

BRUK AV BIM I ENERGI BEREGNINGER

OSLO: Postboks 4464 Nydalen, 0403 Oslo Telefon: 22 02 63 00		RAPPORT RAPPORTTITTEL BRUK AV BIM I ENERGIBEREGNINGER OPPDRAGSGIVER Statsbygg OPPDRAGSGIVERS KONTAKTPERSON Synnøve Frafjord
LILLEHAMMER: Elvegata 19, 2609 Lillehammer Telefon: 61 27 59 00		
SKIEN: Lyngbakkveien 5, 3736 Skien Telefon: 35 58 85 00		
Epost: firmapost@erichsen-horgen.no www.erichsen-horgen.no Foretaksreg.: NO 929 308 697 MVA		
EH OPPDRAGSNUMMER	DOKUMENTNUMMER	UTARBEIDET
10329		Ivar Rognhaug Ørnes
DATO		SIDEMANNSKONTROLL
18.01.2013		Arnkell J. Petersen
REVISJONSDATO	REVISJONSNUMMER	EH GODKJENNING
		<i>Arnkell J. Petersen</i>

SAMMENDRAG

I dette FoU-prosjektet er hvilke krav som må stilles til IFC-filer for å kunne utnyttet BIM i dynamiske beregningsverktøy for energi- og inneklimatestudert. Ut fra de erfaringer som prosjektet har gitt er det foreslått en liste med krav som vil kunne være sentrale for å få til vellykket bruk av BIM til dette formål. Prosjektet har vist at det per i dag er vanskelig å fullt ut generalisere slike krav. Dette da både anvendt beregningsverktøy og størrelse på prosjektet spiller en avgjørende rolle på hvilke krav som bør stilles. Disse faktorer vil også kunne påvirke hvordan ansvarsfordelingen mellom de ulike fagdisipliner best kan løses i det enkelte prosjekt. Det er allikevel klart at arkitekt uansett vil ha en nøkkelrolle i forbindelse med håndtering av IFC-filer og bearbeiding av disse opp mot beregninger på energi og inneklimatestudert basert på BIM.

I prosjektet er det også foretatt en sammenligning av beregnet netto energibehov iht. NS 3031 mellom byggeprosjektets beregninger for dokumentasjon opp mot forskriftskrav og FoU-prosjektets beregningsresultater basert på BIM. Beregningene er gjennomført av Erichsen & Horgen AS og Norconsult med ulike beregningsverktøy, hvorav kun det ene har BIM-kompabilitet. Ved en sammenligning er det avvik på flere energiposter av varierende størrelse men disse jevner hverandre ut slik at det på samlet netto energibehov kun er et avvik på 0,1 %.

INNHALDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	4
2	MÅL	4
3	BYGNINGEN	4
4	BRUK AV BIM I ENERGIBEREGNINGER	5
5	IMPORT AV IFC-FIL I BEREGNINGSVERKTØY FOR ENERGI OG INNEKLIMA	5
5.1	Beregningsverktøyet – IDA ICE	5
5.2	Støtteverktøy – Solibri Model Checker og SimpleBIM	6
5.3	Prosessen med å få en vellykket IFC-import	6
5.4	Problemer og løsninger	7
5.4.1	Problemer med mottatt IFC-fil	7
5.4.2	Problemer med beregningsverktøyets tolkning av IFC-fil	8
5.4.3	Utfordringer knyttet til anvendt beregningsmetodikk og hvordan inndata legges inn i beregningsverktøyet	11
6	FORSLAG KRAV TIL IFC-FILER	12
7	ENERGIBEREGNINGER	13
7.1	Resultatsammenstilling	14
8	KONKLUSJON	17
	VEDLEGG A – INNDATA ENERGIBEREGNINGER	18

1 INNLEDNING

På oppdrag fra Domstoladministrasjonen skal Statsbygg prosjektere og bygge et nytt tinghus i Molde sentrum. Prosjekteringen av Molde tinghus skjer ved hjelp av BIM (BygningsInformasjonsModeller). Forprosjektet ble avsluttet i oktober 2012.

Parallelt med forprosjektet har det vært ønskelig fra Statsbygg sin side å teste ut hvordan energiberegninger kan gjennomføres ved å benytte BIM-modeller. Det ble derfor i juni 2012 startet opp et eget FoU-prosjekt der Erichsen & Horgen AS ble engasjert for å studere dette mer inngående. Gjennomføringen av FoU-prosjektet er blitt kjørt parallelt med byggeprosjektet og Erichsen & Horgen AS har ikke vært en del av prosjekteringsgruppen.

Denne rapport omhandler de erfaringer og resultater som er fremkommet av dette FoU-prosjektet.

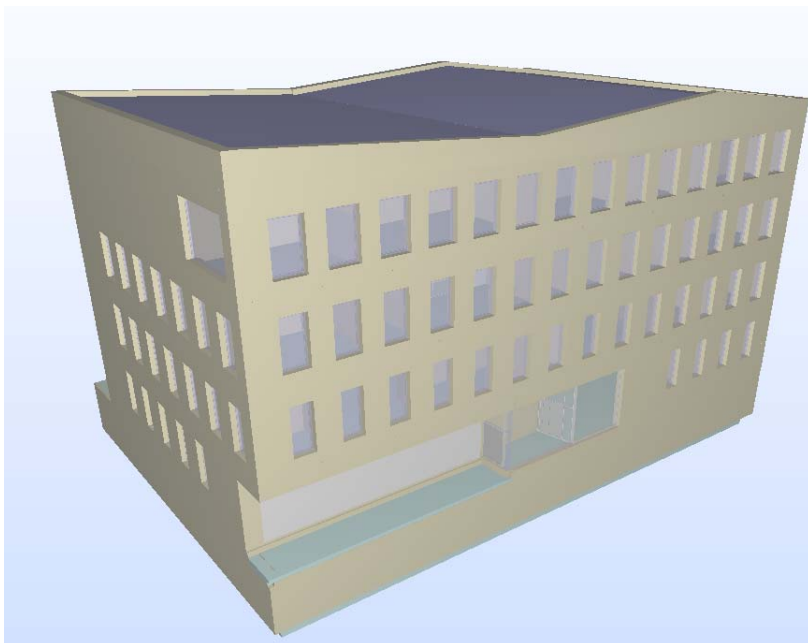
2 MÅL

Formålet med prosjektet er å nedfelle i en rapport til Statsbygg punktvis hvilke krav som bør stilles til de prosjekterende framover når det gjelder modelleringspraksis med BIM for at BIM'en skal være brukbar til å gjennomføre energi- og inneklimasimuleringer i dynamiske beregningsverktøy med BIM-funksjonalitet.

