

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Institutt for matematiske realfag og teknologi

Masteroppgave 2016
30 stp.

Prosjekterendes bruk av BIM-basert modellsjekking og utvikling av rammeverk for en smart modellsjekk for universell utforming

Kartlegging av prosesser, utfordringer og muligheter ved den prosjekterendes bruk av BIM-basert modellsjekking, samt utvikling av rammeverk for en smart regelsjekk for universell utforming som kan resultere i en UU-score.

Philip Leer-Salvesen

Forord.

Denne oppgaven er utført ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, NMBU, våren 2016. Oppgaven er et avsluttende arbeid for mastergraden Byggeteknikk og Arkitektur (Siv.ing). Jeg valgte tema for oppgaven med det mål å bli kompetent på BIM. Kompetanse på BIM er en mangelvare i byggebransjen, og jeg tror BIM vil ha en sentral rolle i bransjen i årene framover. I tillegg er jeg generelt interessert i hvilke muligheter som ligger i bruk av ny teknologi. Jeg håper at mitt arbeid vil interessere medstudenter, praktiserende, veiledere og andre som vil lese oppgaven.

Takk skal rettes til mine veiledere Professor John Petter Langdalen (hovedveileder) ved Instituttet for matematiske realfag og teknologi ved NMBU og Doktor Eilif Hjelseth (biveileder). Jeg har satt pris på deres engasjement og rutinerne veiledning. Stor takk skal også rettes til dem som stilte opp på intervju. Jeg er takknemlig for at dere satt av tid til å dele deres erfaringer med meg.

.....

Philip Leer-Salvesen

Ås, Mai 2016

Sammendrag

Bruk av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) har for alvor tatt sitt inntog i byggebransjen og vil helt sikkert ha en rivende utvikling i årene som kommer. BIM er ikke bare et verktøy, men en prosess som byr på mange muligheter. Denne oppgaven utforsker BIM-basert modellsjekking som omtales som den BIM-applikasjonen med størst potensiale. Et eksempel på en klassisk regelsjekk er *kollisjonskontrollen* som er godt utbredt i dagens prosjekter. Men det er så mye mer enn kollisjonskontroller og visualiseringsmuligheter en regelsjekker kan brukes til, og denne oppgaven utforsker en av de mulighetene. Problemstillingen er:

”Prosjekterendes bruk av BIM-basert modellsjekking og utvikling av rammeverk for en smart modellsjekk for universell utforming”

Forskningsspørsmålene (som foreligger i kapittel 1.2) besvares med et litteraturstudie, semistrukturerte intervjuer og egen testing av programvare (Solibri Model Checker). Problemstillingen kan ses på som todelt, der første del handler om kartlegging av dagens bruk og prosesser av BIM-basert modellsjekking. Den delen utforskes ved et omfattende litteraturstudiet og intervjuer med praktiserende i bransjen. Som problemstillingen viser til, er det gjort en avgrensning ved å definere en viss rolles bruk av modellsjekking: den *prosjekterende*. Det kom fram i litteraturstudiet og intervjuene at bruk av BIM-basert modellsjekking har mange fordeler, som: effektivisering av prosesser, redusert ressursbruk og økt kvalitet. Intervjuobjektene utsagn understøttes av teori funnet i det teoretiske rammeverket *Integrated Design and Delivery Solutions* (IDDS). Resultatene peker på utfordringer, strategier og muligheter som ligger i bruk av BIM-basert modellsjekking. Oppgaven har, i likhet med IDDS, et fokus fordelt på prosesser, mennesker og teknologi. Det er et kvalitativt studie med en holistisk tilnærming. Den andre delen av problemstillingen inneholder et mer teknisk aspekt som også underbygges av funn fra forskning og empirisk data, men som først og fremst er et resultat av eget arbeid. Det introduseres et rammeverk for hvordan undertegnende ser for seg en smartere regelsjekk for universell utforming. Den regelsjekken inkluderer komponentene i dagens BIM-basert modellsjekking, i tillegg til nykommerne *egendefinerte regelsett*, *best practises*, *UU-objekter* og *faseklassifisering*. Regelsjekken generere to ulike rapporter: den ene rapporterer om oppfyllelse av lovverk for universell utforming, og den andre rapporterer om grad av oppfyllelse utover minstekrav. Sistnevnte rapport kan brukes til å lage det som i denne oppgaven er blitt introdusert som *UU-score*. En score/poengsum, som kan sammenlignes med en BREEAM-score, som dokumenterer kvaliteten på den universelle utforming. De ønskede resultater av UU-scoren er verdiskaping, bedre universell utforming og en diskusjon om å ha ulike grader av krav for UU.

Abstract

Use of Building Information Models (BIM) has taken center stage in the AEC industry and will surely have a rapid development in the coming years. BIM is not just a tool, but also a process that has many possibilities. This research explores the potentials of BIM-based model checking, which is referred to as the BIM application with the greatest potential. An example of a classic model check is *Clash Detection*, which is already widely used in today's projects. But there is so much more than Clash Detection and visualization model checkers can do, and this thesis explores one of the possibilities. The master thesis title is:

Planners Use of BIM-based Model Checking and Development of a Framework for a Smart Model Checker for Universal Design

The research questions (contained in section 1.2) will be answered based on findings in the literature search, semi-structured interviews and testing software (Solibri Model Checker). The title can be seen as twofold. Where the first part is about the mapping of current uses and processes of BIM-based model checking by an extensive literature search and interviews with practitioners in the industry. And as the title refers to, it is done in appraisal by defining a certain role's use of model checking, namely the planners. It emerged from the literature research and interviews that BIM-based model checking offers good benefits in terms of streamlining processes, reduced resource consumption and improved quality. Interviewees statements are supported by theory found in the theoretical framework *Integrated Design and Delivery Solutions* (IDDS). The results point to the challenges, strategies and opportunities inherent in the use of BIM-based model checking. This research, like IDDS, has a focus on processes, people and technology. It is a qualitative study with a holistic approach. The second part of the title relates to a more technical aspect, which is also supported by findings from literature research and empirical data, but primarily a result of my own work. The paper introduces a framework for how a smarter model checker for universal design could look like. The model checker includes components of current BIM-based model checkers, as well as newcomers: *custom rulesets*, *best practises*, *UD-objects*, *phaseclassification* and a generally different structure. It generates two different reports, one of which reports compliance with legislation for universal design, and the other includes the degree of fulfillment beyond minimum requirements. The latter report can be used to create what in this thesis has been introduced as *UD-score*. A score that is similar to a BREEAM-score, which documents the quality of the universal design. The ideal result of this UD-score is increased value, improved universal design and a discussion on creating different legislative degrees of universal design.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
Abstract.....	5
Innholdsfortegnelse.....	6
Figur- og tabelliste.....	8
Definisjoner.....	9
1. Innledning.....	10
1.1 Bakgrunn.....	10
1.1.1 Paradigmeskifte med BIM.....	10
1.1.2 Behovet for standardisering.....	11
1.1.3 Potensialet i regelsjekkere.....	11
1.1.4 Universell utforming.....	13
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål.....	14
1.3 Avgrensninger.....	15
2. Teori.....	16
2.1 Building Information Model – BIM.....	16
2.1.1 ÅpenBIM.....	17
2.1.2 Prosessendringer og ansvarsfordeling.....	18
2.2 BIM-basert modellsjekking.....	19
2.2.1 Solibri Model Checker.....	20
2.2.3 Fordeler ved bruk av regelsjekkere.....	21
2.2.4 Utfordringer ved bruk av regelsjekkere.....	22
2.3 Universell utforming.....	23
2.3.1 Lovverk for universell utforming.....	23
2.3.2 Dagens situasjon.....	24
2.3.3 Solibri Model Checkers regelsett for tilgjengelighet.....	25
2.3.4 Implementering av NS 11001-1:2009 og NS 11001-2:2009.....	25
2.4 Integrated Design and Delivery Solutions - IDDS.....	27
2.4.1 Problemer, løsninger og muligheter med BIM definert av IDDS.....	28

3. Metode.....	31
3.1 Metode for litteraturstudie.....	31
3.2 Metode for semistrukturerte intervjuer og analyse	31
3.3 Metode for testing av programvare.....	33
3.4 Refleksjon og kvalitetssikring.....	33
3.4.1 Validitet.....	33
3.4.2 Reliabilitet.....	33
3.4.3 Kildekritikk.....	33
4. Resultater.....	34
4.1 Intervjuer.....	34
4.1.1 Intervjuobjektene bakgrunn.....	34
4.1.2 Informantenes bruk av regelsjekkere i deres prosjekter.....	35
4.1.3 Prosessendringer ved av bruk av BIM og regelsjekkere.....	38
4.1.4 Effekter ved bruk av BIM og regelsjekkere.....	40
4.1.5 Bruk av regelsjekkere på universell utforming.....	42
4.1.6 Interoperabilitet og utfordringer i implementering av regelverk.....	44
4.1.7 I hvilke faser vil vi bruke regelsjekkere?	46
4.1.8 Implementering av Best Practise.....	48
4.1.9 Utvikling av regelsjekkerne og kontrakter	49
4.1.10 Gi karakter på universell utforming.....	51
4.2 Resultater fra testing i programvare.....	53
4.2.1 Testing av Solibri Model Checker.....	53
4.2.2 Regelsjekk for universell utforming.....	56
4.2.3 Egne regelsett i Solibri Model Checker.....	57
4.2.3 Utviklingen av smart regelsjekk for universell utforming.....	59
5. Diskusjon.....	64
6. Konklusjon.....	69
7. Videre arbeid.....	72
8. Referanser.....	73

Tabelliste

Side

Tabell A: Tabellen viser definisjoner av begreper og forkortelser.....	9
Tabell 2.4-1: Tabellen viser utfordringer med BIM som IDDS belyser.....	28
Tabell 2.4-2: Tabellen viser strategier/løsninger som IDDS belyser.....	29
Tabell 2.4-3: Tabellen viser muligheter/resultater som IDDS belyser.....	30
Tabell 4.1.1-1: Tabellen viser en oversikt over intervjuobjektene og deres rolle.	34

Figurliste

Side

Figur 1.1.3-1: Kollisjonstest i Solibri Model Checker. Skjerm bilde hentet fra en av Solibris instruksjonsvideoer...	12
Figur 1.1.4-1: For noen kan det føles som Mt. Everest. Bilde laget av Philip Leer-Salvesen.....	13
Figur 2.2-1: Tre komponenter i buildingSMARTs åpenBIM-system. Basert på informasjon hentet fra buildingSMART.no.....	17
Figur 2.1.2-1: The Seven Pillars of IPD. Hentet fra CIB - IDDS (2013a).....	19
Figur 2.2.3-1: Figur på LOD. Hentet fra http://practicalbim.blogspot.com.au/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html Copyright tilhører practicalBIM.net.....	22
Figur 2.3.4-1: Kontroll av svingradius for rullestol på handicaptoalett. Bilde hentet fra SBM 1.2.....	26
Figur 2.4-1: IDDS header. Hentet fra CIB, IDDS (2013a).....	27
Figur 4.2.1-1: Illustrasjonsfigur av SMC. Skjerm bilde fra Solibri Model Checker.....	53
Figur 4.2.1-2: Checking-vindu i SMC. Skjerm bilde fra Solibri model Checker.....	54
Figur 4.2.1-3: Information Takeoff-vindu i SMC. Skjerm bilde fra Solibri model Checker.....	54
Figur 4.2.1-4: Sammenkobling mellom ArchiCAD og Solibri Model Checker. Laget av Philip Leer-Salvesen med skjerm bilder hentet fra Solibri og ArchiCAD.....	55
Figur 4.2.2-1: Kontroll av snusirkel på bad. Skjerm bilde fra Solibri Model Checker.....	56
Figur 4.2.2-2: Endring av <i>Issue Detail</i> . Skjerm bilde fra Solibri Model Checker.....	56
Figur 4.2.3-1: Checking - Rulesets. Skjerm bilde fra Solibri Model Checker.....	57
Figur 4.2.3-2: Ruleparameters for Required Components. Skjerm bilde fra Solibri Model Checker.....	57
Figur 4.2.3-3: Ruleset Manager. Skjerm bilde fra Solibri Model Checker.....	58
Figur 4.2.4-1: Rammeverk for en smart regelsjekk for universell utforming. Laget av Philip Leer-Salvesen.....	59
Figur 4.2.4-2: Snusirkel til venstre, forslag til UU-objekt til høyre. Laget av Philip Leer-Salvesen.....	61
Figur 4.2.4-3: Illustrasjon viser av mangfoldet av punkter må tenke på i utforming av offentlige bygninger. Laget av Philip Leer-Salvesen. Planløsning fra tidligere prosjektoppgave: forslag til nytt rådhus.....	62

Definisjoner

Tabell A: Tabellen viser definisjoner av begreper og forkortelser indikert med fet skrift

Nr.	Begrep	Definisjon
01	BIM	B uilding I nformation M odel, på norsk: Bygningsinformasjonsmodell
02	Solibri	Finsk selskap som utvikler og programvare for behandling av BIM-modeller
04	IFC	I ndustry F oundation C lasses. Et såkalt åpent filformat (ikke proprietært) som kan brukes til utveksling av informasjon av ulike aktører som designer i ulike programmer.
05	IFD	I nternational F ramework for D ictionaries. En ordbok med formål å gjøre IFC uavhengig av språk og landegrenser.
06	IPD	I ntegrated P roject D elivery. Rammeverk for prosess.
07	IDDS	I ntegrated D esign and D elivery S olutions. Artikkel skrevet av International Council for Research and Innovation in Building and Construction
08	CIB	I nternational C ouncil for R esearch and I nnovation in B uilding and C onstruction. Internasjonal organisasjon som blant annet arbeider med utviklingen av IDDS.
09	IDM	I nformation D elivery M anual. Standardisering av prosess, krav og leveranse i prosjekt
09	BMC	B IM based M odel C hecking. På norsk: BIM basert modellsjekkning. Bruk av digitale regelsjekkere/modellsjekkere for visualisering el. kontrollere BIM opp mot regler og krav
11	CAD	C omputer A ided D esign. På norsk: dataassistert konstruksjon, DAK
12	ISO	I nternational O rganization for S tandardization. Internasjonal organisasjon som utgir standarder innenfor en rekke områder.
14	UU	U niversell U tforming er en langsiktig nasjonal strategi for å bidra til å gjøre samfunnet (bygninger og uteområder) tilgjengelig for alle og forhindre diskriminering.
15	TEK	T eknisk F orskrift.
16	LOD	Kan stå for både L evel- o f- D etail og L evel- o f- D evelopment avhengig av kontekst
16	NS11001-1:2009	Norsk Standard med regelverk for universell utforming av boliger
17	NS11001-2:2009	Norsk Standard med regelverk for universell utforming av arbeids- og publikumsbygninger
20	Interoperabilitet	Evnen til et system, for hvilket alle grensesnitt er fullstendig oppgitt, å samhandle og fungere med andre systemer, uten noen tilgang- og implementasjonsrestriksjoner.
21	Graphisoft ArchiCAD	Programvare arkitekter bruker i modellering av bygninger

1. Bakgrunn

Kapittel 1 gir en introduksjon til denne masteroppgavens tema og formål. Kapitlet inneholder *bakgrunnen* som er nødvendig for å forstå den valgte problemstillingen og motivasjonen bak valget. Videre formuleres *problemstillingen* og de forskningsspørsmålene den utløser - som oppgaven skal besvare. Til slutt defineres oppgavens *avgrensninger*. Bakgrunnen kan kokes ned til: paradigmeskifte med BIM, behovet for samarbeid og standardisering, BIM-basert modellsjekking og universell utforming.

1.1.1 Paradigmeskifte med bygningsinformasjonsmodeller

I dag er det en rekke betydelige, samfunnsmessige og teknologiske påvirkninger i byggebransjen. Det skjer en storstilt omlegging til 3D-baserte modeller og bygningsinformasjonsmodeller (BIM). Ny teknologi entrer både byggeplassen og kontoret, og bringer enestående muligheter for utveksling og bruk av informasjonsrike 3D-modeller. Systemer utvikler seg raskt og ofte med ambisiøse mål for av ytelse, tid- og kostnadsbesparelser, energikrav, kvalitet og bærekraftighet. Bruken av BIM ser ut til å forbedre informasjonsflyten i prosjekter og byr på bedre samhandling på tvers av roller og fagdisipliner.

Til tross for disse påvirkningene er det utfordringer som hindrer en jevn overgang inn i et nytt paradigme. Teknologi og BIM utvikles fort og erfarne arbeidere med tradisjonelle arbeidsmetoder og ferdigheter er presset til å holde seg oppdatert på ny teknologi. Vilje til omstilling er en barriere. På den annen side inntreer nye arbeidere i arbeidslivet, med en iboende fortrolighet og komfort med ny teknologi. Det kommersielle presset øker på programvareleverandører med tanke på utvikling av programmer som legger til rette for utvekslingen av informasjon, spesielt mellom ulike fagmodeller.

1.1.2 Behovet for samarbeid og standardisering.

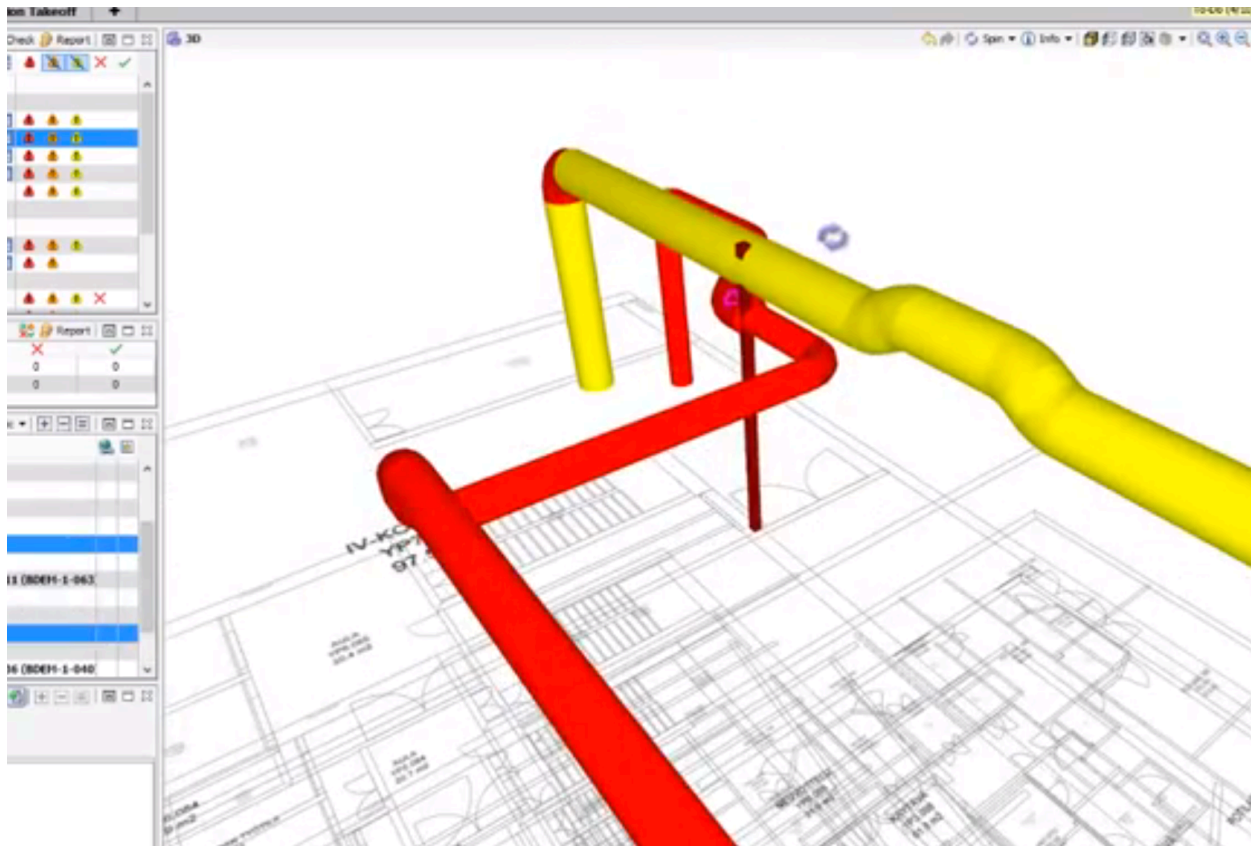
Bruken av BIM og BMC øker og det er viktig at alle aktører i bransjen samarbeider og driver utviklingen fremover i felleskap på en best mulig måte. Alle er tjent med et bedre samarbeid på tvers av bedrifter og fagfelt. Større grad av standardisering kan bidra til en raskere adopsjon av gode og effektive prosesser. Der arbeidsoppgaver, teknologi, kontrakter og regler er mer standardisert blir flyten i prosessen enklere og kan resultere i oversiktlig, høyere produktivitet og dermed færre feil, misforståelser og dobbeltarbeid. Særlig viktig da BIM fortsatt er en relativ ukjent arbeidsmetode for flere.

1.1.3 Potensialet i regelsjekkere

BIM inneholder informasjon om ulike fagmodeller og bør brukes i alle faser av prosjektet for få å utbytte av gevinstene. BIM-basert modellsjekk (BMC) ses på som en av de største fordelene ved bruk av BIM. BMC handler om bruk av digitale regelsjekkere/modellsjekkere for visualisering, design koordinering og kontrollering av bygninginformasjonsmodellen opp mot regler og krav. Både formelle krav, som standarder og forskrifter, og egendefinerte regelsett kan implementeres.

I dagens prosjekter som prosjekteres med BIM er det vanlig å kjøre modellen gjennom en kollisjonskontroll (Clash Detection). Dette er en kontroll som sjekker modellen for kollisjoner mellom bygningselementer. For eksempel har RIV tegnet en ventilasjonskanal som kolliderer med en søyle som RIB har plassert i modellen. På store prosjekter kan det være krevende for mennesker å indentifisere alle typer kollisjoner ved å se på en haug med 2D tegninger.

Programmet som kjører kontrollen kan så indentifisere problemet og sender deretter et varsel om hvor i modellen kollisjonen har oppstått. Et 3D-vindu popper opp og viser hva som har gått galt, og brukeren kan så gå inn i modellen og endre designet. En slik prosess senker antall feil ved bygging. Og det er mye billigere å rette opp feil i tegneprogrammet, i en tidlig fase, fremfor å om løse problemet på byggeplassen.



Figur 1.1.3-1: Kollisjonstest i Solibri Model Checker. Skjerm bilde fra en av Solibri sine instruksjonsvideoer.

Kollisjonstester viser at BMC er et meget viktig verktøy som kan hindre feil og bidra til økt kvalitet og redusert ressursbruk. Men det er så mye mer en regelsjekker kan brukes til. Potensialet i BMC er stort og det er viktig å fortsette å utvikle regelsjekkere og utforske hvilke muligheter som finnes. Det er i teorien bare fantasien som setter grenser for hvilke regelsjekker som kan utvikles, og denne oppgaven peker på noen muligheter som vi ikke utnytter godt nok i dag. Den peker også hvilke andre hindringer, utenom fantasi, som må overkommes for at BMC skal lykkes. Kapittel 2.2 inkluderer teori om prinsipper for BMC.

