högre än vad ändamålet tjänar och bör grundas i de aktiviteter som ska göras i det aktuella skedet (Kristiansson, BIM-dokument för svenska byggprojekt, 2018). Aktiviteter som genomförs i utredningsskedet kan till exempel vara analyser för utrymningsbehov, energiförbrukning och beräkningar av miljökonsekvenser. Resultaten kan sedan användas för att underlätta beslutsfattandet och på sätt fortsätta in i nästa projekteringskede. (Ekholm, Blom, Eckerberg, Löwnertz, & Tarandi, 2013). I Figur 2 nedan illustreras ett övergripligt exempel på informationsmängden i de olika disciplinernas modeller i utredningsskedet. Förslaget är framtaget av Nolliplan AB och bör endast ses som riktlinjer. Informationsmängden och objektets detaljeringsgrad kan variera mellan olika projekt.



Figur 2. Illustrerar informationsmängden i utredningsskedet för de olika disciplinernas modeller, bilden är inspirerad av Nolliplan AB (Kristiansson, BIM-dokument för svenska byggprojekt, 2018).

I projekteringskedet är BIM ett hjälpmedel för att skapa ett fungerande informationsflöde där disciplinerna kan ta del av varandras information. I denna fas har förslagsalternativ från utredningsskedet valts ut för vidare projektering. Under projekteringskedet ökar informationsmängden succesivt i BIM-modellerna där mer detaljerad information kopplas till objekt och installationer allt efter som. Designlösningar i den utvalda modellen samgranskas och förbereds inför produktionsskedet. Det är viktigt att modellen som levereras från projektering till produktion innehåller alla krav som ställs på funktioner och andra egenskaper som är nödvändiga att känna till för byggherren. Samordningen mellan de olika disciplinernas modeller är en viktig del i den digitala arbetsprocessen och tillåter projektledningen att upptäcka fel mellan modellerna. En vanlig typ av kontroll som görs i detta skede är kollisionkontroller (Ekholm, Blom, Eckerberg, Löwnertz, & Tarandi, 2013). Dessa typer av kontroller kan utföras med hjälp av kvalitetssäkringsprogrammen som beskrivs mer i Avsnitt 3.3 nedan.

Genom att samgranska och kollisionkontrollera modellerna kan logistik och inköp av byggnadsmaterial underlättas inför produktionsskedet. Utifrån modellerna kan mängdavgtagningar utföras för olika byggnadsdelar och installationer som kommer att behövas under produktionsskedet. Detta kan både spara tid och pengar under projektets gång om det genomförs på ett bra sätt. I Figur 3 nedan presenteras ett exempel på informationsmängden i projekteringskedet.



Figur 3. Illustrerar informationsmängden i projekteringskedet för de olika disciplinernas modeller, bilden är inspirerad av Nolliplan AB (Kristiansson, BIM-dokument för svenska byggprojekt, 2018).

I produktionsskedet är BIM modellerna så pass detaljerade att de kan användas som instruktion för montering och som medel för planering av de olika byggaktiviteterna. (Ekholm, Blom, Eckerberg, Löwnertz, & Tarandj, 2013). Samtliga discipliners modeller ska överensstämna med varandra och passa in i ett överenskommet koordinatsystem. Figur 4 nedan redovisar ett exempel på informationsmängden i produktionsskedet.

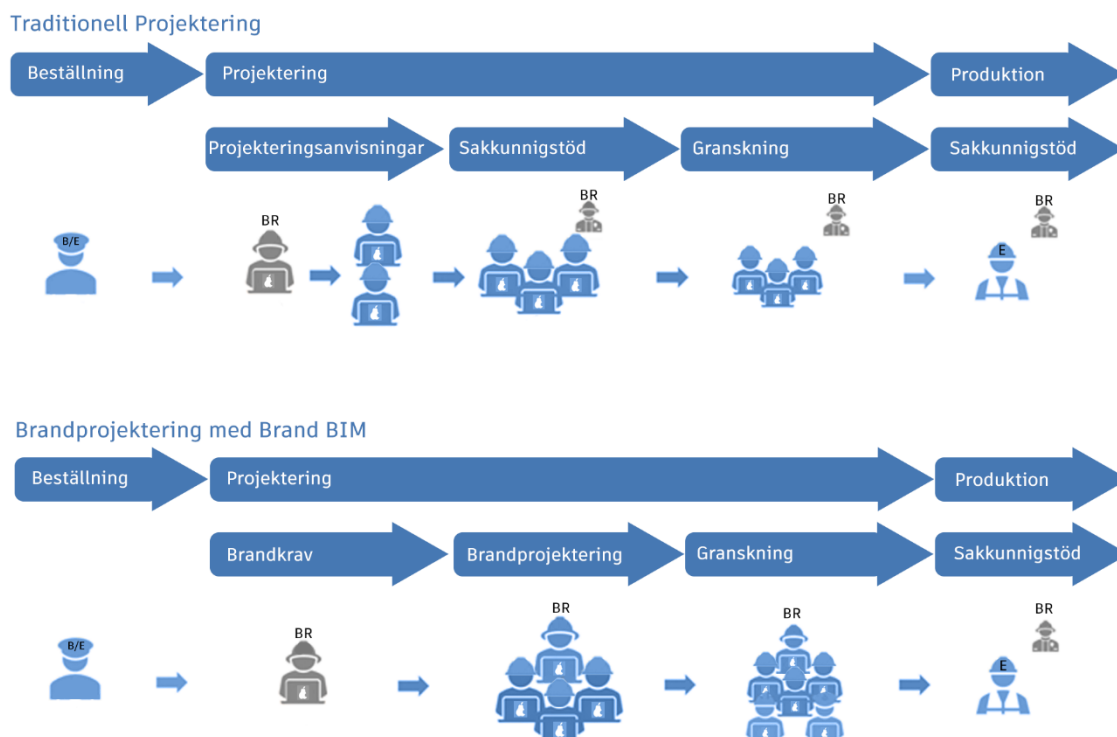


Figur 4. Illustrerar informationsmängden i produktionsskedet för de olika disciplinernas modeller, bilden är inspirerad av Nolliplan AB (Kristiansson, BIM-dokument för svenska byggprojekt, 2018).



### 3.2 Brandprojektering i BIM

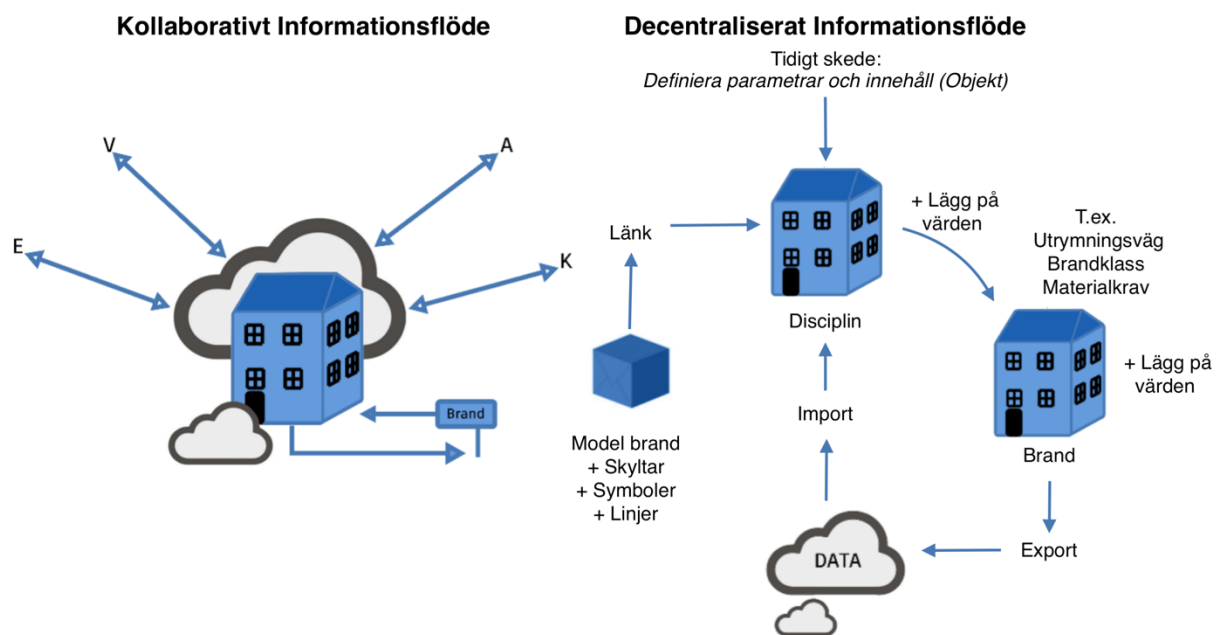
Avsnitt 3.1 ovan redovisar BIM processen övergripligt men presenterar inte på vilket sätt brandskydd implementeras i den digitala arbetsprocessen. Som tidigare nämnts är branddisciplinen en aktör inom byggindustrin som nyligen påbörjat sin digitala omvandling och det finns inga tydliga etablerade riktlinjer för hur det bör implementeras eller kvalitetssäkras. I dagsläget görs kvalitetssäkringar till exempel genom att använda regeluppsättningar för att endast kontrollera projektspecifika detaljer eller genom okulära granskningar, men utöver det finns det ingen standardiserad metod för hur brandskydd bör kontrolleras (Norén, Strömgren, Svensson, Furenberg, & Shisha, 2021). Brandkonsultföretagen Briab AB och Bengt Dahlgren AB samt byggföretagen Skanska Sverige AB och Veidekke Sverige AB har under det senaste året arbetat fram ett förslag på hur brandskydd kan integreras i BIM. Den föreslagna arbetsprocessen liknar flödet som de flesta discipliner idag redan arbetar utifrån. Genom att introducera en ny gränsdragning i processen där brandsakskunniga förutom rådgivning och sakkunniga även projekterar brandkrav, brandskyddslösningar och brandskyddsprodukter in i BIM-modellen, möjliggörs en mer aktiv roll för branddisciplinen i BIM. Till skillnad från traditionell brandprojektering där brandkonsulter agerar som rådgivare och sakkunniga för att tolka myndighetskrav föreslås ett arbetssätt där branddisciplinen projekterar brand. Förutsättningar och råd avseende brandskydd behöver därmed inte längre tolkas av övriga aktörer i projektet som själva anpassar förutsättningarna in i sina modeller. Det föreslagna arbetssättet kan ses som ett ansvarsbyte mellan övriga discipliner och brandskydd där brandkonsulten ansvarar för brandprojekteringen. Den föreslagna arbetsprocessen presenteras i Figur 5 nedan där den jämförs mot traditionell brandprojektering.



Figur 5. Illustrerar arbetsprocessen för traditionell brandprojektering och modernare brandprojektering med BIM (Briab AB, Bengt Dahlgren AB, Skanska Sverige AB, Veidekke Sverige AB, 2021).

Brand BIM processen skiljer sig som sagt inte så mycket från dagens BIM-projektering. Största skillnaden är att brandskyddsprojektören blir en del av projekteringsgruppen där samtliga discipliner arbetar gemensamt. Den föreslagna arbetsprocessen inleds precis som traditionell projektering med att önskad skyddsnivå för projektet definieras och kartläggs med avseende på beställarens ambitioner och samhällets krav. Därefter tar brandprojektören fram ett brandskyddstekniskt underlag som

arbetas in i en basmodell. Basmodellen används sedan som grund för samtliga discipliners vidare projektering som antingen sker i en gemensam modell (Kollaborativt informationsflöde) eller i en separat modell för respektive disciplin (Decentraliserat informationsflöde). Brandmodellen uppdateras succesivt med relevant information gällande brandskydd som samtidigt synkroniseras med övriga discipliners tredimensionella modeller. På så sätt skiljer sig Brand BIM konceptet från den traditionella projekteringen där brandprojektören i BIM processen själv arbetar in kravställningen i modellen. Därmed utesluts steget då brandprojektören lämnar över sin kravställning till övriga discipliner som själva får tolka och arbeta in kraven i sina handlingar (Norén, Nystedt, Strömgren, Möllard, & Delin, 2018). Figur 6 nedan illustrerar ett exempel på hur processen kan se ut. Bilden till vänster illustrerar det kollaborativa informationsflödet där samtliga discipliner arbetar i en gemensam databas med olika editeringsmöjligheter i modellen. Den högra bilden illustrerar det decentraliserade informationsflödet där varje disciplin arbetar lokalt i sin egen modell som sedan synkas in i en gemensam modell.



Figur 6. Illustrerar två olika typer av informationsflöden, kollaborativt och decentraliserat informationsflöde i BIM. Bilden är inspirerad av Briab Brand Och Riskingenjörerna AB (Norén, Nystedt, Strömgren, Möllard, & Delin, 2018).

Informationsmängden i brandmodellen varierar mellan olika projekt och det finns i dagsläget ett antal förslag på vad modellen bör innehålla avseende brandskydd och när information bör finnas i modellen. Det svenska brandskyddsreglerna är uppbyggda på ett sådant sätt att brandskyddet styrs av överordnade styr- och kravparametrar. Byggnadsklass, verksamhetsklass, brandbelastning och val av aktiva system är exempel på styrande parametrar som avgör skyddsnivån gällande det byggnadstekniska brandskyddet. Dessa styrande parametrar fastställs under designskedet och definierar både samhällets krav och beställarens egna ambitioner i den fortsatta projekteringen. Vidare kan information som arbetas in i BIM-modellen delas upp i nivå ett, två och tre. Nivå ett består av parametrar på rumsnivå som till exempel specificerar brandceller och utrymmesfunktioner. Information på nivå två anger krav och brandskyddsrelaterade parametrar på objektnivå som exempelvis brandtekniska krav på dörrar och fönster. Nivå tre anger krav och funktioner på inkluderade brandskyddsfunktioner som till exempel typ av dörrbeslag, dörrstängare och brandspjäll. Figur 7 visar ett exempel på styrparametrar med tillhörande information på rums- och objektnivå. Mer ingående information om hur brandparametriker är strukturerat i brandmodellen beskrivs i Avsnitt 3.5.



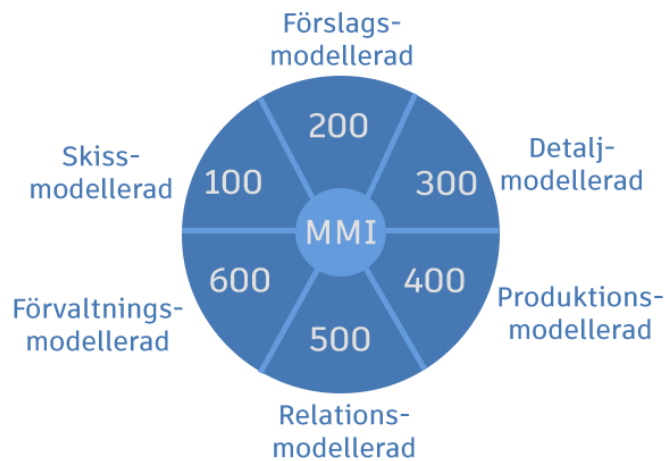
Figur 7. Exempel på olika styrparametrar med tillhörande information för rums- och objektsnivå. Bilden är inspirerad av Briab Brand- och Riskingenjörerna AB (Norén, Nystedt, Strömgren, Möllard, & Delin, 2018).

Nivåerna presenterade ovan kan användas som riktlinjer för informationsmängd och detaljeringsgrad i brandmodellen och kan teoretiskt sett kopplas till olika skeden i projekteringsprocessen. Figur 8 redovisar ett förslag på nivån av information i brandmodellen för olika projekteringsskeden och är framtaget av Briab Brand & Riskingenjörerna AB. Notera att informationsmängden i respektive skede endast är ett förslag.

Skede	Parametrar	Exempel på värden
Programhandling Förslagshandling	Styrparametrar: - Byggnadsklass - Verksamhetsklass - Brandbelastning - Rtj-insatstid < 10 min  Rumsobjekt: - Brandklass - avskiljande - Utrymningsväg - Sprinkler	- Br1 - Vk3A - < 800 MJ/m <sup>2</sup> - Ja  - EI 30 - Ja - Ja
Systemhandling	Parametrar på rumsnivå: - Brandklass * V ägg * Ytskikt * Taktäckning * Bärande - Utrymningsväg * Bredd * Avstånd - Brandgasventilation * Standard - Brandlarm * Standard - Sprinklersystem * Standard  Parametrar på objektsnivå: - Dörrar * Brandklass * Röktäthet * Beslag - Dörrstängare	* EI 60 * B,s1d0 * Broof * R60 - Ja * > 1,20 m * < 30 m - Ja * SS 883006: 2013 - Ja * SS-EN 54-1:2011 - Ja * SBF 120:8  * EI2 30 * Sm * SS-EN 179 - C1
Bygghandling	Spjäll - Typ - Upphångningsanordning - Isolering - Detektering	- Brandgas - EI15 - EI60 - Ja

Figur 8. Förslag på nivån av information i brandmodellen för olika projekteringskedan. Bilden är inspirerad av Briab Brand- och Riskingenjörerna AB (Norén, Nystedt, Strömgren, Möllard, & Delin, 2018).

Som tidigare beskrivits i rapporten ska informationen i BIM-modellerna vara ändamålsenlig och bör grundas i de aktiviteter som ska utföras i det aktuella skedet. Brandskydds krav i brandmodellen behöver därmed inte begränsas till skeden för publicering av handlingar. Skanska Sverige AB har tillsammans med Veidekke Sverige AB tagit fram en svenskanpassad version av kommunikationsverktyget "Model Maturity Index". Model Maturity Index, även kallat MMI, används redan idag till viss utsträckning i Norge där det visat sig vara ett välbehövligt verktyg för att planera och precisera kvalitetsarbetet avseende BIM-modellers informationsmängd. MMI är ett verktyg som kan användas för att styra nivån på informationsmängden i de digitala leveranserna och syftar främst till att underlätta planeringen inför de olika aktiviteterna som baseras på BIM-modellerna. Verktyget bygger på en nivåindelning i hundratal från 100 till 600 där varje nivå representerar en viss informationsstatus. Nivåerna går hela vägen från skissinformation på nivå 100 till förvaltningsinformation på nivå 600. MMI anger endast nivån på mognadsgraden för respektive disciplins BIM-modell och är inte bundet till de traditionella handlingsskedena. I Figur 9 redovisas en övergripande bild på nivåerna för respektive informationsstatus och de rekommendationer angivna i förslaget som Skanska och Veidekke tagit fram. Eftersom nivåerna i systemet inte direkt kopplas till ett visst handlingsskede erbjuds en större flexibilitet i projekten. Notera att disciplinernas modeller kan ha olika MMI-status i ett aktuellt skede beroende på aktiviteterna som ska utföras (Skanska Sverige AB, Veidekke Sverige AB, 2021).



MMI - 100	MMI - 200	MMI - 300
<p><b>Definition:</b> Processen fram till MMI 100 innebär att man tar fram en eller flera föreslagna lösningar. Objekt på nivå 100 är endast skissförslag. Det innebär att alternativa förslag till lösningar kan modelleras och att stora förändringar i utformningen kan ske på kort tid. I processen fram till MMI 200 väljs lösningar och koncept.</p> <p><b>Geometri:</b> Objekten modelleras för att producera konceptförslag i form av volymobjekt för att grafiskt representera utrymmebehov för lösningen. Objekten är att betrakta som en skiss även om de är modellerade med till synes exakt och detaljerad geometri.</p> <p><b>Information:</b> Förutom märkning med MMI finns det inga krav på information om föremålen.</p>	<p><b>Definition:</b> Objekten på nivå 200 betraktas som genomarbetade gällande design av konceptuell lösning. Det antas att det inte kommer att ske några större förändringar i den valda lösningen som påverkar andra discipliner.</p> <p><b>Geometri:</b> Alla objekt som behövs för att definiera konceptet modelleras och visas grafiskt som ett generiskt system med ungefärliga mängder, former, storlekar och platser.</p> <p><b>Information:</b> Modellinformation om projekt, antal våningar, tomt, byggnader och golv fylls i enligt projektkrav. Objekten är uppkallade efter objekttypen enligt projektets krav för detta, till exempel BSAB - koder och CoClass.</p>	<p><b>Definition:</b> Denna nivå sätts när respektive disciplin har detaljerat sin del av förslagsmodelleringen tillräckligt nog för en samgranskning mot andra discipliner. Objekten/modellen ska då vara egenkontrollerad att den innehåller rätt information och att det inte finns några interna kontroller.</p> <p><b>Geometri:</b> Alla objekt som är relevanta för tvärvetenskaplig kontroll är modellerade. Objekten tillverkas och klassificeras i BIM - modellen som specifika system, med rätt mängd, storlek, form och plats.</p> <p><b>Information:</b> Modellinformation om projekt, antal våningar, tomt, byggnader och golv har fyllts i enligt projektkrav. Objekten är namngivna efter objekttypen enligt projektets krav för detta. Objekten beskrivs korrekt, bland annat anges material och komposituppsättning. Objekten innehåller fastighetsinformation enligt projektkrav.</p>
MMI - 400	MMI - 500	MMI - 600
<p><b>Definition:</b> Modellens objekt med MMI 400 - värde är kvalitets- och kollisionskontrollerade samt granskade och godkända för att bygga efter. Eventuell ändring måste gå igenom projektorganisationen och diskuteras med både produktionspersonal och projekterande disciplin.</p> <p><b>Geometri:</b> Alla objekt är modellerade. Objekten tillverkas och klassificeras i BIM - modellen som specifika system, med rätt mängd, storlek, form och plats.</p> <p><b>Information:</b> Modellinformation om projekt, antal våningar, tomt, byggnader och golv har fyllts i enligt projektkrav. Objekten är namngivna efter objekttypen enligt projektets krav för detta. Objekten beskrivs korrekt, bland annat anges material och komposituppsättning. Objekten innehåller information relaterad till produktion. Detta specificeras av entreprenören i samarbete med konstruktören och beställaren.</p>	<p><b>Definition:</b> Alla objekt i modellen är modellerade med produktspecifik information inför montering i verkligheten.</p> <p><b>Geometri:</b> Objekten representeras grafiskt och klassificeras i BIM - modellen som specifika system, med rätt storlek, form, plats och orientering. Detaljerad information med avseende på utförande.</p> <p><b>Information:</b> Modellinformation om projekt, antal våningar, tomt, byggnader och golv har fyllts i enligt projektkrav. Objekten är uppkallade efter objekttypen enligt projektets krav för detta. Objekten beskrivs korrekt, bland annat anges material och komposituppsättning. Objekten innehåller information relaterad till produktion som specificerats av entreprenören i samarbete med konstruktören och beställaren.</p>	<p><b>Definition:</b> De delar av modellen som satts till MMI 600 - värde är de som ska leva vidare in i förvaltningen.</p> <p><b>Geometri:</b> Objekten är grafiskt representerade och klassificerade i BIM - modellen och motsvarar disciplinens respektive komponent i den fysiska byggnaden / konstruktionen. Objekten har rätt storlek, form, plats och orientering med detaljerad design.</p> <p><b>Information:</b> Modellinformation om projekt, antal våningar, tomt, byggnader och golv har fyllts i enligt projektkrav. Objekten är uppkallade efter objekttypen enligt projektets krav för detta. Objekten beskrivs korrekt, bland annat anges material och komposituppsättning. Objekten innehåller information om FDV -dokumentation, inklusive tillverkare, leverantör etcetera. Dokumentation måste antingen fyllas i som separata datafält i BIM -objekten eller levereras som separata dokument som kan kopplas till objekttyper med produkttyppreferens. Detta specificeras av entreprenören i samarbete med konstruktören och beställaren.</p>

Figur 9. Illustrerar en övergripande bild av de olika informationsnivåerna enligt MMI som Skanska och Veidekke har tagit fram.