I selve byggeprosjektet er det Norconsult som innehar rollen som ansvarlig energirådgiver. Som en del av forskningsprosjektet skal det også gjennomføres energisimuleringer med eksisterende BIM. Resultatene skal sammenlignes med de som Norconsult har produsert og større avvik skal kommenteres og diskuteres.

3 BYGNINGEN

Molde Tinghus består av fem etasjer, fire over og en under bakkenivå, se Figur 3-1. Underetasjen inneholder blant annet parkeringsarealer, venteceller, garderober, lager, arkiv, advokatrom og teknisk sentral. Etasjene over bakken inneholder i all hovedsak rettssaler, kontor og møterom med tilhørende støttearealer.



Figur 3-1: BIM av Molde Tinghus sett i Solibri Model Checker

4 BRUK AV BIM I ENERGIBEREGNINGER

I prosjekter der prosjektering skjer ved bruk av BIM, vil det kunne ligge et stort potensial for tidsbesparelse ved å også bruke BIM til beregning og vurdering av blant annet inneklimate, varmebehov, kjølebehov og energiytelse.

Per dags dato er prosjektering med BIM på et nokså tidlig erfaringsstadium i Norge, men i de siste år har det vært en stor økning i antall prosjekter der full eller delvis BIM-prosjektering er benyttet.

Bruk av BIM i energiberegninger må i dag regnes å være på et forsøksstadium. Det er i dag få rådgivere som kan og/eller vil tilby energiberegninger kun basert på BIM. Det er tre hovedårsaker til dette:

- Det er få verktøy for energiberegninger på markedet som muliggjør bruk av BIM på en tilfredsstillende måte
- De verktøy som finnes er lite tilpasset norske standarder for energiberegninger. Dette gjør at merforbruk av tid vanskelige kan forsvare bruk av verktøy med BIM-kompabilitet fremfor verktøy som er skreddersydd for den standardiserte beregningsmetodikken i Norge.
- Begrenset erfaring med BIM og generering av IFC-filer gjør det svært utfordrende og tidkrevende for rådgivere å få gode IFC-filer som gir en vellykket import i beregningsverktøyet.

5 IMPORT AV IFC-FIL I BEREGNINGSVERKTØY FOR ENERGI OG INNEKLIMA

Hovedformålet med dette prosjektet er å få økt kunnskap om hva som kreves for å få en vellykket IFC-import i et beregningsverktøy for energi og inneklimate. For å få dette til er det gjennomført en prosess med bearbeiding av arkitekt sin IFC-fil og feilsøking på for å avdekke årsaker til de feil som oppstår når IFC-filen importeres i beregningsverktøyet. I de følgende kapitler vil erfaringene fra denne prosessen samt eksempler på feil som ble oppdaget presenteres.

5.1 Beregningsverktøyet – IDA ICE

I FoU-prosjektet er det dynamiske simuleringsverktøyet IDA ICE 4.5 beta benyttet. IDA ICE er et detaljert og svært fleksibelt multisonen-verktøy som er utviklet av EQUA AB. Det kan importere alle typer 2D og 3D CAD-filer og støtter IFC BIM-modeller generert i blant annet ArchiCAD, Revit, AutoCAD ADT og MagiCAD

Det er validert iht. til NS-EN 15265 og kan dermed benyttes til energiberegninger iht. NS 3031 som benyttes ved dokumentasjon av energiytelse opp mot TEK og energimerkeordningen.

IDA ICE er utviklet i Sverige og er på langt nær like skreddersydd for den standardiserte beregningsmetodikken som benyttes i Norge slik som norskutviklede SIMIEN er. SIMIEN er det verktøyet som helt klart dominerer markedet i Norge i dag. SIMIEN er, på lik linje med de absolutt fleste dynamiske beregningsverktøy som benyttes til energi- og inneklimatebetraktninger, ikke BIM-kompabilitet. I disse verktøyene legges informasjon om bygningsutforming, arealer og volumer inn manuelt.

Å gjennomføre energiberegninger etter norsk standard er per dags dato mye mer tidkrevende i IDA ICE enn ved bruk av SIMIEN. Dette da det er behov for å gjøre en rekke manuelle tilpasninger. Utviklerne av IDA ICE, EQUA AB, er klar over utfordringene og vil i tiden fremover arbeide med å tilpasse verktøyet slik at det er mer tilpasset det norske markedet med gjeldende norske standarder og regler.

5.2 Støtteverktøy – Solibri Model Checker og SimpleBIM

Solibri Model Checker er et verktøy for analyse og kvalitetssikring av BIM. Verktøyet innehar en god grafisk fremstilling av BIM som gjør kontroll og feilsøking ukomplisert. Dette verktøyet kan benyttes til kontroll av BIM men kan ikke benyttes til å gjøre endringer

SimpleBIM er et verktøy som primært er utviklet for å lette arbeidet ved utveksling av BIM-modeller og kvalitetssikring av disse. Verktøyet er utviklet i Finland av firmaet Datacubist.

Verktøyet innehar funksjoner for å kunne optimalisere IFC-filer til ulike formål som blant annet energiberegninger. Verktøyet kan blant annet rydde opp i data som har havnet på feil plass, endre navn på bygningselementer og fjerne enkeltelementer eller større deler av BIM-filen som ikke ønskes brukt videre. Verktøyet kan ikke legge til bygningselementer eller endre på de som er definert i modellen. Hovedstyrken til verktøyet ligger i muligheten til å fjerne unødvendige informasjon fra IFC-filen og rette opp eventuell informasjon om bygningselementer og lignende som er feil.

For energiberegninger i IDA ICE er det i SimpleBIM lagt inn en egen mal som automatisk fjerner elementer og informasjon som er overfløydige ved energiberegninger og tilpasser filen slik at import i beregningsverktøyet skjer mest mulig problemfritt. Det finnes også en tilleggsapplikasjon kalt IDA ICE "Quick response" som raskt går igjennom IFC-filer og trekker frem momenter som det kan antas at kan skape problemer ved import til IDA ICE.

Når optimaliseringsprosessen er ferdig i SimpleBIM, kan verktøyet eksportere sluttresultatet til IFC-formatet igjen.

5.3 Prosessen med å få en vellykket IFC-import

Figur 5-1 viser et flytskjema som beskriver prosessen slik den har vært i dette prosjektet fra mottakelse av IFC-filer fra arkitekt til det har vært mulig å få en vellykket import i beregningsverktøyet.