1.1.4 Universell utforming

FN-konvensjonen om *rettighetene til mennesker med nedsatt funksjonsevne* ble vedtatt i 2006. Norge og 80 andre land undertegnet konvensjonen som har som hovedmål å sikre personer med nedsatt funksjonsevne like muligheter til å realisere sine menneskerettigheter og hindre diskriminering. I konvensjonen er universell utforming definert som: ”utforming av produkter, omgivelser, programmer og tjenester på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming.” Nedsatt funksjonsevne kan være fysiske, mentale, intellektuelle eller sensoriske funksjonsnedsettelse. (Barne-, likestillings- og inkluderingsdepartementet 2013)

Det finnes mange regler i lovverk for universell utforming med veldefinerte mål og størrelser som en prosjekterende kunne fått hjelp til å sjekke av en digital regelsjekker. Universell utforming er viktig for samfunnet vårt, og med ny teknologi som BIM og BMC, kan kvaliteten til prosessen og utformingen økes. Mer teori om hva universell utforming er, samt dagens situasjon, foreligger i teorikapittelet



Figur 1.1.4-1: For noen kan det føles som Mt. Everest. (Bilde laget av Philip Leer-Salvesen)

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Med den bakgrunnen og motivasjonen som er introdusert, er målet til denne masteroppgaven å kartlegge dagens bruk av BIM-basert modellsjekking, med hovedfokus på sjekking for universell utforming. I tillegg utforskes muligheter for hvordan en kan ta regelsjekking til et nytt nivå for å videre utnytte potensialet innen modellsjekking, ved å introdusere et rammeverk for en smartere regelsjekk for universell utforming enn den som finnes i dag. Formulering av problemstilling er som følger:

”Prosjekterendes bruk av BIM-basert modellsjekking og utvikling av rammeverk for en smart modellsjekk for universell utforming”

Spørsmål som problemstillingen utløser og som denne oppgaven skal besvare er:

- Hva er BIM-basert modellsjekking og hvilke effekter har det?
- Hvordan arbeider den prosjekterende med BIM-basert modellsjekking?
- Hvordan fungerer modellsjekking for universell utforming i dag?
- Hvordan kan en smartere regelsjekker for universell utforming se ut?
- Hvilke muligheter ligger i en utvikling av en smartere regelsjekk?

Som *metodekapitlet* vil utdype, forsøkes spørsmålene ovenfor å besvares best mulig på bakgrunn av et litteraturstudie, intervjuer og egen testing av teknologi. Problemstillingen kan ses på som todelt: der *”Prosjekterendes bruk av BIM-basert modellsjekking..”* handler om kartlegging av dagens bruk og prosesser, og som besvares på bakgrunn av funn i litteraturstudiet og intervjuer. Den andre delen *”..og utvikling av rammeverk for en smart modellsjekking for universell utforming”* bygger også på funn fra litteraturstudie og intervjuer, men er først og fremst et resultat av egen utvikling. Det utvikles et rammeverk for hvordan undertegnende ser for seg en smartere regelsjekk for universell utforming. På den måten blir ikke dette nok en rapport som konkluderer med at *”fremtidige muligheter er store”*, men den resulterer i konkrete forslag og eksempler ved å anvende teorien og den empiriske dataen.

1.3 Avgrensninger

BIM er et stort tema, det er mange aspekter ved teknologi og prosesser man kan fordype seg i, og det har vært nødvendig å gjøre noen avgrensninger. Denne oppgaven har valgt å fokusere på BIM-basert modellsjekking. Videre er det gjort en avgrensning i valg av hva som skal sjekkes: nemlig bestemmelser for universell utforming.

Det finnes flere programmer for modellsjekking, men det er i denne oppgaven tatt utgangspunkt i Solibri Model Checker. Dette valget bygger på min oppfatning om at dette er den sterkeste softwaren per dags dato. I tillegg bruker intervjuobjektene dette programmet. Det er på denne måten ikke dedikert så mye tid til å veie de ulike programmene (Naviswork fra Autodesk, Tekla BIMsight fra Tekla, MagiCAD etc.) opp mot hverandre.

I tillegg er det gjort en avgrensning i valg av rolle. Dette er gjort for at en enklere skal kunne indentifisere seg med oppgaven. Det er valgt å kartlegge den *prosjekterendes* bruk av BIM-basert modellsjekking for UU. Og når vi snakker om å prosjektere for universell utforming er det stort sett arkitekter som gjør den jobben. De som har blitt intervjuet er arkitekter og/eller BIM-koordinatorer.

2. Teori

Kapitlet inneholder relevant teori for BIM, BIM-basert modellsjekking og universell utforming. Vitenskapelige artikler, bøker og aktuelle studentoppgaver har blitt referert til for å belyse oppgavens tema og dagens situasjon. I tillegg inkluderes det teoretiske rammeverket IDDS – Integrated Design and Delivery Solutions.

2.1 Building Information Model (BIM)

Det er viktig å se forskjellen mellom BM (Building Model - 3D modell) og BIM med fokus på "I" som står for informasjon. BIM er i sin ekspansive fase og mange hevder at BIM, og særlig modellsjekking, vil bidra til et paradigmeskifte i byggebransjen. Mulighetene er store, men det krever en høy kvalitet på relevant informasjon i BIM-filer samt gode prosesser. BIM kan defineres som en intelligent, tredimensjonal modell av en konstruksjon med implementert objektinformasjon. (Hjelseth 2015)

Prosessene som involverer utvikling og behandling av BIM-filer omtales som bygningsinformasjonsmodellering. Ulike aktører bruker BIM til ulike formål, som visualisering, koordinering, mengdeuttak, produksjon og kvalitetssikring. BIM får flere og flere bruksområder og "dimensjoner", utover å være en tredimensjonal modell. Under er oversikt over hvilke dimensjoner av BIM som fagfolk har omtalt:

3D BIM – Modell. Tredimensjonale modeller byr på gode visualiseringsmuligheter, modellgjennomgang (walkthrough) og regelsjekking som kollisjonstesting.

4D BIM - Tid. Det implementeres informasjon knyttet til utførelse, fremdriftsplanlegging, oppfølging og ledelse av prosjektet. Det byr på enklere byggeprosesser med færre feil, bedre ansvarsfordeling og større muligheter for å levere innenfor avtalte tidsfrister og budsjett.

5D BIM - Kostnad. Modellen kan brukes til budsjettering, mengdeuttak i kalkulasjonsprosesser generere lister for bestillinger. Det kan spare tid, penger og øke nøyaktigheten på ressursbruk og mengdeuttaket. Livssyklus-kostnader kan og estimeres.

6D BIM - Miljø. Modellen kan brukes i energisimuleringer og andre analyser type miljøbelastninger, både under bygging og i byggets levetid.

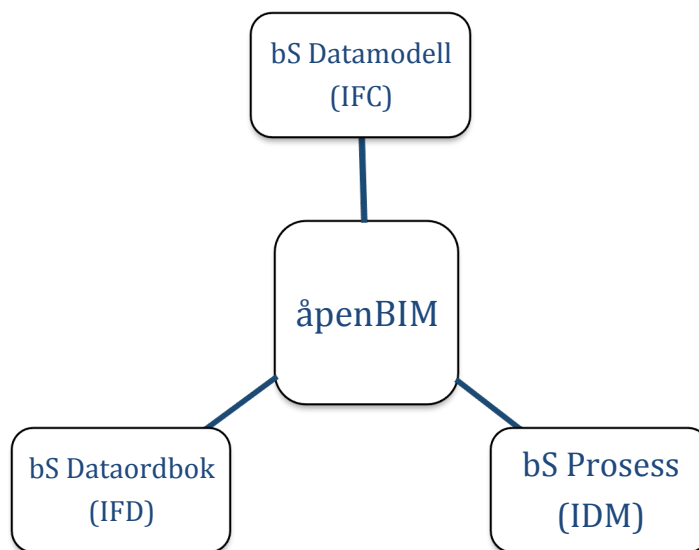
7D BIM – FDVU. Modellen kan brukes også i etterkant av ferdigstillelse, til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU).

(Eriksen 2015)

2.1.1 ÅpenBIM

I de siste årene har det blitt stadig viktigere i bransjen å fokusere på samhandlingen mellom aktørene på tvers av ulike ansvarsområder, prosesser og programmer. ÅpenBIM handler nettopp om å gjøre samarbeidet rundt BIM-prosjektet så åpent og enkelt som mulig. At ulike aktører bruker ulike programmer er uunngåelig, men det bør ikke være en hindring for prosessen. Løsningen har vært implementering av et ”åpent” filformat som mange forskjellige programmer kan bruke ved eksportering av filer. Filformatet heter IFC (Industry Foundation Classes) og det sørger for utveksling av objektbaserte modeller mellom programmer. Harald Selvær (2011) skriver at: ”Filformatet er opprettet for å være en bro og informasjonsplattform mellom de ulike programmene på markedet.” (Selvær 2011)

BuildingSMART Norge har utviklet sitt åpenBIM system. Systemet bygger på tre komponenter/standarder de mener må være tilstede for en effektiv bruk av åpenBIM: Datamodellen (IFC), Dataordboken (IFD) og Prosessen (IDM). (BuildingSMART Norge 2016)



Figur 2.2-1: Tre komponenter i buildingSMARTs åpenBIM-system. Basert på informasjon hentet fra buildingSMART.no

BuildingSMART Dataordboken (tidligere kalt IFD - International Framework for Dictionaries) brukes for at modeller skal tolkes entydig av ulike aktører, og på tvers av landegrenser, ved bruk av felles terminologi. Dataordboken er basert og ISO12006-3 og brukes til blant annet å automatisere og effektivisere prosesser som produktsøk, produktspesifikasjoner, varehandel og FDV-dokumentasjon. (BuildingSMART Norge 2016c)

Det siste leddet er BuildingSMART Prosess. Den ble tidligere kalt IDM, som står for Information Delivery Manual, og er en manual for hvordan prosessen bør forgå i et åpenBIM-prosjekt. Den inneholder standardiserte prosedyrer og bestemmelser for leveranser, definering av roller og grensesnittet mellom de ulike fagfeltene i prosjektet. Beskrivelsene er laget for å bidra til en effektiv prosess og bedre samarbeidet mellom ulike aktører. (buildingSMART Norge 2016a).

2.1.2 Prosessendringer og ansvarfordeling

BIM er en samarbeidsprosess der alle partene har et delt ansvar linket til dataen som genereres, settes inn i, tas ut av, og behandles i bygninginformasjonsmodellen. Med nye verktøy og teknologi kommer også nye arbeidsmetoder og prosesser, som endrer hvordan alle involverte jobber.

Det er essensielt at prosessene er gode og effektive og at kontrakter, roller, ansvarsfordeling og leveranse har klare retningslinjer. Kontrakter mellom byggherrer, rådgivere, entreprenører og arkitekter må definere det delte ansvaret i BIM-prosjektet for å skape tillitsfulle relasjoner (Kensek 2014). Et prosjekt har en begrenset varighet og dets mål er å oppfylle kundens krav for leveranse innenfor de avtalte kvalitetene, tid- og kostnadsrammene. Et prosjekts suksess er målt i kvalitet og kundeaksept, og prosjekter der det ikke bevisst jobbes mot å oppnå kundeaksept kan resultere i prosjektfiasko. (Kolltveit, Lereim, Reve 2009)

Lean Construction er i vinden om dagen, og har i likhet med BIM, en stor påvirkning på byggebransjen. Selv om Lean Construction og BIM i utgangspunktet ikke har noe med hverandre å gjøre, indikerer studier at synergi eksisterer. Det er altså en gjensidig forsterkning av gevinster gjennom å bruke Lean-tankegang og BIM samtidig. Lean Construction refererer til adopsjon av konsepter og prinsipper fra Toyota Production System (TPS) til bygging, og handler i hovedsak om kontinuerlig forbedring, reduksjon av *waste* og økning av *value* for kunden. Det er dermed enkelt å trekke linjer mellom formålene til Lean og BIM. (Sacks et al. 2010)

Integrated Project Delivery (IPD) trekker linjer mellom BIM og Lean for å danne en samlet og helhetlig prosess, og er i dag særlig populært i USA. IPD kan ses på som et rammeverk for en prosess med en juridisk struktur som har som formål å sikre god samhandling i prosjekter. IPD kan i praksis brukes uten BIM (se figur 2.1.2-1), men BIM er vanligvis en integrert faktor i utførte IPD-prosjekter. (CIB 2013a)



Figur 2.1.2-1: The Seven Pillars of IPD. Hentet fra CIB, IDDS (2013a)

2.2 BIM-basert modellsjekkning

Dette kapittelet gir en innføring i BIM-basert modellsjekkning (BIM-based model checking - BMC). Som det ble introdusert i (1.1.3) så handler BMC om å koordinere modeller fra forskjellige disipliner ved å slå sammen BIM-filer til én modell, og således sjekke den opp mot spesifiserte regler ved hjelp av digitale regelsjekkere. BMC er ofte omtalt som en av de største fordelene ved bruk av BIM, der alle kan utføre kompatibilitetskontroller og koordinere design.

Som Hjelseth (2015) skriver, så består BMC av tre komponenter: software, regelsett og BIM-filer. Og man må ha fokus på å utvikle hver av de tre komponentene og forholdene mellom dem. BMC illustrerer hvor viktig det er med relevant informasjon i BIM-filer. Det er kontraproduktivt å fylle BIM-en opp med all mulig informasjon som ikke er relevant og som ikke bringer noen verdi til modellen. En må ha en helhetlig tankegang når man legger inn informasjon i modellen. Også regelsettene som programmeres må være presise for det man har en intensjon om å kontrollere. Regelsjekkning og simuleringer for å gjøre bygningstekniske vurderinger i tidlige faser av et prosjekt, viser seg å være en lønnsom BIM-applikasjon. Et regelbasert sjekkesystem er definert som et dataprogram som i utgangspunktet ikke endrer bygningsdesigner, men som heller vurderer det på grunnlag av konfigurerte krav og informasjonsrike bygningsobjekter.

Zhang (et al. 2013) skriver at konvensjonelle kvalitetssjekker som utføres manuelt av flere domenespesifikke eksperter, er en tidskrevende, kostbar prosess som er utsatt for feil. Bruken av digitale regelsjekkere kan gjennom automatiserte simuleringer bidra til en raskere og mer pålitelig kvalitetssjekk av bygningsdesignet.

Som Hjelseth og Nisbet skriver (2010), så kan ikke modellsjekking alene avgjøre om tegningene har et godt design med gode løsninger. Modellsjekking kan derimot være en støtte for å identifisere design-feil, ved å sjekke modellen for avvik fra lovverk og regler. Videre beskrives de fire prinsippene for modellsjekking. Disse prinsippene kan ses på som et bidrag til en mer presis bruk av modellsjekking, og som ser på modellsjekking som en del av et kunnskapssystem:

- 1. Validerende systemer.** System som sjekker geometrisk-basert sjekking (som kollisjonstest eller tilgjengelighets-test) eller Compliance checking (sjekker modellen opp mot lover, regler, standarder) og kan gi resultatet: godkjent/ikke godkjent
- 2. Veiledende systemer.** System som indentifiserer et problem og foreslår alternativer løsninger og tips. Et eksempel er at systemet genererer sjekklister.
- 3. Tilpassende systemer.** System som resulterer i en modifisert modell. Et smart system som selv kan endre objekters plassering eller dimensjon for å tilfredsstille definerte regler.
- 4. Innhold-basert sjekking.** System som sjekker ytelsen til objektene i modellen. For eksempel brannklasse eller kuldebroverdi.
(Hjelseth, Nisbet 2010)

2.2.1 Solibri Model Checker

Som forklart i underkapittelet *Avgrensninger*, er det i denne oppgaven fokusert på programvaren Solibri Model Checker. Programmet er utviklet av det finske selskapet Solibri som ble etablert i 1999, og har i dag flere leverandører. Som Selvær (2011) skriver, så har Solibri som målsetting å forbedre kvaliteten på BIM og tilrettelegge for bedre samarbeidet mellom forskjellige fagområder. Firmaet er markedsledende i store deler av Europa, Asia og Amerika.

Solibri Model Checker er et analyseverktøy for analysering og visualisering av BIM modeller, og kan hente ut objektinformasjon om kvalitet og tilhørighet av modellen. En fullstendig BIM inneholder store mengder informasjon, og denne informasjonen blir stadig mer omfattende og avansert. Denne utviklingen krever bedre samhandling mellom partene i et prosjekt og skaper behov for en felles informasjonsplattform. Solibri har samarbeidet sammen med buildingSMART og ved bruk av det åpne filformatet IFC er det tilrettelagt for utveksling og

sammenligning av informasjon. I tillegg til at Solibri Model Checker kan brukes til visualisering og koordinering av ulike fagmodeller, kan det brukes til validering og modellsjekkning. Det klassiske eksempelet på dette er kollisjonskontroller (som forklart i 1.1.5), hvor programmet sjekker modellen for kollisjoner mellom elementer eller om krav til distanser mellom dem er oppfylt. En nærmere innføring i programmets oppbygging og funksjoner foreligger i 4.2.1 *Testing av Solibri Model Checker*. (Selvær 2011; Solibri 2016).

2.2.2 Fordeler med regelsjekkere

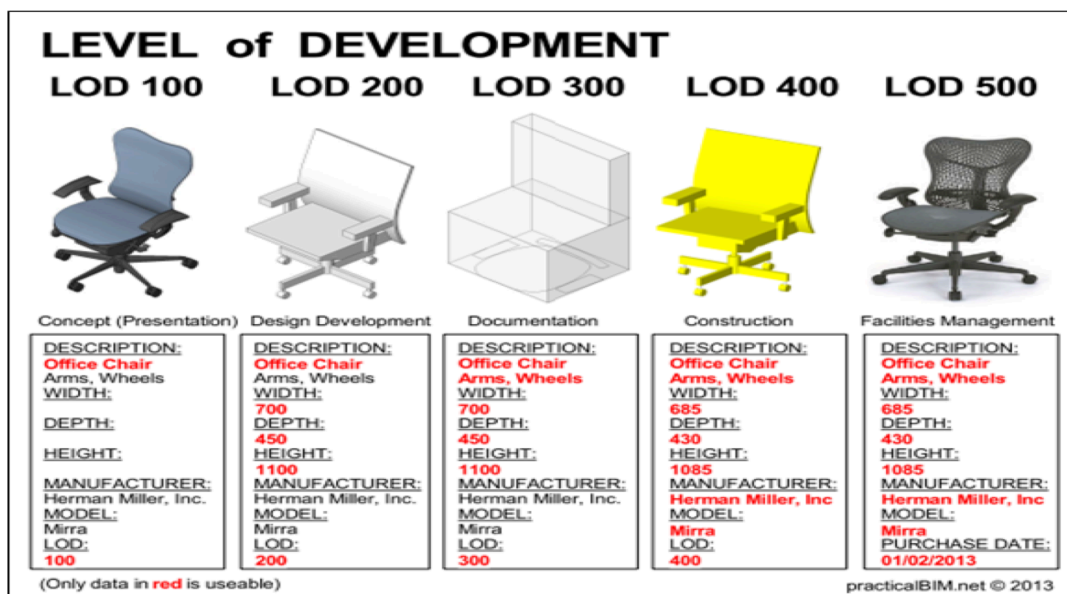
Designfeil i byggeprosjekter kan være kostbare å rette opp. Med økende bruk av bruk av bygningsinformasjonsmodellering er det en generell oppfatning om at kostnadene knyttet til designfeil blir betydelig mindre enn i de prosjektene som utføres med tradisjonelle metoder. 139 prosjekter deltok i en spørreundersøkelse om kostnader knyttet til designfeil, utført av Lopez og Love (2012). De gjennomsnittlige kostnadene knyttet direkte til designfeil ble i deres undersøkelse funnet til å utgjøre 6,85% av kontraktsverdier, og indirekte kostnader knyttet til designfeil funnet til å utgjøre 7,36% av kontraktsverdien. Tallene viser at det er store summer å spare dersom man klarer å redusere designfeil. Regelsjekkere er, i stadig økende grad, et viktig verktøy for å redusere designfeil.

Det er ikke bare kostnadsbesparelse som er en motiverende faktor for å få ned designfeil. Sikkerhet og trygge bygge- og anleggsplasser er noe alle bedrifter streber etter. Designfeil kan føre til svikt i konstruksjoner, personskader og i verste fall tap av menneskeliv. Zhang (et al. 2013) skriver at byggebransjen trenger å forbedre ineffektivitetene ved bruk av eksisterende papirbaserte sikkerhetsmanualer. Teknologi kan potensielt spille en nøkkelrolle i å redusere farer og ulykker. Økt bruk av BIM endrer måten vi løser sikkerhetsproblemer på. Prosjekteringsfasen er en viktig anledning for å eliminere farer, men forskning viser at det er en mangel på responderende verktøy og ressurser for å hjelpe designere når det gjelder konstruksjonssikkerhet.

2.2.3 Utfordringer med regelsjekkere

Som Hjelseth, E. (2015) påpeker er en utfordring med BMC, særlig knyttet til kollisjonskontroller, over-rapportering av såkalte *issues* (varsler om feil). Programmet er oversensitivt og varsler om issues som i realiteten ikke er problemer. Men programmet har muligheter for å rangere alvorlighetsgraden av issues, noe som gjør det mer oversiktlig å bruke programmet. De kan for eksempel kategoriseres som ”Kritisk”, ”Moderat” og ”Lav”. Videre ligger det en utfordring i å programmere regelsjekkeren til å rangere feilene på en tilfredsstillende måte. Alvorlighetsgraden er ofte rangert på bakgrunn av avvik fra regelen, uten å kunne ta et teknisk eller økonomisk standpunkt.

En utfordringer knyttet til bruk av regelsjekkere er LOD (*Level of Development*). Det stilles krav til kvaliteten på modellen så vel som regelsjekkeren selv. Modellen må inneholde den informasjonen som er nødvendig for at regelsjekkeren skal kunne kjøre sjekken. LOD er avgjørende for hva modellen kan brukes til og er et mål på nøyaktighet i modellen. Som figuren nedenfor viser finnes det ulike grader av LOD. Ulike faser av prosjekter krever ulike grader av LOD. Opprinnelig var LOD et system for å kartlegge detaljnivå på objekter for direkte mengdeuttak og bestilling fra modellen, men AIA (American Institute of Architects) ville også bruke system for å måle detaljnivå på progresjon, kostnadsestimering, materialer og miljø. (Brendick 2008)



Figur 2.2.3-1: Figur på LOD. Hentet fra <http://practicalbim.blogspot.com.au/2013/03/what-is-this-thing-called-ld.html> Copyright tilhører practicalBIM.net

LOD100 sier det finnes et objekt, LOD200 sier at det finnes et objekt med en viss størrelse, LOD300 sier at dette objektet har visse funksjoner, LOD400 sier at det er et spesifikt objekt som kan kjøpes og LOD500 sier at dette objektet kan bli sendt fra den leverandøren på den datoen. (Brendick 2008)

2.3 Universell utforming

Et utbredt utsagn om universell utforming er: *bra for alle, nødvendig for noen*. Arkitektur som utformes universelt skal komme alle i samfunnet til gode. Begrepet universell utforming ble først introdusert i norsk, offentlig sammenheng i Finn Aslaksens bok fra 1997: *Universell utforming, planlegging og design for alle*. Definisjonene er oversatte formuleringer som ble utviklet ved The Centre for Universal Design, North Carolina State University, USA, i 1995:

”Universell utforming er utforming av produkter og omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpasning og en spesiell utforming” (Aslaksen et al. 1997).

”Hensikten med konseptet universell utforming er å forenkle livet for alle ved å lage produkter, kommunikasjonsmidler og bygde omgivelser mer brukbare for flere mennesker, med små eller ingen ekstra kostnader. Konseptet universell utforming har som målgruppe alle mennesker, i alle aldre, størrelser og med ulike ferdigheter.” (Aslaksen et al. 1997).