Utöver de mer övergripande riktlinjerna som presenteras i Figur 9 har Skanska och Veidekke tillsammans med Briab och Bengt Dahlgren tagit fram ett förslag specifikt för brandskydd som utgår

från nivåerna i MMI. I Figur 10 nedan presenteras den föreslagna informationsmängden för respektive nivå avseende brandskydd i BIM-modellen (Skanska Sverige AB, Veidekke Sverige AB, 2021).

MMI - 100	MMI - 200	MMI - 300
Brandinformation i BIM - modellen är sällan aktuell i denna fas.	Modellen bör innehålla brandcellsgränser i 3D och brandklass på väggar.	Modellen innehåller Brandcellsgränser i 3D och brandklass på väggar, fönster och dörrar. Modellen bör även innehålla informationsobjekt så som sakvaror. Till exempel dörmagneter, dörröppnare, dörrautomatik och lås samt öppningsbeslag.
MMI - 400	MMI - 500	MMI - 600
Modellen innehåller Brandcellsgränser i 3D och brandklass på väggar, fönster och dörrar. Modellen bör även innehålla informationsobjekt så som sakvaror. Till exempel dörmagneter, dörröppnare, dörrautomatik, lås och öppningsbeslag samt brandtätningar. I detta steg rekommenderas det att ytterligare information angående leverantör och produkt namn läggs till samt utrymningsvägar under produktion.	Modellen innehåller Brandcellsgränser i 3D och brandklass på väggar, fönster och dörrar. Modellen bör även innehålla informationsobjekt så som sakvaror. Till exempel dörmagneter, dörröppnare, dörrautomatik, lås och öppningsbeslag samt brandtätningar. Information angående leverantör och produkt namn är specificerat. Utrymningsvägar under produktion är inte längre relevant på denna nivå.	Modellen innehåller Brandcellsgränser i 3D och brandklass på väggar, fönster och dörrar samt förvaltarens urval av informationsobjekt i 3D så som sakvaror. Modellen innehåller även utrymningsvägar under förvaltningen och förvaltarens urval av leverantör och produkt namn.

Figur 10. Föreslagen informationsmängd avseende brandskydd i BIM-modeller, framtagen av Briab, Bengt Dahlgren, Skanska och Veidekke.

En grundförutsättning för att kunna utföra kvalitetskontroller i BIM-processen är att korrekt information finns i modellerna vid rätt tillfälle och att den angivna informationen är inskriven på rätt sätt. Det är därmed viktigt att strukturera och planera arbetet noga i förväg och tydliggöra vad som förväntas av varje disciplin. Genom att använda sig av till exempel MMI kan man ställa en tydlig förväntan på informationsnivån i modellerna inför planerade aktiviteter och handlingar och på så sätt öka kvalitén på de digitala leveranserna (Norén, Strömberg, Svensson, Furenberg, & Shisha, 2021).

### 3.3 Kvalitetssäkringsprogram

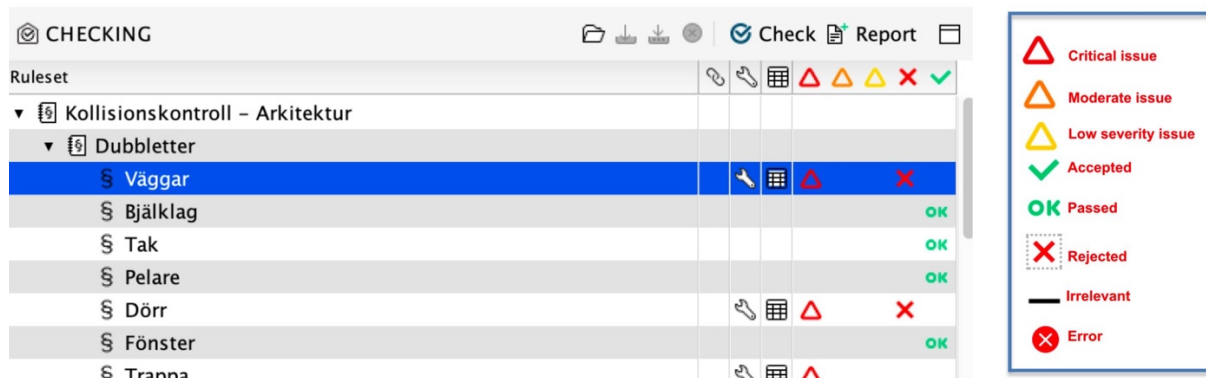
I detta avsnitt presenteras några av de vanligaste programvarorna som används för att utföra kvalitetskontroller inom branschen idag. Det kommer att ges en kort beskrivning av respektive programvara för att få en bättre bild om hur de fungerar och för att påvisa att det finns konkurrerande programvaror ute på marknaden.

#### 3.3.1 Solibri Office

Solibri Office är en analytisk programvara som används för att kunna kvalitetssäkra byggnadsprojekt och samgranska olika aktörers BIM-modeller i en gemensam modell. Genom att jämföra de olika disciplinernas BIM-modeller i Solibri Office möjliggörs att upptäcka fel, informationsbrister och kollisioner så tidigt som möjligt i byggprocessen och därmed spara både tid och pengar i design- och projekteringskedet av byggprocessen (Taciuc, Karlshøj, & Dederichs, 2016).

Solibri Office använder sig av det öppna filformatet IFC, som möjliggör att aktörer kan arbeta med olika BIM-programvaror för att sedan kunna importera och jämföra dessa mot varandra visuellt i en samordningsmodell. Genom att kunna öppna IFC-filer från olika discipliner i samma modell tillsammans med förbestämda regeluppsättningar kan programvaran utföra kollisionskontroller. I Solibri Office finns det både fördefinierade regeluppsättningar och regler som kan skapas och modifieras manuellt av användaren för att uppfylla projektspecifika krav (Lipp, 2017).

Vid en kollisionskontroll får användaren en lista på upptäckta kollisioner som bör granskas vidare. En kollision kan exempelvis vara att två discipliner har placerat ut olika objekt i samma punkter, att det finns dubletter av vissa objekt eller att avstånd mellan specifika objekt är felaktiga (Nolliplan AB, 2021). Listan med potentiella kollisioner kan se ut som i Figur 11 där de olika symbolerna till höger i figuren beskriver hur allvarlig kollisionen är.



Figur 11. Visar hur kollisioner presenteras i Solibri Office (hämtad från Solibri Office kursmaterial).

Med Solibri Office kan även informationskontroller utföras. Det innebär att objekten i BIM-modellerna har information kopplat till sig. Informationen kan vara exempelvis vilken materialtyp, namn eller brandklass ett objekt har eller till exempel om en vägg är bärande eller inte. Med hjälp av regeluppsättningarna och så kallade klassifikationer kan användaren kontrollera om det saknas information för ett visst objekt eller om någon information är felaktig (Nolliplan AB, 2021).

### 3.3.2 Autodesk Navisworks Manage

Autodesk Navisworks Manage, även förkortat ANM, är en programvara för att kunna granska olika aktörers BIM-modeller i en och samma modell, oavsett filformat. Detta är möjligt då ANM kombinerar design- och konstruktionsdata från olika aktörers BIM-modeller till en och samma modell (Autodesk, 2021). På så sätt kan ANM, likt Solibri Office, identifiera kollisioner och störningar genom att programmet granskar modellen ur olika vinklar innan produktionskedet inleds och på så sätt spara både tid och pengar (Rashid & Rustum, 2019).

I ANM är det även möjligt att göra en tidsplan för projektaktiviteter. Detta görs genom att länka projektdata i modellen till önskad tidplan och därigenom få med ytterligare en dimension på projektet, nämligen 4D.

En stor fördel med ANM är att olika aktörer kan kommentera och ge feedback på projektspecifika detaljer direkt i modellerna. Detta bidrar till en förbättrad kommunikation mellan aktörer.

### 3.3.3 Trimble Connect

Trimble Connect, tidigare benämnt Tekla BIMsight, är en molnbaserad programvara som främst är ett verktyg för olika aktörer att samarbeta i en och samma modell och dela information i realtid (Trimble, 2021). Även i Trimble Connect kan kollisionkontroller utföras genom att programmet kombinerar olika aktörers BIM-modeller till en. Användare kan därefter dela kollisioner, klassificera hur allvarliga dem är och skapa så kallade "To-Do-lists" med berörda aktörer för att snabbt och tydligt kommunicera problem som uppstår mellan modellerna (Skill Builder: Creating Clash Sets, 2020).

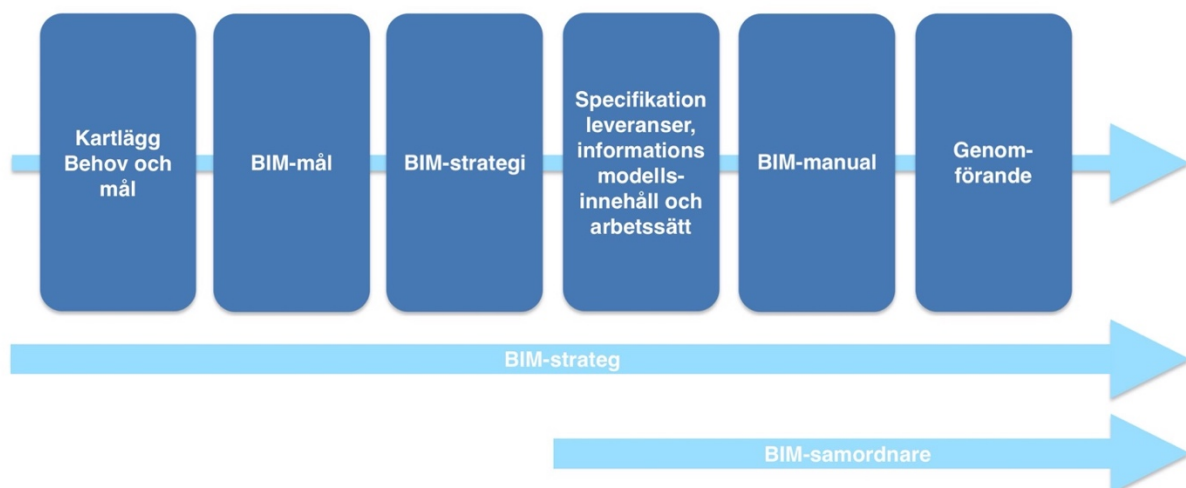
### 3.3.4 Kvalitetssäkringsprogram i fallstudien

Av nedanstående kvalitetssäkringsprogram kommer Solibri Office att användas i fallstudien för att utföra kvalitetskontroller avseende brandskydd i referensprojekten. Den framtagna metoden som presenteras i Kapitel 7 utgår därmed från Solibri Office men syftar till att vara användbar oavsett vilken typ av kvalitetssäkringsprogram som används. Anledningen till att Solibri Office används i fallstudien beror på att Nolliplan AB bistått med både utbildning och licens till programvaran. Valet har därmed ingenting att göra med kvalitetssäkringsprogrammets förmåga att utföra kvalitetsäkringskontroller i modeller.

## 3.4 BIM - samordning

Informationshantering med hjälp av BIM ställer höga krav på planering, koordinering och samordning i arbetsprocessen. I varje projekt utses en BIM-strateg och en BIM-samordnare för att underlätta

samordningen mellan disciplinerna och på så sätt öka kvalitén i den digitala projekteringen. BIM-strategen har en central roll i projektledningen med en huvudsaklig uppgift att bestämma projektets BIM-strategi. Genom att ta fram ett styrdokument för den digitala projekteringen, definiera mål och kartlägga nyttor i olika skeden, leder BIM-strategen samtliga aktörer genom hela projekteringen. BIM-samordnaren har en mer praktisk roll i projektet och ansvarar för att ställda krav uppfylls med rätt kvalitet. BIM-samordnaren har därmed en viktig roll i kvalitetsäkringsprocessen vars uppgift till stor del består av att sammanställa samordningsmodellerna, leda BIM-samordningsmötena och granska leveranser utifrån informationsinnehåll och kvalitet. BIM-samordnarens uppgift är även att etablera en tydlig metodik för hur projektspecifika krav och information ska arbetas in i modellen och databasen under projekterings gång (BIM Alliance, 2013). Figur 12 nedan redovisar arbetsflödet för de beskrivna yrkesrollerna i BIM.



Figur 12. Presenterar arbetsflödet för en BIM-strateg respektive BIM-samordnare. Bilden är inspirerad av OpenBIM (Westerlund, 2013).

Kraven som ställs för BIM i projekt upprättas genom så kallade kravställande dokument som vanligtvis består av en BIM-manual, en specifikation för digitala leveranser till förvaltning, en leveransspecifikation med tillhörande leveranstidsplan och en specifikation för objektsdefinitioner. Genom de kravställande dokumenten specificeras vilken information som är relevant för projektet, vilka objekt som ska vara informationsbärare och på vilket sätt som informationen ska anges. Eftersom disciplinerna nödvändigtvis inte arbetar i samma programvara är det viktigt att klarlägga dessa krav för att säkerställa att de standarder som finns i branschen hålls, till exempel vid IFC-export för samgranskning. Utöver de ovannämnda ska det även anges i vilket skede som informationen behövs och vilket syfte informationen har. Som tidigare nämnts ska informationsinnehållet i modellerna vara ändamålsenlig. Det är även viktigt att specificera vem som ska ange respektive ta emot informationen och i vilket format som informationen ska levereras. Korrekt information, angivet på korrekt sätt, vid rätt tillfälle har i tidigare avsnitt beskrivits som en förutsättning för att utföra kvalitetsäkringskontroller, mängdavtagningar och analysberäkningar. De kravställande dokumenten spelar därmed en stor roll i kvalitetsarbetet och det är viktigt att samtliga discipliner håller sig till de angivna kraven under hela projekteringen. För att säkerställa att riktlinjerna och kraven hålls under projekteringen utförs stickprovskontroller av exempelvis BIM-samordnaren (Akademiska Hus AB, Fortifikationsverket, Riksdagsförvaltningen, Specialfastigheter Sverige AB, Statens fastighetsverk, 2014).

### 3.5 Revit

För att förstå hur kvalitetsäkringskontroller utförs i dagens projekt med hjälp av till exempel kvalitetsäkringsverktygen beskrivna i Avsnitt 3.3 är det viktigt att veta på vilket sätt informationen är strukturerad i modellerna. Följande avsnitt syftar till att ge läsaren en grundläggande kunskap om hur



rum- och objektsegenskaper definieras i modellerna och på vilket sätt denna information är strukturerad. För att ge ett praktiskt exempel kommer programvaran Revit att illustreras. Revit kan i dagsläget användas för arkitektur, ventilation-el och VVS, konstruktionsteknik samt brandprojektering med plug-in programmet BIMfire Tools. Revit anses vara tillräckligt representativt för flera discipliner och utgör därmed ett bra exempel på hur informationen kan vara uppbyggt i ett typiskt BIM-verktyg.

### 3.5.1 Struktur

Informationen i Revit är strukturerad enligt följande hierarki på fyra nivåer:

- ❖ Kategori
  - Familj
    - Typ
      - Instans

#### *Kategori*

Kategorier är fördefinierade i Revit och det går inte att skapa nya. Under varje kategori finns familjer. Ett exempel på en kategori i Revit är "Furnitures". Ytterligare ett exempel på en kategori som används avseende brandskydd är "Fire Protection".

#### *Familj*

Familjer finns fördefinierade i Revit men det går även att skapa nya. Varje familj innehåller en samling av objekt. Objekten som samlas i en familj baseras på följande tre kriterier:

- Identisk användning.
- Gemensamma parametrar.
- Liknande geometri.

Ett exempel på en familj i Revit som ingår i kategorin "Furnitures" är "Sofas". Ytterligare ett exempel på en familj som används avseende brandskydd som ingår i kategorin "FireProtection" är "Fire\_FireCompartmentationEI"

#### *Typ*

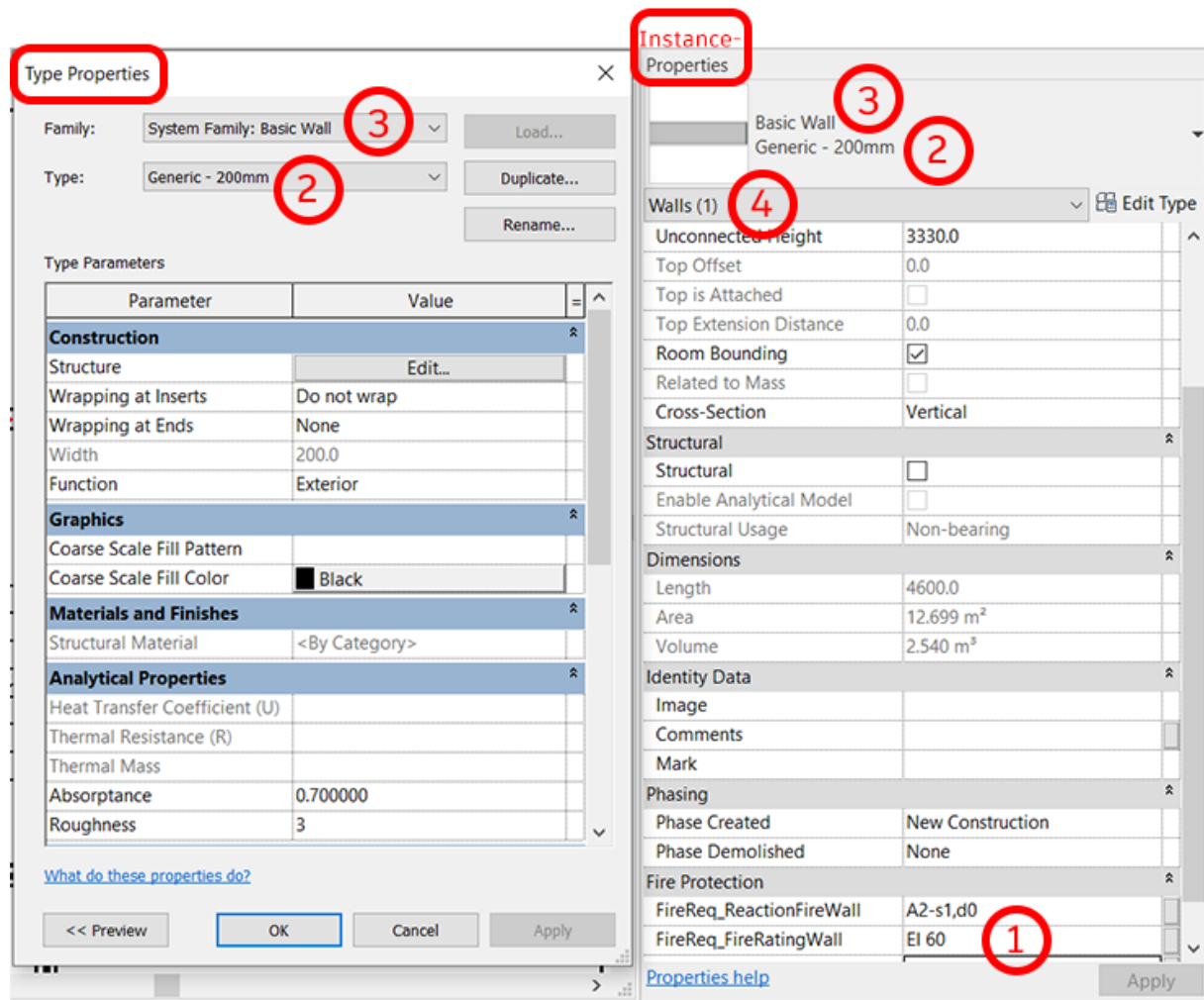
Typer finns fördefinierade i Revit men det går även att skapa nya. Varje familj innehåller typer som kan ses som olika varianter av familjen. Inom familjen "Sofas" kan det till exempel finnas soffor av olika storlekar. Inom familjen "Fire\_FireCompartmentationEI" finns det olika typer av brandcellsgränser, till exempel EI15.

#### *Instans*

Instanser skapas när en typ i en familj placeras in i modellen. Ett exempel kan vara när arkitekten placerar en soffa av typen 300" x 400" in i modellen. Soffan i modellen utgör då en instans av typen 300" x 400". På samma sätt fungerar det när en brandprojektör placerar in en brandcellsgräns av typen EI15. Den specifika brandcellsgränsen som placeras in i väggen i modellen blir då en instans av typen EI15.