Figur 5-1: Flytskjema for prosessen for å få en vellykket IFC-import i beregningsverktøyet

Første steg etter mottakelse av IFC-fil fra arkitekt har vært å studere modellen i Solibri Model Checker, et verktøy for analyse av BIM. Dette for å umiddelbart avdekke eventuelle større feil knyttet til hvordan modellen er bygd opp som vil gjøre en vellykket import i IDA ICE vanskelig. De feil som ble oppdaget her ble meldt tilbake til ARK med forslag til nødvendige endringer.

Etter at arkitekt hadde oversendt en utbedret utgave av IFC-filen ble denne igjen raskt studert i Solibri Model Checker før den ble importert i IDA ICE. De feil som da oppstod ble det gjort feilsøking på for å avdekke i hvilken grad årsaken lå i selve IFC-filen eller om det var begrensninger i IDA ICE som ga importproblemer. Det ble så gjort en vurdering av i hvilken grad dette var problemer som det var mest hensiktsmessig at ble løst ved at arkitekt endret sin IFC-fil eller at nødvendige endringer og tilpasninger ble gjort i SimpleBIM.

I dette prosjektet endte det opp med å bli en kombinasjon av begge overnevnte løsninger over flere runder før en tilfredsstillende IFC-import og beregninger kunne gjennomføres.

5.4 Problemer og løsninger

I dette kapitlet vil noen av de største feil og problemer som oppstod under prosessen med å få til en vellykket IFC-import presenteres samt hvordan disse til slutt ble løst.

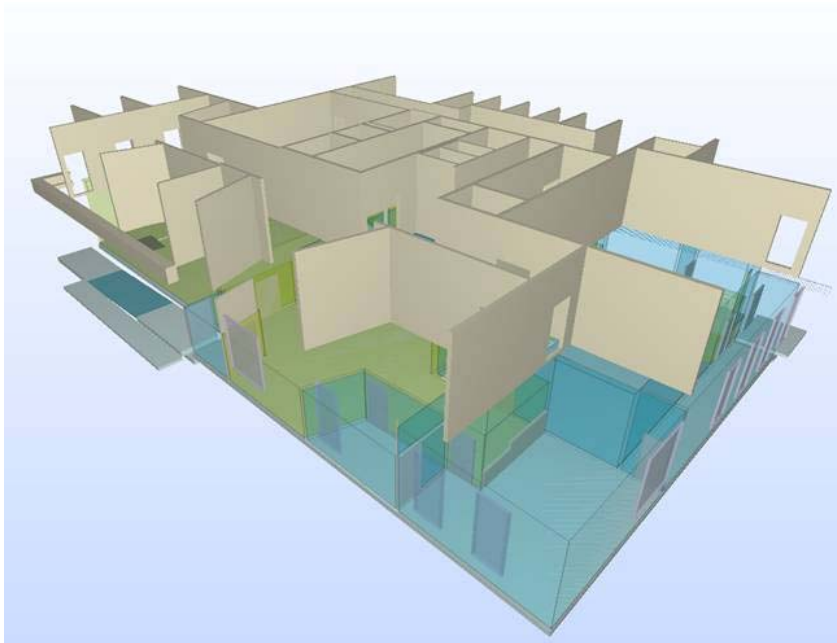
5.4.1 Problemer med mottatt IFC-fil

I de første rundene med kvalitetssikring av oversendt IFC-fil ble det oppdaget noen feil som det var nødvendig å få fikset før import i beregningsverktøy var aktuelt. Da flere av disse var feil som ikke så tydelig fremgår når bygget studeres som helhet i 3D kan det antas at denne type feil ofte vil kunne forekomme. Det er derfor valgt å kort presentere noen av disse da de er viktige å få rettet opp før det er hensiktsmessig å forsøke en import i et beregningsverktøy for energi- og inneklimatebetraktninger.

Bygningselementers tilknytning til etasjer

Et sentralt kriterium for en vellykket IFC-import er at alle vegger, vinduer og dører er definert innefor en bestemt etasje. Det er også viktig at åpningene i vegger og tak også er tilknyttet samme etasje som tilhørende vinduer og dører.

I de første oversendte IFC-filer var ikke dette tilfellet for større deler av bygget. Figur 5-2 viser et eksempel fra en av de første IFC-filene som ble mottatt der blant annet innervegger med åpninger er definert inn under en annen etasje enn tilhørende vinduer, dører og romvolumdefinisjoner ("spaces").



Figur 5-2: Innervegger med åpninger er definert inn under en annen etasje enn tilhørende "spaces", vinduer og dører.

Manglende vinduer og dobbelt opp med åpninger for innfesting av vinduer

I de første oversendte IFC-filer manglet det vinduer på enkelte deler av fasaden. På deler av fasaden var det også enkelte steder dobbelt opp med åpninger for innfesting av de enkelte vinduer. Begge disse feil resulterer i at beregningsverktøyet tolker dette som åpninger i byggets klimaskjerm.

Manglende "spaces"

Vinduer, dører og åpninger i bygget er koblet til de definerte romvolumer/"spaces". Helt avgjørende for at disse skal medtas ved import i beregningsverktøyet er at det er definert "spaces" i rommene de er en del av. I de første utgavene av IFC-filen manglet det slike "spaces" i flere rom, noe som resulterte i at flere vinduer og dører ble erstattet med veggkonstruksjoner i beregningsverktøyet.

IFC-fil inneholder unødvendig informasjon

De oversendte IFC-filer fra arkitekt inneholdt en del informasjon som ikke var nødvendig som blant annet bjelker og trapper. Disse elementer gjør IFC-filen unødvendig stor og bidrar til at modellhåndtering i beregningsverktøyet går tregere.

Tabell 5-1 forklarer kortfattet hvordan de overnevnte problemer ble løst i dette FoU-prosjektet.

Tabell 5-1: Oversikt over problemer med oversendte IFC-filer og hvordan disse ble løst

Problem med mottatt IFC-fil	Løsning
Bygningselementers tilknytning til etasjer	Feil rettet opp av ARK og ny IFC-fil oversendt
Manglende vinduer og dobbelt opp med åpninger for innfesting av vinduer	Feil rettet opp av ARK og ny IFC-fil oversendt
Manglende "spaces"	Feil rettet opp av ARK og ny IFC-fil oversendt
IFC-fil inneholder unødvendig informasjon	Unødvendig informasjon fjernet i SimpleBiM før import i beregningsverktøy

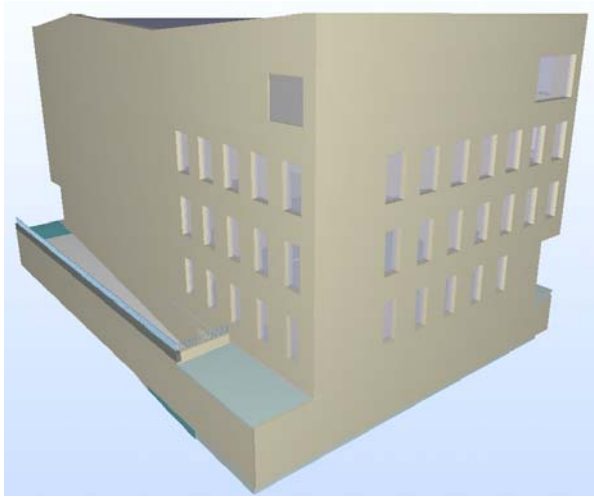
5.4.2 Problemer med beregningsverktøyets tolkning av IFC-fil

Under følger eksempler på noen av de problemer som oppstod på grunn av verktøyets krav og begrensninger knyttet til tolkning av IFC-filer.