Som det ble nevnt i bakgrunnskapittelet, vedtok FN i 2006 konvensjonen om rettighetene til personer med nedsatt funksjonsevne, med mål å sørge for at alle mennesker har samme muligheter for deltakelse i samfunnet. Det er viktig å bemerke seg at konvensjonen ikke lager nye rettigheter, men den presiserer at de universelle menneskerettighetene gjelder for alle og at staten har en plikt til å oppfylle rettighetene også for dem med nedsatt funksjonsevne. (Barne-, likestillings- og inkluderingsdepartementet 2013)

2.3.1 Lovverk for universell utforming

I juridisk og politisk sammenheng handler universell utforming om utforming på grunnlag av de normative verdiene *ikke-diskriminering* og *likestilling*. Normen er at man skal, når en designer det bygde miljø, hindre diskriminering og utestenging av personer med nedsatt funksjonsevne. Bestemmelser og regler for universell utforming er inkludert i flere norske lovverk. (Lid, 2009)

Da UU ble introdusert i Norge var det først og fremst Miljøverndepartementet, Statensråd for funksjonshemmede og funksjonshemmedes organisasjoner som arbeidet for at UU skulle inkluderes i norsk politikk og lovgivning. Andre medvirkende organisasjoner var Sosial- og Helsedirektoratet, Deltasenteret (Statens kompetansesenter for deltakelse og tilgjengelighet), Husbanken, Statens Bygnings-tekniske etat, Dokumentasjonssenteret og Likestillings- og diskrimineringsombudet. I 2004 utarbeidet Arbeids- og sosialdepartementet og

Miljødepartementet *Regjeringens handlingsplan for økt tilgjengelighet for personer med nedsatt funksjonsevne: Plan for universell utforming til viktige samfunnsområder (T1440)*. Det var et viktig steg i den nasjonale satsingen på Universell Utforming. Den handlingsplanen ble i 2009 avløst av en ny handlingsplan med tittelen: *Norge universelt utformet 2025*. Regjeringen har nemlig en ambisjon om at Norge skal være universelt utformet innen år 2025, og har i den anledning utviklet en handlingsplan i samarbeid med alle departementene for hvordan dette målet kan nås. (Lid 2009; Barne- og likestillingsdepartementet 2009; Arbeids- og sosialdepartementet, Miljødepartementet 2004; Statens bygningstekniske etat 2008).

Diskriminerings- og tilgjengelighetsloven og Plan- og bygningsloven inneholder bestemmelser for universell utforming. Teknisk forskrift (TEK) og Norsk Standard inneholder en rekke lover for UU. Norsk standard har utviklet en standard for universell utforming av offentlige bygg (NS11001-1:2009) og en annen for universell utforming av boliger (NS11001-2:2009).

2.3.2 Dagens situasjon

Ramm og Otnes har i sin rapport, *Personer med nedsatt funksjonsevne - Indikatorer for levekår og likestilling*, laget statistikk for boforholdene for den nevnte gruppen. Rapporten fra 2013 er utviklet ved Statistisk Sentralbyrå på oppdrag fra Barne-, ungdoms og familiedirektoratet. De fant i sine undersøkelser at blant personer med nedsatt funksjonsevne bor kun 11% i boliger som er tilrettelagt for deres funksjonshemming. Blant personer med nedsatt hørsel eller syn bor 28% av dem i tilpassede boliger, og for personer med nedsatt bevegelsesevne var andelen 21%. Blant personer med nedsatt funksjonsevne bor 62% i bolig med livsløpsstandard som har hovedfunksjonene kjøkken, soverom og bad på samme etasjeplan som inngangen. Og i 34% av boligene er inngang eller utearealer tilrettelagt for rullestolbrukere eller personer med andre bevegelsehemninger. (Ramm, Otnes 2013)

Nivåforskjeller som løses med trinn, trapper, eller bratte bakker er ugunstig for bevegelsehemmede og byr på hindringer for å komme inn i egen eller andres bolig. Dersom en person skulle bli rammet av permanente eller midlertidige funksjonsnedsettelse er atkomstforhold en avgjørende parameter for om personen kan bli boende boligen. I et demografisk perspektiv ser en at trinnfrie atkomster vil bli viktigere fremover. Universell utformingen vil bidra med å tilrettelegge for at hele befolkningen blir fysisk og sosialt inkludert i samfunnet. (Ramm, Otnes 2013)

I en spørreundersøkelse med personer med nedsatt funksjonsevne fra 2008 svarte hele 40% at de ønsket å delta mer i sosiale aktiviteter, men at de ble hindret av enten sykdom, nedsatt funksjonsevne eller de bygde omgivelsene. Det var spesielt mange personer med nedsatt bevegelsesevne som svarte at de deltok lite sosialt, noe som gir en videre indikasjon for dårlig tilrettelegging av sosiale plattformer. (Ramm, Otnes 2013)

2.3.3 Solibri Model Checkers regelsett for tilgjengelighet

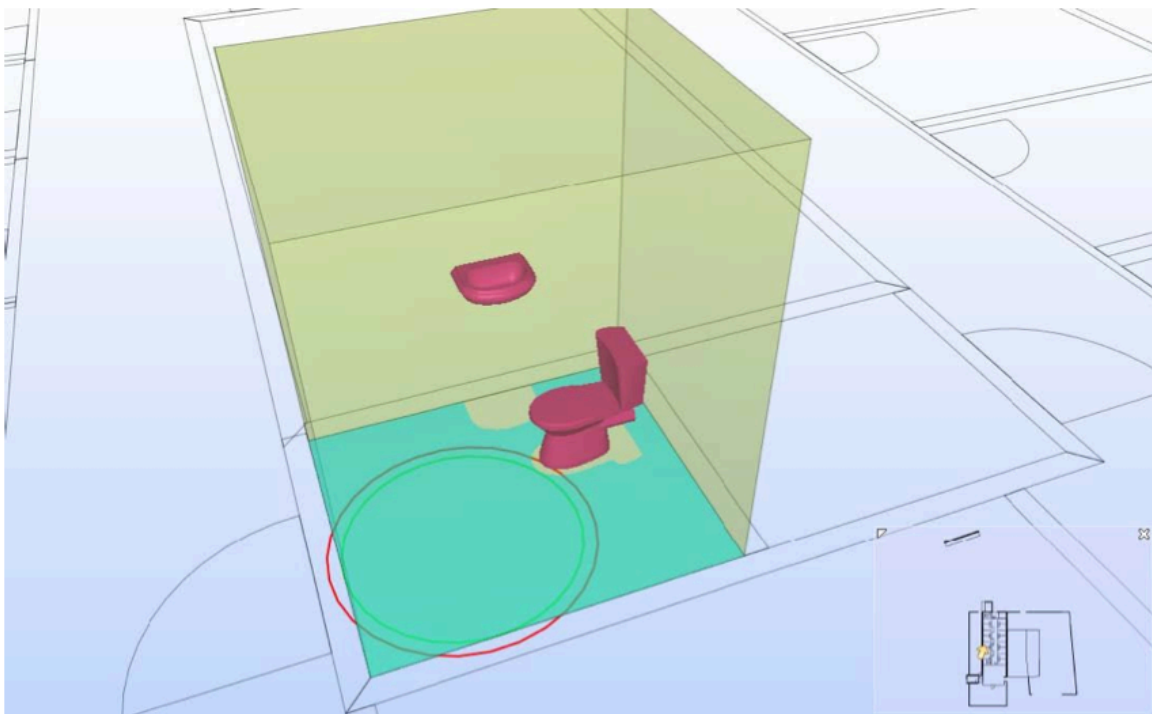
Solibri har implementert to regelsett som inneholder bestemmelser for universell utforming. International Code Council sin ICC/ANSI A117.1-2009 – *Accessible and Usable Buildings and Facilities* og ISO/CD 21542:2011 *Building construction - Accessibility and usability of the built environment*. ICC er en amerikansk standard og ISO er en internasjonal standard. De er begge omfattende standarder som spesifiserer en rekke krav og anbefalinger for elementer i det bygde miljøet knyttet til tilgjengelighet og sirkulasjon. Det er regler for utforming av trapper, heiser, rekkverk, belysning, akustikk, kontraster, parkering, ramper, rømningsveier, toaletter, kjøkken, orientering, dører og mye mer. ICC A117.1-2009: har til og med bestemmelser for utforming av minigolfbaner. Solibri har langt ifra implementert alle disse kravene i sine regelsett, men en liten del av dem. Og aktører kan bruke disse til å sjekke sine modeller for enkelte krav om tilgjengelighet, og eventuelt supplere med egne/lokale regler. (Solibri 2007; ISO 2011; ANSI 2009)

Aktørenes erfaringer knyttet til denne regelsjekken presenteres i kapittel 4.1 – *Resultater fra intervjuer*. Illustrasjoner av regelsjekken foreligger i 4.2 – *Resultater fra testing i programvare*

2.3.4 Implementering av NS 11001-1:2009 og NS 11001-2:2009

Aspelund (2010) skrev en masteroppgave der bestemmelsene i NS 11001-1:2009 og NS 11001-2:2009 ble systematisert i tabeller og vurdert hvorvidt de egner seg for implementering i digitale regelsett. Hennes konklusjon var at om lag 16% og 17% av de respektive standardene kan implementeres og sjekkes av en regelsjekker. Vurderingen var basert på hva som skal sjekkes, hva som kan sjekkes, og hva som er hensiktsmessig å sjekke. Det er mange regler i standardene som kan sjekkes i en modellsjekker, skriver hun, men for å få det til må det veldig store mengder informasjon inn i modellene. Det er tidkrevende å modellere på det detaljnivået og det krever utvikling av et større objektbibliotek som inneholder mer detaljinformasjon knyttet til alle objektene. En stor andel av bestemmelsene i standardene ble vurdert som svært detaljerte og lite hensiktsmessige å inkludere i bygninginformasjonsmodellen. (Aspelund 2010)

Videre skriver Aspelund (2010) om viktigheten av entydig informasjon i objektene i bygninginformasjonsmodellen. Regler som ikke egner seg i en regelsjekk er de som har menneskelig synsing i seg og bruker ord som litt, mye, god, oversiktlig etc. Standarden må i så fall omskrives slik at de kvalitative reglene blir kvantifisert slik at reglene kan kodes. Eksempel på punkt som er vanskelig å sjekke digitalt – *kommunikasjonsveier skal være enkle å finne fra atkomsthallen og resepsjonsområdet*. Aspelund skriver også om UU-objekter: ”For å gjøre modellsjekken litt enklere kan det lages universell utformingsobjekter” - Aspelund (2010). En egen tolkning og illustrasjon av UU-objekter foreligger i kapittel 4.2.4.



Figur 2.3.4-1: Kontroll av svingradius for rullestol på et handipectolett (Bilde fra Statsbyggs BIM-manual 1.2)

2.4 Integrated Design and Delivery Solutions – IDDS

Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS) er et internasjonalt samarbeid utviklet av *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB). Fokuset til IDDS er å sørge for at bransjen får en rask adopsjon av nye prosesser og forbedring av ferdigheter i informasjonsteknologi. I dette kapitlet gis en innføring i IDDS – hva det er, hvem som har laget det og hvorfor. Videre beskrives ulike problemer, strategier og muligheter med BIM som IDDS belyser og en forklaring på hvordan denne teoretiske modellen brukes som faglig ramme i oppgaven.

IDDS

Integrated Design & Delivery Solutions



Figur 2.4-1: IDDS header. Hentet fra CIB (2013a)

Målet er å effektivisere omstillingen fra bruk av tradisjonelle dokumentbaserte arbeidsmetoder over til bruk av kunnskapsbaserte systemer. IDDS har en helhetlig innfallsvinkel og fokuserer både på teknologi, prosess og mennesker. Utviklingen av IDDS handler om kontinuerlige forbedring i alle faser og ledd, og det handler om adopsjon av samarbeidsprosesser rundt teknologi som utvikler ferdigheter og øker verdien i planleggingen, utførelsen og ledelsen av prosjektet. IDDS blir utviklet av profesjonelle aktører gjennom workshops og konsultasjoner med akademia, industri, styresmakter og klienter på fem kontinenter. (CIB 2013a)

IDDS er en viktig rapport som belyser mange utfordringer og muligheter med BIM. CIB har i rapporten fokus fordelt på teknologi, prosess og mennesker, som i likhet med denne masteroppgaven. Det er dermed god metode å systematisere mine funn sammen med IDDS sine utsagn. Flere spørsmål i intervjuguiden er inspirert av IDDS, og i resultatkapitlet er flere resultater knyttet opp mot IDDS .

2.4.1 utfordringer, løsninger og muligheter definert av IDDS

CIB har publisert artikler om IDDS som forklarer deres konsepter og gir et overblikk over problemstillinger bransjen står ovenfor og strategier for å løse disse utfordringene. I dette kapittelet oppsummeres og systematiseres de fleste utfordringene, løsningene og mulighetene som IDDS belyser. Dette er delt opp i tre tabeller. (1) *Utfordringer*, (2) *Strategier/løsninger* og (3) *Muligheter/resultater*.

Tabell 2.4.1-1: Tabellen viser utfordringer med BIM som IDDS belyser

Utfordringer		
Mennesker	Prosess	Teknologi
<ul style="list-style-type: none"> • Mangel på motivasjon for å gjennomføre endringer • Mangel på rom for innovasjon • Mangel på kommunikasjon og tillitt • Sprik mellom utdanning og hva som kreves når man kommer ut i næringslivet • Mangel på helhetlig tankegang • Aktører jakter lave kostnader og risiko, framfor optimale løsninger som kan gi verdiskapning 	<ul style="list-style-type: none"> • Informasjonsflyt skjer fortsatt i store deler i form av papirtegninger • For få setter spørsmålstegn ved dagens prosesser • Modeller brukes ikke som basis for kontraktene • Samarbeid på tvers av fagdisipliner er for dårlig • Forvirring knyttet til hvem som eier hva i modellen • Samarbeidet mellom individer på et prosjekt stopper opp når det prosjektet er ferdig • Hvilken LOD – Level-of-Development - skal modellen ha? 	<ul style="list-style-type: none"> • Brukervennligheten i software • Informasjonsutveksling mellom ulike fagdisipliner • Samspill mellom teknologi og dagens standarder • Urealistiske forventninger. Det vil ikke være perfekt med én gang • Interoperabilitet mellom BIM og GIS (Geographic Information Systems) • Omfang av programvare-leverandører som utvikler forskjellig software • Utfordringer knyttet til parametrisk design

Tabell 2.4.1-2: Tabellen viser strategier/løsninger som IDDS belyser

Strategier/Løsninger		
Mennesker	Prosess	Teknologi
<ul style="list-style-type: none"> • Organisasjoner/bedrifter må gjøre en jobb med å utvikle prosesser som fremmer samhandling og kunnskapsdeling, og således integrere og dokumentere disse prinsippene • Mennesker må være åpne for kulturforandringer • Utvikling nye og omdefinerte roller • Man må i større grad dele sine funn og erfaringer med resten av bransjen. • Aktører ”høyere opp i næringskjeden” krever bruk av BIM slik at de mindre progressive bedriftene blir eksponert for prosessen og blir tvunget til å oppdatere sine systemer • Felles utdanningsgrad for arkitekt/ingeniør/programutvikler 	<ul style="list-style-type: none"> • Utvikling og adopsjon av IDDS-konsepter • En holistisk prosess – helheten er mer en summen til dens delene • Fokus på resultat framfor rutiner • Bringe viktige aktører inn i prosjektet på et tidligere tidspunkt for bedre samhandling og indentifisering av risiko og muligheter • Bruk av Integrated Project Delivery (IPD) • Modifisering av kontrakter som dekker digitale dokumenter • Alle involverte i prosjektet ha en grunnleggende oppfatning om hva BIM og IDDS går ut på • De regulatorisk virksomhetene som skal godkjenne byggeprosjekter må også oppdater sine systemer 	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologiske løsninger vinner fram ved demonstrasjon av fordeler • Automatisering av tidkrevende rutineoppgaver • Tilpasning av teknologien og øke brukervennligheten, HCI. (Human-Computer Interaction) • Kreativ bruk og utvikling av ny teknologi • Større samarbeid om utvikling av ny teknologi • Mer bruk av IFC • Linke BIM og GIS sammen i det de kaller Built Environment Information Fabric (BEIF) • Modellsjekking i tidligere faser, ikke var på detaljnivå

Tabell 2.4.1-3: Tabellen viser muligheter/resultater som IDDS belyser

Mennesker	Muligheter/Resultater	
	Prosess	Teknologi
<ul style="list-style-type: none"> • Godt opplærte, innovative og kompetente personer - Multi-skilling • Personer med større evne til å samarbeide • Dagens markedet gir muligheter for å øke kunnskap og effektivitet • De involverte i prosjektet vil få et bedre overblikk av prosjektet, og kan bedre forstå egen og andres roller • De involverte partene har mer kontroll over fremdriftsplaner • Tverrfaglige grupper som arbeider sammen på tvers av barrierer i organisasjonen • Arkitekter bruker mindre tid på rutineoppgaver som kan automatiseres 	<ul style="list-style-type: none"> • Enklere å holde seg innenfor budsjett • Enklere å holde seg innenfor tidsfrister • Enklere å nå sine prosjektmål innen levert kvalitet, HMS og ressursbruk • Modellen kan brukes i hele byggets levetid • Bærekraftige prosesser med metoder som er bedre for miljøet og senker livssyklus-kostnader • Enklere å ha en mer modulbasert prosess med prefabrikasjon • Effektive prosesser (Lean) • Bruk av sensorer og sporingsteknologi av alle objekter, kraner, kjøretøy og personell på byggeplassen kan øke sikkerhet og flyt og effektivisere anlegg • Myndigheter kan bruke BIM i godkjenningsprosesser 	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologi som gir støtte i alle aktiviteter, gjennom visualisering og informasjon, for alle aktører • Grensesnitt til standarder • Bruk av kollisjonskontroller • Teknologi som regner ut karbonfotavtrykk • Større læringsutbytte fra gjennomførte prosjekter ved gjenbruk av teknologi og tilegnet kunnskap • Bruk av Virtuell Design and Construction (VDC) til representasjon, 3D-visualisering og design-koordinering. • BEIF kan brukes i modellering av bygninger og omgivelser, som kan settes sammen i modellering av hele byer og dermed bruke dette til å løse utfordringer knyttet til energibruk, trafikk, sirkulasjon av mennesker og infrastruktur • Bruk av on-site dataassistert navigasjon

3. Metode

Det er i denne oppgaven blitt brukt kvalitativ metode for å få en nyansert oppgave som gir et helhetlig inntrykk av temaet rundt problemstillingen. Materialet består av tekst som beskriver og analyserer kvaliteter ved de fenomenene er har blitt studert, i motsetning til kvantitative metoder som bygger på numeriske data. Rapporten har tre ulike metoder for å gi et helhetlig bilde av dagens situasjon. Den har et litteraturstudie som gir et godt utgangspunkt for teorien bak temaet og som viser hvor langt utviklingen har kommet i dag. En rekke intervjuer med praktiserende i bransjen beriker oppgaven med empiriske data i form av verdifulle erfaringer og synspunkter. I tillegg er det inkludert et mer teknisk aspekt i rapporten ved testing i programvare. På denne måten blir det en holistisk oppgave med fokus fordelt på prosess, mennesker og teknologi.

3.1 Metode for litteraturstudie

Litteraturstudie legger grunnlaget for teorien i oppgaven. Analyseringen av kvalitative data inviterer til ulike, gyldige tolkninger av den dataen, men teorigrunnlaget skal kunne gi støtte for å velge de tolkningene som gir mest relevante funn. Det var nødvendig med et relativt omfattende litteraturstudie for å tilnærme seg relevant teori og tidligere forskning på teamet. Det er blitt studert ulike typer litteratur, men først og fremst vitenskapelige artikler. Utviklingen av BIM skjer raskt og artikler og oppgaver som ble skrevet for kun noen år siden blir fort utdatert. Det er lagt ned stor innsats for å prøve å benytte seg av den nyeste forskningen. Litteraturstudiet har et eksplorativt design i den forstand at forskeren har satt seg inn i et nytt tema. Det er i litteratursøket brukt blant annet Google Scholar, Bibys/Brage, ASCE Library, academia.edu, Web of Knowledge og buildingSMARTs studentoppgaveportal.

3.2 Metode for semistrukturerte intervjuer og analyse

Det er blitt valgt en metode basert på semistrukturerte individualintervjuer. Det vil si at intervjuobjektene er blitt stilt åpne spørsmål som tilrettelegger for drøfting og diskusjon av temaet. Intervjuene har ikke vært helt like, men det var heller aldri et mål. Spørsmålene utviklet seg i takt med at undertegnede tilegnet seg mer kunnskap, og kursen er justert på bakgrunn av observasjoner fra gjennomførte intervjuer. Og det er naturlig at informantene, som har noe ulike roller og arbeidsoppgaver, blir stilt spørsmål som best sammenfaller med deres erfaringer.

Videre er det viktig å ha et reflektert forhold til sin egen innflytelse på materialet, slik at man kan etter beste evne kan gjenfortelle informantenes erfaringer og synspunkter. Funnene fra intervjuene finnes i *resultatkapitlet*, mens mine egne tolkninger av den empiriske dataen er begrenset til *diskusjonskapitlet*. Valg av analyse vil være med å bestemme hva slags mønstre som kommer frem i resultatene. Malterud (2013) beskriver hvordan en *tverrgående* analyse kan brukes for å sammenfatte informasjon fra mange forskjellige informanter, kontra en *langsgående* analyse hvor man følger et enkelt forløp over tid. Det er i denne oppgaven valgt en tverrgående analyse der svarere sammenfattes på en oversiktlig måte. Videre er *systematisk tekstkondensering* et verktøy for bruk av tverrgående analyse (Malterud 2013). Giorgis (2009) fenomenologiske analyse er en prosedyre med har god teoretisk forankring. Den beskriver tverrgående analyse av fenomener og er ofte brukt i medisinsk og psykologisk forskning, men kan og anvendes til kvalitative studier innenfor andre fag. Giorgi (2009) beskriver en metode som gjennomføres i fire steg som i hovedtrekk utgjør strukturen for systematisk tekstkondensering. 1) Bli kjent med materialet og få et helhetsinntrykk. 2) Identifisere meningsdannede enheter. 3) Abstrahere innholdet i de enkelte meningsdannende enhetene. 4) Sammenfatte betydningen av dette.

Etter å ha lest det transkriberte materialet dukket det opp temaer som intuitivt vekket oppmerksomheten. Både temaer rundt planlagte spørsmål, ikke-planlagte oppfølgingsspørsmål og temaer som dukket opp naturlig. I semistrukturerte intervjuer er viktig å være våken for uforutsette mønstre. Videre er materialet analysert og det er skilt mellom relevant og irrelevant tekst. Med andre ord så indentifiseres disse *meningsdannende* enhetene Giorgi (2009) beskriver. Teksten blir sortert på en måte som er hensiktsmessig for oppgaven og lojal i forhold til informantens utsagn. Det er tatt stilling til hvilken rolle den teoretiske referanserammen skal spille i analysen. For å formidle forskningen til leseren på en tydelig måte er først spørsmålet fra intervjueren beskrevet og understøttet av utsagn fra IDDS. Videre er relevante svar gjengitt som lengre sitater. Ofte oppsummeres fellestrekk i svarene i en avsnitt. Formålet med analysen er å dokumentere informantens erfaringer innenfor det feltet som problemstillingen dekker.

3.3 Metode for testing i programvare

Som nevnt tidligere er Solibri Model Checker valgt som hovedverktøy i denne oppgaven. Solibri tilbyr en nedlastbar prøveversjon av Solibri Model Checker som er blitt benyttet i anledning denne oppgaven. Undertegnede har lært det grunnleggende i programmet ved å utforske det selv, se instruksjonsvideoer og lese boken til Harald Selvær: *Solibri – modellkontroll og kvalitetssikring av 3D-modellerte bygninger og installasjoner*. Forklaringer av programmet og presentasjon av funn er illustrert i *Resultatkapitlet* i form av figurer, skjermbilder og tekst.

3.4 Refleksjon og kvalitetssikring

I forskning med litteraturstudier og intervjuer er det alltid en risiko for feilkilder, og det er viktig å være klar over disse. Forskning blir evaluert på bakgrunn av dens validitet, reliabilitet, objektivitet, nøyaktighet og tilstrekkelighet.