Varje nivå i hierarkin ovan innehåller parametrar/egenskaper med värden som kan ändras. Om ändringarna görs på högsta nivån i hierarkin följs dessa nedåt. Om till exempel brandprojektören ändrar en parameter på typen EI15 kommer parametern i samtliga instanser av EI15 i modellen också att ändras. Detsamma gäller ifall ett värde på en specifik parameter ändras. Om ändringen i stället görs för en specifik instans i modellen kommer endast parametern eller värdet på den instansen att ändras (Autodesk, 2021). Dessa typer av parametrar delas upp i två kategorier, typparametrar och instansparametrar. Typparametrar och instansparametrar i Revit används för att lagra och

kommunicera information mellan modeller. Figur 13 nedan visar ett exempel på typparametrar respektive instansparametrar i en arkitektmodell när brandmodellen är inlänkad.

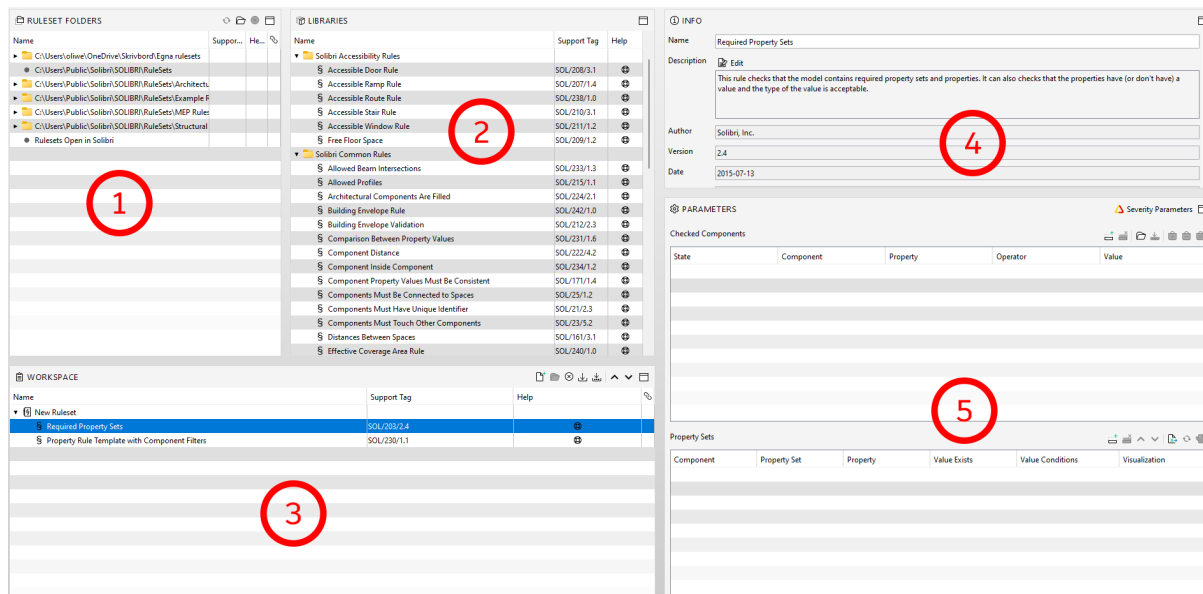


Figur 13. Typ- och instansparametrar med respektive värde för typen/instansen "Generic – 200". Bilden är tagen i programmet Revit.

Längst ner till höger i Figur 13 syns brandparametern [1] FireReq\_FireRatingWall med värdet EI60. Brandskyddkravet utgör i detta fall en instansparameter i väggen. Väggen är i sin tur en instans av typen [2] "Generic – 200mm" som tillhör familjen [3] "Basic Wall" i kategorin [4] "Walls".

### 3.6 Ruleset Manager i Solibri Office

Följande avsnitt syftar till att översiktligt beskriva Solibris Offices "Ruleset Manager", som fortsättningsvis benämns RSM, där regeluppsättningar skapas för att kvalitetskontrollera modellerna i samordningen. RSM består av fem vyer som presenteras i Figur 14 nedan.



Figur 14. Ruleset Manager i Solibri Office. Bilden är tagen i programvaran Solibri Office.

### 1 – Ruleset Folders

I denna vy samlas mappar med färdiga regeluppsättningar som medföljer installationen av Solibri Office. Regeluppsättningarna lagras i mappar på datorns hårddisk och kan användas för att utföra kontroller. Det är även i denna vy som de egengjorda regeluppsättningarna finns tillgängliga så länge mappvägen är specificerad i rollen som används för kontrollen. Det finns fördefinierade roller i Solibri Office men det går även att skapa nya. Roller underlättar regelstrukturen i programmet genom att samla utvalda regeluppsättningar inom speciella roller. Det kan till exempel vara rimligt att skapa rollen "Brandskydd Samordning" där egengjorda regeluppsättningar specificerade för kontroll av brandskydd kan samlas. På så sätt kan olika kontroller struktureras på ett smidigt och tydligt sätt. Om rollen "Brandskydd Samordning" är vald i programmet och mappvägen till den egengjorda regeluppsättningen är specificerad kommer regeluppsättningen att vara tillgänglig i vyn "Ruleset Folders".

### 2 – Libraries

I vyn Libraries listas samtliga regler som går att använda i Solibri Office. Som standard installeras programmet med två uppsättningar av regler, Solibri Accessibility Rules och Solibri Common Rules. Bland dessa kan användaren välja regler som bäst passar till kontrollerna som ska utföras. Är målet att till exempel kontrollera att dörrar in till handikapptoiletter är tillräckligt stora kan regeln "Accessible Door Rule" användas. I sin standardform är reglerna inte parametriserade och de går endast att modifiera i vyn "Workspace" som presenteras i punkt 3 nedan.

### 3 - Workspace

I vyn "Workspace" måste först en regeluppsättning skapas för att användaren ska kunna lägga till regler från "Libraries" till "Workspace". Regeluppsättningen som skapas kan ses som en mapp som lagrar de regler användaren valt ut för att modifiera. Regeluppsättning kan till exempel döpas till "Brandtätade Genomföringar" och i denna läggs regler som valts ut för att kontrollera att samtliga genomföringar i brandcellsgränser brandtätats.

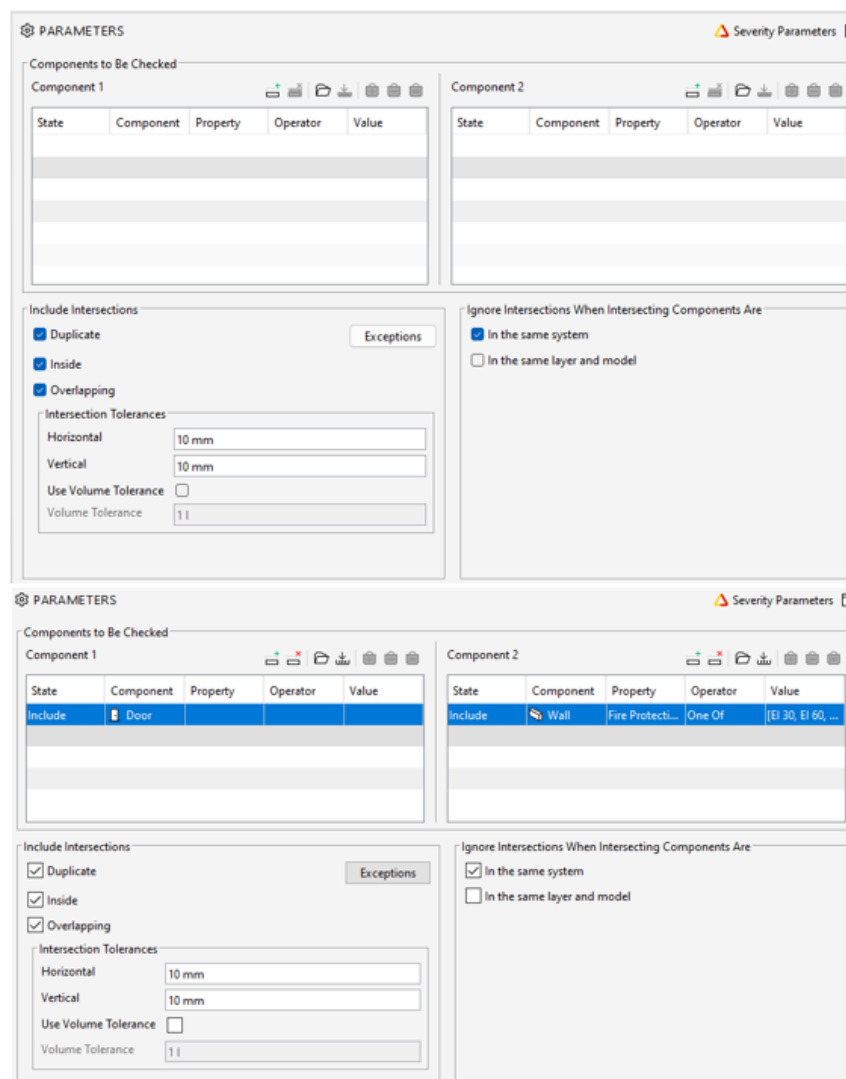
### 4 - Info

I vyn "Info" presenteras information om den regel eller regeluppsättning som är markerad i vyn "Workspace". Informationen som presenteras i denna vy kan redigeras och används för att namnge och förklara syftet med antingen den valda regeluppsättningen eller regeln. Från exemplet ovan hade

användaren kunnat skriva att "regeluppsättningen kontrollerar att samtliga genomföringar i brandcellsgränser har brandtätats".

## 5 - Parameters

I vyn "Parameters" modifieras den regel som är markerad i "Workspace". Som tidigare nämnts är regler från "Libraries" i sin standardform inte parametriserade vilket innebär att regeln är tom på information. Reglerna är uppbyggda på olika sätt och kan användas för att kontrollera olika saker. Det går endast att modifiera vilka parametrar och objekt som regeln kontrollerar. I vissa regler går det även att modifiera till viss del hur dessa parametrar och objekt ska kontrolleras. För att tydliggöra detta redovisas ett exempel i Figur 15 nedan på parametervyn när regeln "General Intersection Rule" är markerad i "Workspace". Figur 15 är en sammanslagning av två bilder varav den övre delen redovisar "General Intersection Rule" när den inte är parametriserad. Den undre delen av Figur 15 redovisar samma vy men med specificerad information om vilka objekt i modellen som regeln ska kontrollera.



Figur 15. Ej parametriserad parametervy respektive parametriserad parametervy i Ruleset Manager. Bilden är tagen i programvaran Solibri Office.

Den undre delen av Figur 15 redovisar ett exempel på när kollisionsregeln i Solibri Office blivit parametriserad för att kontrollera modellen. I filtret där objekt och parametrar specificeras finns likheter med hur information är strukturerad i till exempel Revit som beskrivs i Avsnitt 3.5 ovan. I filtret går det till exempel att välja mellan olika kategorier såsom "Doors" och "Walls" som dessutom kan specificeras ytterligare genom att lägga till vilka typ- eller instansparametrar som kategorierna måste innehålla för att kontrolleras av regeln. I exemplet ovan anges det att Solibri Office ska kontrollera

samtliga dörrar i modellen som kolliderar med väggar som innehåller instansparametern "FireReq\_FireRatingWall" med något av värdena EI30, EI60, EW30 eller EW60. Det är viktigt att nämna att namnet på instansparametrarna kan variera beroende på vilken programvara som används för att projektera brandskyddet i BIM. Förslaget som framgår ovan visar exempel på hur brandteknisk klass på väggar förekommer i programvaran BimFire Tools. Namnet på parametrar kan variera mellan olika programvaror och projekt men så länge använda parametern inkluderats i IFC-transporten kommer parametrarna att existera i Solibri och kunna användas för att utföra kontroller.

### 3.6.1 Dynamic Rulesets i Ruleset Manager

I samordningskontroller kan det uppstå situationer då enstaka regler i regeluppsättningar inte är tillämpningsbara för de kontroller som ska utföras. I dessa situationer kan användaren använda sig av "Dynamic ruleset" i RSM. Solibris "Dynamic rulesets" tillåter användare att skapa villkorsbaserade dynamiska regeluppsättningar som bygger på en regelhierarki. Figur 16 nedan illustrerar ett exempel på en sådan dynamisk regelhierarki.

Name	Support Tag	Help	
▼ Egengjord Regeluppsättning			
▼ § Huvudregel i Dynamisk Regelhierarki, (Villkorsregel för Underregel)	SOL/1/5.0		⊕
§ Underregel i Dynamisk Regelhierarki	SOL/203/2.4		⊕

Figur 16: Arbetsvyn i Solibri Office där regeluppsättningar skapas. Bilden är tagen i programvaran Solibri Office.

I Figur 16 ovan redovisas arbetsvyn där regeluppsättningar skapas. Inom den egengjorda regeluppsättningen har en dynamisk regeluppsättning bestående av två regler skapats, en huvudregel och en underregel. Huvudregeln fungerar som ett villkor för hur underregeln ska utföras. Vanligtvis används dessa villkorsregler för att kontrollera informationen i modellen som till exempel byggnadstyp eller projektfas. Underregeln utvärderas först när villkoren i huvudregeln uppnåts. Ett praktiskt exempel förklaras enligt följande.

- Först skapas en huvudregel i regeluppsättningen. För enkelhetens skull kommer exemplet från ovanstående avsnitt att användas. Se Figur 15, nedre parametervy. Regeln kontrollerar kollisioner mellan samtliga dörrar i modellen och väggar som utgör brandcellsgräns. Denna regel benämns som "Dörrar i brandcellsgräns".
- En underregel adderas till "Dörrar i brandcellsgräns". "Dörrar i brandcellsgräns" blir då en villkorsregel för underregeln. Underregeln som läggs till heter i sin standardform "Required Property Set" men benämns i exemplet som "Krav Brandtekniskklass". Regeln kan användas för att kontrollera att objekt i modellen innehåller en viss typ av parameter eller parametervärde. I detta fall ska den dynamiska regeluppsättningen kontrollera att samtliga dörrar i brandcellsgränser har projekterats med en brandteknisk klass. Parametervyn för denna regel presenteras i Figur 27.

PARAMETERS Severity Parameters

Checked Components + - [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Door			

Property Sets + - [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

Component	Property Set	Property	Value Exists	Value Conditions	Visualization
Door	Fire Protection	FireReq_FireRatingDoor	Must exist	X = EI*	

Figur 17. Parametervyn när regeln "Required Property Sets" är parametriserad. Bilden är tagen i programvaran Solibri Office.

- När en dynamisk regeluppsättning skapas i RSM tillkommer ett alternativ i villkorsregeln som ser ut enligt Figur 18. I denna vy kan användaren specificera vilket utfall av villkorsregeln som underregeln ska utvärdera. I fallet ovan kan till exempel användaren ange att alla dörrar som kolliderar med väggar i brandcellsgräns ska kontrolleras av underregeln. I så fall bör "Check only failed components" vara ifyllt. På detta vis kan dynamiska regeluppsättningar användas för att utföra mer komplicerade kontroller.

Sub Rule Options

Check all model components, if passed

Check all model components, if issues

Check only failed components

Check only passed components

Figur 18. Villkorsalternativ som tillkommer när en dynamisk regeluppsättning skapas i "Ruleset Manager". Bilden är tagen i programvaran Solibri Office.

Det som regeln slutligen kontrollerar är om dörrar som kolliderar med väggar i brandcellsgräns har parametern "FireReq\_FireRatingDoor" med något av värdena EI30, EI60, EW30 eller EW60.

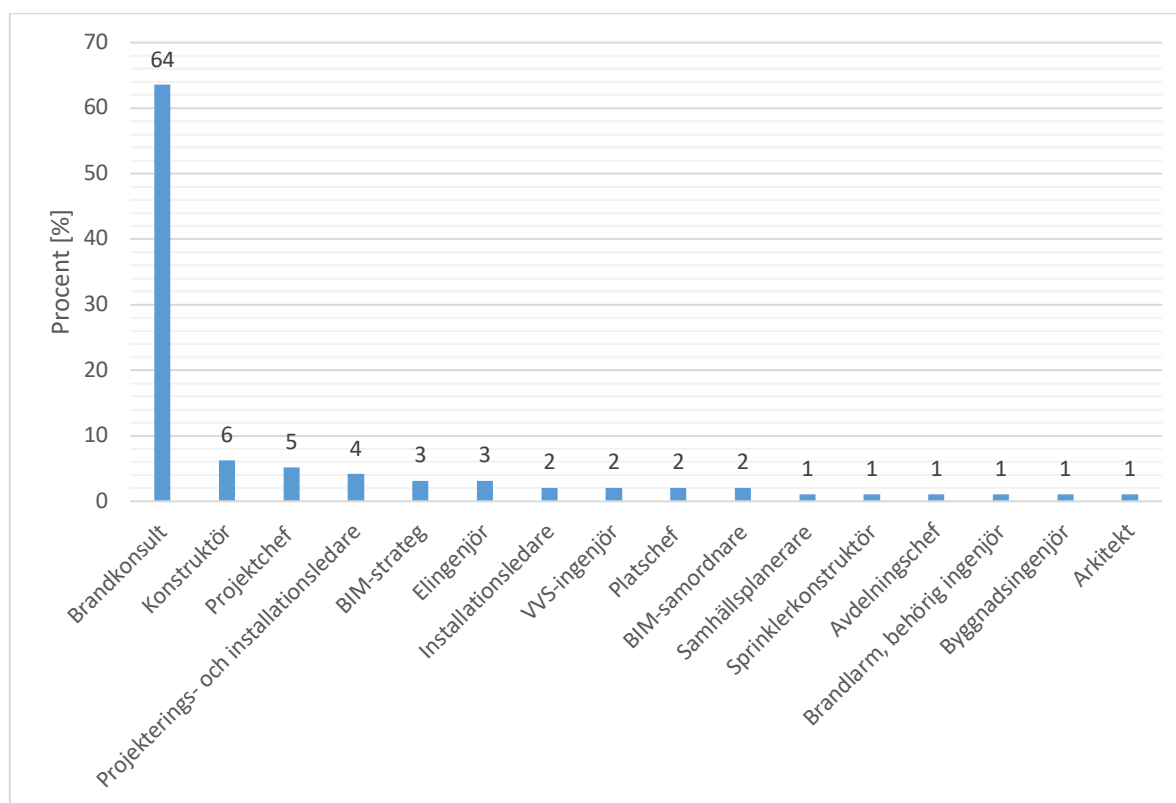
## 4 Enkätundersökning

I detta kapitel presenteras en sammanställning på den data som har samlats in med hjälp av den digitala enkätundersökningen. Frågorna som har ställts i enkätundersökningen presenteras vidare i Bilaga A – Enkätundersökning.

### 4.1 Enkät svar

Syftet med enkätundersökningen var att med hjälp av byggbranschens olika aktörer försöka kartlägga vanliga eller allvarliga fel som uppstått i design-, projekterings- och produktionsskedet med avseende på fel eller risk för fel i brandskydd. I enkätundersökningen har totalt 90 personer bidragit med olika svar och erfarenheter till rapporten. Som tidigare nämnts har svarspersonerna valts ut genom att skicka ut den digitala enkäten till olika företag som har kopplingar till BIM. Därefter fick företagen själva distribuera ut enkäten till deras anställda som ansågs ha kunskap nog för att svara på enkätundersökningen. Syftet har varit att nå ut till så många svarspersoner som möjligt som jobbar med BIM snarare än att ha ett specifikt urval. Resultaten från enkätundersökningen ger därmed inte en heltäckande bild, men en indikation på vilka fel som verkar förekomma oftare än andra eller att om ett fel förekommer kan det bli allvarliga problem.

Många av företagen som har fått enkäten är brandkonsultföretag som jobbar med BIM eftersom det är en målgrupp som arbetet syftar att nå ut till. Detta är även något som märks av i Figur 19 nedan som presenterar fördelningen av svarspersonernas yrkesroller där brandkonsulter står för majoriteten av svaren. Figur 19 visar även att det förekommer en variation av yrkesroller utöver yrkesrollen brandkonsult där yrkesroller som BIM-strateg, konstruktör och projektchef är några vanligt förekommande yrken. Denna variation av yrkesroller ger troligen en bra representation av vilka olika fel kopplat till brandskydd som svarspersonerna upplever ske ute i byggbranschen. Det är viktigt att tydliggöra att enkätundersökningen som har gjorts i detta examensarbete inte nödvändigtvis representerar hur det ser ut i verkligheten. Den ger endast en indikation på hur det kan se ut i byggbranschen utifrån de tillfrågade svarspersonerna perspektiv.



Figur 19. Illustrerar fördelningen av yrkesrollerna som svarspersonerna i enkätundersökningen besitter.

I enkätundersökningen nämndes totalt 29 olika fel eller risk för fel i brandskydd på olika sätt genom att svarspersonerna fick ange svaren i fritext. På så sätt samlades en större variation av olika fel kopplat till brandskydd in med hjälp av enkätundersökningen jämfört med om det hade funnits fördefinierade svar i enkäten att välja mellan för respondenterna. Svaren från enkätundersökningen har summerats till en tabell som presenteras i Tabell 5 i Bilaga A, där alla nämnda fel är listade i fallande ordning beroende på hur vanligt förekommande felen var bland svarspersonerna i enkätundersökningen.

Under enkätundersökningen ställdes även frågan när svarspersonerna upplevt att felen som de nämnt brukar ske och när de tycker att dessa fel bör kontrolleras. En sammanställning av svaren presenteras i Tabell 5 i Bilaga A. Generellt var svarspersonerna väl överens om att de flesta fel som sker idag kopplat till brandskydd sker under projekterings- och produktionsskedet men där något fler tycker att det sker under projekteringskedet. Detta är något som kan bero på att branddisciplinen inte har hunnit utveckla något standardiserat sätt för att kvalitetskontrollera brandskydd. Enligt svaren i Tabell 6 **Fel! Hittar inte referenskälla.** i Bilaga A var svarspersonerna också överens om att felen bör kontrolleras under projekteringskedet. Detta bekräftar den problematisering som har lett fram till utarbetandet av detta examensarbets syfte.

Tabellen 3 nedan presenterar en lista över de 10 mest förekommande felen från enkätundersökningen. Felen i Tabell 3 har sorterats i fallande ordning beroende på hur frekvent felet har varit i enkätundersökningen. I tabellen var fel kopplade till dörrmiljöer det mest återkommande felet i undersökningen och inkluderar fel som brandteknisk klass, beslag och lås, styrfunktioner, utrymningsmått, återinrymning, slagriktning och dörrstängare. Felet följs därefter av fel kopplade till brännbara/oklassade installationer, byggnadsdelar, isoleringar och ytskikt i ventilationsschakt. På en tredjeplats nämns fel kopplade till brandtätningar.