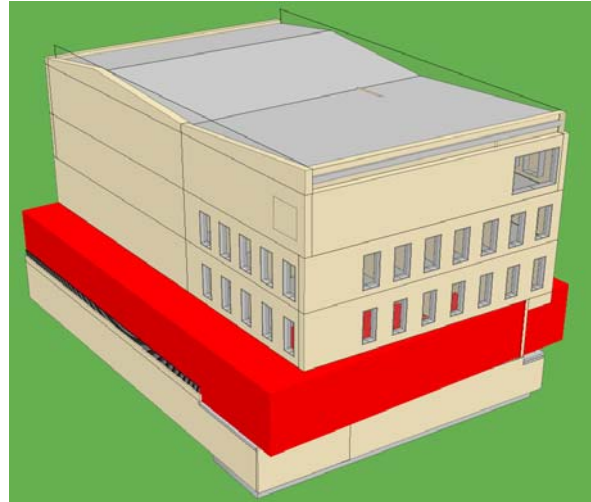
Ytterveggselementer og dekker som gir feiltolkning av grenser for klimaskjerm

Bygningselementer som er medtatt i IFC-filen men som ligger utenfor klimaskjermen skaper problemer ved generering av bygningskropp i beregningsverktøyet.

Figur 5-3 og Figur 5-4 viser hvordan beregningsverktøyet feiltolket IFC-filen mottatt fra arkitekt.

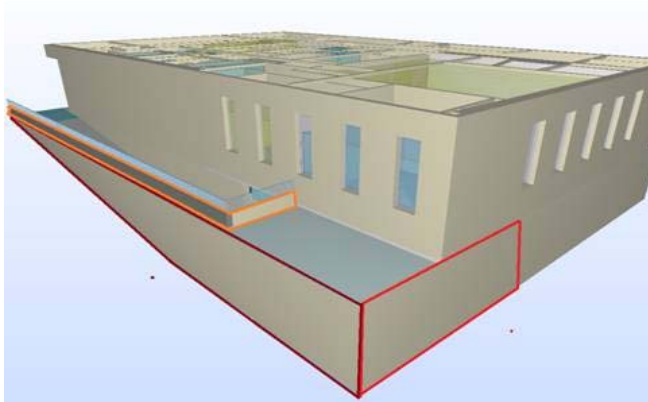


Figur 5-3: Byggets fasader mot nord og øst slik de fremstår i Solibri Model Checker

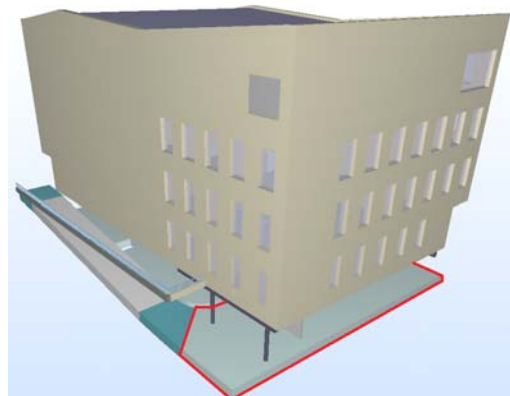


Figur 5-4: Feiltolkning av utstrekning av klimaskjerm på byggets nord- og østfasade i IDA ICE

I Figur 5-4 er det ved en nedkjøringsrampe at beregningsverktøyet feiltolker utstrekning av klimaskjermen mot nord og øst i 1. etasje, markert med rødt. I dette tilfellet er det to faktorer som er årsaken til dette; dekket i underetasjen og yttervegg i nedkjøringsrampen, se Figur 5-5 og Figur 5-6. Begge disse faktorene ville også alene gitt noe av det samme problemet.



Figur 5-5: Ytterveggskonstruksjoner mot nord og øst som gir feiltolkning

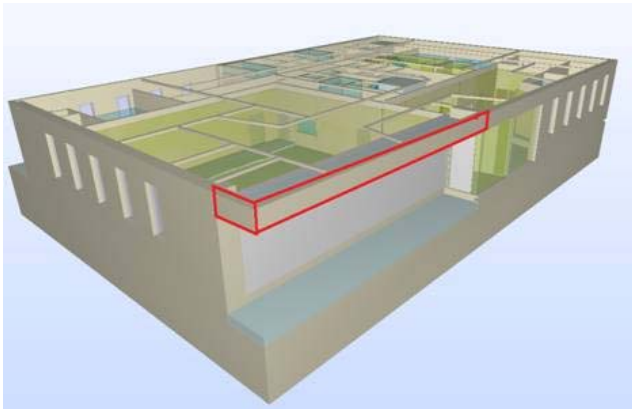


Figur 5-6: Dekkeelement som gir feiltolkning

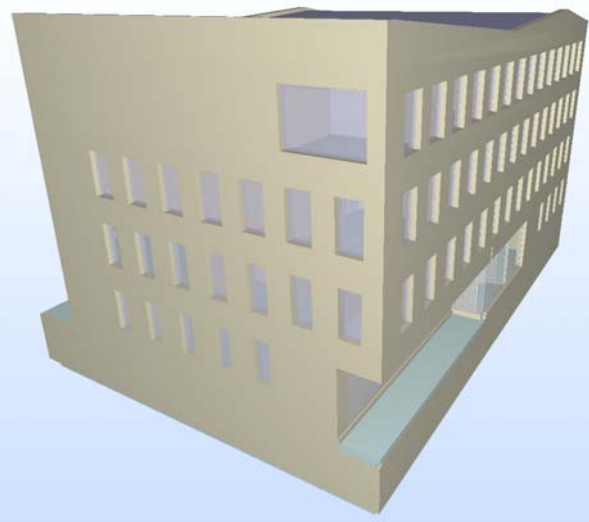
Veggene som omslutter nedkjøringsrampen, markert i Figur 5-5, er definert som yttervegg på akkurat samme måte som ytterveggene som utgjør klimaskjermen. Beregningsverktøyet klarer ikke selv å tolke at dette ikke er en del av klimaskjermen og resultatet blir som vist i Figur 5-4.