3.4.1 Validitet

Det kan være feilkilder knyttet til de semistrukturerte intervjuene. Ledende spørsmål, feiltolkninger av svar, informantenes subjektive meninger og deres tolkninger av erfaringer kan bidra til feilkilder. Validiteten knyttet til valg av intervjuobjekter er og viktig. Validiteten ble i denne oppgaven opprettholdt da intervjuobjektene kommer fra ulike selskaper, har noe ulike roller og jobber på forskjellig prosjekter. Et hvert litteraturstudie har potensielle feilkilder i form av validiteten til litteraturen en velger å benytte seg av, og ens subjektive tilnærmingen av den.

3.4.2 Reliabilitet

Intervjuobjektene erfaringer er ikke nødvendigvis representative for andre aktørers erfaringer. Mitt inntrykk er individene som ble intervjuet har mer erfaring og kunnskap om temaet enn gjennomsnittet i bransjen. Konseptet rundt BIM har vært i utvikling siden tidlig 2000 og omfanget av publikasjoner på temaet er stort, med ulik grad av reliabilitet og objektivitet.

3.4.3 Kildekritikk

Det er lagt inn innsats for å finne vitenskapelige artikler på internettet som er publisert av seriøse aktører med andre gode referanser. Det skjer mye forskning på teamet og det er en fare for at rapporter som er skrevet for noen få år siden allerede er utdatert. Det er lagt inn innsats for å finne så fersk og relevant teori som mulig. Misvisende titler kan ha vært en grunn til at mer relevante artikler ble oversett.

4. Resultater

I resultatkapittelet inkluderes i intervjuene som ble gjennomført i anledning i denne masteroppgaven samt resultater fra egen testing i programvare. Resultatene understøttet av teori og tidligere forskning fra teorikapitlet.

4.1 Intervjuer

I dette underkapittelet er funnene fra intervjuene sammenfattet. Før hvert intervju ble det laget en intervjuguide med 8-10 åpne spørsmål som la grunnlaget for intervjuene. Denne ble noe forbedret og revidert fra intervju til intervju, men de fleste temaene har gått igjen i alle intervjuene. Som problemstillingen understreker var det et ønske å kartlegge den prosjekterendes bruk av BIM-basert modellsjekking, med fokus på universell utforming. Det var det et ønske å få et helhetlig overblikk over dagens bruk, prosesser og utfordringer og således knytte empirisk data opp mot CIB sine utsagn i IDDS.

4.1.1 Intervjuobjektene bakgrunn

Personene som ble intervjuet har bakgrunn innen arkitektur, rådgivning, IT og BIM-teknikk. To av dem er praktiserende arkitekter i tillegg til å ha rolle BIM-koordinator. En har bakgrunn som BIM-teknikker og jobber som BIM-koordinator for en rådgivende bedrift. Den fjerde har og bakgrunn som arkitekt og jobber som konsulent i en bransjeorganisasjon. Intervjuobjektene er holdt anonyme og tabellen nedenfor gir en oversikt over hvilken aktør som svarer hva i de neste underkapitlene.

Tabell 4.1.1-1: Tabellen viser en oversikt over intervjuobjektene og deres rolle.

Aktør	Rolle	Arbeidsplass	Intervjumetode
Aktør 1	Arkitekt/BIM-koordinator	Arkitektkontor	Face-to-face
Aktør 2	Arkitekt/BIM-koordinator	Arkitektkontor	Face-to-face
Aktør 3	BIM-koordinator	Rådgiverselskap	Face-to-face
Aktør 4	Arkitekt/Rådgiver	Bransjeorganisasjon	Face-to-face

4.1.2 Informantenes bruk av regelsjekkere i deres prosjekter

Som det har blitt nevnt tidligere så er det en rekke muligheter knyttet til bruk regelsjekkere. I IDDS står det om ulike utfordringer, løsninger og muligheter ved bruken av BIM (som er gjengitt i tabell 2.4.1-1, 2.4.1-2 og 2.4.1-3). Et eksempel på en mulighet er bruk av regelsjekkere i søknad- og godkjenningsprosesser:

“For all planning and approval processes the nominated public agencies should be able to deliver computable specifications of the regulations and local consent conditions. This could allow local checking and certification of designs prior to formal submittal to authorities. All the public agencies should accept digital models for their approval and consenting processes and ensure consistency and traceability through electronic process management for the delivered models.”

- CIB (2013a)

Informantene ble spurt om hvilke erfaringer de hadde fra bruk av regelsjekkere. De snakket om bruk av regelsjekkere i deres prosjekter. Hvorfor, eller hvorfor ikke, de brukte software til å gjøre kontroller, visualiseringer og koordinering av ulike fagmodeller.

”Ja vi bruker regelsjekkere. Men når vi jobber på et prosjekt hvor det ikke er et krav fra byggherren, og det ikke er en forventet del av leveransen, så kan det være noe vanskeligere å få igjennom slike prosesser. Så derfor har vi etablert det som en generell regel at alle våre modeller skal gå igjennom en regelsjekker som vi har laget. Og det var litt på grunn av at... hvis man ikke har så mye bakgrunn og kunnskap og går rett inn i et fast oppsett med ArchiCAD eller architecture-regelsjekker, så kan det bli litt for mye feil. Man kan miste litt motet når det blir alt for mye rødt og varseltrekanter. Så derfor har vi bare plukket ut noen få regler, noen enkle, og laget en regelsjekker. Får å få folk til å kjenne at man vokser på det, behersker det og at det er morsomt.” (Aktør 2)

”Har vært litt borti regelsjekkere. Men det er foreløpig ikke godt utviklet. Jeg har ikke vært så mye borti i det, men som praktiserende arkitekt så jobbet vi med kollisjonskontroll stadig vekk. Kollisjonskontroller har jo blitt brukt i mange år. Vi har ikke tatt steget over i den automatiske regelsjekkeren som du er inne på, der du legger på en måte ytelsene inn i objektet, også ser du om objektet har samme ytelse som kravet.” (Aktør 4)

”Vi bruker regelsjekkere. I Statsbygg-prosjektene som gjøres som BIM-prosjekter, så bruker vi regelsjekkere hele tiden. Men er det en regelsjekker vi ikke bruker så er det UU. Rett og slett. For det opplever vi at ikke er god nok.” (Aktør 1)

”Ja, regelsjekkere er noe som brukes mye. Nå har vi jo standardisert en del som man bruker, og som går igjen og igjen. Utenom det så kan vi og lage regelsett til spesielle formål.” (Aktør 3)

”Jeg synes at det ikke burde være nødvendig å studere programvare i to år før en kan bruke en regelsjekker slik en vil. De burde være så enkle som overhode mulig slik at de fleste praktiserende kunne bruke dem.” (Aktør 4)

Det var naturlig å spørre om hvilken programvare de brukte. Det viste seg at alle aktørene hovedsakelig brukte Solibri Model Checker. Solibri Model Checker er det prefererte valget til mange i byggebransjen, særlig i Europa men også store deler av Asia og Nord-Amerika.

”Vi bruker bare Solibri Model Checker. Den kan så veldig mye mer enn bare det å sjekke kollisjoner, den forstår bedre kvaliteten på informasjonen som ligger inni modellen. Vi har flere regler som går på at veggene, dørene, vinduene skal være tegnet sånn og sånn. Og hvis det ikke er som man har definert i regelen så får man avvik. Så veldig mange av de reglene går på at informasjonen skal være riktig.” (Aktør 3)

”Det er Solibri Model Checker vi har brukt. Vi har fått hjelp fra GraphiSoft, som er en av leverandørene av Solibri. Så vi har gjort det sammen. Det som kanskje var litt krevende var å finne rett nivå.. Å finne en balanse på: hva tar vi med. Det finnes jo utrolig mye spennende man kan gjøre, men man må se på hva man har behov for. Hva vil vi egentlig sjekke. Spesielt da et mål med bruk av regelsjekkere var å få folk til å begynne å anvende det. Så ja, jeg synes selv at det fungerer godt. Men jeg skulle ønske det var flere som brukte modellsjekkere hele tiden. Jeg tror det er lettere når det er et krav ifra byggherren. Når sittende byggherre eller entreprenør på andre siden av bordet selv er opptatt av det, og selv benytter det.” (Aktør 2)

”I tidligfasen jobbet jeg mest med *Communications* i Solibri – ikke sjekkene. Og der kan jeg lage rapporter for BIM-teknikk. Det er de tekniske problemstillingene vi tok opp i BIM-forum. Der samles de som hadde BIM-ansvaret og diskuterte det. Vi hadde en ren teknisk-diskusjon og en ren prosjekterings-diskusjon, vi blanda aldri de to sammen. Det er for å skjule problemkompleksiteten. Også jobbet jeg med å alltid vedlikeholde navigasjonssnarveier. Det gjør jeg i alle prosjektene mine. Så hvis man ikke kan Solibri, kan trenger man bare vite at man kan åpne filen, trykke på *communication* og så på navigasjon, så har man det man trenger for å begynne å bruke programmet.” (Aktør 1)

Det er ofte den klassiske kollisjonskontrollen (Clash Detection) man ser går igjen i prosjekter. Og det er ikke vanskelig å se nytten av en slik kontroll. Men det er så mye mer en regelsjekker kan gjøre. Jeg spør dem om de har tatt det et steg videre for å utnytte potensialet i en regelsjekker.

”Ja det er veldig mye mer enn det (kollisjonskontroll). Og det er det Solibri er gode på, å ta det et steg videre. Naviswork kan og kjøre kollisjonskontroller, men programmet er ikke så god som Solibri ellers. Man kan jo lage sine egen regelsett i Solibri Model Checker. Man har jo et bibliotek med en del forhåndslagde regler, også kan man endre disse til egne ønsker. Men man må vite hvordan de forskjellige ferdigmalene og paragrafene fungerer. Man kan ikke bare ta en regel og gjøre den om, man må vite hvilken regel som skal tas. Fordi de opererer litt forskjellig. Etter å jobbet med det og prøvd seg fram så får man en oversikt over hvordan det gjøres. Også står det litt informasjon på engelsk i programmet som kan være til hjelp.” (Aktør 3)

”Det er et veldig spennende tema du skriver om. Det er bra å ta det et steg videre å ikke bare bruke de reglene som ligger i Solibri fra før som mange gjør. Det er jo synd når man har et så sterkt verktøy at man ikke utnytter potensial som ligger i det. Jeg er sikker på at man kunne jo fått til et samarbeid med Solibri og fått de også til å utvikle det her videre. Solibri er jo veldig flinke til å lytte til sine brukere, til å endre på ting som man spør om og sånn. Og jeg tipper jo det at hvis man hadde kommet med et veldig godt utgangspunkt så kunne de nok hjelpe til å gjøre den et hakk bedre. For de sitter jo og kan endre reglene og slikt og spisse de helt. Det er ekstremt mye bra volum- og arealberegninger, og det er ganske mye som kommer inn i programmet nå.” (Aktør 3)

4.1.3 Prosessendringer ved av bruk av BIM og regelsjekkere

CIB retter mye fokus mot prosesser i IDDS og ønsker en rask adopsjon av effektive måter å jobbe på med den nye informasjonsbaserte teknologien. “The goal is a sector where people with traditional and new skills practice in more collaborative and communicative processes”

- CIB (2013)

Informantene ble spurt hvorfor de satser på BIM og hvilke effekter de forventer. Og jeg er interessert i, i likhet med CIB, hvordan bruken av BIM og regelsjekkere har endret deres måter å jobbe på.

”Vel, det har vært litt utfordrende. Men jeg tror det blir bedre når prosessene blir innarbeidet. Til nå har BIM vært litt til bry, men når det blir den del av den daglige rutinen så blir det bedre. Men så fort man får bort de feilene i bruken av regelsjekkere ser alle nytten av de. Så forhåpentligvis så går det jo bare en vei sånn sett da - at alle ser verdien av det. Det er jo meningen at det skal hjelpe. Hvis ikke det gjør det, så er det jo ikke noe vits.” (Aktør 3)

”Grunnen til at vi satser på BIM.. det er først og fremst oppdragsgiverne som setter de kravene. Det er Statsbygg som har satt krav om at prosjekteringen skal skje i BIM. Jeg kom akkurat inn i firmaet i det man var i ferd med å gjennomføre forprosjekt med BIM, og min ekspertise passet godt med det som møtte firmaet da. BIM krever mer datateknisk kunnskap enn det jeg synes er rimelig. Mye av min jobb går på å skjule den datatekniske kompleksiteten, og det er det man har BIM-koordinatorer for. Men samtidig sørger jeg for at teknikken ikke skal ta overhånd, den skal underordne seg det vi ønsker - og det er god arkitektur” (Aktør 1)

”Sett fra vår side så har kanskje ikke prosessen endret seg så mye, men det er jo ting på gang da. Noen kontorer og prosjekter har jo kommet lengre enn andre, men generelt så foregår jo veldig mye prosjektering med BIM-modeller. Det finnes i nesten alle prosjekter. BIM-informasjonen brukes mest av arkitekten. Og mye er for visualisering. Også tar man som regel byggetegninger ut som 2D tegninger, fortsatt i stor grad. Med det vi venter på, er at vi i større grad får inn de andre fagene i prosessen. I realitet har vi ikke tatt ut det fulle potensialet som ligger i BIM. Arkitekter har jobbet mye med BIM allerede, så det handler mer om å få de andre fagene på banen. Arkitekter la om til å tegne i DAK for lenge siden.” (Aktør 4)

”Brann og akustikk er viktige egenskaper i et bygg. Sånn det er nå så pleier vi å sende et 2D underlag til rådgiverne, for brann og akustikk, og så markerer de med tusj hva som må være de forskjellige steder. Det man kan gjøre, som gir fantastisk arbeidsflyt, er å sende over en modell. Så går de enkelte rådgiverne inn i den modellen og setter sine krav på 3D elementene – og det er ganske mye penere. Og så sendes de kravene inn i arkitektens modell igjen, med gitte egenskaper til de aktuelle objektene. De endrer ingenting, de bare overføre sine krav. Så da har man veggen, og så har branningeniøren og akustikkrådgiveren sagt at dette er kravene, og så må arkitekten sette dette i ytelsen som er oppnådd med den veggen vi har valgt. Og da får man hele tiden sjansen til å ha krav vs. oppfyllelse.” (Aktør 1)

”Jeg tror at det er utrolig viktig at BIM-koordinatoren og prosjekteringsgruppelider jobbet tett. Aller helst skulle kanskje de rollene vært en og samme.. men jeg kan også se at det er behov for to ulike roller. Det er viktige å forstå de prosessene og legge til rette for at det skal være muligheter for å utføre gode prosesser. God samhandling. Og ha det hyggelig og fokusere på: hva er kravene og hva formålet. Og så er det viktig tror jeg at den rollen har grep om gode, medmenneskelige kunnskaper. For det handler om å få mennesker sammen. Man kan ha så mye data som helst, men bak den dataen så sitter det noen å trykker inn den dataen. Så like mye som det å få bites og bytes til å gå sammen som en BIM-koordinator så skal du faktisk være den personene som får mennesker til å samhandle sammen.” (Aktør 2)

”Poenget med BIM er at det ikke skal føles så vanskelig. Og det er der mange føler at de er. At de blir slått i hodet med krav og at det bare blir vanskeligere. Så det er viktig å ha noen som vet hva vi skal oppnå med dette. Hvorfor ber du oss om å modellere dette? Og hvis svaret da er – det vet jeg ikke – men da gjør vi det ikke. Og det var den fornuften jeg prøvde å få inn i prosjektet. Beskytning av prosjekteringsorganisasjonen mot umodenhet i verktøy, det er utrolig viktig. Og finne løsninger som gir flyt i prosjekteringen. Ha riktig abstraksjonsnivå i forhold til fase - og gjøre riktige valg til riktig tid.” (Aktør 1)

4.1.4 Effekter ved av bruk av BIM og regelsjekkere

Effektene ved bruk av BIM og regelsjekkere ble diskutert, og det med en relativt politisk og filosofisk tilnærming. Det er endimensjonalt å kun se på tids- og kostnadsbesparelser. De er utvilsomt viktige parametre fra et økonomisk standpunkt, men jeg har ønsket å gå mer i dybden. Jeg prøver å se for meg hva man da bruker denne inntjente tiden til. Går det mot at man gjør flere prosjekter på mindre tid eller får man mer tid til å gå dypere inn i prosjekteringen - at arkitekter får være arkitekter og øke kvaliteten på arkitekturen?

”Det er godt spørsmål. Jeg vil jo tro at.. i noen tilfeller så vil nok kvaliteten øke. Og at man bruker mindre tid og sånn er bra.. men først og fremst tror jeg det øker kvaliteten. I de siste årene så har det bare blitt krevd mer og mer nøyaktighet til det som skal bygges. Det øker kvaliteten. Man kan jo alltid spare litt tid her og der, og om det har så mye å si i det store bildet – det vet jeg ikke. Det tar jo litt lengre tid å få modellen til det nivået. Hvis man har jobbet med det og har erfaringer med det så vil man sikkert spare en del tid. Det er mange som ønsker å se gode effekter nå med en gang, men sånn vil det jo ikke være.” (Aktør 3)

”Byggherrer og samfunnet skulle nok gjerne sett at arkitekter gjorde jobben raskere og billigere. Men det klart at det er viktig at arkitekter får mulighet til å utvikle arkitekturen, så den ikke stagnerer. Om vi standardiserer for mye og ikke utvikler nye metoder stopper arkitekturen opp. Stadig nye materialer og teknologi vil kunne utvikle arkitekturen. Og arkitekter vil være der for å bringe den framover.” (Aktør 4)

”I et tradisjonelt prosjekteringsløp så kan en si at i tidlige faser er det veldig billig å gjøre endringer, men etter hvert som prosjekter utvikler seg blir det vanskeligere og dyrere å gjøre endringer. Og i et typisk prosjekteringsløp så får en etter eller annet forløp, men tanken er at i BIM så skal en kunne gjøre mesteparten av arbeidet mens det er billig å løse problemene, før det blir bygd. Etter hvert som endringene blir dyrere og påvirkningsmulighetene mindre, så skal prosjekteringskostnadene gå ned. Analyse viser til at BIM prosjekteringen koster en 10,15,20% ekstra. Og det er jo fordi at man går lengre og løser flere problemer, og det at man bruker den Solibri-testen gjør at man øker kvaliteten. Og da får en færre feil og færre problemer i byggingen. Prosjektet blir billigere og bedre med BIM, men prosjekteringen blir ikke billigere med BIM.” (Aktør 1)

”I prosjekteringsfasen kommer regelsjekken inn, og vil da høyne kvaliteten. Hvor de timene går.. Det jeg regner med skjer, er at de timene går til å prosjektere dypere i et annet område. At man går lengre i prosjekteringen. Hvis vi hadde nådd nirvana og den regelsjekken hadde vært ufeilbarlig, så kunne vi ha overlatt noe av ansvaret til softwaren. Men jeg tror at på grunn av kravene vi har til kvalitetssikring, det er et formelt ansvar vi har, så kan vi ikke overlate det til teknikk. Så det kommer til å være en manuell kontroll uansett. Vi må være veldig varsomme med å la teknikken overstyre. Men som et bidrag er teknikken veldig viktig! Det å peke på smertepunkter som vi mennesker må ta ansvar for å løse. Og hvis det ikke blir pekt på som et smertepunkt, så betyr ikke det at vi ikke skal kontrollere det likevel. Men det at vi blir vist de punktene som vi skal fokusere på – uvurderlig.” (Aktør 1)

”Man prosjekterer dypere, man prosjekterer mer. Og spesielt på de tekniske fagene, så forventes det at man skal eksperimentere litt, i stedet for at man bare skal prise hva det koster å prosjektere det helt ferdig. Men selvfølgelig, etter hvert som man behersker teknologien så går jo kostnadene ned. Som arkitekt vil jeg si at fokuset må være det gode bygget. Og at vi ikke mister det av synet. Og det er da også det funksjonelle bygget, det som oppfyller kravene til byggherren, det som er fleksibelt og som kan ha et langt livsløp. Og som skal tilfredsstillere estetiske behov.” (Aktør 1)

”Jeg tror at som arkitekt er man opptatt av tre dimensjoner og tenker i dem tre dimensjonene. Men med informasjonen inkludert så blir det enda en dimensjon, og den lettere å se når man nettopp gjør en eksport og får se det i Solibri. Jeg tror at det fungerer slik at prosessen har kanskje blitt enklere, at forståelsen øker for verdier man kanskje ikke ser i annen programvare. Også håper vi selvfølgelig at prosessen blir mer effektiv. At bruken av regelsjekkere fører til mindre feil. At kvaliteten blir høyere. For det er jo det som er målet.” (Aktør 2)

”Det er jo det jeg håper, at bruk av regelsjekkere gjør at vi får mer tid til å se de store linjene. At man skal få lov til å være arkitekt og lov til å gjøre det. Og jo mer ut av disse malene vi har liggende som gjør at det blir enkelt for folk å anvende det, dess mer tid kan en kanskje oppleve at de har nettopp den kreative prosessen.” (Aktør 2)

4.1.5 Bruk av regelsjekkere på universell utforming

Etter å ha diskutert bruk av BIM og regelsjekkere spesifiseres spørsmålet til deres erfaringer fra bruk av regelsjekkere på universell utforming. Det var tydelig at aktørene ikke var helt fornøyde med den som ligger inne i Solibri Model Checker i dag (som er basert på ISO/CD 21452). Men de var veldig interesserte i å bruke regelsjekk av UU om det blir laget en som er god nok.

”Jeg prøvde å kjøre den UU sjekken (i Solibri Model Checker) for 2-3 år siden, og fikk rett og slett problemer med å få den til å funke. Ta for eksempel sidefeltskravet. Den går ikke fra der du har tatt ut hull for døra. Regelen sier at det skal være 300mm fra vegg til dørblad. Men så ligger det gjerne en liten karm der, en liten fuge, og en toleranse her på 10mm, og så en karm og så kommer dørbladet. Men det er vanskelig å konfigurere akkurat den avstanden der i modellen. Så da må en eventuelt sette seg ned og se på døra, hvor bred er døra, hva er toleransen og så videre. Og dette kan forandre seg fra dør til dør, og da må du bruke tid på å lage en spesialsydd regel. De centimeterne der, særlig i leilighetsbygg, er veldig viktige. Og når en arkitekt prosjekterer, så er det nettopp disse reglene man har i hodet. Men selvfølgelig, vi er kjempeinteressert i å kunne trykke på knappen (på en regelsjekker). Den trenger ikke å være perfekt, den kan gjerne være oversensitiv - Den kan peke på steder vi må dobbeltsjekke. Det hadde jo vært veldig nydelig at når alle reglene er tilfredsstillt, så visste vi at alt var okei.”

(Aktør 1)

”Hvis det kommer en sjekk på UU, så hiver vi oss over den. Fordi KS (kvalitetssjekk) er en kostbar prosess. Og vi må uansett gjøre våre KS. Og det å ha en ekstra kilde til KS, det er vi veldig interessert i.” (Aktør 1)

”At man kan si at dette prosjektet oppfylder plan- og bygningsloven bare ved hjelp av en simulering, det er langt fram. Men vi kan begynne med å innføre regelsjekkere på og det og det området. Og UU er nok et sted der man nå kan begynne å lage en god regelsjekker, UU har en del definerte regler som går på mål og romstørrelser og så videre.” (Aktør 4)

To aktører har, etter å ha prøvd ut den regelsjekk som ligger inne i Solibri Model Checker, tatt det et steg videre og jobbet med å lage sine egne regelsett. Det viste seg å være en intrikat prosess, og de ønsker mer samarbeid i bransjen.