Tabell 3. Presenterar de 10 mest förekommande felen i enkätundersökningen. Hela tabellen med alla nämnda fel presenteras i Tabell 5 i Bilaga A.

#	Typ av fel	Antal
1	Dörrmiljö (Brandklass, beslag, lås, styrfunktioner, utrymningsmått, återinrymning, slagriktning, dörrstängare)	62
2	Brännbara/Oklassade installationer, byggnadsdelar, isoleringar och ytskikt i ventilationsschakt	42
3	Felaktig/Missad Brandtätning	36
4	Brandcell (Missad brandcellsgräns, storlek eller indelning)	33
5	Material- och ytskiktsklass (Invändigt och utvändigt)	22
6	Felaktig bärverksklass eller oskyddat/felaktigt skyddat bärverk (Brandskyddsfärg och inklädnad av objekt)	17
7	Fönstermiljö (Brandklass, utrymningsmått och placering)	15
8	Ventilationsbrandskydd (Brandgasventilation, rökluckor, brandspjäll)	14
9	Placering och/eller utformning av vägledande markering	9
10	Omfattning/styrning av Brandlarm	8

Av samtliga fel i tabell 3 ovan var brandkonsult den yrkesroll som dominerade mest bland svaren, där brandkonsulter stod för 64% av svaren som samlades in under enkätundersökningen enligt Figur 19. Detta gör det svårt att dra en slutsats om ett fel är mer förekommande hos en viss yrkesroll ute i byggbranschen. Men utifrån enkätundersökningens resultat kan man ändå se att felen som nämns var starkt kopplade till vad svarspersonen i fråga arbetar med. Brandkonsulternas svar täcker ett större antal av de fel som förekommer i tabell 3 ovan eftersom det är något som denna yrkesroll arbetar mer frekvent med. Hos andra yrkesroller är svaren mer kopplade till deras specifika yrkesroller och



tillhörande arbetsuppgifter. Till exempel var fel kopplade till bärverk vanligt förekommande hos konstruktörer, precis som att fel kopplat till olika installationer var vanligt förekommande för installationsingenjörer. Störst spridningen i svaren återfanns hos brandkonsulterna men detta kan som sagt vara något som beror på att denna yrkesroll var en majoritet bland svarspersonerna.

Bland svaren i enkätundersökningen förekom även en del synpunkter på att branddisciplinens bygghandlingar var svårtolkade och att det därav uppstod en del fel kopplat till brandskydd under produktionsskedet. Samtidigt ansåg ett antal brandkonsulter det motsatta problemet, där brandkonsulterna upplevde att andra discipliner inte tolkar deras handlingar på rätt sätt eller rentav gör på ett annat sätt än det som brandkonsulten föreslår i sina handlingar. Detta ger en indikation på att det finns ett visst tolknings- och kommunikationsproblem inom byggbranschen. Förhoppningsvis är detta något som underlättas genom det "nya" brand BIM konceptet där övriga discipliner inte behöver tolka brandingenjörernas handlingar i samma utsträckning som tidigare eftersom kravställningen i stället läggs in direkt i modellerna av brandkonsulten. Dock löser detta inte problemet med att branddisciplinens handlingar inte följs vilket i sin tur leder till att fel kopplat till brandskydd uppstår senare i produktionsskedet. En del av de fel som förekom i enkätundersökningen behöver därmed inte bero på felaktiga handlingar. Denna problematik behandlas däremot inte inom ramarna för detta examensarbete då kvalitetsäkringskontroller syftar till att säkerställa att handlingarna som levereras är korrekta. Fel som uppstår på grund av att handlingarna inte följs kan alltså inte lösas med hjälp av ett kvalitetssäkringsprogram så som till exempel Solibri Office. På grund av hur frågorna har formulerats i enkätundersökningen är det svårt att urskilja om felet som nämnts berott på felaktiga handlingar eller att handlingarna inte följts under projektet om detta inte har förtydligats av svarspersonen. Det hade förmodligen varit mer relevant att specificera i enkäten att det är fel som orsakats på grund av felaktiga handlingar som är av intresse.

Svaren från enkätundersökningen utgör en grund för framtagandet av metoden för hur kvalitetssäkringskontroller hade kunnat utföras och kommer analyseras vidare i de kommande kapitlen för att undersöka vad som är möjligt att granska avseende brandskydd i BIM. På grund av arbetets omfattning och en begränsad informationsmängd kommer några av felen från enkätundersökningen att prioriteras för vidare undersökning i fallstudien. Samtliga fel kommer därmed inte att kunna undersökas vidare. Kapitel 5 syftar till att redogöra denna prioritering och presentera felen som undersökts vidare.

## 5 Fel som undersökts vidare i fallstudien

I detta kapitel presenteras vilka fel som har undersökts vidare från enkätundersökningen till fallstudien och även hur felen har prioriterats.

På grund av arbetets omfattning och en begränsad informationsmängd i referensprojekten har inte alla fel kunnat undersökas vidare i fallstudien inom ramarna för detta examensarbete. Därmed har felen fått prioriteras beroende på vad som varit mest förekommande i enkätundersökningen och efter vad som varit möjligt att undersöka i referensprojekten. För att på något sätt systematisera vilka fel som skulle prioriteras och undersökas vidare togs följande prioriteringspunkter fram utöver att utgå från de mest förekommande felen i enkätundersökningen:

1. Först undersöktes felen där referensprojekten hade all nödvändig information som behövdes för kontrollen.
2. Sedan undersöktes felen där referensprojekten hade en viss del av den nödvändiga information som behövdes för kontrollen.
3. Sist undersöktes felen där referensprojekten saknade all nödvändig information som behövdes för kontrollen.

Trots detta systematiska tillvägagångssätt är det enstaka fel som inte har gått att kontrollera med kvalitetssäkringsprogrammet inom ramarna för detta examensarbete, vilket beror på bristande kunskap i programvaran och tidsbristen som har begränsat fallstudien.

Genom att ha gått igenom samtliga fel i Tabell 5 i Bilaga A utifrån hur vanligt förekommande felen var i enkätundersökningen och med avseende på prioriteringspunkterna ovan har totalt sju fel behandlats vidare i Fallstudien. För dessa sju fel har lika många typlösningar tagits fram under fallstudien för att illustrera hur dessa typer av fel kan kontrolleras med hjälp av programvaran Solibri Office. Benämningen "Typlösning" syftar till att presentera en "lösning" på hur en viss typ av fel från enkätundersökningen kan hanteras under kvalitetssäkringsarbetet i programvaran Solibri Office. Under fallstudien har typlösningar tagits fram genom att skapa regeluppsättningar som syftar till att upptäcka brister i brandprojekteringen och även kollisioner med andra discipliners modeller innan det är för sent.

Nedan presenteras en kortfattat förklaring till varför respektive fel har undersökts vidare för att komma fram till en typlösning.

- **Typlösning 1 - Avsaknad brandteknisk klass på dörrar:**  
Detta fel undersöktes vidare eftersom det inkluderas i det mest förekommande felet "Dörrmiljöer" i enkätundersökningen och som passar in på punkt 1 i prioriteringslistan.
- **Typlösning 2 - Avsaknad brandteknisk klass på schakt:**  
Detta fel undersöktes vidare eftersom det var det näst mest förekommande felet i enkätundersökningen och som passar in på punkt 2 i prioriteringslistan.
- **Typlösning 3 - Felställd brandteknisk klass på dörrar:**  
Detta fel undersöktes vidare eftersom det inkluderas i det mest förekommande felet "Dörrmiljöer" i enkätundersökningen och som passar in på punkt 2 i prioriteringslistan.
- **Typlösning 4 - Felställd material- och ytskiktssklass:**  
Detta fel undersöktes vidare eftersom det var det femte mest förekommande felet i enkätundersökningen och som passar in på punkt 2 i prioriteringslistan.
- **Typlösning 5 - Avsaknad av brandtättningsobjekt:**

Detta fel undersöktes vidare eftersom det var det tredje mest förekommande felet i enkätundersökningen och som passar in på punkt 1 i prioriteringslistan.

- **Typlösning 6 - Storlek på brandceller:**

Detta fel undersöktes vidare eftersom det var de fjärde mest förekommande felet i enkätundersökningen och som passar in på punkt 1 i prioriteringslistan.

- **Typlösning 7 – Utrymningsmått dörrar, fönster och utrymningsväg:**

Detta fel undersöktes vidare eftersom det inkluderas i det mest förekommande felet "Dörrmiljöer" i enkätundersökningen och som passar in på punkt 2 i prioriteringslistan.

## 6 Fallstudie

I detta kapitel har felen från enkätundersökningen med tillhörande typlösningar från Kapitel 5 undersökts vidare. Syftet med fallstudien var att undersöka vilka möjligheter som finns i kvalitetssäkringsprocessen när branddisciplinen har en mer aktiv roll i den digitala projekteringen. Med Solibri Office har regler skapats för att undersöka på vilket sätt information i samordningsmodellerna kan kontrolleras med avseende på brandskydd. Målet har varit att ta fram en fungerande regeluppsättning som kan användas i samordningskontrollerna för att undvika en stor del av felen som nämnts i enkätundersökningen. Reglerna som har skapats är av varierande karaktär och kontrollerar allt ifrån informationen i objekt till kollisioner mellan olika objekt. I de fall då information ansetts vara otillräckligt för att kunna utföra en kontroll har förslag till åtgärd tagits fram.

Felen från enkätundersökningen har delats upp i fyra olika kategorier enligt följande:

- Avsaknad av krav (Inget angivet i modellen)
- Felställda krav (Till exempel EI30 i stället för EI30-S<sub>200</sub>C)
- Avsaknad av brandskyddsobjekt (Till exempel avsaknad brandtätning)
- Kravställning ej uppnådd (Till exempel utrymningsdörrar som inte uppnår krav om fria mått)

På grund av examensarbetets omfattning och tidsbrist har inte alla fel från enkätundersökningen hunnits undersökas vidare i Solibri Office. Uppdelningen av felen ovan har dock syftat till att inkludera så många fel som möjligt i fallstudien. Varje kategori presenteras med ett par typlösningar. Typlösningarna syftar till att kontrollera en viss typ av problem. Till exempel kan kontrollen för avsaknad brandteknisk klass på dörrar även användas för att kontrollera avsaknad brandteknisk klass på fönster. På så sätt kan de presenterade lösningarna representera en lösning för flera av felen som nämnts i enkätundersökningen. Utöver typlösningarna som presenteras för respektive kategori presenteras ytterligare fel från enkätundersökningen som anses kunna lösas på liknande sätt i slutet av de följande avsnitten. En sammanställning av vilka typlösningar som presenteras för respektive kategori illustreras nedan i Tabell 4.

Tabell 4. Presenterar en sammanfattning på vilka typlösningar som syftar till att besvara respektive kategori som listas ovan.

Typlösning	Avsaknad av krav	Felställda krav	Avsaknad av Brandskyddsobjekt	Kravställning ej uppnådd
1	X			
2	X			
3		X		
4		X		
5			X	
6				X
7				X

### 6.1 Avsaknad av krav

Nedan presenteras två typlösningar för felen inom kategorin "Avsaknad av krav". Kategorin "Avsaknad av krav" representerar de kontroller som syftar till att kontrollera att exempelvis ett objekt som ska ha en brandteknisk klass har den informationen kopplat till sig i modellen. I slutet av avsnittet presenteras en lista med ytterligare fel från enkätundersökningen som anses kunna kontrolleras med liknande metodik.

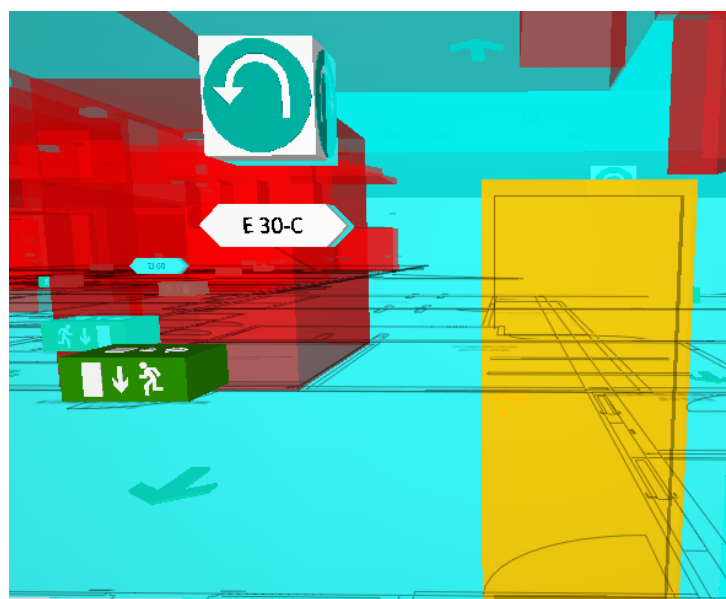
### 6.1.1 Typlösning 1: Avsaknad brandteknisk klass på dörrar

De mest återkommande felen i enkätundersökningen var kopplade till dörrmiljöer. För Typlösning 1 kommer en kontroll för avsaknad brandteknisk klass på dörrar som sitter i en brandcellsgräns att genomföras. Figur 20 nedan illustrerar två dörrar i brandcellsgränser med tillhörande objekt avseende brandskydds krav.



Figur 20: Brandklassade dörrar i brandcellsgränser varav den vänstra har krav på dörrstängare och återinrymning.

Avsaknad brandteknisk klass på dörr: Genom kontrollen "General Intersection Rule" markerar Solibri dörrar som kolliderar med väggar i brandcellsgräns som ett regelbrott. En dynamisk regeluppsättning skapas genom att lägga till regeln "Required Property Set" som en underregel till "General Intersection Rule". Villkoret väljs till "Check only failed components". På så sätt kommer underregeln endast att kontrollera de dörrar som markerats som ett regelbrott av villkorsregeln. Genom "Required Property Sets" markerar Solibri Office de dörrar som saknar brandteknisk klass. Det kontrollen slutligen undersöker är om dörrar i brandcellsgränser har projekterats med en brandteknisk klass. Exempel på den utförda kontrollen illustreras i Figur 21 där en dörr i brandcellsgräns utan brandteknisk klass markerats som ett regelbrott i Solibri Office.

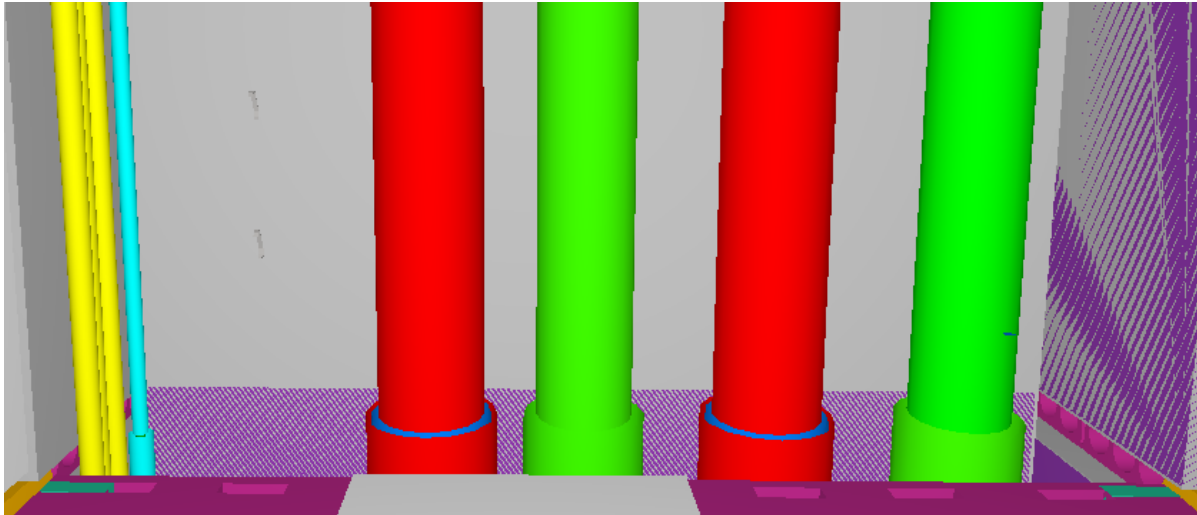


Figur 21: Brandprojektörens objekt har hamnat fel i modellen vilket resulterat i att den brandtekniska klassen inte kopplats till arkitektens dörr. Bilden är tagen i programmet Solibri Office.

Typlösning 1 förutsätter att brandcellsgränser är inlagda i modellen och länkade korrekt till arkitektens väggar.

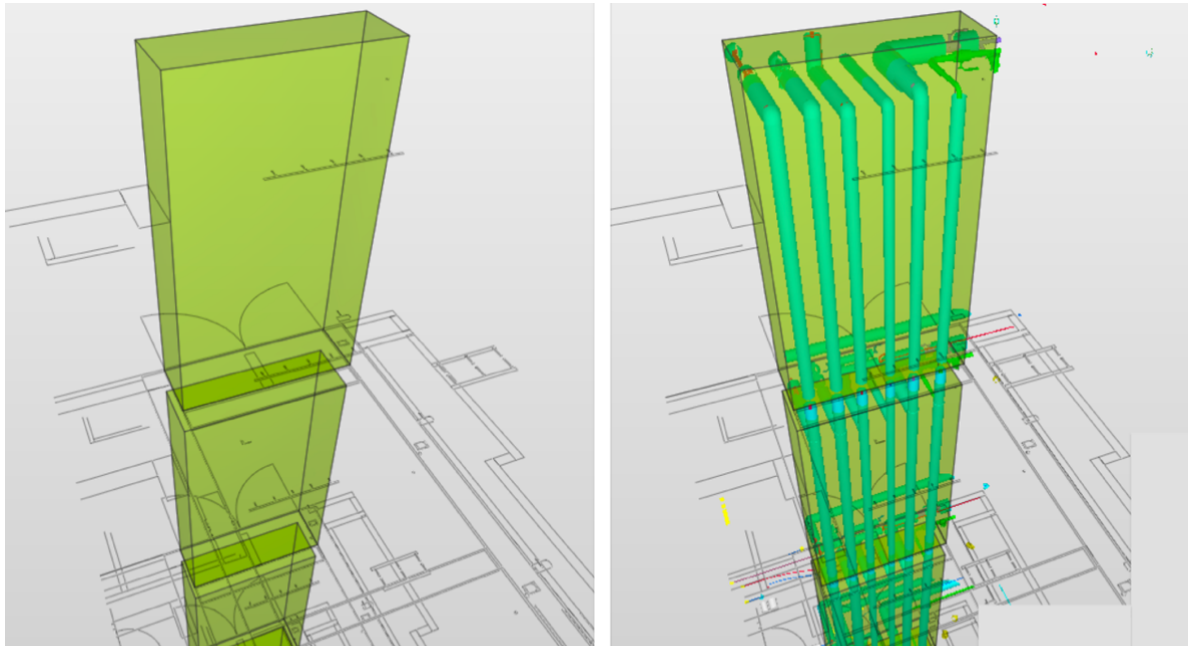
#### 6.1.2 Typlösning 2: Avsaknad brandteknisk klass på schakt

Det näst vanligaste felet enligt enkätundersökningen var felprojektering avseende ventilationsschakt som utgör egen brandcell. I Typlösning 2 presenteras en kontroll gällande avsaknad information om brännbarhet kopplat till isolering i blandschakt. Figur 22 nedan illustrerar ett exempel på ett blandschakt där ventilationskanaler förekommer tillsammans med VS-rör.



Figur 22: Blandschakt med ventilationskanaler och VS-rör.

Brännbar isolering i schakt: Isolering utan material- och ytskiktsklass eller information gällande brännbarhet i schakt med krav på material- och ytskiktsklass markeras som regelbrott i Solibri genom en dynamisk regeluppsättning. Med regeln "General Intersection Rule" lokaliserar kollisioner mellan "spaces" för schakt med material- och ytskiktsklass angivet och isoleringar för installationer. Ett specifikt exempel kan vara kollision mellan ett "space" med ytskiktskravet A<sub>2</sub>-s1,d0 angivet på rumsnivå och isolering för installationer. Därefter används regeln "Required Property Sets" för att identifiera isolering som saknar information avseende brännbarhet eller material- och ytskiktsklass. Det kontrollen slutligen undersöker är om installationer i schakt med krav på material- och ytskiktsklass angivet projekterats med isolering utan information om material- och ytskiktsklass eller brännbarhet. Ett exempel på den utförda kontrollen illustreras i Figur 23 där oklassade isoleringar i ett brandklassat schakt har markerats som regelbrott i Solibri Office.



Figur 23. Till vänster illustreras det "space" som definierar ett specifikt schakt och till höger illustreras samma space med rörisoleringar som markerats som regelbrott i schaktet.

Typlösning 2 förutsätter att arkitekten har definierat spaces som utgör schakt och att brandprojektören lagt in material- och ytskiktsskrav på det space som utgör ett schakt.

#### 6.1.3 Ytterligare fel: Avsaknad av krav

Typlösning 1 och 2 presenterade ovan illustrerar exempel på hur regler för kontroll av saknad brandskyddsinformation kan utföras. Nedan presenteras en lista med ytterligare fel från enkätundersökningen som anses kunna lösas på liknande sätt:

- Brandteknisk klass på fönster.
- Dörrstängare och återinrymning.
- Brännbara/oklassade installationer, byggnadsdelar, isoleringar och ytskikt i ventilationsschakt.
- Material- och ytskikt tak, golv och väggar.
- Brandsäkerhetsklass bärande konstruktion.
- Brännbara/oklassade infällda installationer i brandcellsgräns.

## 6.2 Felställda krav

Nedan presenteras två typlösningar för felen inom kategorin "Felställda krav". Kategorin "Felställda krav" representerar de kontroller som syftar till att undersöka att exempelvis en dörr i brandcellsgräns har rätt brandteknisk klass kopplat till sig. I slutet av avsnittet presenteras en lista med ytterligare fel från enkätundersökningen som anses kunna kontrolleras med liknande metodik.