I tillegg til veggdefinisjonene er gulvelementet i underetasjen ikke delt opp etter hva som er innenfor klimaskjermen og ikke. Dette fremgår av Figur 5-6 der ytterveggene er filtrert bort for å tydeliggjøre dette. Resultatet blir også her at beregningsverktøyet lager klimaskjermen større enn det den i virkeligheten er.

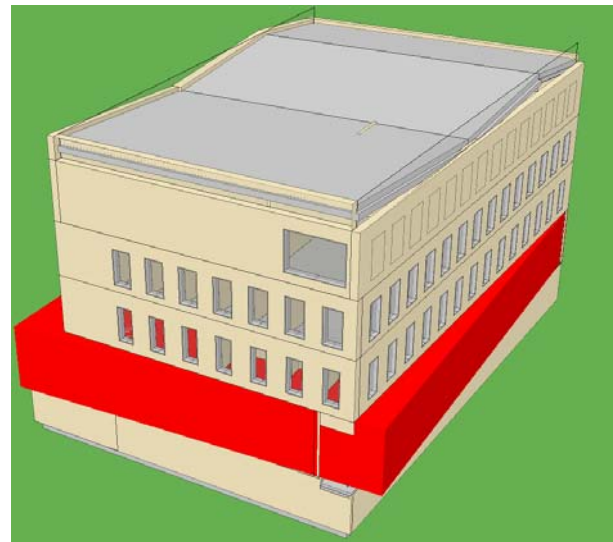
På sørfasaden av bygget skjer noe liknende da en ytterveggskonstruksjon på et overheng ved inngangspartiet, se Figur 5-7, gjør at klimaskjermen blir feiltolket slik som Figur 5-8 og Figur 5-9 viser.



Figur 5-7: Ytterveggskonstruksjon på sørfasaden som gir feiltolkning



Figur 5-8: Byggets fasader mot sør og øst slik de fremstår i Solibri Model Checker



Figur 5-9: Feiltolkning av utstrekning av klimaskjerm på byggets sør- og østfasade i IDA ICE

Beregningsverktøyet feiltolker "curtain walls"

Ved import av IFC-modellen har det vist seg at veggkonstruksjoner definert som "curtain walls", både innvendig og utvendig, tolkes som åpninger av beregningsverktøyet. Hvorfor dette skjer er uvisst og dette vil bli tatt opp med utviklerne av beregningsverktøyet.

Varierende høyde på "spaces"

I de oversendte IFC-filer er romvolumene/"spaces" definert med de faktiske høyder. Dette gjør at de ulike lokaler i bygget har en del variasjoner i høyde på sine "spaces". Det er disse "spaces" som kan konverteres til beregningssoner. For energiberegninger på et bygg som helhet er det hensiktsmessig å slå sammen flere lokaler til en større beregningszone. Dette av hensyn til tidsbehov, både for å bygge opp en beregningsmodell og simuleringstid. En beregningsmodell bestående av mange soner vil ta betydelig lengre tid å simulere enn en med få soner. Ved beregninger opp mot forskriftskrav der NS 3031 skal benyttes, vil det også i en rekke tilfeller være krav til inndeling i beregningssoner uavhengig av planløsning ved en rekke tilfeller.

Det enkelte rom kan enkelt konverteres til en beregningszone, men det anvendte beregningsverktøy har den begrensning at det ikke kan slå sammen flere beregningszoner med ulik høyde på "spaces". Dette gjør at beregningsmodellen blir bestående av et unødvendig høyt antall zoner som gjør simuleringsjobben tyngre og mer tidkrevende. Resultattolkningen vil også bli mer utfordrende og uoversiktlig jo flere beregningszoner som benyttes.

Definisjon av bakkenivå

Bakkenivået blir feil da beregningsverktøyet tolker kote i forhold bakkenivå i IFC-fil. Beregningsverktøyet tolker automatisk alt med kote med verdi på større eller lik null til å være over bakkenivå mens kotene i IFC-filen angir høyde over et gitt referansenivå, typisk er dette høyde over havet. Dette resulterer, for det aktuelle bygget, at underetasjen der gulvet ligger på kote -0,2 m blir tolket til å være over bakken og mot friluft når det meste ligger mot grunn.

Tabell 5-2 viser en oversikt over hvordan overnevnte problemer ble løst i dette prosjektet.

Tabell 5-2: Oversikt over problemer med beregningsverktøyets tolkning av IFC-filene og hvordan disse ble løst

Problem med beregningsverktøyets tolkning av IFC-fil	Løsning
Ytterveggselementer og dekker som gir feiltolkning av grenser for klimaskjerm	Manuelt fjernet i SimpleBIM før import i beregningsverktøy
Beregningsverktøyet feiltolker "curtain walls"	Manuelle tilpasninger i beregningsverktøyet
Varierende høyde på "spaces"	ARK oversendte nye IFC der alle "spaces" var satt til å ha samme høyde
Definisjon av bakkenivå	Manuelle overstyring av beregningsverktøyets automatiske kobling av bygningskonstruksjoner kobling til omgivelser og grunn.

5.4.3 utfordringer knyttet til anvendt beregningsmetodikk og hvordan inndata legges inn i beregningsverktøyet

I Norge benyttes det standardiserte beregningsmetoder og standardisert inndata for energieuvaluering opp mot myndighetskrav til energiytelse, energimerking og klassifisering av lavenergi- og passivhus. Beregningsverktøyet SIMIEN er det verktøy som i Norge brukes desidert mest til disse evalueringer. Dette verktøyet er skreddersydd for den standardiserte beregningsmetodikken men innehar ikke BIM-kompabilitet.

Det anvendte beregningsverktøyet i dette FoU-prosjektet er utviklet i Sverige. Det er validert slik at dette også kan benyttes til overnevnte evalueringer, men beregningsmetodikken avviker allikevel fra den norske på flere punkter som blant annet:

- Definisjon av fasadeareal
- Definisjon av oppvarmet romvolum
- Metodikk for beregning av kuldebroverdier

Hvordan inndata knyttet til interne laster, tekniske systemer, infiltrasjon m.m. legges inn i verktøyet avviker også en del fra oppsettet i SIMIEN som er skreddersydd for den standardiserte inndata som skal benyttes.