”Det er delt opp regelsettene etter kapitlene i NS 11001-1:2009 og NS 11001-2:2009. Så har jeg delt reglene inn i forskjellige mapper. Jeg har videre prøvd å sortere så godt jeg kunne og supplert reglene med tekster. At terskelen skal være viss høyde og så videre. Noen ganger kan ikke alt kan sjekkes i bare én regel, så man må ha to regler. Så man må tenke litt annerledes.” (Aktor 3)

”Ja, vi har brukt den regelsjekk som ligger inne (i Solibri Model Checker). Men vi har også gjort en egen jobb sammen med GraphiSoft. Vi har sett på det med universell utformings-regelsjekkere, vi hadde det som et mål å gjøre det. Så vi begynte med det i jobben.. det er ganske intrikat.. i å med at du har både en Norsk Standard, og du har TEK, og du har om det offentlige bygg og boliger. Så egentlig trenger man fire ulike regelsjekkere. Og hva gjør man i de tilfellene der bygget kanskje har to ulike formål? Så det ble litt for komplekst. Så vi fortsatte ikke den prosessen. Det handlet mest om tid, og vi så at dette ble intrikat. Det var ganske mange mye vi har tvunget til å bygge opp.” (Aktor 2)

”Jeg hadde ønsket at Solibri var litt mer på for å gjøre norske tilpasninger. At de kan sette opp norske regelsjekkere for våre fire ulike krav, når det gjelder universell utforming. For nå må vi liksom sitte å gjøre en jobb hver for oss. Et arkitektkontor gjør det, og en annet gjør det. I stedet for at vi da bruker så mye tid, så hadde vært bedre om vi hadde noen som gjorde den jobben samlet for bransjen. Om jeg har forstått det riktig, så handler det litt om business-strukturen bak hvordan man selger Solibri Model Checker også, at det er mange aktører som selger Solibri Model Checker. Så hvilken aktør skal gjøre den jobben og skal det bare gjelde for de og de kundene?” (Aktor 2)

4.1.6 Interoperabilitet og utfordringer i implementering av regelverk

Det er mange regler i UU-standarden som er vanskelig å implementere i et dataprogram fordi lovverket snakker et annet språk enn det tydelige språket dataprogrammer trenger. For eksempel er regelen om organisering og oversiktlig i et publikumsbygg en vanskelig regel å kode. Og som aktørene poengterer, så ligger ikke utfordringene bare i utviklingen av regelsjekkerne, det stilles også høye krav til kvaliteten til bygninginformasjonsmodellen. Og så er det et spørsmål om hvor mye informasjon det er hensiktsmessig å putte inn i modellen. En kan spørre seg om det må gjøres en jobb med å utvikle standarder i en retning hvor en har tenkt tanken på at bestemmelsene skal kunne sjekkes med en digital regelsjekker. I IDDS er følgende scenarioet definert: “Interoperability for sharing and reuse of project data between trades and phases of a project will be largely transparent due to rich and universally supported standards.”- CIB (2013)

”Det en ganske stor andel av standarden som ikke går an å sjekke. Men det betyr ikke at de ikke kan sjekkes i fremtiden.. Problemet i dag er at modellen ikke er på det nivået. Hvis man skal sjekke modellen med et regelsett for UU, så kreves det at man har en modell som har en høy nok kvalitet. Det må gjøres en jobb med teknologien, det er mye som må sjekkes manuelt i dag. For eksempel er det regler som sier noe om søppelbøtter i et bygg, men det er ingen info i en BIM-modell om søppelbøtter. Så det må jo da sjekkes manuelt. Men vi har laget en regel på det, der det står det at den må sjekkes manuelt. Det er sånn vi har gjort det nå. Det er en løsning bare for å få med alt, bare så man ikke utelukker noe. Selv om det ikke kan sjekkes digitalt så er det greit at det er med som et punkt.” (Aktør 3)

”En UU-sjekk handler blant annet om farger og kontraster. Og andre elementer som jeg vil si ikke er en del av en BIM-modell. Og jeg mener at det er viktig at man jobber på et visst abstraksjonsnivå. Man detaljerer ikke absolutt alt. For hvis man går for langt ned i detaljene så får du og veldig mye som du skal vedlikeholde i modellen. Og en ønsker jo å være effektiv.” (Aktør 1)

”Også er det detaljeringen på detaljtegningene, der en gir sjiktoppbygningen. Et eksempel der er at vi tegner vegger. Så sier vi at den har sjikt inni seg, og det er og en del av en BIM. Men hvordan den veggen møter dekke, og hvordan en membran skal brette seg oppå veggen.. det sier BIM-modellen ingenting om. Dette er det detaljtegninger i 2D som forklarer. Det er 2D informasjon som er separat, enn så lenge. Det er ikke formålshendig å gå så dypt i informasjonslagringen. En sier bare på generelt

vis at der dette dekke møter denne type vegg – så ser det sånn ut. Også løser man problemet én gang, i den tegningen. Mens de store linjene – der du forteller hva som skal bygges hvor, og denne type vegg skal bygges her og her – da bruker man BIM selvfølgelig.” (Aktør 1)

”Ta for eksempel heiser. I dag er det veldig vanlig å bare tegne heissjakten, også kommer detaljer og sånn på siden. Men i UU står det mange regler om hvordan denne heisen skal se ut, men i dag har man ikke tilgang til den informasjonen – for man har bare heissjakta som bare er Space, og det kommer man ikke så langt med. Et annet eksempel er rekkverk i trapper. Standarden sier at et rekkverk skal være så, så høyt. Arkitektene kan ha tegnet rekkverket som ett element, som ikke henger sammen med trappen, og man kan da ikke måle avstanden som en vil sjekke for. Og det er flere slike problemer som dukker opp når en jobber med det. Men jeg vil jo tro at mye av det vil kunne gjøres ved at man tar utgangspunkt i det. Og modellen må ha et høyt nivå.” (Aktør 3)

”Mange regler krever at man har klassifisert rom. Standarden har visse krav til boder, så da kreves det at rommene som skal være boder er klassifisert som det. Så da man må gjøre en jobb med å klassifisere de rommene som skal sjekkes. Dette kan man gjøre i Solibri. Man har *regelsettet* også har man det som heter *classifications* i Solibri. Så man må jobbe begge de.” (Aktør 3)

”Ofte kan det være slik at det ikke er definert noe inngangsparti. Det er bare masse dører. Og det må stå i modellen hva som er hovedinngang for at en regel skal kunne sjekkes. Så det viktig å vite hvilket nivå vi må ha modellen på før vi kan begynne å gjøre noe. Vi har laget noen regler som vi vet hadde funket om den nødvendige informasjonen hadde vært der, men så har den ikke det. Men kanskje vi kan bruke regelen i en annen modell med mer informasjon” (Aktør 3)

”Man må være veldig klar på at når man gjør en regelsjekk, at man ikke tar det for god fisk at alt stemmer. Det er det veldig mange som tenker om BIM, at det skal jo bare gjøres av seg selv og man skal bare kunne trykke på en knapp. Den er jo ikke smartere enn et menneske. Så hvis en ting ikke blir sjekket så bør man kunne vite hvorfor, og kjenne til reglene og classifications. Man må ha kjennskap til det. Så jeg tror det er vanskelig å lage et regelsett og gi det bort til noen som ikke kan det. Man må vite hva man gjør. Det er som å gi en gravemaskin til en som ikke har sittet i en gravemaskin før.” (Aktør 3)

”Men så er det en forskjell mellom disse absolutte kravene og de som er funksjonskrav. Eks: det skal være mulig å orientere seg litt. Og det er egentlig en veldig god måte å formulere krav på for arkitekter, for de.. da for en faktisk lov til å tenke nytt. Mens når man sier: sidefeltet skal være sånn og sånn, da er en arkitekt helt låst. Nå er det kanskje vanskelig å være kreativ akkurat der (peker på sidefeltet til døren), så det kan være et eksempel på hvor man skal ha absolutter. Også er det slik at med rullestoler så er det lov til å si at den kan gå under en vask, og litt under toalettskål. Og det er noe som må implementeres i en regelsjekker, at den rullestolen faktisk får lov til det. Og da har du at denne *funksjonen* er opprettholdt. Men realiteten er ikke absolutt. Så det er en veldig interessant problemstilling” (Aktør 1)

4.1.7 I hvilke faser vil vi bruke regelsjekkere?

“Alongside approaches to providing code compliance advice at early stages, further work on simulation and optimization approaches for early design phases should be investigated.”

- CIB (2013a)

“The move towards code compliance checking could be refined to enable early designs to gain some measure of evaluation rather than having to wait until the detailed design phase has completed.”- CIB (2013a)

I dag brukes regelsjekkere som en ekstra kvalitetssikring på detaljnivå. Informantene ble spurt om de kunne se nytten i å få støtte av en regelsjekker tidligere i prosessen. Jo tidligere man kan indentifisere feil og mangler, jo enklere og billigere blir det å rett opp. Jeg spør dem om de er interesserte i en regelsjekker, gjerne implementert som en funksjon i tegneprogrammet, som kan gi en pekepinne på at det man tegner er riktig, mens man prosjekterer. Og i så fall – hvilke regler er interessant for hvilke faser av prosjektet?

”Det er jo faktisk en interessant tanke. Det ligger jo helt i det grunnleggende regelverket. Skal en kunne kalle seg arkitekt så må en vite disse tingene. Men at det finnes en regelsjekk som faktisk sjekker alle disse kravene, det er jo selvfølgelig en fordel. Kanskje det kan hjelpe en arkitekt som ikke har jobbet noe særlig med dette før. Han skal allikevel kunne det, men selvfølgelig er alle ting som kan høyne kvaliteten bra.” (Aktør 1)

”Brukbarheten i disse sjekkene er jo og avhengig av hva som er modellert. BuildingSMART-guiden er et forsøk på å lage en standardisering av hva som skal leveres i de ulike fasene. I forprosjekt er dette viktig. I skisseprosjekt skal man kunne skissere og bevege seg på et litt høyere nivå, da skal en få et romprogram til å fungere, man trenger ikke å plassere alle innervegger eller dører. Og her faller da en UU-sjekk på sidefelt fort bort. Mens hovedkommunikasjon skal være etablert. Så der kan korridorbredder sjekkes og tilsvarende. Det kan være mange undersjekker, og da kan du krysse av hvilke sjekker du ønsker og hvilke du ikke ønsker. Der kan man f.eks ha en sjekk av korridorbredde. Så jeg vil si at regelsjekk er interessant i alle faser. Men det er avhengig av hva som er modellert. Noen ganger i store prosjekter, så har en ikke gjort noe viktig i skissefasen fordi du jobber på et abstraktnivå. Og det syns jeg og er en frihet som man må ha.” (Aktør 1)

”En må ikke lene seg for mye på digitale hjelpemidler. Vi ser ofte at man må tolke regelverket. Virkeligheten er ofte mer kompleks og krever tolkning. Men en rådgivende sjekk som sier har ”du husket dette?” og at den leser ut fra tabellen: ”her har du kanskje et problem”. At den bare peker på det, og at du selv sjekker det ut. Absolutt viktig. Og jeg syns det er like viktig i tidlig fase som i en sen fase.” (Aktør 1)

”Det tror jeg absolutt hadde vært nyttig! Det man kanskje kunne gjort for arkitekter da, kanskje en kunne tenkt de ulike fasene man har i bransjen: tidlig fase med skisseprosjekt – hva trenger man da, så har vi forprosjekt der man beriker det litt mer og så detaljprosjekt. Det er en fordel at jo tidligere du får arkitekten til å anvende rom, jo bedre. Så hvis en har gjort et skisseprosjekt, og en har kanskje ikke som nyutdannet det under huden, at en ikke driver prosjektet for langt uten at en da får mulighet til å få korreksjon på det som tegnes.” (Aktør 2)

”Absolutt. Jeg tenker jo det at hvis man skal ha modellen opp på et visst nivå til at man kan gjøre en UU sjekk, da må man sette visse krav til hva som skal inn i modellen. Og da kan man lage en egen regel som sier: dette skal være med og sånn skal modellen se ut. Og hver gang man da kjører den regelen ser man hvor det er feil. Det beste er å vite hva man trenger og for å så lage regelen.” (Aktør 3)

4.1.8 Implementering av Best Practise

Vi trenger ikke å begrense vår bruk av regelsjekkere til å sjekke modellen opp mot lovverk. En annen tanke som er blitt drøftet med informantene er implementering av *Best Practise*. Altså implementering av regler for løsninger som man vet er gode og som en selv har formulert. Man kan da selv definere regelsettet etter eget ønske, noe som er lettere enn å oversette lovverk til ”programmeringsspråk”.

”Ja, interessant. Altså, to forskjellige typer prosjekter her. Hvis du er i et boligprosjekt, har vi på en måte ”standardleiligheter” og måter å organisere leiligheter på som vi har forsket frem gjennom veldig mange prosjekter. Så de løsningene bruker vi igjen, og der har vi innarbeidet dette. Men så har man andre prosjekter som rehabiliteringsprosjekter. Der du ofte må jobbe ganske hardt for å få til UU kravene, fordi du skal ta hensyn til vernet strukturer og eksisterende strukturer. Og der kan det vær mer interessant å gjøre det du sier.” (Aktør 1)

”Men hvis vi får en regelsjekk i Solibri, så er det faktisk en kobling mellom ArchiCAD og Solibri. Man kan bare trykke på en knapp også går modellen inn i Solibri, også kan du gjøre regelsjekken der (Se figur 4.2.1-4 side 55). Så jeg vil si at selv om vi ikke får implementert den regelen i vårt hjemmeverktøy, som er ArchiCAD, så vil en Solibri regel kunne hjelpe oss veldig godt underveis i prosjekteringen- ikke bare ved en slutt KS. Jeg er for at vi skal ganske fort få inn vårt underlag inn i Solibri. Og når vi jobber i BIM, så utveksler vi jo IFC hele tiden, og da oppstår samhandlingsmodellen veldig tidlig. Men det er jo klart at man kan jo tegne opp og forske på best practises, og teste ut idéer, og kjøre de igjennom Solibri. Men det er ofte det som er prosjekteringen, fordi... vi tester ikke noe isolert. Det handler mye om sammenhengen og hvordan vi får plass til en helhet som er det som er utfordringen.” (Aktør 1)

”Ja. Også er det viktig å skille mellom *lovverk* og *best practises*. For best practise har alltid en fortolkning. Man kunne kanskje hatt et nivå som var lovkrav, eller TEK eller NS, også har du en som er best practise i bransjen eller noe sånn. Man da må den best practise også oppfylle alle kravene forhold til NS eller til TEK.” (Aktør 2)

4.1.9 Utvikling av regelsjekkere og kontrakter

Et tema som dukket opp var: hvem skal lage og utvikle disse regelsjekkerne? Informantene hadde ulike forslag. CIB (2013) har selv et forslag som at organene som driver søknad- og godkjenningssprosessene tar initiativ til å utvikle regelsjekkerne som kan brukes i prosessen.

”Jeg ser for meg kanskje Statsbygg. Jeg tenker at hvis vi hadde fått det integrert i BIM manualen at det er krav til å sjekke for UU og det skal skje sånn og sånn, så hadde det vært bra. At det hadde blitt mer standardisert så det ikke blir så rotete som det er nå. Da spiller det på en måte ikke noen rolle hvem som gjør det, men at noen gjør det for alle.” (Aktør 3)

”Det hadde vært topp om de som lager regelverket selv tok ansvaret får å utvikle gode regelsjekkere som dekker deres krav om som lett lar seg utvikle i samsvar med at dere regelverk bør utvikles. Utviklingen av god utforming må ikke stagnere i det man standardiserer. Det at en lager en god regelsjekk på dagens forskrifter må ikke bety at da er lista satt for tiden framover. Da stopper jo utvikling og arkitekturen opp. Og de som lager vellykkede regelsjekkere med best practises til egne prosjekter må sørge for at den kunnskapen og teknologien kommer tilbake til de som utvikler regelverket og andre som kan ha nytte av den regelsjekker – slik at en hjelper hverandre videre og utvikler utformingen og arkitekturen.” (Aktør 4).

”Og litt med problemstillingen vi kommer inn på der er Solibri: vi ønsker jo at disse tingene burde leverandøren tatt ansvar for og laget et nasjonalt regelsett, som de har gjort i Finland. Men Solibri blir solgt av fire forskjellige firma, og de klarer ikke å samarbeide om lage dette. Og de vil sannsynligvis ikke lage et sett som da andre kan bruke. Så dette syns jeg er en beklagelig situasjon. Dibk, som står for regelverket – hvis de og kunne gitt oss regelsjekkerne så hadde det vært fint. Og det er jo ikke en urimelig tanke.” (Aktør 1)

Det er ikke bare teknologi, innarbeidede arbeidsmetoder og tilpassede standarder som skal være på plass. Med nye arbeidsprosesser kommer også nye kontrakter. CIB (2013a) understreker at det er viktig at alle involverte tar forbehold for disse endringene og bruker veldefinerte kontrakter slik at alle parter er enige om hva som inkluderes i BIM-filene, hva de skal brukes til og hvem som skal gjøre hva.

”Vi jobber med å passe på at rammebetingelsene når det gjelder BIM blir slik at de blir brukbare. Det er viktig, fordi hvis arkitektene blir i et prosjekt liggende med veldig mye ansvar og dårlig definert ansvar – så er det dårlige rammebetingelser. Det er viktig at når kontraktsforslag og maler for ulike typiske BIM-ytelser skrives, så må det skrives på en slik måte at vi har muligheten for å gi ordentlig tilbud og ha gode, definerte kontrakter på det. Sånn som i dag så har byggherren krevd BIM i prosjektet, også sier vi noen ganger *nei*. Også tror de at vi sier nei fordi vi ikke kan eller ikke vil, men vi sier nei fordi rammebetingelsene er så uklare. Vi sier at vi kan absolutt levere en BIM-modell men vi tror ikke at 100% bør og kan inkluderes i den modellen. Og dette er det ikke de alltid forstår.” (Aktør 4)

”Det er noen oppdragsgivere som sier at man skal bruke BIM, og man skal begynne veldig tidlig. Og det er jeg litt imot, fordi man kjøper inn ekspertisen som selv vet best hvordan de skal løse de problemene som er. En erfaren prosjekteringsgruppe vet hvordan de skal angripe problemstillingen. De står ansvarlig for leveransen.” (Aktør 1)

4.1.10 Gi karakter på universell utforming

Implementering av regler for universell utforming og best practise åpner opp for nye muligheter. En idé er å se på universell utforming litt på samme måte som BREEAM eller et energimerke, at en måler grad av kvaliteten på utformingen. At man kunne, ved hjelp av en regelsjekker, gitt en score eller karakter på UU utover det å oppfylle minstekrav. Det kunne gitt insentiv til byggherrer ved at en god utforming gir verdiskapning. Spørsmålet engasjerte informantene og de kom med gode innvendinger.

”Det er en veldig interessant tanke. Og jeg kan se at den blir veldig aktuell når du tenker på sykehusbygg, eldreheim, assistert bolig, eller livsløpsboliger. Og det å kunne hatt et stempel, som et energistempel, som sa at.. ja denne boligen er TEK10 men denne boligen her er TEK10 Pluss. Men så er det vanskelig å kvantifisere hvordan man skal gi de karakterene. At man får et objektivt mål.. og da får et insentiv for byggherrer, som bygger for salg. At de får lov til å sette et stempel på deres bolig som sier at: her kan en bli gammel uten utfordringer. Og det åpner da og for en mulig lettelse i kravene. At man kan si at siden man kan gradere de, så trenger man ikke å ha TEK10 og oppover, man kan ha TEK10 og et trinn under. Jeg vet ikke om jeg er for det. Men med en liten skala kan man begynne å skru på knottene” (Aktør 1)

”BREEAM har jo slått an fordi at man.. forretningsmodellen er jo at man selger.. om en byggherre som bygger kontorer kan reklamere med at det er et energieffektivt hus, så er jo det et økonomisk insentiv både for byggherren og for leietakeren. Så insentivet for å få et UU+, må jo da være at kvaliteten øker og da må den kvaliteten være en berikelse som gjør at man er villig til å betale for en slik sertifisering. Og at da den leietakeren i sin tur setter pris på det, og vil da leie det til en høyere pris. Så går det det kanskje når det gjelder universell utforming både på materialvalg, på areal – begge disse to er kostnadsgivende parametre. Absolutt, spennende tanke, ja. Jeg har ikke tenkt tanken før du sa det nå.” (Aktør 2)

”Kanskje det kan sette litt fokus på det. For noen år siden var det mye fokus og kurs på universell utforming, mens nå er det blitt en del av det.. nå er det bare slik. Alle arkitekter gjør det, tegner mens man har det med seg. Men det er klart, det å løfte det et nivå til...” (Aktør 2)

”Det går an, det tror jeg hadde vært mulig. Det er veldig spennende. Det er noen som har skrevet oppgave om å gi BREEAM karakterer i Solibri. Så har man fått ut en sum på det, bare ut i fra sjekker i Solibri. Så man kunne gjort det samme med UU, at man på en måte hadde satt en karakter eller sum på det. Det hadde jo vært nyttig det.” (Aktør 3)

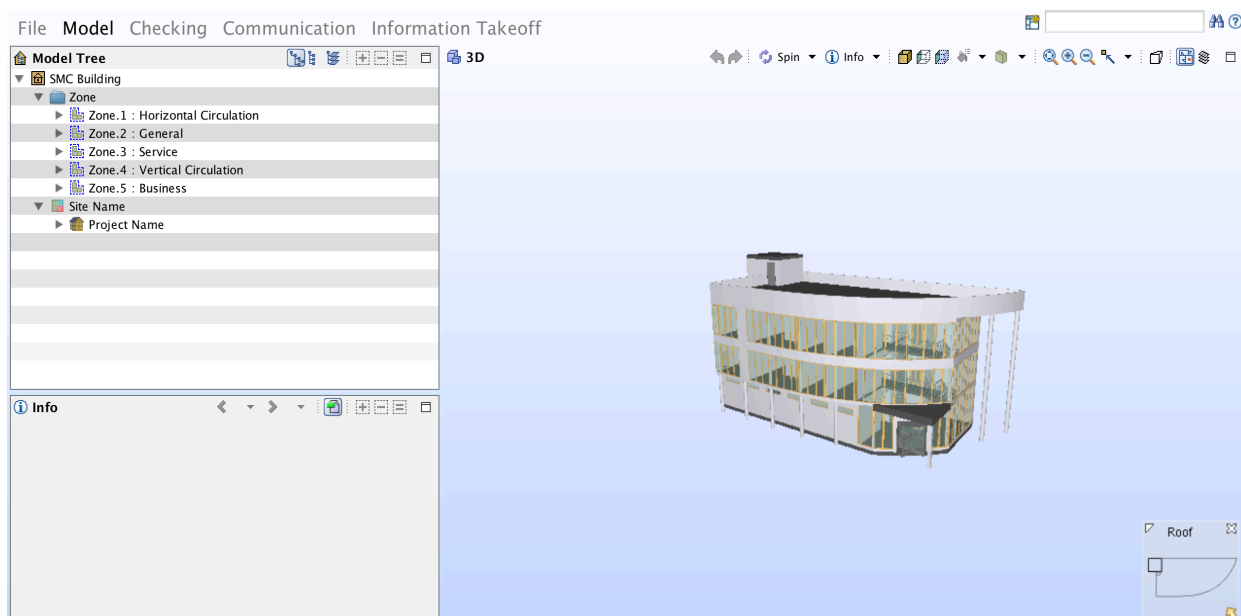
”Det hadde vært utrolig hvis man på en måte hadde satt de kravene litt opp i mot hverandre.. at noen av de kravene hadde blitt mer spisset mot modellen, slik at en lettere kan sjekke de forskjellige områdene. I stedet for slik det er nå hvor det bare en haug med krav og regler. Så kunne man delt det opp og sagt at dette her vil jeg sjekke manuelt og dette kan jeg sjekke i en modell.” (Aktør 3)

”Det er en god tanke. Det er det viktig å ha regelsjekkere både for eksisterende standarder og TEK, i tillegg til at vi lager våre egne regelsjekkere. Og der kan man implementerer best practises som passer den målsetting en da setter seg for UU utover minstekrav/eventuelt under minstekrav i det prosjektet.” (Aktør 4)

4.2 Resultater fra testing i programvare

Innholdet i kapitlet er ment for å illustrere hvilke muligheter som ligger i å bruke modellsjekker på universell utforming. Som beskrevet tidligere er Solibri Model Checker brukt som hovedverktøy i denne oppgave. Og grunnen til det er at programmet er mye brukt, intervjuobjektene bruker det, den forstår bedre kvaliteten på informasjonen i modellen på en bedre måte enn konkurrentene, og brukeren kan lage sine egne regelsett. Kapitlet gir ikke en detaljert beskrivelse av programmet og alle dets funksjoner, men (4.2.1) gir en innføring i hvordan det fungerer. Deretter rettes fokuset mot oppgavens problemstillingen: Først hvordan en UU sjekk gjøres med Solibri Model Checker i dag (4.2.2), således hvordan man lager sine egne regelsett (4.2.3) og så introduseres et eget rammeverk for en smartere regelsjekk for universell utforming (4.2.4).