### 6.2.1 Typlösning 3: Felställd brandteknisk klass på dörrar

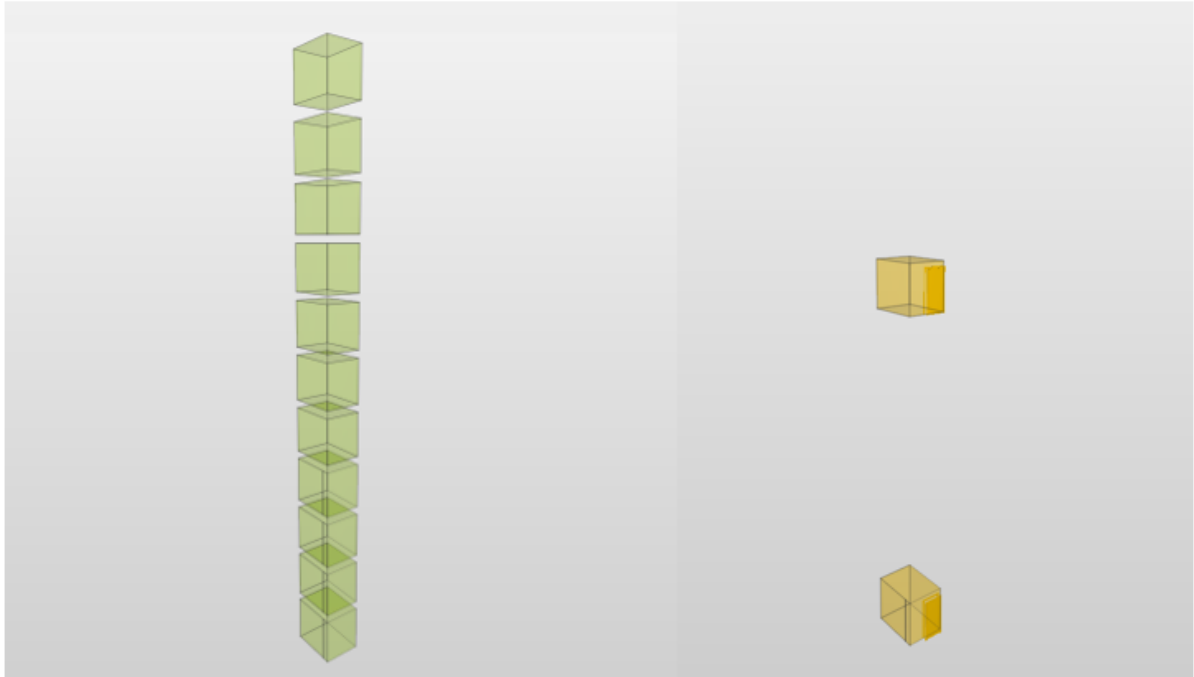
Precis som Avsnitt 6.1.1 behandlar denna typlösning dörrmiljöer. I Typlösning 3 presenteras en kontroll gällande brandteknisk klass på dörrar som vetter mot trapphus som utgör utrymningsväg. Figur 24 nedan redovisar ett exempel på ett trapphus som utgör utrymningsväg med brandklassade dörrar till respektive våning.



Figur 24: En del av ett trapphus som utgör utrymningsväg. Dörrar är markerade med brandskyddsobjekt avseende brandteknisk klass. Bilden är tagen i Solibri Office.

Felställd brandteknisk klass på dörrar: Dörrar som vetter mot trapphus som utgör utrymningsvägar ska utföras i lägst brandteknisk klass  $E_{l_2} 30-S_{200}C$ . Genom regeln "Comparison Between Property Values" kan relationer mellan objekt med specifika kravställningar identifieras i modellen. I regeln anges det att dörrar i relation till spaces i trapphus som utgör utrymningsväg bör innehålla den brandtekniska klassen  $E_{l_2} 30-S_{200}C$ . Eftersom användaren endast är intresserad av de dörrar som inte når upp till kravet exkluderas dörrar med brandteknisk klass som överstiger minimumkravet. Detta görs genom att addera en extra filtrerad i "Comparison Between Property Values" som exkluderar dörrar med klasser som överstiger  $E_{l_2} 30-S_{200}C$ . Det regeln slutligen kontrollerar är att dörrar som vetter mot trapphus som utgör utrymningsväg har projekterats med lägst brandteknisk klass  $E_{l_2} 30-S_{200}C$ . Ett exempel på den utförda kontrollen illustreras i Figur 25 nedan. Till vänster i figuren redovisas spaces för ett trapphus som utgör utrymningsväg. Till höger har dörrar med fel brandteknisk klass i relation till dessa spaces markerats som regelbrott i Solibri Office.



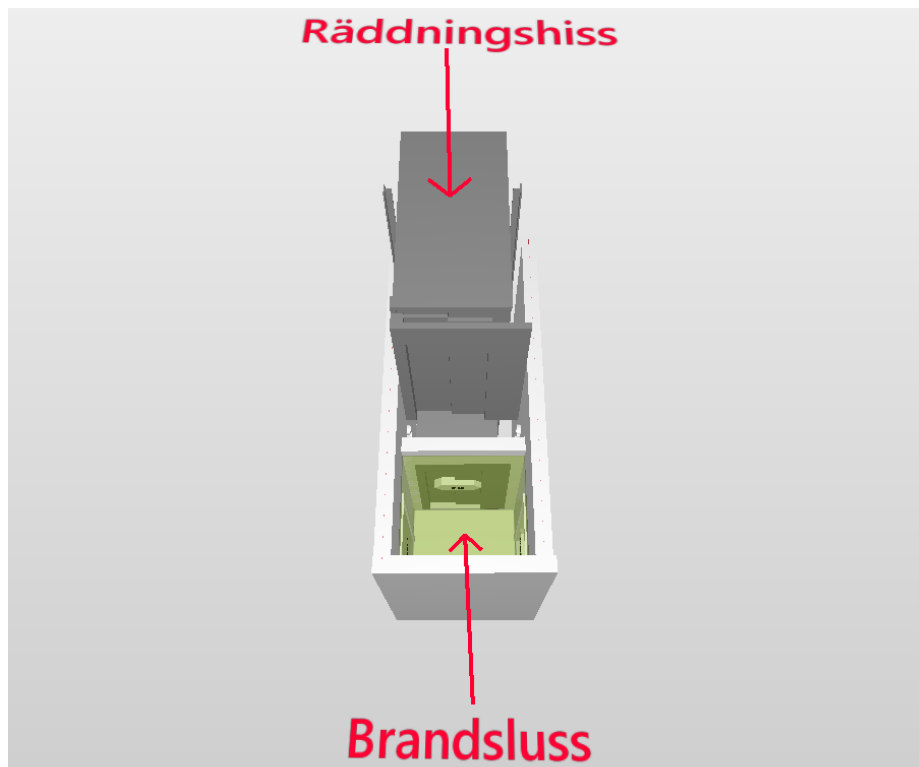


Figur 25: Dörrar i relation till spaces som utgör utrymningsväg har markerats i Solibri som regelbrott på grund av fel brandteknisk klass.

Typlösning 3 förutsätter att arkitekten definierat spaces för trapphuset och att brandprojektören specificerat funktionskrav på dessa spaces, i detta fall utrymningsväg.

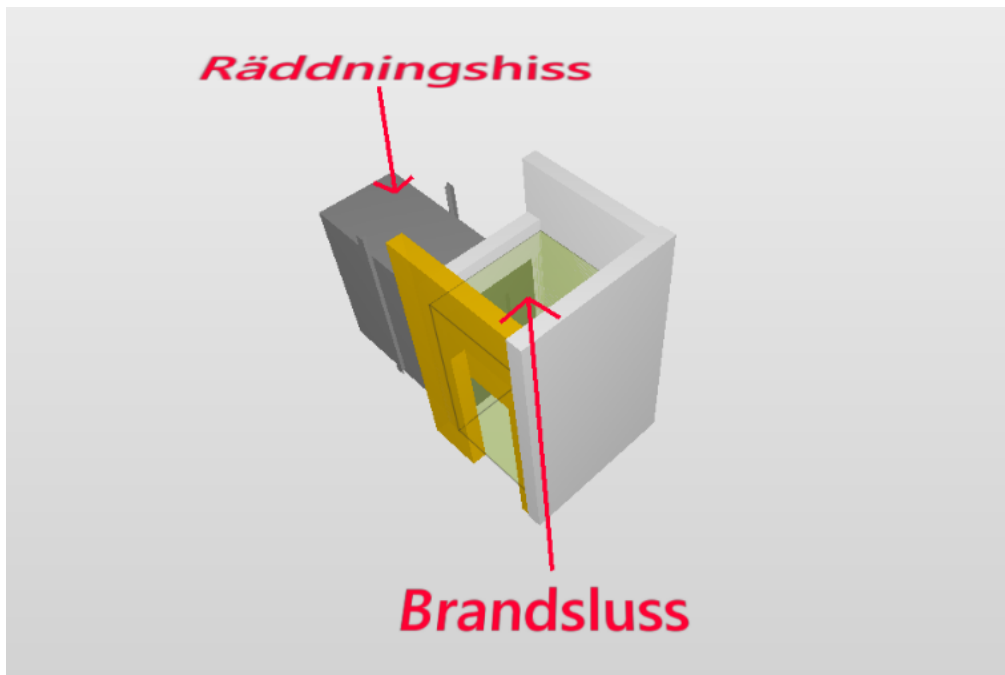
#### 6.2.2 Typlösning 4: Felställd material- och ytskiktssklass

En stor andel av felen från enkätstudien bestod av missade eller felställda material- och ytskiktssklasser invändigt och utvändigt. Typlösning 4 presenterar en kontroll som undersöker om rätt materialklass på underlaget blivit projekterat på väggar inom en brandsluss. Figur 26 nedan illustrerar ett exempel på en brandsluss intill en räddningshiss.



Figur 26: Räddningshiss som öppnar upp i en brandsluss.

Felställd materialklass i brandsluss: Tak och väggar i en brandsluss bör ha ytskikt i lägst brandklass B-s1,d0 som ska fästas på ett underlag med klassen A2-s1,d0 eller K<sub>2</sub>10/ B-s1,d0. Genom regeln "General Intersection Rule" identifieras väggar som vetter mot brandslussen. En dynamisk regeluppsättning skapas genom att lägga till regeln "Required Property Sets" som underregeln. I underregeln anges det att väggarna måste projekterats med materialklassen A2-s1,d0. Eftersom användaren är ute efter väggar som varken uppnår A2-s1,d0 eller K<sub>2</sub>10/ B-s1,d0 exkluderas det sistnämnda kravet från underregeln genom att lägga till en extra filter rad. På så sätt markeras de väggar som inte når upp till någon av de godkända materialklasserna. Det regeln slutligen kontrollerar är att väggar som vetter mot en brandsluss har projekterats med rätt materialklass. Ett exempel på den utförda kontrollen illustreras i Figur 27 nedan. Väggen med fel materialklass har markerats som regelbrott i Solibri Office.



Figur 27: Vägga med fel materialklass inlagt har markerats i gult som regelbrott i Solibri.

Typlösning 4 förutsätter att brandprojektören angett funktionskravet brandsluss på spaces och att materialklassen angetts på varje specifik vägg.

#### 6.2.3 Ytterligare fel: Felställda krav

Typlösning 3 och 4 illustrerar exempel på hur regler för kontroll av felställd brandskyddsinformation kan utföras. Nedan presenteras en lista med ytterligare fel från enkätundersökningen som anses kunna lösas på liknande sätt:

- Brandteknisk klass på fönster.
- Beslag på dörrar.
- Brännbara/oklassade installationer, byggnadsdelar, isoleringar och ytskikt i ventilationsschakt.
- Invändigt ytskikt.
- Kontrollera att utrymningsdörrar som vetter mot utrymmen med fler än 10 personer ej projekterats med nyckellås.

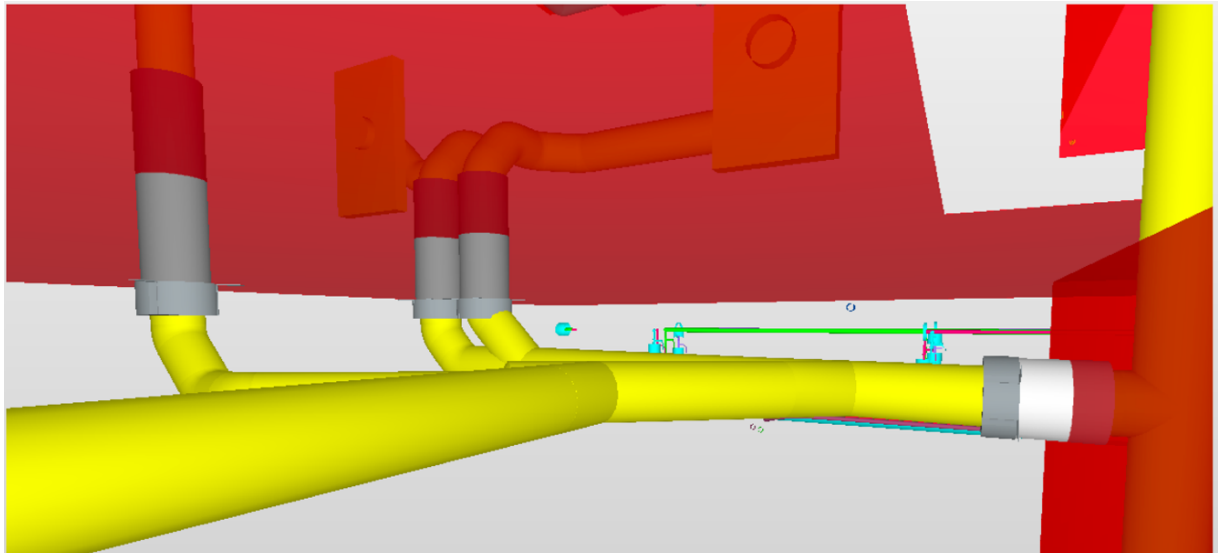
#### 6.3 Avsaknad av brandskyddsobjekt

I detta avsnitt presenteras en typlösning för felen inom kategorin "Avsaknad av brandskyddsobjekt". Denna kategori representerar de kontroller som syftar till att undersöka att specifika objekt kopplade

till brandskydd finns med i modellen. I slutet av avsnittet presenteras en lista med ytterligare ett fel från enkätundersökningen som anses kunna kontrolleras med liknande metodik.

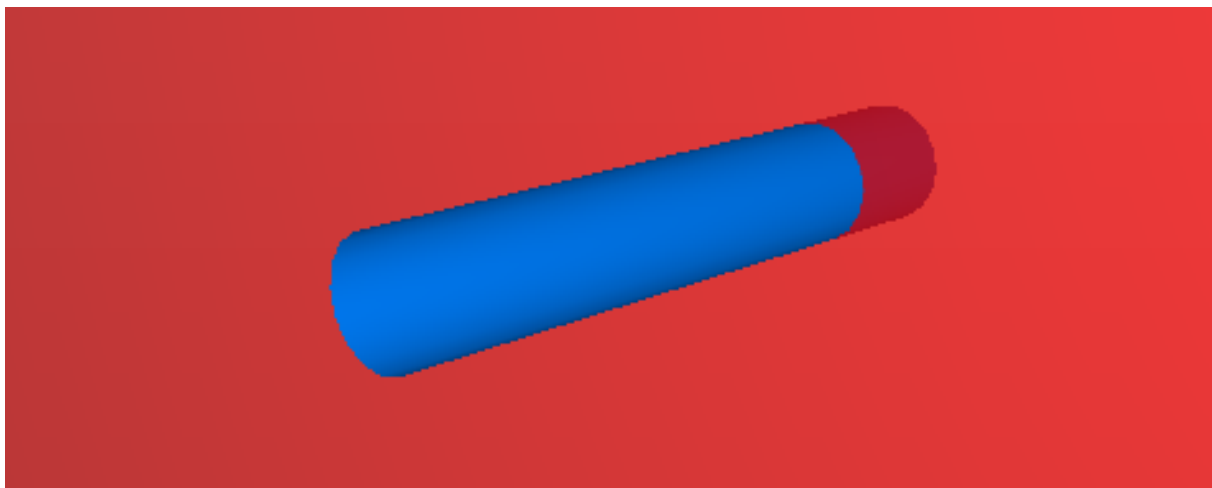
### 6.3.1 Typlösning 5: Avsaknad av brandtätningssobjekt

Det tredje mest återkommande felet i enkätundersökningen var att genomföringar i brandcellsgräns saknar brandtätningar. I Typlösning 5 presenteras en kontroll som kontrollerar att samtliga genomföringar som passerar en brandcellsgräns har en brandtätning kopplat till sig. Figur 28 nedan illustrerar ett exempel på avloppsrör som är brandtätade vid genomföringar i brandcellsgränser på ett korrekt sätt.



Figur 28. Brandtätade genomföringar i brandcellsgräns.

Avsaknad av brandtätningar vid genomföringar i brandcellsgräns: Genomföringar i brandcellsgränser som saknar brandtätningssobjekt kan kontrolleras genom att använda en dynamisk regeluppsättning i Solibri Office. Genom att använda regeln "General Intersection Rule" som en huvudregel kan först kollisioner mellan brandcellsgränser och valfri installation tas fram. Den dynamiska regeluppsättningen skapas därefter genom att ange regeln "Component Distance" som en underregel till "General Intersection Rule". Underregeln används för att kontrollera att samtliga installationer har ett brandtätningssobjekt kopplat till sig inom ett definierat avstånd som specificeras i regeln. Villkoret väljs till "Check only failed components" vilket innebär att underregeln endast kommer att kontrollera de installationer som markerats som ett regelbrott av villkorsregeln. Det kontrollen slutligen undersöker är att samtliga installationer som passerar en brandcellsgräns har projekterats med brandtätningar inom det specificerade avståndet. Ett exempel på den utförda kontrollen illustreras i Figur 29 nedan där en genomföring i brandcellsgräns som saknar brandtätning har markerats som ett regelbrott av Solibri Office.



Figur 29. Illustrerar en genomföring (i blått) i brandcellsgräns (i rött) som saknar brandtätning. Bilden är tagen i Solibri Office.

Typlösning 5 förutsätter att installationer i modellen är sammanhängande för att enkelt kunna lokalisera kollisioner mellan genomföringar och brandcellsgränser.

#### 6.3.2 Ytterligare fel: Avsaknad av brandskyddsobjekt

Typlösning 5 presenterad ovan illustrerar ett exempel på hur en kontroll för kategorin "Avsaknad av brandskyddsobjekt" kan utföras. Nedan presenteras ytterligare ett fel från enkätundersökningen som anses kunna lösas på liknande sätt:

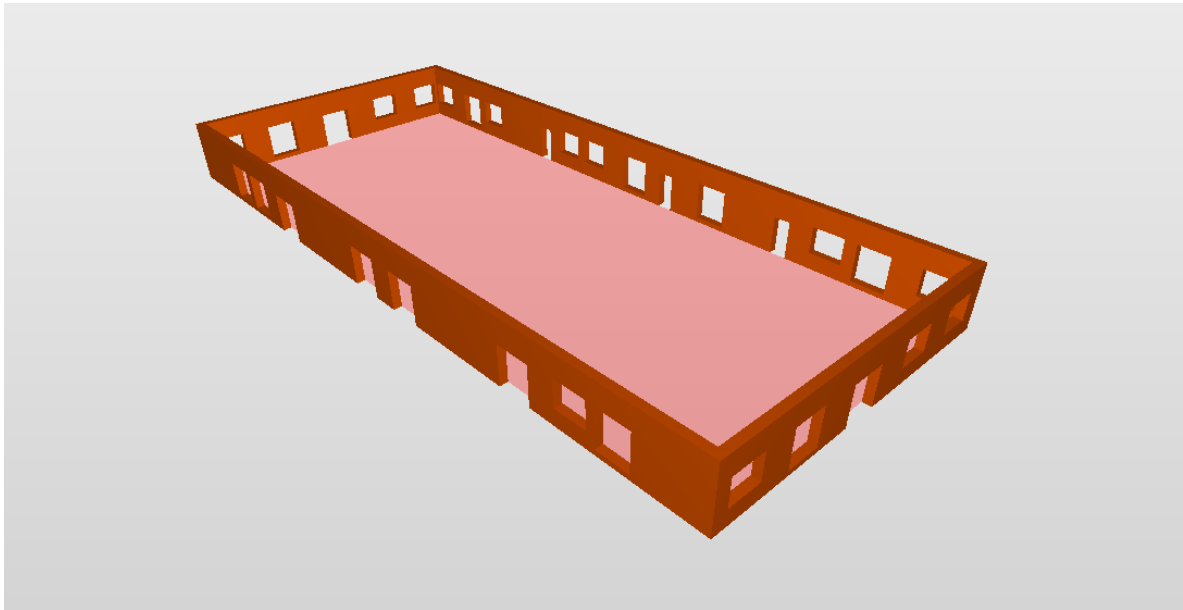
- Utrymningsskylt vid dörrar som ingår i utrymningsstrategin.

#### 6.4 Kravställning ej uppnådd

Nedan presenteras två typlösningar för felen inom kategorin "Kravställning ej uppnådd". Kategorin "Kravställning ej uppnådd" representerar de kontroller som syftar till att undersöka att en parameter uppfyller ett specifikt värde utefter den kravställning som ställs på parametern. I slutet av avsnittet presenteras en lista med ytterligare fel från enkätundersökningen som anses kunna kontrolleras med liknande metodik.