Automatisk oppsett for resultatpresentasjon og dokumentasjon av resultater og beregningsforutsetninger avviker også noe fra de krav som stilles i norske standarder.

De overnevnte avvik gjør at det mer tidkrevende både å bygge opp beregningsmodeller og å dokumentere resultater og forutsetninger da en rekke manuelle tilpasninger er nødvendig.

Utviklerne av IDA ICE har planlagt at det i tiden fremover vil komme en utgave som er mer tilpasset de norske standarder for energiberegninger. Erichsen & Horgen AS er en bidragsyter i dette arbeidet.

6 FORSLAG KRAV TIL IFC-FILER

Hvilke krav som skal stilles til IFC-filer for bruk i beregningsverktøy med BIM-kompabilitet vil være avhengig av både det beregningsverktøyet som benyttes og prosjektet det skal benyttes i.

I dette FoU-prosjektet er kun ett beregningsverktøy benyttet og bygget som det er benyttet på er av begrenset størrelse og kompleksitet når det gjelder utforming. Dette begrensede erfaringsunderlaget gjør det utfordrende å sette opp generaliserte krav til IFC-filer.

De krav som foreslås i dette prosjektet er en kombinasjon av de erfaringer som er gjort i dette prosjektet og de krav som utviklerne av det anvendte beregningsverktøyet krever for at IFC-import skal fungere tilfredsstillende i beregningsmessig henseende. Følgende krav foreslås til IFC-filer for bruk i energi- og inneklimaberegninger:

- Trapper, bjelker, toaletter og annen møblering fjernes
- Bygningsselementer som ligger utenfor klimaskjermen fjernes
- Alle bygningsselementer må være koblet til sine respektive etasjer
- Ingen bygningsselementer kan være omsluttet av mer enn en etasje
- Alle lokaler må ha et definert romvolum/"space"
- Romvolumer/"spaces" kan ikke inneholde hull
- Alle romvolumer/"spaces" må ha samme høyde
- Alle vinduer og dører må tilknyttes en bestemt veggkonstruksjon via en åpning og må være omsluttet av samme etasje som veggen
- Vinduer og dører må ligge fullstendig innenfor den aktuelle vegg
- Navn/betegnelse på bygningsselementer av samme type og kvalitet må være like da dette også importeres
- Høyder på etasjer bør settes i forhold til bakkenivå
- Etasjer må ikke overlape hverandre
- Taket på bygningen må dekke alle etasjer som ikke har en annen etasje over seg

Noen av overnevnte krav er verktøyspesifikke. Det må også påregnes at verktøy med BIM-funksjonalitet vil videreutvikles i nær fremtid og gjøre import lettere. Dette da bruk av BIM til betraktninger rundt energi og inneklima fremdeles er nokså nytt.

Det som er kommet frem av arbeidet med bearbeiding av IFC-filer i dette FoU-prosjektet, er at det vil være en del utfordringer knyttet til hvem som skal være ansvarlige for å gjøre de nødvendige tilpasninger på IFC-filer slik at filene er velegnet for import og gjennomføring av beregninger. De fleste av kravene vil det være naturlig og mest ryddig at arkitekt står ansvarlig for å oppfylle da de omhandler byggets utforming, arealer og volumer.

Arkitekt har prosjekteringsverktøy som gjør det mulig å få dette riktig med en gang og de har de beste faglige forutsetninger for å sikre at anvendte IFC-filer gjenspeiler den faktiske bygningsmessige status. Hvis andre fagdisipliner blir innblandet i håndtering av denne type IFC-filer blir ansvarsfordelingen fort rotete og sporbarheten dårlig.

I dette prosjektet har allikevel en del av bearbeidingen av IFC-filene blitt gjort av Erichsen & Horgen. Da Erichsen & Horgen har lisens på et verktøy for bearbeiding av IFC-filer, SimpleBIM og Molde Tinghus er et relativt lite og oversiktlig bygg har det dette fungert greit.

I hvilken grad for eksempel energirådgivere selv skal være aktive i bearbeiding av IFC-filer til energiberegninger i tiden fremover blir noe som må vurderes og bestemmes i det enkelte prosjekt. Selv om det i dag finnes verktøy som SimpleBIM som gjør det mulig for at andre i prosjekteringsgruppen å tilpasse IFC-filene, vil det ikke være hensiktsmessige at IFC-filer som går på byggets utforming finnes i for mange utgaver.

Hvem som det er mest hensiktsmessig at har ansvar for overnevnte liste med krav avhenger av flere faktorer som blant annet hvilke verktøy for behandling av IFC-filer som er tilgjengelig blant medlemmene av prosjekteringsgruppen og størrelsen på prosjektet.

Det er uansett ingen tvil om at arkitekt vil måtte ha en nøkkelrolle for å få til en vellykket bruk av IFC i dynamiske beregningsverktøy. Dette prosjektet har vist at selv på et lite og oversiktelig bygg som Molde Tinghus er det behov for relativt mye bearbeiding av IFC får å få bygd opp en god beregningsmodell. Denne bearbeidingen er veldig rettet inn mot dynamiske beregninger på energi og inneklime, og det vil kunne være nødvendig ved utsendelse av IFC-filer til prosjekteringsgruppen å ha et eget sett med IFC-filer som er spesialtilpasset dette. Det vil også kunne være aktuelt å dele opp store bygg i flere IFC-filer for at de skal kunne håndteres i beregningsverktøyene.

Det vil derfor spesielt i større prosjekter være nødvendig at det settes av en del ressurser som er øremerket bearbeiding og kvalitetssikring av IFC-filer for beregninger. Dette gjelder både hos arkitekt og de som skal utføre beregningene

7 ENERGIBEREGNINGER

Hovedfokusert i dette prosjektet har vært å få til en vellykket IFC-import i et dynamisk beregningsverktøy til bruk i energi- og inneklimevurderinger.

FoU-prosjektet har blitt kjørt parallelt med det virkelige byggeprosjektet, og vært uavhengig av det arbeidet som er blitt gjort av Norconsult som er ansvarlig for energioppfølging på Molde Tinghus.

Det har allikevel vært ønskelig, i forbindelse med ferdigstilling av FoU-prosjektet, å gjennomføre en sammenligning av beregningsresultatene fra FoU-prosjektet med resultatene fra det faktiske byggeprosjektet. Da det er to ulike firmaer som med to ulike verktøy med helt forskjellige måter å definere bygningskroppen på har gjennomført beregninger på samme bygg er det interessant å kunne sammenligne resultater og studere årsaker til eventuelle avvik. Selv om begge verktøy er validerte iht. til den samme standard som muliggjør bruk av verktøyene til standardiserte beregninger opp mot norske forskrifter, er det en rekke andre faktorer som kan gi store avvik.