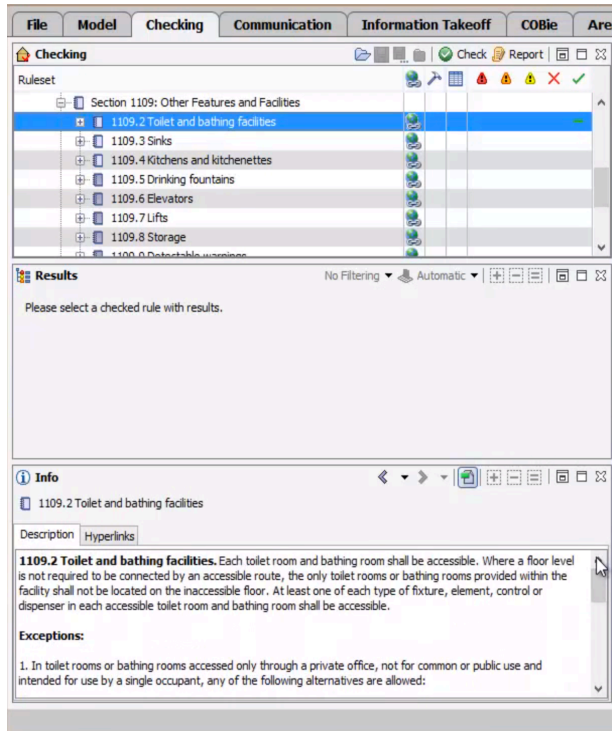
4.2.1 Testing av Solibri Model Checker



Figur 4.2.1-1: Illustrasjonsfigur av SMC. Skjermbilde fra Solibri

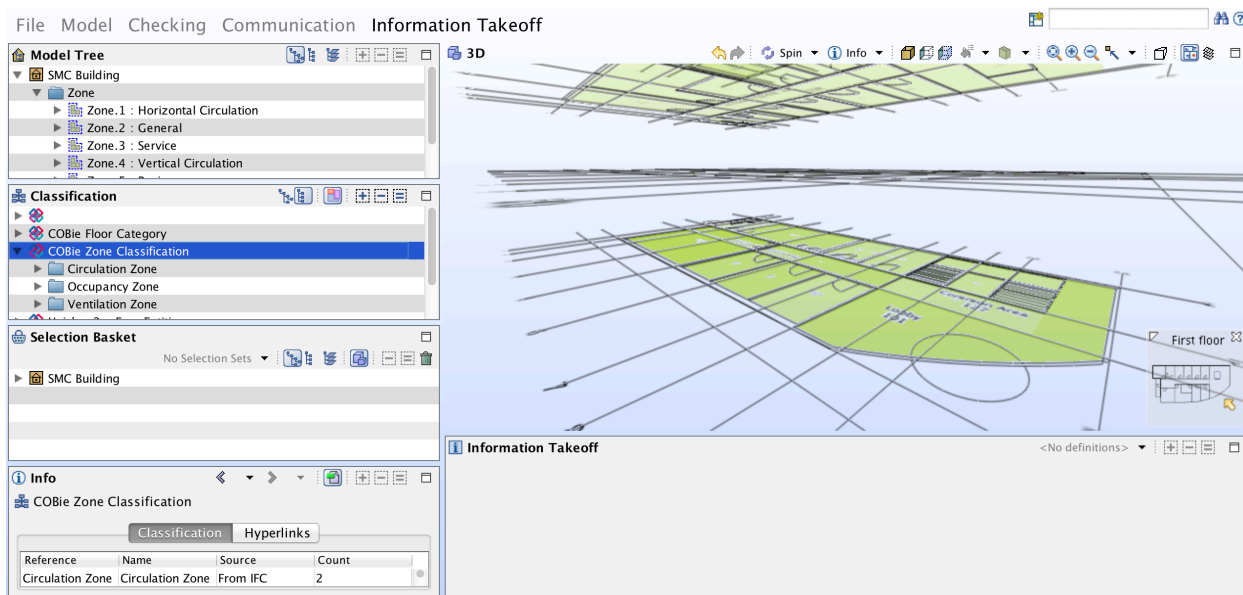
Bildet ovenfor er et skjermbilde fra Solibri. Fanene ”Model”, ”Checking” og ”Communication” of ”Informations Takeoff” viser til hovedfunksjonene til programvaren. I ”Model” velger en seg en modell å jobbe med. Dette er altså BIM-filer, gjerne i filformatet IFC. I vinduet til høyre i figuren vises en 3D-visualisering av et bygg som ligger inne i programmet når det nedlastes. Det er et eksempelbygg som nybegynnere kan bruke for å teste ut ulike funksjoner og lære seg programmet. I fanen ”Checking” gjennomfører man utvalgte tester. Typiske tester er kollisjonstester, søk etter manglende objekter, objekter med feil egenskaper eller *spacing* (for

mye eller for lite plass rundt objekter). Flere av reglene i Solibri Model Checker kan kokes ned til det som programmeringsspråket omtaler som "If - Else" setninger. For eksempel: "If" det er for liten plass til heis, så rapporter det som en issue, "Else" rapporter det som godkjent.



Bildet til venstre viser en liste av sjekker for tilgjengelighet som er implementert i Solibri Model Checker. Varsler vil dukke opp som *issues* der regelsjekkeren finner feil i modellen. Den angir alvorlighetsgraden (rød, oransje og gul varseltrekant). Eventuelt gir den en grønn hake som indikerer *godkjent*. Programmet oppgir også hvor i modellen dette *issue* oppstår, og ved å dobbeltklikke på problemet tar den brukeren til problemet i modellen. Det kan være meget verdifullt å identifisere slike feil i denne prosessen. Under *Info* står det en beskrivelse av regelen som det sjekkes for.

Figur 4.2.1-2: Checking-vindu i SMC. Skjermbilde fra Solibri model Checker

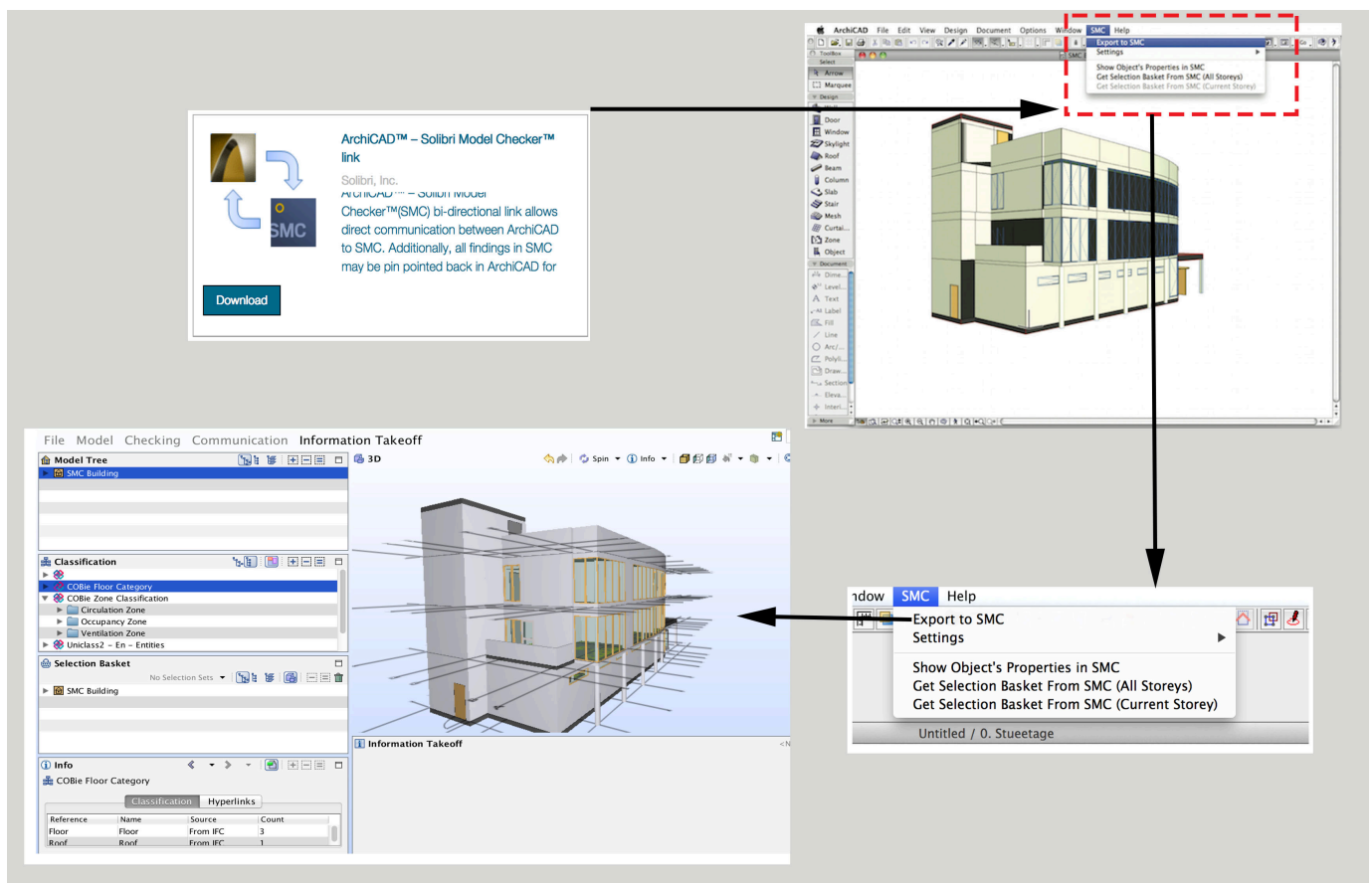


Figur 4.2.1-3: Information Takeoff-vindu i SMC. Skjermbilde fra Solibri Model Checker

I fanen "Communications" og "Information Takeoff" kan brukeren generere 3D visualisering i form av informative illustrasjoner av bestemte deler av bygget, slik at en enkelt kan formidle informasjon og issues med interessenter.

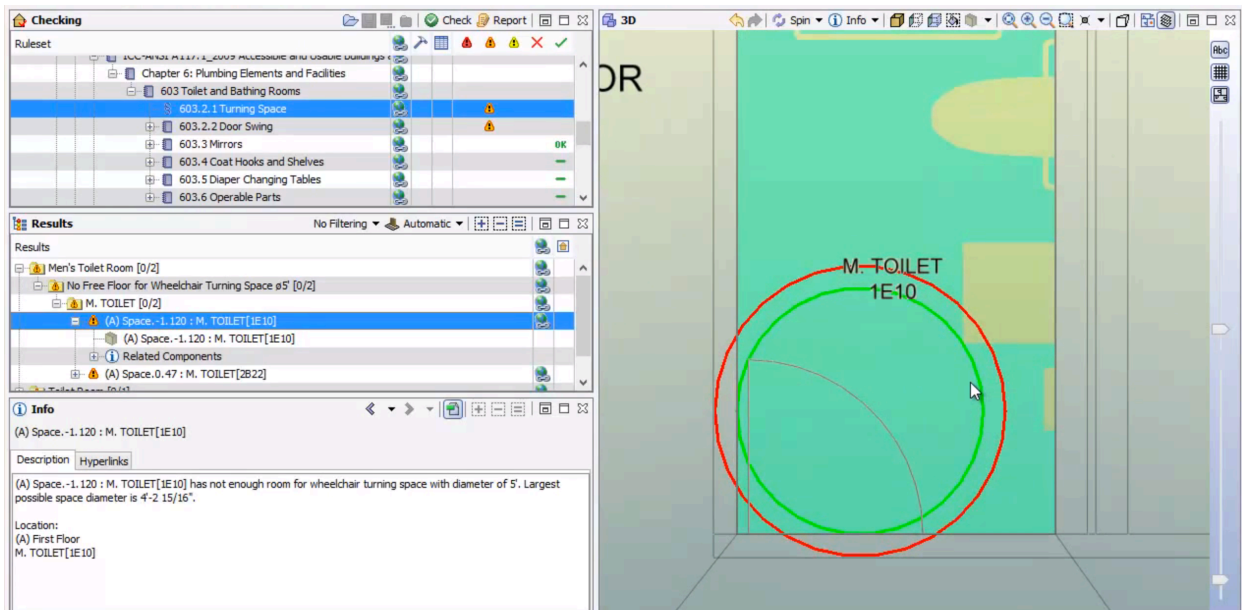
Som Aktør 1 sa i intervjuet, er en viktig del av en BIM-kordinators jobb å lage og vedlikeholde disse ”Communications”, slik at disse kan tas frem under for eksempel i prosjekt-eringsmøter eller brukes av andre. Dermed kan man diskutere problemet i plenum og ved hjelp av programmet kan alle enkelt se hva problemet er og hvor i bygget det befinner seg.

Mange arkitekter velger å tegne i ArchiCAD, som med sin sterke IFC-import/eksport kombinerer bra med Solibri Model Checker. Det resulterer i færre problemer ved overføring av filer mellom ArchiCAD og Solibri Model Checker, enn det som oppleves med bruk av f.eks. Revit og AutoCAD Architecture (ACA). Programmer som Tekla, MagiCAD og Microstation fungerer også bra med IFC-filer. Som informantene kommenterte så er det en meget god sammenkobling mellom ArchiCAD og Solibri Model Checker. Man kan laste ned en *plugin* som figuren nedfor viser. Ved et par tasteklikk kan ArchiCAD-filen eksporteres direkte til Solibri, og omvendt. Formålet er at designeren i større grad bruker programmene parallelt som resulterer i en effektiv og korrekt modellering.



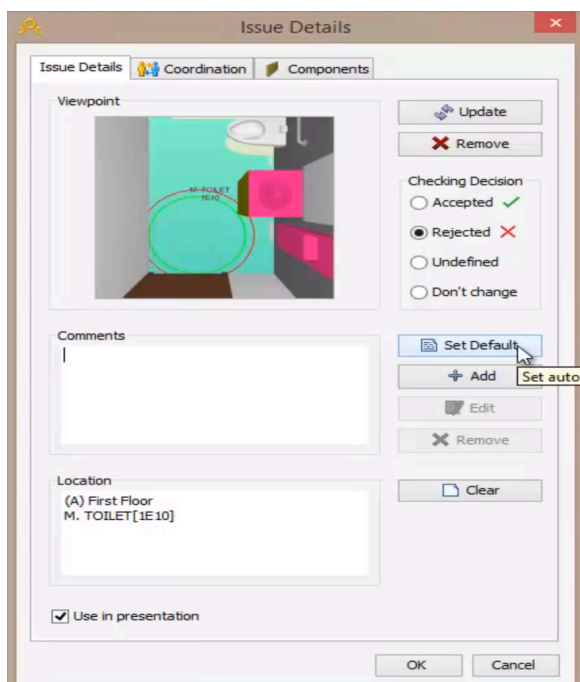
Figur 4.2.1-4: Sammenkobling mellom ArchiCAD og Solibri Model Checker. Laget av Philip Leer-Salvesen med skjermbilder hentet fra Solibri og ArchiCAD

4.2.2 Dagens regelsjekk for universell utforming i Solibri Model Checker



Figur 4.2.2-1: Kontroll av snusirkel på bad. Skjermbilde fra Solibri Model Checker

Regelsettet for UU i SMC er allerede beskrevet i (2.3.3), men illustreres videre her. Figuren ovenfor viser at ved en gjennomført en sjekk av snusirkler. Det dukket opp et issue for toalett nr. 1E10. På dette toalettet er snusirkelen for liten. Den grønne sirkelen i visningsvinduet viser hvilken snuplass som er tilgjengelig i på dette toalettet, mens den røde sirkelen illustrerer kravet for størrelsen på snusirkelen. Som man kan lese av i *Info*-vinduet er kravet 5 feet (1.524 meter), som er implementert fra ICC. Problemet har fått en oransje varseltrekant.

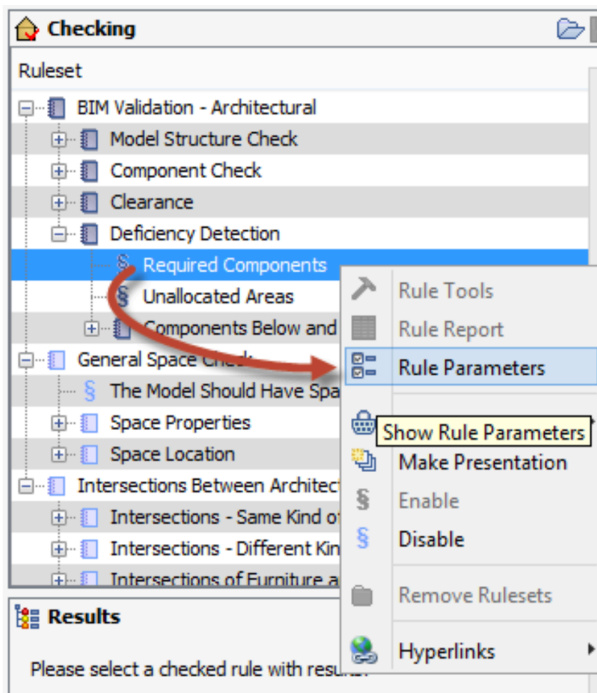


Videre kan man gå inn i *Issue Details* og kommentere feilen. Eller trykke på *Set Default* som generer en standardkommentar for den type feil og oppgir avviket fra kravet. Videre kan det lages en rapport om dette problemet. Rapporten kan tas frem under neste møte, eller sendes direkte til den som skal fikse det. Man kan eksportere flere issues til et Excel-ark om en skulle ønske det. Dersom man ikke betrakter *issue*-et som en feil i det hele tatt (kanskje det var meningen å plassere et lite toalett der) kan man huke av for *Accepted*, og den vil dermed anses som godkjent.

Figur 4.2.2-2: Endring av *Issue Detail*. Skjermbilde fra Solibri Model Checker

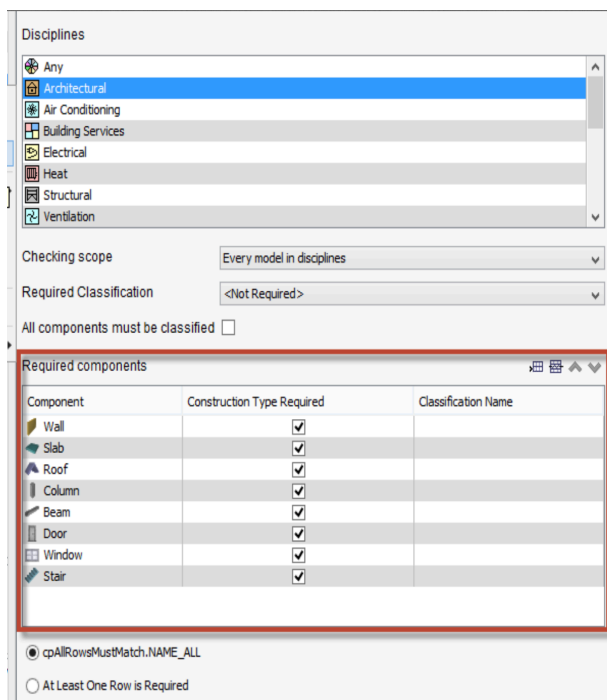
4.2.3 Egne regelsett i Solibri Model Checker

Solibri Model Checker kommer med 50 ferdiglagde regelsett. Men på et tidspunkt vil en nok oppleve at regelsettet man vil bruke ikke tilrettelagt for nasjonale krav eller at en savner et par regelsett å sjekke modellen mot. Da kan man lage sine egen regelsett, enten ved å begynne helt fra starten eller ved å endre parametrene i et eksisterende regelsett. Det sistnevnte går fortest, men må være kompetent i programmet og vite hvilke regelsett man skal ta utgangspunkt i.



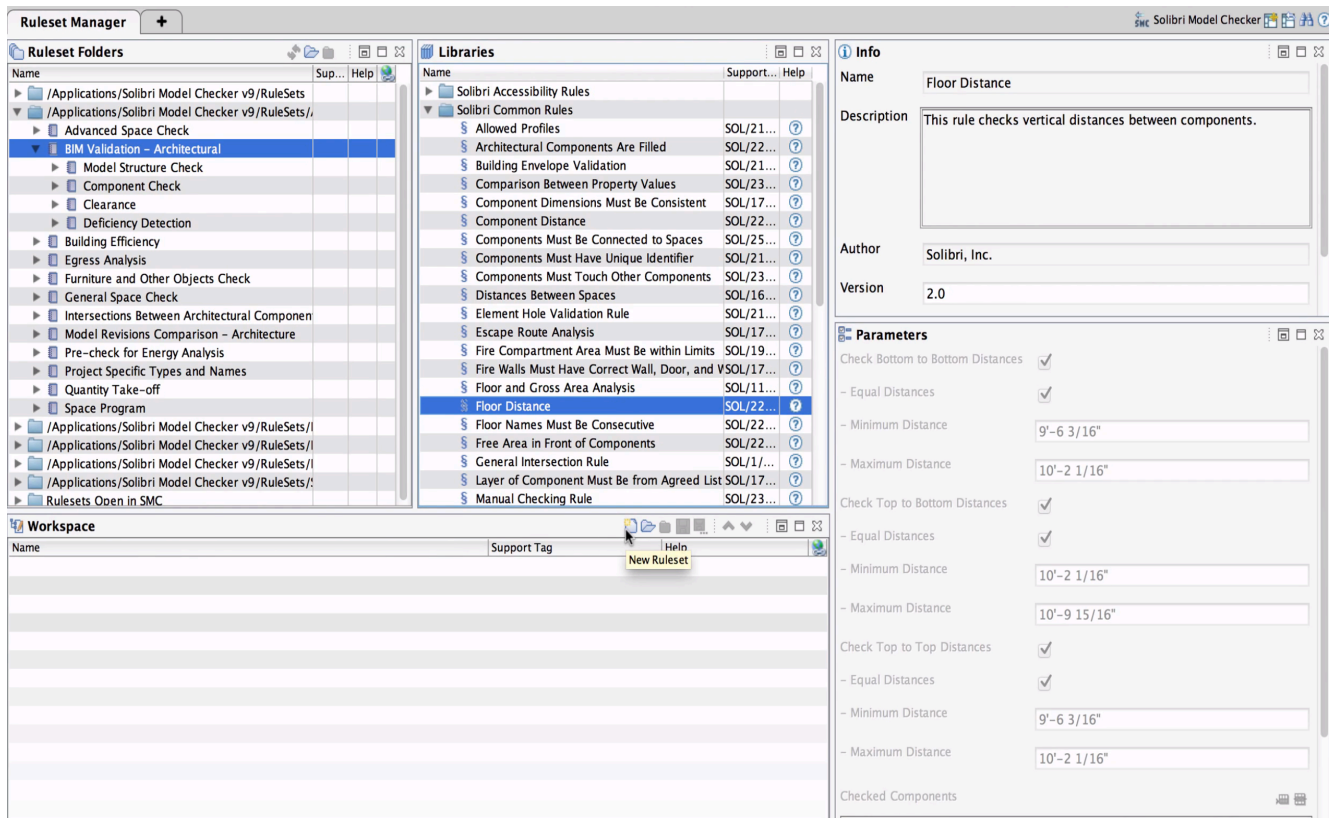
Figuren viser en liste over sjekker som er inkludert i gruppen *BIM Validation - Architectural*. Man har for eksempel et regelsett som heter *Required Components* som tilhører gruppen *Deficiency Detection*. For å endre et regelsett etter egne ønsker høyreklikker man på regelsettet og velger *Rule Parameters*. Videre kan man å endre hvilke komponenter som skal klassifiseres som *Required Components*.