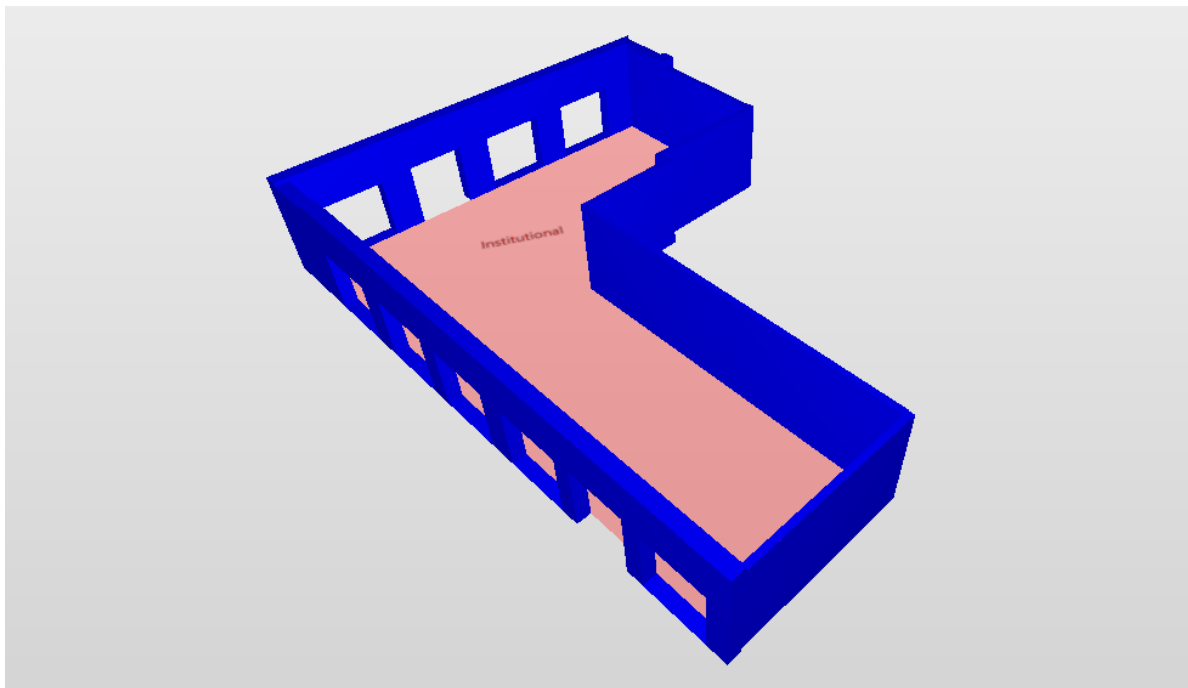
##### 6.4.1 Typlösning 6: Storlek på brandceller

Det fjärde mest återkommande felet i enkätundersökningen var kopplat till felprojektering av brandcellsgränser som avser antingen missad brandcellsgräns, fel indelning av brandceller eller att storleken på brandcellen inte är korrekt utritad i modellen. Typlösning 6 syftar till att kontrollera att brandceller uppfyller de krav som ställs på dess storlek. Figur 30 illustrerar ett exempel på en lokal som har definierats som en egen brandcell i modellen.



Figur 30. Illustrerar en lokal som har definierats som en brandcell i Solibri Office. Bilden är tagen i Solibri Office.

Kravställning ej uppnådd avseende storlek på brandceller: Storleken på brandceller kan kontrolleras genom att använda regeln "Required Property Set". Brandceller lokaliseras med hjälp av "spaces" eller "HVAC zones" som definierats som brandceller av brandprojektören. I de fall då en brandcell utgörs av flera "spaces" används i stället "HVAC Zones" för att identifiera brandceller. "HVAC Zones" är en gruppering av flera "spaces" som till exempel skapas i BIM-verktyget Revit och kan användas för att ange parametrar på en grupp av spaces. Därefter specificeras en maximal areastorlek som brandcellen inte får överstiga. Det regeln slutligen kontrollerar är att brandceller i modellen inte överstiger det angivna värdet på areastorleken. Regeln kan specificeras ytterligare genom att ange specifika brandceller som ska undersökas. Till exempel att brandceller utan automatiskt brandlarm och brandbelastning under  $800 \text{ MJ/m}^2$  inte överstiger  $2500 \text{ m}^2$ . Ett exempel på den utförda kontrollen illustreras i Figur 31 där en brandcell markerats som ett regelbrott i Solibri Office eftersom den överstiger den angivna maximala areastorleken.

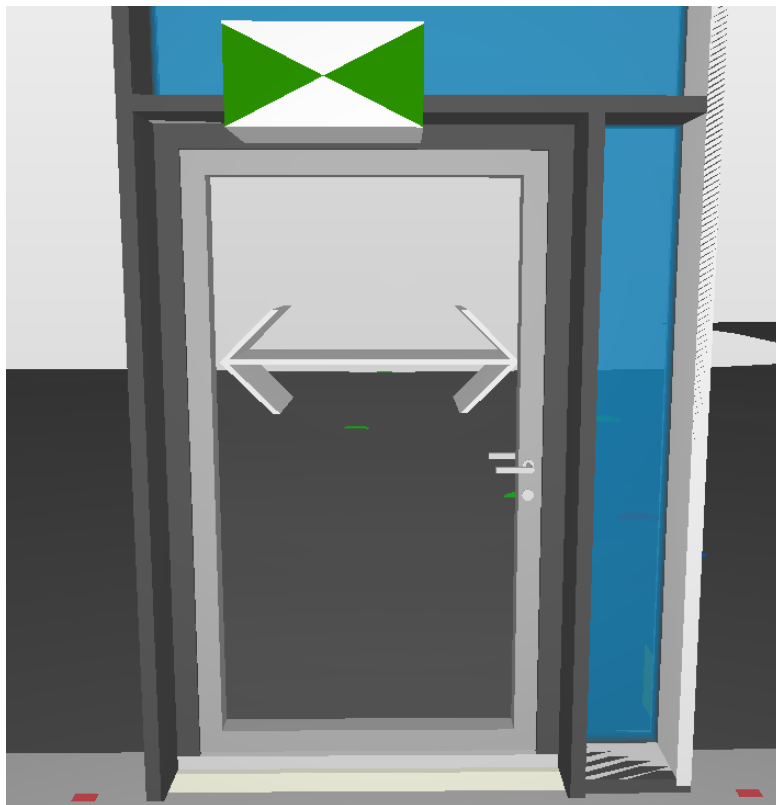


Figur 31. Presenterar ett exempel på en definierad brandcell (Fire Compartment) i modellen som överstiger den maximalt tillåtna areastorleken. Bilden är tagen i Solibri Office.

Typlösning 6 förutsätter att "spaces" eller "HVAC Zones" definierats som brandceller av brandprojektören. Brandcellerna bör även innehålla information avseende automatiskt brandlarm, automatiskt släcksystem, automatisk vattensprinkleranläggning och brandbelastning.

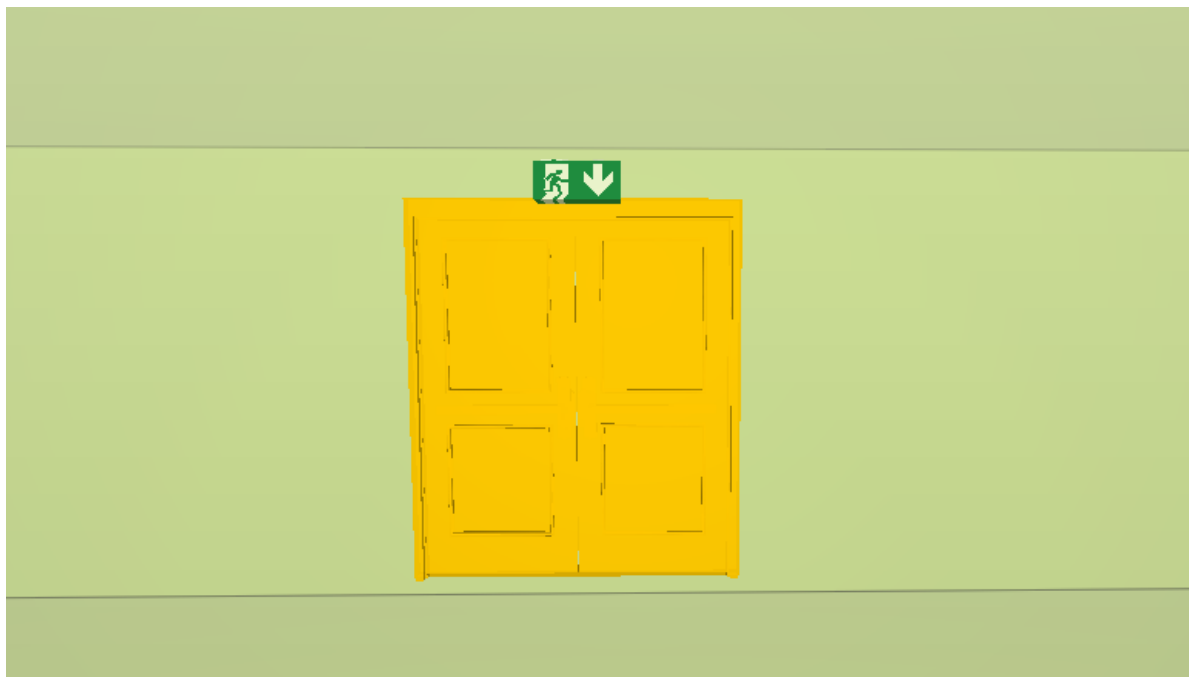
#### 6.4.2 Typlösning 7: Utrymningsmått dörrar, fönster och utrymningsväg

Typlösning 7 behandlar återigen fel avseende dörrmiljöer där ej uppnådda krav för utrymning var en del av problematiken. Typlösning 7 kontrollerar att dörrar som ingår i utrymningsstrategin med krav på utrymningsmått uppnår kraven avseende minsta bredd och höjd. Figur 32 illustrerar en dörr som ingår i utrymningsstrategin med brandskyddsobjekt avseende minsta dörrbredd länkat till sig.



Figur 32: Brandskyddsobjekt avseende krav på dörrbredd illustrerat i 3D. Bilden är tagen i Solibri Office.

Kravställning ej uppnådd avseende dörrmått: Dörrar som ingår i utrymningsstrategin lokaliseras med hjälp av regeln "Required Property Sets". I regeln specificeras det att måtten på de dörrar som ingår i utrymningsstrategin måste stämma överens eller överstiga måtten angivna i kraven avseende minsta dörrbredd och höjd. På så sätt jämförs brandskyddkraven angivna på dörren med dörrens faktiska dimensioner. Det som regeln slutligen kontrollerar är att dörrar som ingår i utrymningsstrategin uppnår kraven avseende minsta dörrbredd och höjd. Ett exempel på den utförda regeln redovisas i Figur 33 nedan där en dörr som ingår i utrymningsstrategin markerats som regelbrott på grund av ej uppnådda utrymningsmått.



*Figur 33: Dörr vars dimensioner ej uppnår kraven avseende utrymningsmått har markerats som regelbrott i Solibri. Bilden är tagen i Solibri Office.*

Typlösning 7 förutsätter att brandprojektören definierat de dörrar som ingår i utrymningsstrategin och att krav avseende minsta bredd och höjd har angetts.

#### 6.4.3 Ytterligare fel: Kravställning ej uppnådd







Typlösning 6 och 7 presenterade ovan illustrerar två exempel på hur en kontroll inom kategorin "Kravställning ej uppnådd" kan utföras. Nedan presenteras ytterligare några fel som anses kunna lösas på liknande sätt:

- Utrymningsmått fönster.
- Passagemått.
- Storlek på brandcell.

## 7 Analys av fallstudie

Med stöd från litteraturöversikten och enkätundersökningen syftar detta kapitel till att analysera resultatet från fallstudien. Målet är att genom en kvantitativ analys ta fram ett förslag på en metod för att kvalitetssäkra brandskyddet i BIM. Förslaget lämnar utrymme för fortsatt utvecklingen och bör ses som en början på branddisciplinens mer aktiva roll i BIM-samordningen. Det är viktigt att nämna att även om endast ett fåtal fel undersöktes i fallstudien så syftar metoden till att vara mer övergriplig. Därmed kommer förslag till ytterligare information att föreslås vid behov baserat på kunskaper som erhållits under examensarbetets gång. Det kan därmed förekomma information och kontroller som inte har behandlats i fallstudien men som ändå anses bidra till en högre kvalitet med avseende på kvalitetskontroll av brandskydd. Informationen som rekommenderas i följande avsnitt kommer presenteras i form av brandparametrik. Brandparametrikerna är endast förslag på vad som bör inkluderas i modellerna för att utföra kontrollerna avseende brandskydd. Namnet på parametrarna är inspirerade av den existerande parametrikerna i Bimfire Tools i Revit. Namnet kan alltså variera beroende på vilken programvara som används för att projektera brandskydd i BIM. Syftet med parametrarna är att förmedla brandskyddkraven på både rums- och objektnivå. Namnet påverkar därmed inte kontrollerna i någon större utsträckning men det rekommenderas att en branschgemensam standard utvecklas för att på ett effektivt sätt kunna utveckla en gemensam metod för att kvalitetssäkra brandskyddet i BIM.

Byggnadsinformationsmodeller har flera användningsområden i den digitala projekteringen och som stöd till den framtagna metoden kommer ett förslag på modellanvändningsområden hämtat från Nolliplan AB:s ”BIM-dokument för svenska byggprojekt” att användas. Figur 34 nedan illustrerar ett exempel på olika syften modeller kan ha i byggprocessen.

Byggprocess Skede	Utredning/Design		Projektering			Produktion	
Handling	Förstudie	Program	Förslagshandling	Systemhandling	Bygghandling	Produktion	Relationshandling
Modell		Designmodell	Förslagsmodell	Systemmodell	Bygghandlingsmodell	Produktionsmodell	Relationsmodell
							

Figur 34. Tillämpningsanvisningar för digitala informationsleveranser till förvaltning, utvecklat av Bim Alliance Sweden (Kristiansson, BIM-dokument för svenska byggprojekt, 2018).

Enligt enkätundersökningen råder det ingen tvekan om att de flesta av felen som uppmärksammas i byggprocessen förekommer i projekterings- och produktionskedet varav majoriteten upptäcks i projekteringen. Det råder heller inga tveksamheter kring att modellerna bör kvalitetssäkras under projekteringskedet för att säkerställa kvaliteten i den resterande projekteringen och produktionen. Eftersom bygghandlingarna förser entreprenörerna med en detaljerad beskrivning av vad som ska göras och hur det ska göras är det rimligt att anta att en korrekt bygghandling i alla fall förbättrar chanserna till en felfri produktion. Genom att kontinuerligt utföra kvalitetskontroller under projekteringen i form av egenkontroller och samordningskontroller ökar därmed chanserna att undvika fel i byggprocessen. Den framtagna metoden i detta avsnitt utgår från designmodellen presenterad i Figur 34 och sträcker sig hela vägen till produktionsmodellen.

### 7.1 Designmodell/Förslagsmodell

Styrande parametrar och krav angivna på rumsnivå har visat sig vara extra användbart vid kontrollerna utförda i Solibri Office avseende brandskydd. Styrande parametrar och krav angivna på rumsnivå utgör grundläggande förutsättningar som ger ett bra stöd till att kvalitetssäkra efterföljande krav i modellen.



Det är därför viktigt att dessa parametrar finns tillgängliga när mer detaljerad information påförs i ett senare skede då kvalitetskontroller börjar bli mer relevant. Vidare har även denna typ av krav betydande påverkan på brandskyddets och byggnadens utformning och det är ingen slump att förslagen på informationsmängd och detaljeringsgrad presenterade i Avsnitt 3.2 föreslår att dessa typer av parametrar arbetas in tidigt i projekten. Verksamhetsklass, personbelastning, brandbelastning, utrymningsvägar, brandslussar, sprinklade lokaler, avskiljande väggar och brandceller är exempel på parametrar på rumsnivå som har en betydande påverkan på brandskyddets utformning och som kan underlätta framtida kontroller för att säkerställa att brandskyddet arbetats in i modellen på rätt sätt. I Figur 35 nedan presenteras en sammanställning av parametrar som bör ingå i design- och förslagsmodellen avseende kvalitetsäkringskontroll av brandskydd och de kontroller som rekommenderas i detta skede.

Skede	Parameter	Användning/Syfte
Design - och Förslagsmodell	FireReq_FireCompartment <i>Brandcell</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x storlek på brandceller.
	FireReq_FireCompartmentation Usage <i>Verksamhetsklass</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x utrymningslarm.
	FireReq_FireCompartmentation Type <i>Användningstyp. ex. kontor</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x gångavstånd till utrymningsväg.
	FireReq_FireLoad <i>Brandbelastning</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x utrymningsvägar, brandceller och sprinklersystem.
	FireReq_CompartmentationFu nctionality <i>Funktionskrav. ex. utrymningsväg</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Går att användas för att identifiera utrymmesfunktioner och urskilja krav på installationer, system och material.
	FireReq_EmergencyExit <i>Utrymningsväg</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr och Fönster</i>	Går att användas för att identifiera vilka dörrar och fönster som ingår i utrymningsstrategin.
	FireReq_FireRatingWall <i>Brandteknisk klass vägg</i> <i>Parameter på objektsnivå - Vägg</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.

Figur 35. Användbar brandparametrik i design- och förslagsmodellen. Bilden är inspirerad av Bengt Dahlgren, Briab Brand- och Riskingenjörerna AB, Veidekke Sverige AB och Skanska Sverige AB.

Rekommenderad kvalitetssäkringskontroll för branddisciplinen i design- och förslagmodell:

- Kontrollera att dörrar som ingår i utrymningsstrategin definierats som utrymningsväg.
- Kontrollera att vägg i brandcellsgräns har brandteknisk klass kopplat till sig.
- Kontrollera storlek på brandceller (Se exempel i Avsnitt 6.4.1).

## 7.2 Systemhandlingsmodell

Från design- och förslagmodellen till systemmodellen börjar detaljeringsgraden och informationsmängden succesivt att öka och lösningförslag gällande tekniska system och material ska utvärderas samt väljas inför bygghandlingsskedet. Systemhandlingsmodellen ska ge en god bild av den planerade byggnadens konstruktiva utformning, tekniska installationssystem och kunna utgöra en grund för kostnadskalkyler inför bygghandlingsskedet. Arkitektmodellen bör innehålla alla byggdelar såsom väggar, dörrar, fönster, trappor, pelare och balkar. Objekten ska projekteras i korrekta huvudmått med rätt placering. Dock behöver dörrar och fönster inte vara modellerade med exakta installationsmått och modellen behöver inte vara modellerad med detaljerad information angående ytskikt och materialval för väggar, tak och golv. Konstruktionsmodellen bör ha korrekta dimensioner

och installationsprojektörer bör kunna redovisa utrymmeskrav för installationerna samt hur deras installationer påverkar andra discipliner. Egenskaper som brandklasser bör kunna identifieras för att underlätta den fortsatta projekteringen (Kristiansson, BIM-dokument för svenska byggprojekt, 2018). Eftersom den påförda information och detaljeringsgraden drastiskt ökar i detta skede fungerar samordningskontroller som ett bra stöd till kvalitetssäkringen i projektet. Informationsmängden i brandmodellen ökar från tidigare modell och bör som sagt i detta skede även innehålla brandtekniska klasser. Systemhandlingskedet utgör goda möjligheter till att kontrollera att brandklasser från brandmodellen arbetats in i övriga aktörers modeller på ett korrekt sätt. Exempel på en sådan kontroll som även undersöktes i fallstudien kan vara att installationer har brandklassad rörisolering i blandschakt eller att dörrar i brandcellsgräns har projekterats med en brandklass. Än så länge innehåller modellen inte tillräckligt detaljerad information för att kontrollera krav och funktioner på ingående brandskyddfunktioner i modellen som till exempel utrymningsbeslag och utrymningsmått. I Figur 36 nedan presenteras en sammanställning av parametrar som bör ingå i systemhandlingsmodellen avseende kvalitetsäkringskontroll av brandskydd och de kontroller som rekommenderas i detta skede.

Skede	Parameter	Användning/Syfte
Systemmodell	FireReq_FireCompartment <i>Brandcell</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x storlek på brandceller.
	FireReq_FireCompartmentation Usage <i>Verksamhetsklass</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x utrymningslarm.
	FireReq_FireCompartmentation Type <i>Användningstyp. ex. kontor</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x gångavstånd till utrymningsväg.
	FireReq_FireLoad <i>Brandbelastning</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x. utrymningsvägar, brandceller och sprinklersystem.
	FireReq_CompartmentationFu nctionality <i>Funktionskrav. ex. utrymningsväg</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Går att användas för att identifiera utrymmesfunktioner och urskilja krav på installationer, system och material.
	FireReq_EmergencyExit <i>Utrymningsväg</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr och Fönster</i>	Går att användas för att identifiera vilka dörrar och fönster som ingår i utrymningsstrategin.
	FireReq_FireRatingWall <i>Brandteknisk klass vägg</i> <i>Parameter på objektsnivå - Vägg</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.
	FireReq_FireRatingDoor <i>Brandteknisk klass dörr</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.
	FireReq_FireRatingWindow <i>Brandteknisk klass fönster</i> <i>Parameter på objektsnivå - Fönster</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.
	FireReq_SupportColumns <i>Brandsäkerhetsklass pelare</i> <i>Parameter på objektsnivå - Pelare</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på bärande pelare.
	FireReq_SupportBeams <i>Brandsäkerhetsklass balkar</i> <i>Parameter på objektsnivå - Balkar</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på bärande balkar.
	FireReq_FireRatingInsulation <i>Brandteknisk klass isolering</i> <i>Parameter på objektsnivå - Isolering</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på isolering för installationer.

Figur 36. Användbar brandparametrik i samordningskontrollen för systemmodellen. Bilden är inspirerad av Bengt Dahlgren, Briab Brand- och Riskingenjörerna AB, Veidekke Sverige AB och Skanska Sverige AB.

Rekommenderad kvalitetssäkringskontroll för branddisciplinen i systemmodell:

- Kontrollera att samtliga genomföringar i brandcellsgränser har projekterats med brandtätningar (Se exempel i Avsnitt 6.3.1).
- Kontrollera att dörrar i brandcellsgränser har brandteknisk klass kopplat till sig (Se exempel i Avsnitt 6.1.1).
- Kontrollera att fönster i brandcellsgränser har brandteknisk klass kopplat till sig.
- Kontrollera att brandklassat bärverk har rätt brandkrav kopplat till sig.
- Kontrollera att brännbara/oklassade installationer i ventilationsschakt isolerats med brandklassad isolering eller på annat sätt skyddats/avskilts.