En sammenligning av beregningsresultatene er derfor gjennomført og resultater og avvik vil presenteres og diskuteres i etterfølgende kapitler.

Byggeprosjektet Molde Tinghus har flere energimål utover myndighetskrav, men i dette FoU-prosjektet er det i sammenligningen av beregningsresultater fokusert på beregning av netto energibehov for evaluering opp mot rammekrav i TEK 10.

Det er mange faktorer som har innflytelse på endelig resultat ved beregning av bygningers energibehov ved hjelp av dynamiske verktøy. Enkelte faktorer er koblet til hvordan oppbygning av bygningskroppens foregår og hvordan kvalitetene på det bygningsmessige og tekniske defineres, andre faktorer er koblet til beregningsprogrammet og personen som foretar energiberegningen. Nedenstående er de overordnede usikkerhetsfaktorer som kan ha innflytelse på det samlede energibehovet oppsummert.

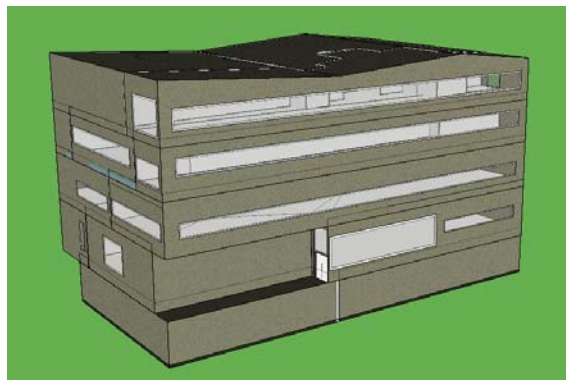
- Omgivelser
 - Temperatur, skyggeforhold, vindforhold m.m.
- Bygningstekniske parametre
 - materialekvaliteter, tekniske installasjoner, arealer, volum, driftsbetingelser osv
- Beregningsprogram
 - beregningsmetode, styring, definisjoner osv
- Bruker
 - tolking av standarder, detaljeringsnivå, tolking av inndataverdier osv

Usikkerhetsfaktorer for denne sammenligningen som er gjennomført i dette prosjektet er hovedsakelig koblet til beregningsprogrammet og personen som foretar beregningen.

Figur 7-1 viser hvordan bygget fremstår i beregningsverktøyet IDA ICE etter import av ferdigbehandlet IFC-fil. Figur 7-2 viser hvordan beregningsmodellen som er bygd opp av verktøyet basert på importert IFC-fil i Figur 7-1 fremstår.



Figur 7-1: Bygget slik det fremstår i IDA ICE etter import av IFC-fil



Figur 7-2: Beregningsmodellen som er bygd opp i IDA ICE ut fra importert IFC-fil av bygget.

Av Figur 7-1 kan det virke som om det mangler noen vinduer i toppetasjen av bygget. Dette er kun en feil i den grafiske fremstillingen til verktøyet, og vinduene blir tolket riktig ved oppbygning av beregningsmodellen, se Figur 7-2. Bygget er valgt delt inne i ulike beregningssoner, og det er bevisst valgt å slå sammen vinduselementer i de ulike beregningssoner som Figur 7-2 viser. Dette for å lette modellens beregningsmessige kompleksitet og dermed redusere nødvendig simuleringstid.

7.1 Resultatsammenstilling

En sammenligning av netto energibehov ved bruk av SIMIEN og ved IFC-import i IDA ICE fordelt på standardiserte budsjettposter iht. NS 303 fremgår av Tabell 7-1.

Tabell 7-1: Sammenstilling av energibudsjett for Simien modell satt opp av Norconsult og energiberegning basert på IFC-import

[kWh/m ²]	Simien	BIM-modell
Romoppvarming	4,5	5
Ventilasjonsvarme	8,1	12,9
Varmtvann	5,0	5
Vifter	18,7	14
Pumper	1,4	0,6
Belysning	20,0	20
Teknisk utstyr	34,4	34,4
Romkjøling	0,0	0,0
Ventilasjonskjøling	5,9	6,8
Total netto energibehov	98,2	98,3

Som det fremgår av Tabell 7-1 er det lite avvik på samlet netto energibehov men avvik av varierende størrelse på flere budsjettposter. Avvikene er oppsummert i Tabell 7-2.

Tabell 7-2: Oppsummering av avvik

Poster	Avvik [%]
Oppvarming	30
Kjøling	15
Vifter	25
Pumper	57
Total netto energibehov	0,1

Det termiske inn klimaet i de ulike sonene er avgjørende for energibehovet til oppvarming og kjøling samt det tilhørende energibehovet til pumper. Anvendt beregnings- og modelleringsmetodikk for det termiske inn klimaet har derfor stor betydning for disse energipostene, og kan føre til avvik på disse energipostene som fremgår av Tabell 7-2.

På energiposten "pumper" er avviket på hele 57 %, noe som er oppsiktsvekkende høyt. I IDA ICE er beregningsmetodikken for pumpeenergi noe annerledes fra den metodikk beskrevet i NS 3031 som benyttes til energiberegninger opp mot myndighetskrav. Det har derfor vært nødvendig å gjøre manuelle tilpasninger for å få beregnet pumpeenergi iht. metodikk beskrevet i denne standarden.

Selv om beregningsmetodikken i SIMIEN i hovedsak er basert på NS 3031, er det oppdaget at det er et avvik på hvordan energi til pumper utregnes. I SIMIEN benyttes en mer konservativ metodikk som utviklerne mener gir en pumperegulering som er mer realistisk enn den som er beskrevet i standarden. Dette medfører følgelig at energibehovet til pumper i SIMIEN blir en del høyere. Da det ikke er tilgjengelig informasjon om nøyaktig hvordan pumpereguleringen i SIMIEN foregår, har det i IDA ICE ikke vært mulig å redusere dette avviket ved å tilpasse beregningsmetoden for pumpeenergi. I hvilken grad en slik tilpasning til SIMIEN i det hele tatt ville vært hensiktsmessig og mer korrekt er vanskelig å si da det i dag begrenset med måledata på faktisk energibruk til pumper. Erichsen & Horgen har oppfordret utviklerne av SIMIEN på dette punkt, og foreslått at dette blir et diskusjonstema i forbindelse med pågående revisjon av NS 3031.

For avviket på vifteenergien er de to mest sannsynlige hovedårsakene:

- Beregning av SFP-faktoren for luftmengder utenfor normal driftstid
- Bruk av nattkjøling.