Figur 4.3.2-1: Checking - Ruleset. Skjermbilde fra Solibri Model Checker



Brukeren kan huke av hvilke komponenter i template-en til regelsettet som en vil inkludere i regelen. Man kan legge til et nytt komponent, som for eksempel *Spaces*. Når man er ferdig med å endre regelsettet kan man *save* som original tittel og overskrive eksisterende regel, eller trykke på *save as* og lage et nytt regelsett med nytt navn. Hvis man lager et nytt regelsett må en i etterkant passe på å legge den til den tilhørende rollen/gruppen *BIM Validation – Architectural* ved å trykke på *File > Roles* og *Add Ruleset*.

Figur 4.2.3-1: Ruleparameters for Required Components. Skjermbilde fra Solibri Model Checker

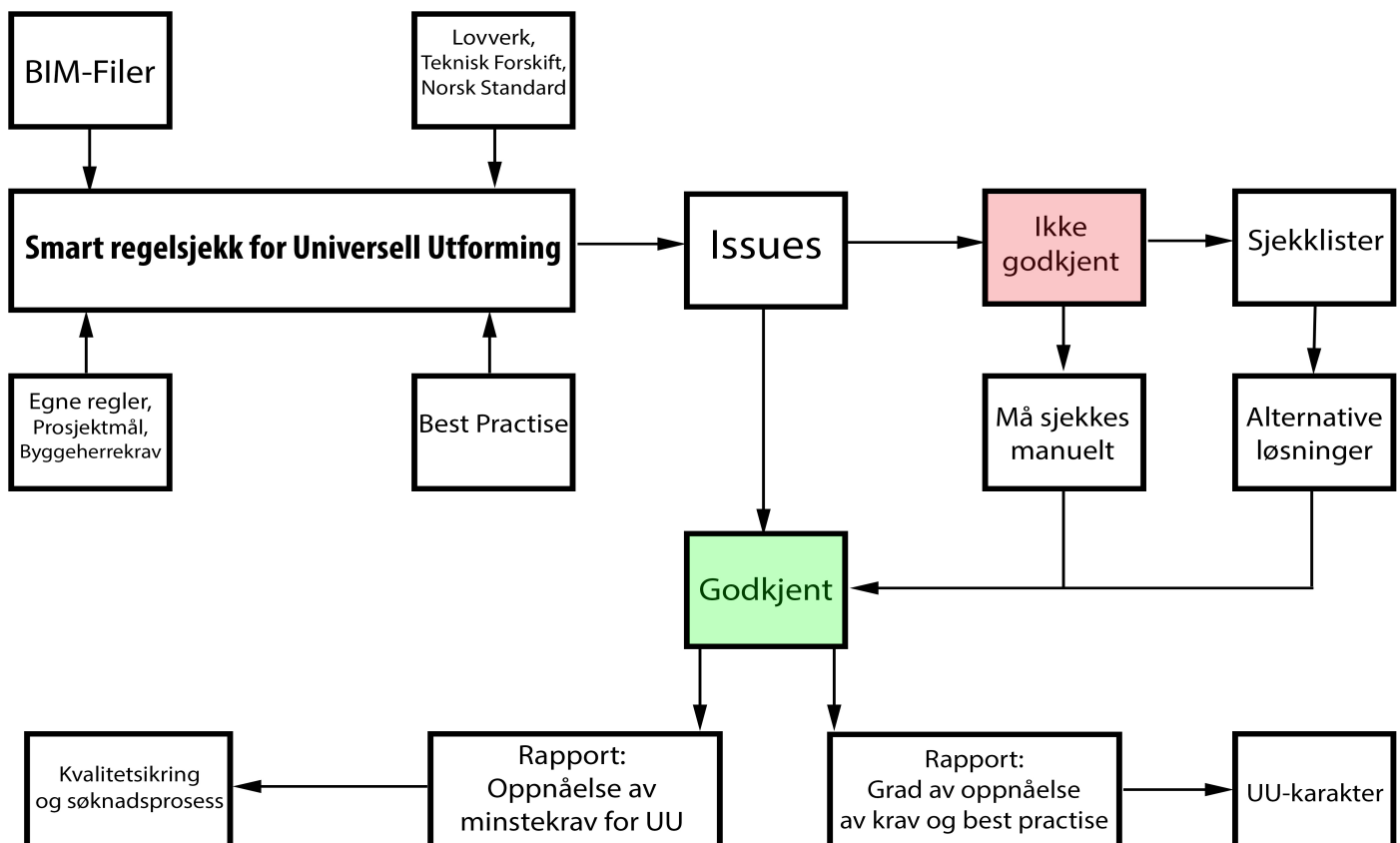


Figur 4.2.3-3: Ruleset Manager. Skjermbilde fra Solibri Model Checker

En annen måte å gjøre det på er å bruke funksjonen *Ruleset Manager* - enten man vil lage et nytt regelsett fra bunnen av eller redigere et eksisterende. Regelsettet kan lages *Workspace*-vinduet og blir klar til bruk i *Checking*-vinduet etter at det har blitt lagret. Ulike regler vil ha ulike *templates* og *classifications*, noe som er viktig å bemerk seg. Det er viktig med kyndighet til alle templates for å kunne lage egne, brukbare regler. Når en har valgt seg riktig template å ta utgangspunkt i, kan man redigere parametrene for å spisse regel til dens ønskede formål. Regelsett kan og lages ved å sette sammen og korrigere regler fra forskjellige roller/grupper.

4.2.4 Utvikling av smart regelsjekk for universell utforming

Hovedkomponentene i BIM-basert modellsjekk er: BIM-filer, lovverk og regelsjekkeren. Undertegnede ønsker å ta modellsjekk til neste nivå og utvikle en ”smartere” regelsjekk for universell utforming. Den inneholder de eksisterende hovedkomponentene, men har fått navnet *smart* regelsjekk fordi den også inkluderer: *egne regelsett*, *best practises*, *UU-objekter* og er smartere i den forstand at den kan genere bedre sjekklister som peker på kritiske punkter og forslår alternative løsninger. I tillegg kan brukeren velge hvilken type bygg det er samt hvilken fase prosjektet er i, og dermed aktuelle regler for den fasen. Rapportene som regelsjekkeren generer etter utførte kontroller er også annerledes. Regelsjekken inneholder alle de fire systemene/prinsippene for regelsjekk introdusert av Hjelset og Nisbet (2010b): Validerende systemer, veiledende systemer, tilpassende systemer og innhold-basert sjekking. Figuren nedenfor illustrerer rammeverket for en smart regelsjekk. Videre forklaring av rammeverket og dets nevnte komponenter foreligger på de neste sidene.



Figur 4.2.4-1: Rammeverk for en smart regelsjekk for universell utforming. Laget av Philip Leer-Salvesen

Selv om dette arbeidet mot en smartere regelsjekk for universell utforming ikke kan betraktes som komplett, er den snarer et rammeverk for hvordan det kan se ut, og som kan benyttes videre i utviklingen. Målet er at noen forhåpentligvis dra nytte av den rammeverket som et hjelpemiddel eller lar seg motivere av de påpekte potensialer.

Regelsjekkeren inkluderer *egendefinerte regler*. Det kan være bestemmelser som prosjektet skal oppfylle etter ønske fra kunden, kommunen, byggherren eller den prosjekterende. Den inkluderer og *Best practise* - altså implementering av bestemmelse for løsninger som man vet er gode. For eksempel kan arkitektbedrifter som har forsket frem gode løsninger og standardisert visse parametre, implementere disse i regelsjekkeren. De regelsettene kan lages "fra bunnen av" eller ved å endre eksisterende, som vist i (4.2.3). Når en selv velger hvordan regelen skal formuleres blir den enklere kode, i motsetning til når man oversetter lovverk til "dataspråk". Flere av dagens regelsjekkere har meget gode volum- og arealberegninger. Selv om avanserte regelsjekkere og modelleringsprogrammer er nødvendig, er ikke teknologien en uoverkommelig hindring for at en smart regelsjekk kan se dagens lys.

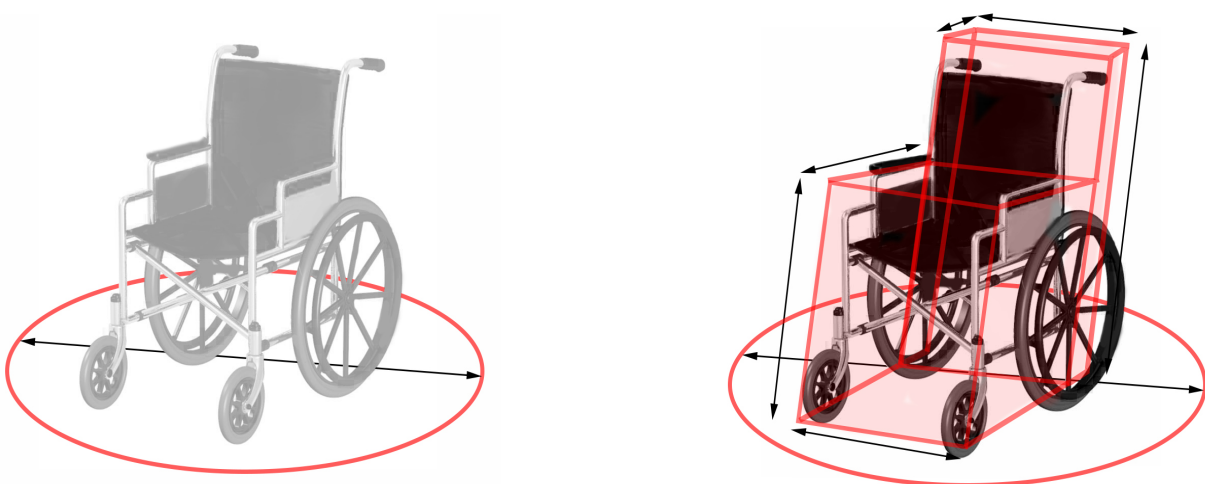
Når programvaren kjører modellsjekken vil den rapportere om issues der den identifiserer feil eller mangler. Det kan og være issues som ikke inneholder konkrete feil, men at regelsjekkeren peker på kritiske punkter i modellen som må kontrolleres manuelt og ekstra nøye.

Regelsjekkeren kan gjerne være sensitiv og overrapportere issues. Det er bedre at den rapportere for mange issues enn for få. Der regelsjekkeren indentifiserer "enkle" designfeil kan den generere en rapport/notat om feilen samt sjekklister med alternative løsninger. Å generere sjekklister som kommer opp når et rom har fått en *classification* (eks soverom) kan være nyttig støtte i tegneprosessen. Den kan genereres en liste over regler som gjelder for det aktuelle rommet man designer, slik at man har mer kontroll på at krav blir oppfylt. Det kan være en støtte for uerfarne arkitekter som ikke har alle reglene under huden enda.

Som det ble diskutert i intervjuene, og som IDDS påpeker, så kan det å få støtte av teknologi i en tidlig fase bidra til at feil blir indentifisert før prosjektet går for langt i feil retning. Samtidig må en tenke på hva en har behov for å sjekke i ulike faser. I et forprosjekt er det romplassering og arealbruk som er det viktige, mens i detaljprosjektet stilles det naturligvis et høyere krav til detaljnivå. Det kunne vært en funksjon hvor bruken velger detaljeringsnivå, i forhold til den prosjektfasen man befinner seg i. Kall det gjerne en *faseklassifisering*. Brukeren kan huker av i programmet at man for eksempel er i et *skisseprosjekt*, og dermed vil regelsjekkeren ta forbehold for abstraksjonsnivået og sjekke modellen for regler som er aktuelle for den fasen.

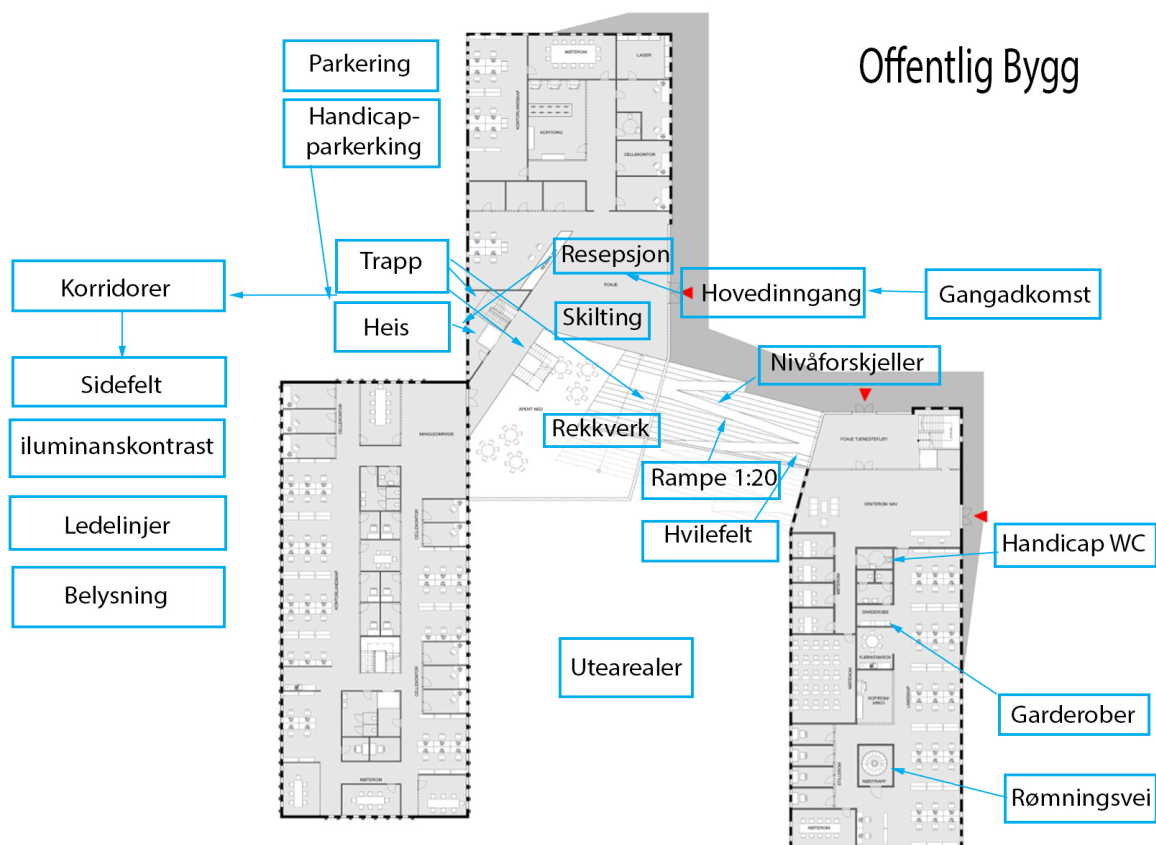
En smart regelsjekk for universell utforming stiller strengere krav til BIM-filenes kvalitet og LOD. For at regelsjekkeren skal kunne kjøre sjekker med avanserte regler er det klart at informasjonen i modellen må være på et høyt nivå. Et tiltak kan være å berike BIM-filene med *UU-objekter*. Eksempler på UU-objekter kan være snusirkler, linjer for sidefeltregel og korridorbredder, oppmerksomhetsfelt, ledelinjer, luminanskontrast, rekkverk etc. Disse bør ha LOD400-nivå og kan implementere i objektbiblioteket til i tegneprogrammet (som ArchiCAD). Med UU-objektene plassert i modellen har man alltid kontroll på at krav blir oppfylt ved at de tydelig viser hvor mye areal/volum som trengs rundt forskjellige objekter. Samtidig det bør ikke gå så langt at man må ha en egen modell som bare sjekkes mot lovverk for UU, og andre modeller som sjekkes mot andre lovverk. Det beste og mest effektive er å kunne kjøre alle sjekker i en og samme modell. Hvis prosessen blir kronglete synker fordelene med BIM drastisk.

I stedet for å tegne en 2D-snusirkel, som gjør i dag, kan man putte inn et 3D-objekt med standardiserte dimensjoner som viser hvilken plass en rullestol trenger. Lovverket sier at en rullestolen kan snurre under vask, skap og litt under toalettskål, uten at dagens regelsjekk tar hensyn til det. Med et rullestol-UU-objekt kan man sjekke for om rullestolen kan snu under elementer og om rullestolen kan snu rundt ved å kjøre litt fram og tilbake. På den måten kan ytelseskravet være opprettholdt selv om snusirkelen ser ut til å kollider med elementer i et todimensjonalt perspektiv.



Figur 4.2.4-2: Snusirkel til venstre, forslag til UU-objekt til høyre. Laget av Philip Leer-Salvesen

Funksjonsbaserte krav som oversiktlig organisering av offentlige bygninger er vanskeligere for en regelsjekkere å ta stilling til. Disse har ikke like tydelige krav som bygger på indentifisering av objekter eller enkle areal- og volumberegninger. Men det er likevel ikke umulig å få støtte av teknologien på også disse områdene. Klassifisering av rom som for eksempel hovedinnganger, mindre innganger, korridorer, heiser, trapperom og lignende byr på muligheter. Med fargekoder kan en prosjekterende enklere se *flowen*, og teknologi kan bidra med sjekklister for hva en må tenke på når en løser problemstillinger knyttet til flyten i bygget. Programvaren kan for eksempel gi varsler hvis avstander mellom hoved-kommunikasjonsveier og heis blir for større en definerte lengder, eller om det mangler skilting. Dette krever en dog bygningsinformasjonsmodeller med et høyere informasjonsnivå enn det som modelleres i dag.



Figur 4.2.4-3: Illustrasjon viser av mangfoldet av punkter må tenke på i utforming av offentlige bygninger. (Laget av Philip Leer-Salvesen. Planløsning fra tidligere prosjektoppgave: forslag til nytt rådhus)

Når regelsjekken er utført og issues er rettet opp og kontrollert, kan den lage rapporter som dokumenterer at kvalitetssjekken for UU er gjennomført. Som figuren 4.2.4-1 illustrerer, så legger rammeverket opp til to ulike rapporter. Den ene rapporten kan ideelt sett konkludere med at minstekrav for universell utforming i lovverk er blitt oppfylt. Videre kan denne rapporten brukes i kvalitetssikring, søknad- og godkjenningsprosesser. Den andre rapporten tar det et steg videre og måler grad av kvaliteten på den universelle utformingen. Det kan den rapportere på bakgrunn av at modellen sjekkes for utforming utover oppfyllelse av minstekrav samt oppfyllelse av egendefinerte regler og best practises med ekstra gode løsninger for UU. Denne rapporten kan således resultere i en score/karakter på den universelle utformingen (i likhet med en BREEAM-score eller et energimerke). Mer om hvilke muligheter som ligger i å introdusere en slik UU-score reflekteres over i *diskusjonskapitlet*.

5. Diskusjon

I dette kapitlet vil jeg trekke ut og tolke mine resultater på bakgrunn av teori og metode. Empiriske data fra utførte intervjuer og resultater fra testing i programvare vil bli diskutert.

Intervjuene som ble utført er en viktig del av denne oppgaven. Jeg startet med intervjuer i innsiktsfasen og de første var med på å gi meg et overblikk over oppgavens problemstilling. Som forskningsspørsmålet understreker så var det et mål å kartlegge dagens bruk av regelsjekkere. Og for å nå det målet var empirisk data fra intervjuene, supplert med litteraturstudiet, essensielt. Lærdommen i intervjuene var stor og jeg skulle gjerne hatt flere, men dette er en kvalitativ oppgave og fire intervjuer er i den forstand mer enn nok. En masteroppgave har sine tidsbegrensninger. Det kunne vært interessant å intervjuer aktører med helt andre roller også – som for eksempel byggherrer eller programvareutviklere – for å få dokumentert deres syn i tillegg. Men jeg har valgt intervjuobjekter på bakgrunn av kunne svare på problemstillingen. Synspunkter fra andre aktører er utvilsomt interessant, men for å ikke få en for bred oppgave har jeg valgt å ikke intervjuer dem. Det hadde åpnet for mange dører og hadde gjort det vanskelig å snevre inn oppgaven. I de neste avsnittene diskuterer jeg svarene og de mest relevante funnene fra intervjuene.

Aktørene jeg intervjuet hadde brukt regelsjekkere i sine prosjekter. Kollisjonskontroller brukes hyppig i dag, og er noe mange i bransjen har sett verdien i. Men jeg forsto det slik at bruken av BIM og regelsjekkere i prosjekter, ofte er et resultat av at byggherren krever det. Må det gå den veien? Bruker prosjekterende kun BIM fordi det er et krav, eller har de begynt å se nytten i bruken av BIM og bruker det i deres prosjekter uansett? De praktiserende jeg intervjuet jobbet for bedrifter som hadde utviklet sine egne regelsjekkere som de brukte i sine prosjekter, uavhengig av byggherrekrav. Og det tror jeg er meget lurt av dem. Den krever vilje, tid og penger å få igjennom slike prosesser. Det kan være vanskelig å se umiddelbare effekter, men jeg tror absolutt det vil lønne seg. BIM, og digitalisering generelt, vil ha en ustoppelig utvikling fremover og dem som sover i timen vil bli utkonkurrert.

Det er interessant å se på prosessendringene som bruken av BIM og regelsjekkere bringer med seg. Er det økt kvalitet eller økonomiske aspekter som er den sterkeste drivkraften? Det kommer an på hvem man spør. Spør man arkitekten er det ingen tvil om målet først og fremst er å øke kvaliteten på arkitekturen. Teknikken skal ikke ta overhånd, men den skal være et verktøy som underordnes og som gir den støtten designeren ønsker for å lage god arkitektur. Prosjekterende setter pris på å få hjelp av teknologi for å få unnagjort repeterende og tidkrevende småjobber, som større prosjekter kan by på. Og det kan være en massiv fordel at regelsjekkeren peker på feil og kritiske punkter i modellen. En rekke forskningsrapporter har laget statestikk for mye tid og penger man kan spare på BIM. Selve prosjekteringen er per dags dato dyrere med BIM, men det er enighet om at BIM byr på kostnad- og tidsbesparelser totalt sett. Men for å ta det et steg videre: hva bruker man disse inntjente ressursene til? Mange byggherrer eller andre interessenter, skulle nok gjerne sett at de inntjente ressursene gikk til raskere og billigere prosjekter. De prosjekterende svarte at de håpet og trodde at det ville resultere i dypere prosjektering. At teknologien bidrar til at den prosjekterende får mer tid til å se på de store linjene i prosjektet. Og jeg er helt enig med dem. Hovedmålet ved bruk av teknologi bør være økt kvalitet og dypere prosjektering. Det er viktig å la arkitekter være arkitekter, slik at de kan skape stadig bedre løsninger. For mye standardisering kan føre til en uvelkommen stagnering av arkitekturen.