### 7.3 Bygghandlingsmodell

Med systemhandlingsmodellen som grund arbetas bygghandlingsmodellen fram och detaljeringsgraden och informationsmängden ökar ytterligare. Modellen som tas fram i detta skede ska kunna användas i produktionen som utförandeanvisningar för entreprenörerna. Arkitektmodellen bör innehålla de objekt som ska konstrueras med korrekta huvud- och installationsmått samt materialval. Konstruktions- och installationsmodeller ska överensstämja med arkitektens modell och mängdavtagning ska vara möjlig ur respektive modell. Avseende brandskydd bör brandmodellen innehålla detaljerad information som utöver brandklasser även anger funktioner och krav på inkluderade brandskyddsfunktioner som till exempel typ av beslag och lås. Eftersom bygghandlingsmodellen används för mängdavtagning är det viktigt att objekt i modellen innehåller rätt information. I Figur 37 nedan presenteras en sammanställning av parametrar som bör ingå i bygghandlingsmodellen avseende kvalitetssäkringskontroll av brandskydd och de kontroller som rekommenderas i detta skede.

Skede	Parameter	Användning/Syfte
Bygghandlingsmodell	FireReq_FireCompartment <i>Brandcell</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x storlek på brandceller.
	FireReq_FireCompartmentation <i>Usage</i> <i>Verksamhetsklass</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x utrymningslarm.
	FireReq_FireCompartmentation <i>Type</i> <i>Användningstyp. ex. kontor</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x gångavstånd till utrymningsväg.
	FireReq_FireLoad <i>Brandbelastning</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x utrymningsvägar, brandceller och sprinklersystem.
	FireReq_CompartmentationFu <i>nctionality</i> <i>Funktionskrav. ex. utrymningsväg</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Går att användas för att identifiera utrymmesfunktioner och urskilja krav på installationer, system och material.
	FireReq_EmergencyExit <i>Utrymningsväg</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr och Fönster</i>	Går att användas för att identifiera vilka dörrar och fönster som ingår i utrymningsstrategin.
	FireReq_FireRatingWall <i>Brandteknisk klass vägg</i> <i>Parameter på objektsnivå - Vägg</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.
	FireReq_FireRatingDoor <i>Brandteknisk klass dörr</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.
	FireReq_FireRatingWindow <i>Brandteknisk klass fönster</i> <i>Parameter på objektsnivå - Fönster</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.
	FireReq_SupportColumns <i>Brandsäkerhetsklass pelare</i> <i>Parameter på objektsnivå - Pelare</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på bärande pelare.
	FireReq_SupportBeams <i>Brandsäkerhetsklass balkar</i> <i>Parameter på objektsnivå - Balkar</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på bärande balkar.
	FireReq_FireRatingInsulation <i>Brandteknisk klass isolering</i> <i>Parameter på objektsnivå - Isolering</i>	Går att användas för att identifiera kravställning på isolering för installationer.
	FireReq_DoorFitting <i>Utrymningsbeslag</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr</i>	Går att användas för att identifiera vilka dörrar som har utrymningsbeslag.
	FireReq_TypeOfLock <i>Nyckellås</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr</i>	Går att användas för att identifiera vilka dörrar som har nyckellås.
	FireReq_ClearOpeningWidth <i>Min. fri passagebredd</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr och fönster</i>	Går att användas för identifiera kravställning på dörrar och fönster.
	FireReq_ClearOpeningHeight <i>Min. fri passagehöjd</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr och fönster</i>	Går att användas för identifiera kravställning på dörrar och fönster.
	FireReq_ClearOpening <i>Min. Dimension</i> <i>Parameter på objektsnivå - Dörr och fönster</i>	Går att användas för identifiera kravställning på dörrar och fönster.
	FireReq_Occupancy <i>Antal personer</i> <i>Parameter på rumsnivå - Space</i>	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x. utrymningsbeslag och passagebredd.
	FireReq_ReactionFireWall <i>Ytskikt och underlag</i> <i>Parameter på rumsnivå eller objektsnivå- Space respektive vägg</i>	Går att användas för identifiera kravställning på material för väggar.
	FireReq_ReactionFireCeiling <i>Ytskikt och underlag</i> <i>Parameter på rumsnivå eller objektsnivå- Space respektive tak</i>	Går att användas för identifiera kravställning på material för tak.
FireReq_ReactionFireFloor <i>Ytskikt och underlag</i> <i>Parameter på rumsnivå eller objektsnivå- Space respektive golv</i>	Går att användas för identifiera kravställning på material för golv.	
FireReq_ReactionFireInsulation <i>Ytskikt och underlag</i> <i>Parameter på rumsnivå eller objektsnivå- Space respektive Isolering</i>	Går att användas för identifiera kravställning på material för isolering.	

Figur 37. Användbar brandparametrik i samordningskontrollen för bygghandlingsmodellen. Bilden är inspirerad av Bengt Dahlgren, Briab Brand- och Riskingenjörerna AB, Veidekke Sverige AB och Skanska Sverige AB.

Rekommenderad kontroll i bygghandlingsmodell:

- Kontrollera att dörrar har rätt brandteknisk klass kopplat till sig (Se exempel i Avsnitt 6.2.1).
- Kontrollera att fönster har rätt brandteknisk klass kopplat till sig.
- Kontrollera att dörrar har rätt beslag kopplat till sig.
- Kontrollera att utrymningsdörrar som vetter mot utrymmen med fler än 10 personer ej projekterats med nyckellås.
- Kontrollera att golv, väggar och tak har rätt material- och ytskiktssklass kopplat till sig (Se exempel i Avsnitt 6.2.2).
- Kontrollera att dörrar, trappor och passager uppnår de krav som ställs på fria passagemått med avseende på höjd och bredd (Se exempel i Avsnitt 6.4.2).
- Kontrollera har installationer och isoleringar har rätt material och ytskiktssklass kopplat till sig.
- Kontrollera att dörrar som ingår i utrymningsstrategin uppnår krav avseende utrymningsmått.
- Kontrollera att fönster som ingår i utrymningsstrategin uppnår krav avseende utrymningsmått.

## 8 Diskussion

I detta kapitel presenteras och diskuteras frågeställningarna som arbetet syftar till att besvara, de metoder som har använts och resultaten som erhållits i detta examensarbete.

### 8.1 Frågeställningar

Examensarbetet syftar till att besvara frågeställningarna som beskrivs i Avsnitt 1.3. Under uppstarten av detta examensarbete fastslogs frågeställningarna som skulle besvaras. Nu i efterhand hade frågeställningarna generellt kunnat formulerats mer nischat för att inte göra arbetet för brett som det funnits tendens till att arbetet hade kunnat bli. Till exempel är den första frågeställningen [Hur kvalitetskontrolleras brandskyddet i den digitala arbetsprocessen idag?] ganska brett ställd eftersom problematiken med branddisciplinens digitala kvalitetskontroller är just att det inte finns någon standardiserad metod för att utföra sådana kontroller i dagsläget. I dag görs kvalitetssäkringar genom att använda regeluppsättningar för att kontrollera projektspecifika detaljer eller genom okulära granskningar internt hos företagen, men utöver det finns det ingen standardiserad metod för hur brandskydd bör kontrolleras. Vilket gör det svårt att besvara frågeställningen och att den kanske hellre bör ses som en bakgrund till varför detta examensarbete har utförts.

Liknande resonemang gäller även för den andra frågeställningen [Vad kan och bör kontrolleras i den digitala brandprojekteringen?] där det är väldigt svårt utifrån arbetets tidsram att ta reda på allt som kan och vad som borde kontrolleras. Enkätundersökningen som har utförts under arbetets gång har försökt att nå ut till så många olika företag och personer som möjligt för att få en indikation av vad branschen anser kan och bör kontrolleras under byggprocessen. Men tiden har begränsat både enkätundersökningen och fallstudien vilket har gjort att alla fel som respondenterna nämnde inte har hunnit undersökas vidare i fallstudien vilket i sin tur har gjort det svårt att besvara frågeställningen om felen kan kontrolleras. Det finns troligen även andra typer av fel som kanske inte ens har nämnts i enkätundersökningen eller som bara inte har undersökts vidare som troligen också går att kontrollera under projekteringen.

Den tredje frågeställningen [I vilket skede i projektets gång ska vad kontrolleras? Vilken information som ska visas och i vilket skede det ska kontrolleras?] har till stor del grundats i resultaten från enkätundersökningen. Detta kan ha påverkat resultaten då svaren från enkätundersökningen endast bör ses som en indikation av när branschen anser att felen uppstår och när felen bör kontrolleras eftersom urvalet som den digitala enkätundersökningen har nått ut till inte med säkerhet kan påstås representera hur det faktiskt ser ut ute i byggbranschen. Det ska återigen förtydligas att i vilket skede olika fel ska kontrolleras kan variera beroende på projekt. Vilket innebär att skedena för de rekommenderade kontrollerna som detta examensarbete föreslår rimligtvis bör ses som en indikation på att det är möjligt att utföra dessa typer av kontroller med de förutsättningar som beskrivs i fallstudien redan idag.

Vad gäller den sista frågeställningen [Hur bör en regeluppsättning vara utformad för att utföra kontroller?] så presenteras förslag på hur en regeluppsättning hade kunnat se ut genom de olika typlösningarna i fallstudien. Regeluppsättningen besvarar många olika typer av de fel som nämnts i enkätundersökningen men behandlar inte alla fel som nämnts och kan därmed inte antas vara komplett. Detta har återigen berott på tidsbrist vilket gör att i efterhand hade denna frågeställning kunnat formulerats något smalare i stil med "Hur kan ett exempel på en regeluppsättning vara utformad för att utföra kontroller?", vilket hade bidragit till att lättare kunna avgränsa arbetet från början.

### 8.2 Metoder

#### 8.2.1 Litteraturoversikt

Under examensarbetets tidiga skede utfördes en litteraturoversikt för att hitta relevant information att bygga det fortsatta arbetet på. Litteraturoversikten har bidragit till mycket kunskap inom flera

områden. Där främst arbetsprocessen i BIM, hur kvalitetssäkringsprogram fungerar och hur branddisciplinen arbetar med sina digitala leveranser idag har behandlats.

Under litteraturöversikten har flertalet relevanta källor använts, men utbudet har varit begränsat då brandprojektering i en BIM miljö är i ett tidigt stadie och är ännu inte så välutvecklad. Detta har bidragit till att sökmotorn Google har fått användas under sökprocessen. Sökmotorn Google är inte optimal att söka vetenskaplig litteratur med eftersom sökprocessen är svår att upprepa. En sökning i sökmotorn Google kan ge olika träffar beroende på vilken användare som utför sökningen och även vart användaren befinner sig geografiskt. Sökmotorn Google anpassar sig efter användarens behov och det är detta som ger upphov till att olika källor visas för olika användare. Trots denna aspekt har sökmotorn Google varit nödvändig att använda under detta examensarbete eftersom information kring ämnet ännu inte finns publicerade i andra databaser i lika stor utsträckning. Detta är ändå en viktig aspekt att ta upp och önskvärt hade varit om det hade funnits mer litteratur tillgänglig i andra databaser för att höja kunskapen inom området. Syftet med arbetet har också varit att bidra till att öka kunskapen inom området med hjälp av enkätundersökningen och fallstudien som har utförts under arbetets gång. Förhoppningen är att detta examensarbete ska bidra till den fortsatta utvecklingen av brandprojektering i BIM miljön.

Som nämnts tidigare i Avsnitt 2.1 har en litteratursammanställning använts som stöd till litteraturöversikten. Litteratursammanställning hade kunnat göras mer utvecklad och strukturerad än vad den gjorts under detta examensarbete. Under litteraturöversikten användes litteratursammanställningen främst för att ge författarna en bättre överblick samt orientering över all litteratur. Därmed användes litteratursammanställningen inte riktigt för att finna ny litteratur på ett strukturerat sätt genom att skriva ner antal träffar för varje sökord eller kombination av sökord på samma sätt som ett sökprotokoll kräver i en fullständig litteraturstudie. Just denna process gjordes utan sökprotokoll men på ett likvärdigt tillvägagångssätt. Detta mindre strukturerade tillvägagångssätt kan ha lett till att relevant litteratur som hade kunnat bidra till arbetets kvalitet gått miste om. Trots detta har många bra och relevanta källor funnits under sökprocessen i litteraturöversikten.

### 8.2.2 Enkätundersökning

Enkätundersökningen som utfördes under examensarbetets gång hade kunnat förbättrats när man tittar på den i efterhand. Frågorna som ställdes till respondenterna hade kunnat vara mer specifika. Till exempel vad gäller vid vilka skeden svarspersonerna upplevde att felet skedde och när de ansåg att felet bör kontrolleras. Istället för att ge förslagen design-, projekterings- och produktionskedet hade mer detaljerade skeden såsom, förslags-, system- eller bygghandling kunnat föreslås vilket eventuellt hade inspirerat svarspersonerna till att specificera skedena kopplade till felet lite mer. Detta hade troligen underlättat arbetet och gett en mer detaljerad bild av när svarspersonerna ansåg att felet uppstod och när de borde kontrolleras.

Med tanke på den stora datamängden som samlades in från över 90 olika svarspersoner hade valet av enkätfrågor också kunnat göras annorlunda för att underlätta bearbetningen av all data. Förslagsvis hade fasta svarsalternativ för samtliga handlingar under BIM processen kunnat användas istället för att svarspersonerna fick skriva i fritext om när de ansåg att felet skedde. På så sätt hade mycket tid, som gick till att tolka fritext svaren där flera fel och byggskedet hade angetts, sparats och mer tid hade kunnat gå till att exempelvis undersöka ett större antal av de fel som nämndes i enkätundersökningen i fallstudien.

Det går även att diskutera hur väl den data som samlades in under enkätundersökningen faktiskt representerar hur det ser ut i byggbranschen. Bara för att en typ av fel var frekvent i enkätundersökningen betyder inte det egentligen att det stämmer överens med verkligheten, men det ger en god indikation på hur det kan se ut. Unika fel som nämndes i enkätundersökningen men som inte har undersökts vidare i fallstudien skulle därför kunna visa sig ha stor påverkan på digitala leveranser trots att få personer upplevde det så i enkätundersökningen. Det skulle kunna vara så att enkätundersökningen för detta examensarbete inte har nått ut till just de personer som upplever den

typen av fel. Därför hade valet av felen som undersöktes vidare i fallstudien kunnat göras annorlunda beroende på om mer tid hade funnits tillgänglig för att samla mer kunskap och om fler svar hade inkommit till enkätundersökningen.

I examensarbetets tidiga skede planerades det för att utföra ett fåtal intervjuer med intressanta personer för att få ytterligare aspekter och synpunkter på arbetet. Syftet med intervjuerna hade också varit att på något sätt bekräfta den data som samlades in under enkätundersökningen och bygga vidare på den. Tyvärr fanns inte tiden för intervjuer i slutändan på grund av flera olika aspekter. Dels tog bearbetningen av all data i enkätundersökningen mer tid än förväntat, dels blev en planerad intervju inställd och till följd av att hinna med övriga moment inom kursen fick intervjuerna läggas åt sidan. Detta var ett beslut som grundades i att enkätundersökningen gett en relativt bred bild av vilka vanliga fel kopplat till brandskydd som branschen anser ske under byggprocessen och i vilket skede dessa fel brukar uppkomma. Fördelen med enkätundersökningen var alltså att kunna nå ut till fler personer vilket gjorde att den prioriterades framför intervjuer som endast hade nått ut till ett fåtal utvalda personer. Där risken fanns att examensarbetets resultat hade låst sig till ett fåtal individers erfarenheter och åsikter. Däremot går det att diskutera om intervjuerna hade bidragit till bättre och möjligtvis mer engagerade svar hos respondenterna. Då en intervju öppnar upp för djupare diskussioner, följdfrågor och någon form av bekräftelse på att intervjuaren har uppfattat respondenten korrekt.

Trots att det inte funnits tid för att organisera och genomföra några uppstyra intervjuer har samtal och möten med flertalet kunniga personer hunnits med. Där personer med kopplingar till allt ifrån programvaror till projektspecifika detaljer har bidragit med goda insikter, tips och idéer till detta examensarbete. Samtalen har underlättat och hjälpt till att driva examensarbetet framåt. Fördelen med samtal jämfört med intervjuer har varit att en mer kontinuerlig dialog har kunnat genomföras. Där inget större för- eller efterarbete har behövts för att förbereda och sen sammanställa de svar som har diskuterats. Samtalen blev därmed en tidseffektiv metod för att ta kontakt med kunniga personer, samla kunskap och diskutera svårigheter under examensarbetets gång.

### 8.2.3 Fallstudie

Under fallstudien har sju vanligt förekommande fel i brandskydd enligt enkätundersökningen undersökts vidare. Felen kopplat till brandskydd som har undersökts vidare valdes utefter hur vanligt förekommande felet var i enkätundersökningen och därefter utefter prioriteringspunkterna som togs fram i slutet av enkätundersökningen. Prioriteringspunkterna grundades i hur frekvent felet var i enkätundersökningen och dels på grund av informationsmängden som fanns i referensprojekten. Fallstudien har därmed utformats till att undersöka de fel som ansågs vara mest återkommande bland respondenterna och utefter vad som gått att undersöka i referensprojekten.

Fallstudien har begränsats till att enbart kontrollera felen kopplat till brandskydd i programvaran Solibri Office. En programvara som för författarna varit helt ny och där inga tidigare kunskaper har funnits. Mycket tid har därför lagts ner på att utforska och lära hur man arbetar med regeluppsättningar i programvaran Solibri Office. Detta är en faktor som kan ha begränsat kunskapsnivån i fallstudien vilket kan ha lett till att färre fel har undersökts jämfört med en person som har arbetat med regeluppsättningar i Solibri Office under en längre tid. Det har däremot varit nödvändigt att avgränsa arbetet till att endast undersöka felen i en programvara då mer tid annars hade behövts läggas på att behärska ytterligare programvaror. Trots detta har sju olika typer av fel kopplat till brandskydd undersökts vidare där typlösningarna för respektive fel även går att applicera på andra tänkbara fel, som till exempel informationskontrollen gällande missad brandklass på dörrar som även kan appliceras på fönster eller andra brandklassade objekt i modellerna. Det finns även andra förinställda regler i Solibri Office som inte har undersökts vidare i detta examensarbete, till exempel regler som kontrollerar gångavstånd vilket även det skulle kunna vara en potentiell kvalitetskontroll för branddisciplinen. Fallstudien öppnar därmed upp för fler kontroller än de fem som faktiskt har



undersökts i detta examensarbete samt visar på att det går att kvalitetskontrollera brand-modeller redan idag men att det också finns en stor utvecklingspotential inom området.

Det går även att diskutera huruvida resultaten i fallstudien har påverkats genom valet av programvara för att utföra kvalitetssäkringskontrollerna. Solibri Office är en erkänd programvara inom byggbranschen och används världen över av många stora företag för att kvalitetssäkra BIM modeller. Det har bidragit till att Solibri Office ansetts vara en lämplig programvara att använda under detta examensarbete i kombination med att Nolliplan AB har bistått med både en grundutbildning i programmet och programlicenser. Solibri Office har stora möjligheter när det kommer till att utföra kontroller eftersom det finns en mängd fördefinierade regler i programmet. Men också möjlighet för att användaren kan skapa i princip vilken kontroll som helst genom att modifiera och kombinera regler till att utföra önskad kontroll. Därmed borde inte valet av programvara ha påverkat resultatet negativt eftersom det finns alla möjligheter i Solibri Office att utföra de kontroller som varit nödvändiga. Det som isåfall kan ha påverkat resultatet i fallstudien är informationsinnehållet i modellerna för referensprojekten. Eftersom Solibri Offices kontroller bygger på att skapa regler som styrs av parametrar och information i modellerna är det snarare den aspekten som kan ha varit en begränsande faktor under fallstudien och inte programmets förmåga att utföra kvalitetssäkringskontroller.

### 8.3 Resultat

En utmaning som uppenbarades under fallstudien var att vissa kontroller lutar mer åt att försöka automatisera snarare än att kontrollera brandprojekteringen. Detta gällde framför allt kontrollerna som syftade till att försöka kontrollera att det var rätt klass på ett objekt. Teoretiskt går det att utföra denna typ av kontroll men det förutsätter också att projektören som utför kontrollerna vet vilken specifik klass det ska vara på det berörda objektet och därefter skapar en regel för att kontrollera detta. Men i ett större projekt är det inte praktiskt genomförbart eftersom klassen för det berörda objektet kan variera beroende på vart objektet är placerat och att det kan förekomma flera olika versioner och klassningar av samma typ av objekt. Detta gör det väldigt komplicerat och ineffektivt att kontrollera eftersom det kräver många komplicerade regler för att det ska fungera och mycket kunskap hos personen som utför kontrollen. Alternativt krävs det att modellen innehåller tillräckligt med information för att själv kunna stämma av den angivna informationen mot regelverk. Det betyder att kvalitetssäkringsprogrammet behöver innehålla digitaliserade regelverk inprogrammerat för att kunna ta hänsyn till styrande parametrar som avgör vilken klass ett objekt ska ha.

I dagsläget finns inte denna typ av automatiserade kvalitetskontroller fullt ut och det kan även diskuteras om en brandprojektör hade behövts om liknande kontroller hade funnits. Om programvaran hade kunnat veta vad det ska vara för klassningar på till exempel brandcellsgränser, dörrar och bärverk i en modell hade troligen inte en brandprojektör behövts under projekteringskedet. Projekteringen hade hypotetiskt sett kunnat vara helt automatiserad genom att en programvara utför projekteringen utifrån några styrande parametrar som gör att den kan tolka digitala regelverk. Dock måste någon ange de styrande parametrarna. I dagsläget finns inte färdigställda digitala regelverk av denna typ i Sverige men Boverket har sedan 2018 arbetat med att skapa en maskintolkningsbar och maskinläsningsbar digital version av Plan och bygglagen som kan tillämpas i en digital miljö. (Boverket, 2018).

Metoden som presenteras i arbetet består av brandparametrik som syftar till att möjliggöra alternativt förenkla de tillhörande kontrollerna som föreslås i respektive skede. Det ska dock påpekas att brandparametriken är relativt omfattande i jämförelse med metriken som används avseende brandskydd i dagens projekt. Arbetet ger inget konkret exempel på hur metriken kan arbetas in i projekten rent praktiskt utan presenterar endast vilken information som bör finnas i modellerna för att utföra kontrollerna som rekommenderas i varje skede. Arbetet pekar främst på potentialen i det prövade verktyget och metoderna men de är ännu oprövade i sin mer omfattande form rent praktiskt i projekt. Det återstår därmed en hel del utmaningar som i praktiken måste redas ut och testas innan en omfattande brandparametrik kan nyttjas och praktiseras fullt ut.

## 9 Slutsats

Examensarbetets resultat visar genom fallstudien att branddisciplinen generellt sett kan ta en aktivare roll när det kommer till samordningskontroller i BIM och kvalitetssäkringskontroller av digitala leveranser.

Vidare presenterar examensarbetet i Figur 38 i Bilaga B ett förslag på parametrarna som behövs för en standardiserad metod och i vilket skede dessa parametrar bör projekteras in i modellerna enligt enkätundersökningen för att kunna utföra kontrollerna som föreslås i Figur 39. Kontrollerna som föreslås i Figur 39 utgör dock inte en komplett metod för att kvalitetssäkra brandskyddet i den digitala arbetsprocessen. Vilket innebär att examensarbetets mål med att ta fram en standardiserad metod inte riktigt har uppnåtts. Men examensarbetets framtagna metod visar ändå på att det finns en stor potential till att ta fram en komplett standardiserad metod som på ett mer övergripligt plan kan användas av branddisciplinen för att kvalitetssäkra brandskyddet i BIM.

Examensarbetets resultat visar även att det går att kontrollera många olika typer av fel kopplat till brandskydd genom regeluppsättningarna som har skapats i fallstudien med kvalitetssäkringsprogrammet Solibri Office. Därmed kan målet om att ta fram ett konkret förslag på hur en regeluppsättning kan se ut i Solibri Office anses vara uppnått. Det finns däremot även här en stor utvecklingspotential och detta examensarbete behandlar endast sju av de 29 olika fel som har nämnts i enkätundersökningen.

Sammantaget visar detta examensarbete på att många upplever att fel kopplat till brandskydd sker ute i byggbranschen idag och att dessa fel bör kontrolleras i den tidiga projekteringen. Arbetet visar även att det finns en stor potential med att kunna kvalitetssäkra brandskydd i en digital miljö och med fortsatta arbeten är en standardiserad metod inte allt för långt borta.

## 10 Förslag till fortsatta arbeten

Fortsatta arbeten skulle kunna handla om att utföra en större fallstudie för att ta fram en större regeluppsättning till olika typer av fel som sker under byggprocessen. En utgångspunkt hade kunnat vara att fortsätta undersöka de fel kopplat till brandskydd som ännu inte hunnits undersökas vidare i detta examensarbete. Arbetet skulle även kunna innefatta en större enkätundersökning med syfte att nå ut till en större del av byggbranschen för att få en så representativ bild av problematiken som möjligt.

Det vore också intressant att undersöka hur regeluppsättningar kan skapas och hanteras med andra programvaror än Solibri Office. Ett förslag till fortsatta arbeten vore därmed att testa andra programvaror för att se om kvalitén på kontrollerna varierar och även vilka för- respektive nackdelar olika programvaror har för denna typ av kvalitetskontroller.

## 11 Referenser

- Akademiska Hus AB, Fortifikationsverket, Riksdagsförvaltningen, Specialfastigheter Sverige AB, Statens fastighetsverk. (2014). *Riktlinje, BIM i projekt*. BIM i staten.
- Autodesk. (den 27 09 2021). *Autodesk*. Hämtat från Vilka är fördelarna med bim: <https://www.autodesk.se/solutions/bim/benefits-of-bim>
- Autodesk. (den 20 april 2021). *Autodesk*. Hämtat från About Revit and IFC: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-DocumentPresent/files/GUID-6708CFD6-0AD7-461F-ADE8-6527423EC895-htm.html>
- Autodesk. (den 12 10 2021). *Autodesk*. Hämtat från Översikt - Vad är Navisworks?: <https://www.autodesk.se/products/navisworks/overview>
- Autodesk. (den 08 12 2021). *Revit: Support and learning*. Hämtat från knowledge.autodesk: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit/learn-explore/caas/video/youtube/lesson/143349-courseid-100332.html>
- AUTODESK BIM INTEROPERABILITY TOOLS. (2021). *AUTODESK BIM INTEROPERABILITY TOOLS*. Hämtat från AUTODESK MODEL CHECKER FOR REVIT: <https://interoperability.autodesk.com/modelchecker.php>
- BIM Alliance. (2013). *Rollbeskrivning i BIM - projekt*. Stockholm: BIM Alliance.
- Björk, E., & Graham, R. (2021). *MMI Sverige- Model Maturity Index för svensk byggbransch*. Stockholm: Skanska, Veidekke.
- Boverket. (2018). *Tidplan för en enhetlig digital tillämpning av plan- och bygglagen*. Karlskrona: Boverket.
- Briab. (den 28 januari 2021). *Briab*. Hämtat från Bimfire Tools tar nästa steg: <https://briab.se/aktuellt/nyheter/2872/>
- Briab AB, Bengt Dahlgren AB, Skanska Sverige AB, Veidekke Sverige AB. (2021). *Brandprojektering och Brand BIM*. Stockholm: Briab AB, Bengt Dahlgren AB, Skanska Sverige AB, Veidekke Sverige AB.
- Ekholm, A., Blom, H., Eckerberg, K., Löwnertz, K., & Tarandi, V. (2013). *BIM - Standardiseringsbehov*. SBUF.
- Grimm, T. (den 10 1 2017). *Revitaddons*. Hämtat från Fire Safety Assessor Initial Commercial Release, Version 0.9.0 (Updated): <http://revitaddons.blogspot.com/2017/01/fire-safety-assessor-commercial-release.html>
- Höst, M., Regnell, B., & Runeson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Holm, D., & Wallgren, J. (2013). *Kvalitets- och kollisionskontroller i BIM - projekt*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Kristiansson, J.-M. (den 22 09 2018). *BIM-dokument för svenska byggprojekt*. Solna: Nolliplan. Hämtat från Solibri: <https://www.nolliplan.se/solibri>
- Kristiansson, J.-M. (2018). *BIM-dokument för svenska byggprojekt*. Solna: Nolliplan.
- Lipp, J. (den 20 11 2017). *Solibri Inc*. Hämtat från Creating Rulesets in SMC v9.8: <https://www.solibri.com/learn/creating-rulesets-in-smc-v9-8>
- Nolliplan AB. (den 05 10 2021). *Nolliplan.se*. Hämtat från Solibri: <https://www.nolliplan.se/solibri>
- Norén, J., Nystedt, F., Strömgren, M., Möllard, R., & Delin, M. (2018). *Brandskyddsprojektering i en BIM-miljö*. Malmö: Briab Brand & Riskingenjörerna AB.
- Norén, J., Strömgren, M., Svensson, J., Furenberg, A., & Shisha, T. (2021). *Den obrutna informationskedjan för brandskydd*. Malmö: Smart Built Environment.
- Nyström, V. (2018). *En utredande jämförelse av programvaror vid BIM - samordning*. Örebro: Örebro Universitet.
- Rashid, Z., & Rustum, H. (2019). *KVALITETSSÄKRING VID LEVERANS AV IFC-MODELL*. Borås: Högskolan i Borås.
- Saval. (2021). *Saval*. Hämtat från BUILDING INFORMATION MANAGEMENT: <https://www.saval.nl/en/bim-by-saval/>

- Skanska Sverige AB, Veidekke Sverige AB. (2021). *MMI Sverige - Model Maturity Index för svensk byggbransch*. Stockholm: Skanska Sverige AB, Veidekke Sverige AB.
- Skill Builder: Creating Clash Sets* (2020). [Film].
- Solibri. (den 19 11 2021). *help.Solibri*. Hämtat från 203 Required Property Sets:  
<https://help.solibri.com/hc/en-us/articles/1500004738242-203-Required-Property-Sets>
- Solibri. (den 26 07 2016). *Solibri*. Hämtat från Incorporating the Solibri Model Viewer into your Project Workflow – Great capabilities to streamline and no cost to the project team:  
<https://www.solibri.com/learn/incorporating-the-solibri-model-viewer-into-your-project-workflow-great-capabilities-to-streamline-and-no-cost-to-the-project-team>
- Solibri. (den 12 Januari 2020). *Solibri*. Hämtat från Projects:  
<https://www.solibri.com/customers/projects>
- Solibri. (den 29 11 2021). *help.solibri*. Hämtat från 179 Escape Route Analysis:  
<https://help.solibri.com/hc/en-us/articles/1500004738162-179-Escape-Route-Analysis>
- Solibri. (den 19 11 2021). *help.Solibri*. Hämtat från 01 General Intersection Rule:  
<https://help.solibri.com/hc/en-us/articles/1500004738042-01-General-Intersection-Rule>
- Solibri. (den 19 11 2021). *help.Solibri*. Hämtat från 222 Component Distance:  
<https://help.solibri.com/hc/en-us/articles/4406899817111-222-Component-Distance>
- Strömgren, M., Norén, j., Eriksson, E., Hiort, F., & Furenberg Ring, A. (2021). *Kravställningsstöd för digitaliserad brandskyddsinformation i fastigheter*. Malmö: Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond.
- Taciuc, A., Karlshøj, J., & Dederichs, A. (2016). *Development of IFC based fire safety assesment tools*. Lyngby, Denmark: Technical University of Denmark.
- Trimble. (den 12 10 2021). *tekla.com/se*. Hämtat från Tekla BIMsight ersatt av Trimble Connect:  
[https://www.tekla.com/se/tekla-bimsight-ersatt-av-trimble-connect?gclid=Cj0KCQjw5JSLBhCxARIsAHgO2SfEbeb8cBrwgeIWhON9r2oAbAaXnU\\_xIFBj\\_XwYt4eWifipYXhotncaArxUEALw\\_wcB](https://www.tekla.com/se/tekla-bimsight-ersatt-av-trimble-connect?gclid=Cj0KCQjw5JSLBhCxARIsAHgO2SfEbeb8cBrwgeIWhON9r2oAbAaXnU_xIFBj_XwYt4eWifipYXhotncaArxUEALw_wcB)
- Westerlund, M. (2013). *Tydliga rollbeskrivningar underlättar BIM-arbetet*. Stockholm: OpenBIM.

## 12 Bilaga A – Enkätundersökning

Nedan presenteras frågorna som ställdes i enkätundersökningen samt en beskrivning av syftet med undersökningen som skickades ut tillsammans med frågorna i enkäten. Beskrivningen av syftet med enkäten var för att respondenterna skulle förstå syftet och på så sätt kunna bidra med mer relevanta svar till arbetet. I slutet av bilagan presenteras även två tabeller med en sammanställning på frågorna 2, 3 och 4 som ställdes i enkätundersökningen.

### **Syfte med enkäten:**

*En klar fördel med digitaliseringen sägs vara att onödiga repetitiva fel undviks i projekten. Genom att all information finns samlad i en molnbaserad plattform tillgänglig för samtliga aktörer förbättras kommunikationen och samordningen. Detta låter mycket lovande för oss brandingenjörer eftersom brandskydd ibland kan vara svårt att kommunicera till övriga discipliner vilket leder till onödiga fel.*

*Syftet med denna enkät är att med hjälp av byggbranschens talangfulla aktörer kartlägga vanliga eller allvarliga fel som uppstått i design- och produktionsskedet med avseende på fel eller risk för fel i brandskydd. Kartläggningen kan sedan utgöra en grund för att ta fram en metod för att utföra modellkontroller i den digitala arbetsprocessen. Genom dessa kontroller vill vi upptäcka och åtgärda fel i design- och projekteringskedet och på så sätt öka kvaliteten på bygghandlingarna.*

### **Fråga 1:**

*Företag och yrkesroll*

### **Fråga 2:**

*Finns det något/några vanliga eller allvarliga fel som uppstått i utredningskedet, projekteringskedet eller produktionsskedet med avseende på fel eller risk för fel i brandskydd som du stött på i dina projekt? (Vi vill förtydliga att projektet inte behöver vara projekterat i BIM) Bidra gärna med så många exempel som du kan, vi är väldigt tacksamma för din tid och dina svar!*

### **EXEMPEL PÅ SVAR:**

*A: Ett fel som jag stött på i ett av mina projekt var att el projekterade infällda eldosor i schaktväggarna som utgjorde brandcellsgräns. Det upptäcktes att de var oklassade och oåtkomliga utan rivning sen i projektet.*

*B: I ett annat projekt hade projektörerna blandat brännbara rör och ventilationskanaler i samma schakt vilket upptäcktes sent i produktionen.*

*C: Jag har även varit med i ett projekt där schakt som skulle tätas/gjutas igen hade missats vilket upptäcktes sent på bygget.*

### **Fråga 3:**

*Går det att uppskatta och möjligtvis specificera i vilket skede/vilka skeden i projektet som felet/felen uppstod?*

### **Fråga 4:**

*I vilket skede/vilka skeden i projektet hade det varit relevant att identifiera problemet/problemen och på så sätt undvika felet/felen?*

Tabell 5. Presenterar alla fel eller risk för fel kopplat till brandskydd som nämndes i enkätundersökningen. Tabellen anger även hur många personer som nämnde samma typ av fel. Samtliga fel markerade med \* är fel som har undersökts vidare i fallstudien i form av en typlösning eller ett fel som kan lösas med liknande kontroll som typlösningen.

#	Typ av fel	Antal
1	Dörrmiljö (Brandklass, beslag, lås, styrfunktioner, utrymningsmått, återinrymning, slagriktning, dörrstängare) *	62
2	Brännbara/Oklassade installationer, byggnadsdelar, isoleringar och ytskikt i ventilationsschakt *	42
3	Felaktig/Missad Brandtätning *	36
4	Brandcell (Missad brandcellsgräns, storlek eller indelning) *	33
5	Material- och ytskiktssklass (Invändigt och utvändigt) *	22
6	Felaktig bärverksklass eller oskyddat/felaktigt skyddat bärverk (Brandskyddsfärg och inklädnad av objekt)	17
7	Fönstermiljö (Brandklass, utrymningsmått och placering) *	15
8	Ventilationsbrandskydd (Brandgasventilation, rökluckor, brandspjäll)	14
9	Placering och/eller utformning av vägledande markering *	9
10	Omfattning/styrning av Brandlarm	8
11	Kommunikationsbrist (Byte av brandkonsult mitt i projekt)	6
12	Brandklass och utformning på kablage	5
13	Utrymme för utrymningsväg (Fria mått)	4
14	Igengjutning av schakt	4
15	Felaktig väggkonstruktion (Exempelvis luftspalt)	4
16	Omfattning/styrning av sprinkler	3
17	Infällda installationer i brandcellsgräns (Utöver schakt, t. ex eldosor) *	2
18	Omfattning/styrning av utrymningslarm	2
19	Gångavstånd	2
20	Uppställningsplats och tillgänglighet för räddningstjänst	2
21	Tillgänglighet och frångänglighet	2
22	Nödbelysning	2
23	Elrör genom brandsäkrad genomföring	1
24	Felaktig projektering av verksamhets- och byggnadsklass	1
25	Tvåvägskommunikation vid utrymningsplatser	1
26	Oklassade inspektionsluckor	1
27	Eldragning i badrumstak	1
28	Specialutformade byggnadsdelar som inte är helt vertikala	1
29	Missad leveransbesiktning av brandlarm	1

Tabell 6. Presenterar i vilket skede svarspersonerna upplever att felen sker och när de anser att felen bör kontrolleras under byggprocessen. Felen är numrerade precis som i Tabell 5.

När felen upplevs ske under byggprocessen				När felen bör kontrolleras under byggprocessen		
#	Design	Projektering	Produktion	Design	Projektering	Produktion
1		53	34		58	5
2		15	13	3	14	1
3	1	26	25		30	5
4		23	9		23	1
5		12	11		13	2
6		11	8		13	0
7		12	9		13	2
8		14	8		14	0
9		7	8		9	1
10		5	4		4	0
11		0	0		0	0
12		4	2		3	0
13		4	2		4	0
14		0	4		4	4
15		0	4		4	0
16		3	1		3	0
17		2	1		2	0
18		2	1	1	2	0
19		2	1		2	0
20		2	0		2	0
21		2	0		2	0
22		1	1		1	0
23		1	0		1	0
24		1	1		1	1
25		1	1		1	0
26		1	0		1	0
27		0	1		1	0
28		0	0		0	0
29		0	1		0	1



## 13 Bilaga B – Förslag på standardiserad brandparametrik

Skede		Parameter	Användning/Syfte		
Design- och Förslagsmodell	Systemmodell	FireReq_FireCompartment Brandcell Parameter på rumsnivå - Space	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x storlek på brandceller.		
		FireReq_FireCompartmentation Usage Verksamhetsklass Parameter på rumsnivå - Space	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x utrymningslarm.		
		FireReq_FireCompartmentation Type Användningstyp, ex. kontor Parameter på rumsnivå - Space	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x gångavstånd till utrymningsväg.		
		FireReq_FireLoad Brandbelastning Parameter på rumsnivå - Space	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x utrymningsvägar, brandceller och sprinklersystem.		
		FireReq_CompartmentationFu nctionality Funktionskrav, ex. utrymningsväg Parameter på rumsnivå - Space	Går att användas för att identifiera utrymmesfunktioner och urskilja krav på installationer, system och material.		
		FireReq_EmergencyExit Utrymningsväg Parameter på objektsnivå - Dörr och Fönster	Går att användas för att identifiera vilka dörrar och fönster som ingår i utrymningsstrategin.		
		FireReq_FireRatingWall Brandteknisk klass vägg Parameter på objektsnivå - Vägg	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.		
		FireReq_FireRatingDoor Brandteknisk klass dörr Parameter på objektsnivå - Dörr	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.		
		FireReq_FireRatingWindow Brandteknisk klass fönster Parameter på objektsnivå - Fönster	Går att användas för att identifiera kravställning på väggar.		
		FireReq_SupportColumns Brandsäkerhetsklass pelare Parameter på objektsnivå - Pelare	Går att användas för att identifiera kravställning på bärande pelare.		
		FireReq_SupportBeams Brandsäkerhetsklass balkar Parameter på objektsnivå - Balkar	Går att användas för att identifiera kravställning på bärande balkar.		
		FireReq_FireRatingInsulation Brandteknisk klass isolering Parameter på objektsnivå - Isolering	Går att användas för att identifiera kravställning på isolering för installationer.		
		Bygghandlingsmodell		FireReq_DoorFitting Utrymningsbeslag Parameter på objektsnivå - Dörr	Går att användas för att identifiera vilka dörrar som har utrymningsbeslag.
				FireReq_TypeOfLock Nyckellås Parameter på objektsnivå - Dörr	Går att användas för att identifiera vilka dörrar som har nyckellås.
FireReq_ClearOpeningWidth Min. fri passagebredd Parameter på objektsnivå - Dörr och fönster	Går att användas för identifiera kravställning på dörrar och fönster.				
FireReq_ClearOpeningHeight Min. fri passagehöjd Parameter på objektsnivå - Dörr och fönster	Går att användas för identifiera kravställning på dörrar och fönster.				
FireReq_ClearOpening Min. Dimension Parameter på objektsnivå - Dörr och fönster	Går att användas för identifiera kravställning på dörrar och fönster.				
FireReq_Occupancy Antal personer Parameter på rumsnivå - Space	Styrande parameter som reglerar brandskyddet. Går att användas till att stämma av efterföljande krav så som t.e.x. utrymningsbeslag och passagebredd.				
FireReq_ReactionFireWall Ytskikt och underlag Parameter på rumsnivå eller objektsnivå- Space respektive vägg	Går att användas för identifiera kravställning på material väggar.				
FireReq_ReactionFireCeiling Ytskikt och underlag Parameter på rumsnivå eller objektsnivå- Space respektive tak	Går att användas för identifiera kravställning på material för tak.				
FireReq_ReactionFireFloor Ytskikt och underlag Parameter på rumsnivå eller objektsnivå- Space respektive golv	Går att användas för identifiera kravställning på material för golv.				
FireReq_ReactionFireInsulation Ytskikt och underlag Parameter på rumsnivå eller objektsnivå- Space respektive Isolering	Går att användas för identifiera kravställning på material för isolering.				

Figur 38. Illustrerar examensarbetets förslag på hur brandparametrikerna kan benämnas på ett standardiserat sätt inom branschen. Figuren visar även i vilket skede samtliga parametrar bör finnas med i projekteringen för att kvalitetssäkringskontroller ska kunna utföras likt de som utförts i fallstudien av detta arbete.

Skede		Kvalitetssäkringskontroller Avseende Brandskydd
	Design- och Förslagsmodell	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kontrollera att dörrar som ingår i utrymningsstrategin definierats som utrymningsväg.</li> <li>•Kontrollera att vägg i brandcellsgräns har brandteknisk klass kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera storlek på brandceller.</li> </ul>
	Systemmodell	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kontrollera att samtliga genomföringar i brandcellsgränser har projekterats med brandtätningar.</li> <li>•Kontrollera att dörrar i brandcellsgränser har brandteknisk klass kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera att fönster i brandcellsgränser har brandteknisk klass kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera att bärande bärverk har brandsäkerhetsklass kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera att brännbara/oklassade installationer i ventilationsschakt isolerats med brandklassad isolering.</li> </ul>
	Bygghandlingsmodell	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kontrollera att dörrar har rätt brandteknisk klass kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera att fönster har rätt brandteknisk klass kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera att dörrar har rätt beslag kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera att utrymningsdörrar som vetter mot utrymmen med fler än 10 personer ej projekterats med nyckellås.</li> <li>•Kontrollera att golv, väggar och tak har rätt material- och ytskiktssklass kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera att dörrar, trappor och passager uppnår de krav som ställs på fria passagemått med avseende på höjd och bredd.</li> <li>•Kontrollera har installationer och isoleringar har rätt material och ytskiktssklass kopplat till sig.</li> <li>•Kontrollera att dörrar som ingår i utrymningsstrategin uppnår krav avseende utrymningsmått.</li> <li>•Kontrollera att fönster som ingår i utrymningsstrategin uppnår krav avseende utrymningsmått.</li> </ul>

Figur 39. Presenterar arbetets föreslagna metod för att kvalitetssäkra branddisciplinens digitala leveranser. Metoden är en sammanställning av samtliga kontroller som föreslås i fallstudien och i vilket projekteringskede de bör utföras i.