Tre av intervjuobjektene hadde prøvd ut regelsjekken for universell utforming som ligger inne i Solibri Model Checker i dag (som er basert på ISO/CD 21452). Deres mening var at den sjekken ikke fungerte på en tilfredsstillende måte. Likevel var de svært interesserte i å bruke regelsjekkere på UU om det blir laget en som er god nok. Det er ulike grunner til at den regelsjekken ikke er god nok per dags dato. Den er ikke tilrettelagt for norsk lovverk, selv om noen bestemmelser er like. Den krever at bygninginformasjonsmodellen er på relativt høyt nivå med mye klassifiseringer av rom og avansert objektinformasjon. Og som resultat dukker det opp mange issues som ikke blir godkjent fordi regelsettet krever informasjon som ikke finnes i modellen. Altså er problemet todelt: både regelsjekkeren og bygninginformasjonsmodellene må forbedres for et modellsjekking for universell utforming skal fungere optimalt. Og så er det et spørsmål om hvor mye informasjon det er hensiktsmessig å putte inn i modellen. Hvor effektivt er det å putte masse informasjon inn i modellen, som stadig må vedlikeholdes og oppdateres? Man må finne en balanse mellom ressurser brukt til modellering av informasjonsrike modeller vs. oppnådde besparelser ved modellsjekking og andre BIM-applikasjoner som resultatet av den implementerte informasjon.

Det er mange krav for universell utforming som er vanskelig å implementere i en regelsjeker fordi lovverket bruker et språk som er vanskelig for et dataprogram å forstå. For eksempel er regelen om organisering og oversiktighet i et publikumsbygg en vanskelig regel å kode da den bygger på menneskelig synsing. En kan spørre seg om det må gjøres en jobb med å utvikle standarder i en retning hvor en har tenkt tanken på at reglene skal kunne sjekkes digitalt. Det vil si å unngå bestemmelser som krever tolkning og som i større grad kvantifiserer kravene. Men når vi snakker om universell utforming er det nok bare ønsketenkning å kunne kvantifisere alle kravene. Muligens er et bedre alternativ å dele opp standardene i to deler: En del med kvantifiserte bestemmelser med klart definerte størrelser og klassifikasjoner, og en annen del som krever menneskelig tolkning og som ikke kan sjekkes digitalt. Samtidig ønsker jeg ikke enda flere lovverk for UU da det allerede, som illustrert i teorikapitlet 2.3.1, finnes et stort omfang av lovverk for UU (Teknisk Forskrift, Norsk Standard, plan- og bygningsloven, for publikumsbygg eller bolig). I mine øyne hadde det vært best med én standard for universell utforming som igjen er inndelt etter type bygg. Videre er den inndelt i: bestemmelser som er klart definerte regler som kan sjekkes digitalt, og regler som krever menneskelig tolkning og som er nødt til å utformes og sjekkes manuelt.

Velutviklet teknologi med høy brukervennlighet vil gjøre jobben effektiv og tilfredsstillende, og vil bidra til positive tanker om BIM. På den andre siden, om brukervennlighet er for dårlig vil det virke kontraeffektiv og bidra til negativitet og motstand. En skal være forsiktig med å implementere underutviklet teknologi i bransjen fordi det setter BIM i et dårlig lys. Arbeidere og praktikanter vil kunne opparbeide seg en bismak for BIM som kan være vanskelig å få bort.

Som IDDS understreker, så blir bruken av BIM mest lønnsomt om det brukes i alle deler av prosjektet. I dag brukes BIM mest av arkitekten, og idet byggingen starter tar man som regel byggetegninger ut som 2D tegninger. Det fulle potensialet i BIM blir ikke utnyttet før alle de andre aktørene kommer på banen og bruker bygningsinformasjonen i både prosjekteringen, byggingen og i hele byggets levetid. Da jeg spurte intervjuobjektene om de kunne se for seg nytten av bruk av modellsjekking i en tidlig fase, var de ikke i tvil om at det kunne vært nyttig. Det å få støtte av teknologien på et tidlig stadiet, gjerne direkte i tegneprogrammet, kan bidra til at feil blir indentifisert og rettet opp før prosjektet går for langt i feil retning. I et forprosjekt er det viktig å få på plass romplassering og romstørrelse, og her kan UU-objekter komme godt med. UU-objektene viser tydelig hvor mye areal/volum som trengs rundt forskjellige objekter, og man kan være sikkert på at krav blir oppfylt. Samtidig må en tenke på hva en har behov for å sjekke i ulike faser. I et forprosjekt er det romplassering og arealbruk som er det viktige, men i

detaljprosjektfase er det nødvendig stilles det selvfølgelig høyere krav til detaljnivå. En vil ikke helst ikke se varsler om oppmerksomhetsfelt når en er i et skisseprosjekt, men kanskje det kan være en støtte i å vite hvor stor en løfteplattformen i offentlig bygg skal være. Dette kunne vært en funksjon hvor en selv velger detaljeringsnivå, i forhold til den prosjekteringsfasen man er i. Altså at arkitekten haker av i programmet at man er i et *skisseprosjekt*, og dermed vil aktuelle regler for den fasen vil bli sjekket. Funksjonen er omtalt i 4.2.4 som faseklassifisering.

Det er viktig at programvareutviklerne og brukerne har en god og åpen dialog. At brukerne gir tilbakemelding på hva som ikke fungerer og hvilke endringer i softwaren de gjerne skulle sett. Programutvikler å trenger god input fra brukerne for å videreutvikle programmene. Og jeg skulle gjerne sett at de som lager standardene, og organene som driver søknad- og godkjenningssprosessene, tar initiativ i utviklingen av regelsjekkerne, som potensielt kan brukes i de prosessene. Og hvis regelsjeking for universell utforming hadde blitt inkludert i Statsbyggs BIM-manual kunne det bidratt ytterligere.

Vi trenger ikke å begrense modellsjeking til å sjekke modellen opp mot lovverk. En tanke som ble drøftet med informantene var implementering av Best Practise. Altså implementering av regler for løsninger som en vet er gode og som en selv har formulert. Man kan da selv definere regelsettet etter eget ønske. Intervjuobjektene hadde i liten grad tenkt på det før, men syntes det var en interessant idé. Som aktør 2 påpekte, så er det viktig å skille mellom lovverk og best practise. Best practise må også oppfylle kravene i NS og TEK, men og inneholde bestemmelser som enten byggherre, prosjekterende eller kunden ønsker oppfylt. Dermed brukes modellsjeking til å sjekke for ”prosjekt mål” som kan innebære ekstra gode løsninger for universell utforming av f.eks sykehjem. I dag ser vi at verdiskapning være en viktig motivasjonsfaktor for at utbyggere skal satse på miljø i prosjektene sine. BREEAM-NOR er det første helhetlige klassifiseringsverktøyet for bygg i Norge. Prosjekter med god BREEAM-klassifisering vil kunne få verdiskapning i form av høyere leieprisen, lengre levetid, bærekraftighet og bedre omdømme. Jeg tror det ligger potensial i verdiskapningen i form av bedre universell utforming også. Verdiskapning kan være en motivasjonsfaktor for høyere kvalitet på universell utforming, utover oppfyllelse av minstekrav. Det kan dermed gi insentiv til byggherrer som kan stemple bygget sitt med for eksempel en UU-score (i liket med en BREEAM-score eller et energimerke). Et bygg med høyere UU-score kan si ”i disse eldreboligene kan du bli gammel uten problem” eller ”Dette kontorbygget er ekstra godt tilrettelagt for personer nedsatt funksjonsevne”. Og andre veien kan det gi lettelse i kravene for eksempel i studentboliger: ”Boligen er i liten grad utformet universelt, men er et fint sted å bo

for en friske, ung studenter”. Dette kunne fått fart på en debatt som det er riktig å utforme alle bygg med samme krav, eller om enkelt bygg trenger mer/mindre universell utforming.

Underkapittel 4.2.1 viser hvordan Solibri Model Checker fungerer. Det er i mine øyne et relativt enkelt program å bruke etter å ha satt seg litt inn i det. Videre vises dagens regelsjekk for UU i SMC i 4.2.2. Den har som sagt sine mangler. At man kan si at et prosjektet oppfyller plan- og bygningsloven bare ved hjelp av en simulering er ikke mulig i dag, men det er mulig å bruke teknologi som en støtte når en utformer universelt. Det jeg liker mest Solibri Model Checker er evnen til å endre regelsett etter egne ønsker, som vist i 4.2.3.

Underkapittel 4.2.4 – *Utvikling av smart regelsjekk for universell utforming*, kan muligens betraktes som oppgavens viktigste. Der beskrives for hvordan jeg ser for seg en smartere regelsjekk for universell utforming. Rammeverket er et resultat av funn fra litteraturstudiet, intervjuene, og egen testing av programvare. Det er ikke et ferdigutviklet regelsett, men et rammeverk som kan være til hjelp i utvikling av en god regelsjekk for universell utforming. Den inkludere egne regelsett, best practises, UU-objekter, og er smartere i den forstand at den bedre kan genere sjekklister med alternative løsninger og brukeren kan velge hvilken fase prosjektet er i (og dermed abstraktnivå /detaljnivå og aktuelle regler). Videre foreslås det å lage to forskjellige rapporter, der den ene rapportere om oppfyllelse av lovverk for UU, og den andre rapporterer om oppfyllelse av egne regler og best practises i tillegg. Således kan grad av oppnåelse måles og rapporten kan resultere i en UU-score (som allerede er diskutert). *Norge Universelt Utformet 2025* er et ambisiøst mål, og modellsjekking og UU-score kan potensielt bli nøkkelfaktorer for å nå det målet.

Jeg er en student og har naturligvis lest mer teori om BIM enn jeg brukt det i praksis, og har nok en mer positive innstilling til modellsjekking enn de fleste praktiserende. Det mulig jeg har for høye forhåpninger til teknologien, men slik bør det kanskje også være. Jeg bør entre bransjen med entusiasme og vilje til å videreutvikle og anvende teknologien.

6. Konklusjon

Kapittelet inneholder presentasjon av forfatterens konklusjon. Som beskrevet i kapittel 1.3, så utløser problemstillingen: ”**Prosjekterendes bruk av BIM-basert modellsjekking og utvikling av rammeverk for en smart modellsjekk for universell utforming**” noen forskningsspørsmål som gjentas her:

- Hva er BIM-basert modellsjekking og hvilke effekter har det?
- Hvordan arbeider den prosjekterende med BIM-basert modellsjekking?
- Hvordan fungerer modellsjekking for universell utforming i dag?
- Hvordan kan en smartere regelsjeker for universell utforming se ut?
- Hvilke muligheter ligger i en utvikling av en smartere regelsjekk?

BIM-basert modellsjekking (BMC) ses på som en av de større gevinstene ved bruk av BIM. BMC handler om bruk av digitale regelsjekkere/modellsjekkere for visualisering, design koordinering og kontrollering av bygninginformasjonsmodellen opp mot regler og krav. Kollisjonskontroller, er den klassiske og mest utbredte regelsjekken, og viser at BMC er et meget viktig verktøy som kan hindre feil og bidra til økt kvalitet, sikkerhet, bærekraftighet og tid- og kostnadsbesparelser. Det er ikke fra manko på forskning som dokumenterer positive effekter ved bruk BIM og regelsjekkere, og flere punkter er inkludert i teori, resultatene og tolket i diskusjonskapitlet. Effekter som er blitt omtalt: tid- og kostnadsbesparelser, leveranse innenfor avtalte tidsfrister og budsjett, færre feil, økt sikkerhet, økt kundeaksept, dypere prosjektering og bedre arkitektur.

Litteraturstudiet og de semistrukturerte intervjuene ble brukt for å kartlegge dagens bruk av BIM-basert modellsjekking. Aktørene jeg intervjuet brukte regelsjekkere i sine prosjekter og delte sin erfaringer. Kollisjonskontroller brukes hyppig i dag, og er noe mange i bransjen ser nytten av. Men jeg forsto det slik at bruken av BIM og regelsjekkere i prosjekter ofte er et resultat av byggherrekrav. Det er noe vanskeligere å få igjennom at den prosjekterende skal bruke regelsjekkere hvis det ikke er et krav. Noen arkitektkontorer, som har satset mer på BIM enn andre, bruker regelsjekkere i alle sine prosjekter uavhengig av byggherrekrav. To av dem jeg intervjuet jobbet i bedrifter hvor de hadde utviklet sine egne regelsjekkere de brukt i deres prosjekter. Det er blitt gjort ved å lage egne regelsett i regelsjekkeren Solibri Model Checker, som er en utbredt regelsjekkere med sterke applikasjoner. Det er lurt av dem å satse på BIM, nye prosesser og teknologi. Det gir dem verdifull kompetanse og et forsprang på sine konkurrenter.

Den krever vilje, tid og penger å få igjennom slike prosesser, og det kan være vanskelig å se umiddelbare effekter, men jeg er ikke i tvil om at det vil lønne seg. Ikke bare får å spare tid og penger, men for å få muligheten til å bruk den innsparte tiden til å gå dypere i prosjekteringen og øke kvaliteten på arkitekturen. Bruk av regelsjekkere kan ta noe av den tidkrevende og repeterende jobben prosjekterende gjør i kvalitetssjekker, og bidra til færre feil. Færre feil i prosjekteringen betyr færre feil i byggingen på byggeplassen, høyere sikkerhet, færre ulykker og bidra til at prosjektet blir levert innenfor avtalte tidsfrister, budsjett og kvaliteter. Samtidig skal ikke teknikken skal ikke ta overhånd, men den skal være et verktøy som underordnes og som gir den støtten designeren ønsker for å lage god arkitektur. Det kan være en stor fordel at regelsjekkeren peker på feil og kritiske punkter i modellen.

Dagen regelsjekken for universell utforming som ligger inne i Solibri Model Checker i dag (som er basert på ISO/CD 21452) fungerer ikke på en tilfredsstillende måte. Kapitlene 4.2.1-4.2.3 illustrer hvordan den regelsjekken fungerer, og hvordan man kan lage sine egne regelsett for å supplere de 50 som allerede er implementert. Intervjuobjektene la ikke skjul på at de var svært interesserte i å bruke regelsjekkere på UU om det blir laget en som er god nok. Grunner til at den regelsjekken ikke er god nok per dags dato kan kokes ned til: Den er ikke tilrettelagt for norsk lovverk, den krever at bygninginformasjonsmodellen er på høyt nivå med mye klassifiseringer av rom og avansert objektinformasjon (helst LOD400), samtidig som selve regelsjekkeren må forbedres. Det er helt oppnåelig å forbedre teknologien, men det ligger og en signifikant utfordringen i menneskers vilje til omstilling.

I kapittel 4.2.4 beskrives hvordan undertegnede ser for seg en smartere regelsjekk for universell utforming. Rammeverket er et resultat av funn fra litteraturstudiet, intervjuene, og egen testing av programvare. Det er ikke et ferdigutviklet regelsett, men et rammeverk som kan være til hjelp i utvikling av en god regelsjekk for universell utforming. Den inkludere komponenter som ikke finnes i dagens regelsjekk: *best practises*, *egne regelsett (byggherrekrav, kommunekrav, kundekrav)*, *UU-objekter*. Og den er smartere i den forstand at den bedre kan genere sjekklister med alternative løsninger og brukeren kan velge hvilken fase prosjektet er i - og dermed forstår programvaren abstraktnivået og velger aktuelle regler å sjekke for i den fasen (*faseklassifisering*). Selv om den introduserte, smartere regelsjekken for universell utforming ikke kan betraktes som komplett, er den snarer et rammeverk for hvordan det kan se ut, og som kan benyttes videre i utviklingen. Målet er at noen i bransjen forhåpentligvis drar nytte av det rammeverket som et hjelpemiddel eller lar seg motivere av de påpekte potensialer.

Videre foreslås det å lage to forskjellige rapporter, der den ene rapporterer om oppfyllelse av minstekrav i lovverk for UU (som kan brukes i dokumentasjon, søknad- og godkjenningprosesser), og den andre rapporterer om oppfyllelse av egendefinerte regler og best practises i tillegg. Således kan grad av oppnåelse måles og rapporten kan resultere i en UU-score. En UU-score kan gi en verdiskapning til det bygde miljøet og dermed være et insentiv for byggherrer for å utforme prosjekter mer universelt. Det kan også skape en diskusjon om en mulig lettelse i kravene om universell utforming. Kanskje det er riktig et for eksempel noen studentboliger utformes med en lavere UU-score enn et eldre hjem.

Jeg hadde helt i starten en tanke alle reglene for UU burde kunne sjekkes med en regelsjekker – det må bare lages gode nok regelsjekkere, regler og modeller. Men det var en tanke jeg la fra meg etter hvert som jeg lærte mer. Nå har jeg mer lyst til å dele standarden i to (som forklart i diskusjonen) – en del som inneholder kvantifiserte regler som kan sjekkes digitalt, og en del som krever menneskelig tolkning og må sjekkes manuelt. I praksis må nok den digitale delen også sjekkes manuelt da regelsjekkeren bare er et verktøy som skal gi støtte i arbeidet, men en bør ikke stole 100% på at maskinen gjør alt riktig.

7. Videre arbeid.

Oppgaven peker på flere områder som trenger mer utvikling. Kapittel 7 inneholder en liste over punkter som faller under kategorien *videre arbeid*.

- Få inn andre synsvinkler fra andre aktører, som byggherrer, entreprenører eller programvareutviklere.
- Veie de ulike programmene opp i mot hverandre. Hva er de sterke/svake sidene til de ulike programmene på markedene og kan man trekke en konklusjon om hvilket som er best på brukervennlighet, visualisering, behandling av store filer, raskest program osv.
- Det kan jobbes videre med utvikling programvare for BIM-basert modellsjekking.
- Fortsette å berike BIM-filer med relevant informasjon. Suppler objektbibliotek i modelleringsprogram med informasjonsrike objekter som inkluderer ytelser, funksjoner og korrekte dimensjoner.
- Forsking som følger prosjekter hvor regelsjekkere brukes, og sammenlign med prosjekter som ikke bruker dem. Dokumenter observerte effekter.
- Jeg gjentar en setning fra diskusjonskapitlet: ”Man må finne en balanse mellom ressurser brukt til modellering av informasjonsrike modeller vs. oppnådde besparelser ved modellsjekking og andre BIM-applikasjoner som resultatet av den implementerte informasjon.” Først når denne balansen er indentifisert kan gevinstene optimaliseres.

8. Referanser

- American National Standard Institute (ANSI) (2009) - *"Accessible and Usable Buildings and Facilities."* International Code Council: ICC A117.1-2009
- Aspelund, Kristine. (2010) "Utvikling av løsninger for modellsjekking av NS11001-1:2009 og NS11001-2:2009 for Universell Utforming". Masteroppgave. Universitetet for Miljø- og Biovitenskap. s. 8-28
- Barne-, likestillings- og inkluderingsdepartementet (2013) *"Konvensjon om rettigheter til mennesker med nedsatt funksjonsevne"* s. 5
- Barne-, likestillings- og inkluderingsdepartementet (2009) *"Norge universelt utformet 2025. Regjeringens handlingsplan for universell utforming og økt tilgjengelighet 2009-2013."* s.2-5
- Barne-, likestillings- og inkluderingsdepartementet (2016) Info hentet 10.03.2016 fra: http://www.bufdir.no/Statistikk_og_analyse/Nedsatt_funksjonsevne/Deltakelse_og_fritid/Sosial_deltakelse/
- Bedrick, J (2008) *"Organizing Development of a Building Information Model"* Publisert i AECbytes, 20. August 2008. s.1-4
- buildingSMART Norge (2016a). *buildingSMART Prosess*. Info hentet 02.02.16, fra <http://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-prosess>
- buildingSMART Norge (2016b). *buildingSMART Datamodell*. Info hentet 02.02.16, fra <http://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>
- buildingSMART Norge (2016c). *buildingSMART Dataordbok*. Info hentet 02.02.16, fra <http://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-dataordbok>
- CIB, International Council for Research and Innovation in Building and Construction (2013a). *"Research Roadmap Report Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS)"* Publication 370, ISBN: 978-90-6363-072-0
- CIB, International Council for Research and Innovation in Building and Construction (2013b). *"Research Roadmap Report Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS)"* Publication 373, ISBN: 978-90-6363-073-7
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011). *BIM-Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Wiley, New Jersey.
- Eriksen M. H (2015) *Increasing Utility Value of BIM in All Project Phases*. Masteroppgave, Norwegian University of Science and Technology NTNU – Trondheim s. 13-14, 18
- Aslaksen, F (1997) *"Universell Utforming, planlegging og design for alle"* Oslo, Rådet for funksjonshemmede. s. 6-7
- Giorgi A. (2009) *The descriptive phenomenological method in psychology: a modified Husserlain approach*. Pittsburgh, PA; Duquesne University Press
- Gunnarsen, Embaye, Kazemi, Nori. (2015) *"Bruk av BIM til armeringsarbeider på byggeplass"*. Bacheloroppgave. Høyskolen i Oslo og Akershus
- Hjelseth, E (2015): *"BIM-based Model Checking BMC"* Chapter 2, page 33-61 in *"Building Information Modeling: Applications and Practises"* Published by American Society of Civil Engineers .

- Hjelseth, E. & Nisbet, N. (2010). "Overview of concepts for model checking." Presented at the CIBW078 conference in Cairo, Egypt, 16th – 19th October 2010
- ISO (2011) ISO 21542:2011 *Building construction – Accessibility and usability of the built environment*. Geneva: International Organization for Standardization
- Kensek, K. M. (2014) "*Building information modeling*" Abingdon; New York, Routledge.
- Kolltveit, Lereim og Reve (2009) "*Prosjektet – strategi, organisering, ledelse og gjennomføring*" 3. utgave. Universitetsforlaget. s. 38
- Kristiansen, Maria. (2012). "*Vurdering av egnethet for implementering av BREEAM-NOR, Helse og Inn klima i BIM.*" Universitetet for Miljø- og Biovitenskap
- Malterud, Kristi. (2013) "*Kvalitative Metoder i Medisinsk Forskning. 3. Utgave. En Innføring.*" Universitetsforlaget. s. 91-112
- Norsk Standard. *NS11001-1:2009 Universell utforming av byggverk Del 1: Arbeids- og publikumsbygninger* og *NS11001-2:2009 Universell utforming av byggverk Del 2: Boliger*.
- Lid, I. M (2009) "*Hva kan man oppnå gjennom universell utforming?*" Høgskolen i Oslo. Vol.2 Nr.1 s 17-18
- Lopez, R and Love, P (2012). "Design Error Costs in Construction Projects" American Society of Civil Engineers, ISSN (print) 0733-9364. ISSN (online) 1943-7862. Permalink: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000454](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000454) (April 2016)
- Ramm, J., Otnes, B. (2013). "*Personer med nedsatt funksjonsevne. Indikatorer for levekår og likestilling.*" (SSB Rapporter nr. 8, 2013). Oslo/Kongsvinger: Statistisk sentralbyrå s. 23-28
- Sacks, Koskela, Dave, Owen (2010) "*The Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction.*" Publisert i Journal of Construction Engineering and Management. s. 2
- Selvær, Harald. (2011) "*Solibri – Modellkontroll og kvalitetssikring av 3D-modellerte bygninger og installasjoner*" Grethes Hus AS. s. 7-9, 36-93
- Solibri Inc. Solibri Model Checker. Programvare fra <http://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/> Info fra <https://www.solibri.com> og <https://solibri.wordpress.com> hentet 10.02.2016
- Statsbygg (2011) "*Statsbygg BIM-manual 1.2*" Statsbyggs manual for bygningsinformasjonsmodellering versjon 1.2 (SBM1.2) s. 65
- Zhang, S, Teizer, J, Lee, J, Eastman, C. M, Venugopal, M (2013) "*Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules*" s. 183-185



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no