I begge beregningsprogrammene oppgis SFP-faktoren for maksimal luftstrøm og ved lavere luftstrømmer beregner programmene selv en reduksjon i SFP-faktoren. Disse beregningsmetodene er trolig ikke identiske og kan føre til avvik.

Det er på Molde Tinghus også planlagt bruk av nattkjøling. Da det i de to verktøy er forskjellige måter å angi hvordan styringen av nattkjølingen skal foregå, og Erichsen & Horgen ikke sitter på informasjon om nøyaktig hvordan Norconsult har løst dette, vil også dette være en kilde til avvik på energi til vifter.

Ut over ovenstående forklaringer, er det forsøkt å oppsummere alle mulige forklaringer på avvikene:

- Beregningsprogram
 - Programmene har ulike beregningsmetoder, hvilket kan gi avvik. Eksempelvis får beregningsmetodene for det termiske inneklimaet betydning for effektbehovet til oppvarming og kjøling.
 - Styring av tekniske installasjoner, solavskjerming osv. Styring av de tekniske installasjonene og solavskjermingen får også betydning for oppvarmings- og kjølebehovet.
 - Beregning av SFP faktor utenfor normal driftstid. SFP-faktoren oppgis for maksimum luftmengde, hvilket betyr at beregningsprogrammet selv beregner SFP-faktoren ved lavere luftmengder.
 - Definisjon av oppvarmings- og kjøleenheter. I SIMIEN benyttes ideelle oppvarmings- og kjøleenheter, noe som påvirker energibehovet.
- Bruker
 - Oppsett av antall av beregningssoner. Da det benyttes utvendig solavskjerming og det er lite variasjoner på det tekniske anlegg rundt om i bygget så har dette mindre betydning for denne modellen.
 - Nattkjøling. Nattkjøling har stor betydning for energibehovet til vifter.
 - Detaljeringsnivå:
 - Orientering
 - Eksterne skyggeforhold
 - Areal og volum
 - Feilsøking/KS
 - Programforståelse

Dette prosjektet har ikke hatt til formål å gjennomføre en detaljert sammenligning av ulike beregningsverktøy for energi, og det er heller ikke satt av midler til dette. Innenfor prosjektets rammer har det derfor ikke vært mulig å gå mer i detalj på hva som er årsak til alle avvik på det nivå som kunne vært ønskelig.

8 KONKLUSJON

Målet med dette FoU-prosjektet har vært å erverve seg økt kunnskap og mer erfaringer om hvordan BIM-konseptet kan nyttiggjøres innenfor fagfeltet energi og inneklimateknikk i byggeprosjekter.

Nøkkelen for måloppnåelse her har vært å få til en vellykket import av IFC-filer i et dynamisk beregningsverktøy som kan benyttes til energi- og inneklimatekniske betraktninger, og det er dette som har vært hovedfokus i dette prosjektet.

Basert på de erfaringer som prosjektet har gitt, er det forsøkt å sette opp en liste over krav til IFC-filer som bør stilles for å sikre at denne importen blir vellykket. Det er så langt det har latt seg gjøre med de erfaringer høstet i dette prosjektet forsøkt å gjøre listen så generell som mulig. Allikevel har det vært vanskelig å unngå å gjøre den helt prosjekt- og verktøyuavhengig da kun et verktøy og et byggeprosjekt av begrenset omfang er studert.

Listen med forslag til krav bør derfor fungere som et utgangspunkt for hvordan IFC-behandling til energi- og inneklimatekniske beregninger skal gjennomføres i et prosjekt. Det vil i det enkelte prosjekt være svært viktig at arkitekt og energirådgiver tidlig kommer i dialog om dette. Det vil være arkitekt som naturlig vil sitte på hovedansvaret for å besørge IFC-filer av nødvendig kvalitet, men ansvarsfordelingen kan variere noe avhengig av størrelse på prosjekt og verktøy for BIM som er tilgjengelige i prosjektgruppen. I dette prosjektet har eksempelvis Erichsen & Horgen benyttet seg av verktøyet SimpleBIM til å gjøre noen av de tilpasninger på IFC-filene som har vært nødvendige.

Da dette FoU-prosjektet ikke har vært en del av selve byggeprosjektet, men blitt gjennomført parallelt, er det en mer tradisjonell beregningsmetodikk som er anvendt for den offisielle dokumentasjonen av byggets energiytelse opp mot forskriftskrav og prosjektets energimål.

Da beregningene i byggeprosjektet og i FoU-prosjektet er utført av to forskjellige firmaer med to vidt forskjellige verktøy, og der arealene og volumene benyttet i det ene verktøyet er lagt inn manuelt mens det i det andre er benyttet BIM, er det valgt å sammenligne resultatene på netto energibehov iht. NS 3031. Dette for å se i hvilken grad det er store avvik og eventuelt da prøve å finne mulige årsaker til disse.

En sammenstilling av beregningsresultatene har vist at det totalt sett er et avvik på bare 0,1 %, der de BIM-baserte beregningene gir litt større netto energibehov. Størrelsen på avvikene på de ulike poster av energibudsjettet varierer allikevel veldig og kan skyldes en rekke faktorer. De mest sentrale er:

- Ulik beregningsmetodikk benyttet på sentrale størrelser
- Ulike muligheter og detaljeringsnivå for modellering av bygget og dets tekniske installasjoner i de to beregningsverktøy som er benyttet
- Ulik oppbygning av beregningsmodell som blant annet inndeling i beregningssoner og styring/regulering av de klimatekniske installasjoner

VEDLEGG A – INNDATA ENERGIBEREGNINGER

Størrelser		Inndata	Dokumentasjon
Arealer [m ²]	Yttervegger	1770	Fra BIM modell
	Tak mot det fri	730	Fra BIM modell
	Gulv	730	Fra BIM modell
	Vinduer og dører	381	Fra BIM modell
Oppvarmet bruksareal (BRA) (A_{fi}) [m ²]		3442	Fra BIM modell
Oppvarmet luftvolum (V) [m ³]		12621	Fra BIM modell
Varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler [W/m ² K] (U-verdi)	Yttervegger	0,19/0,18/0,11	Mot terreng/ underetasje mot friluft/et. 1-4. Data Norconsult
	Tak	0,1	Data Norconsult
	Gulv	0,15	Data Norconsult
	Vinduer, dører og glassfelt	0,8	Data Norconsult
Areal for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%)		11	Beregnet ut i fra ovenstående data
Normalisert kuldebroverdi (ψ') [W/m ² K]		0,03	Data Norconsult
Lekkasjetall (n_{50}) [h ⁻¹]		0,6	Data Norconsult
Årgjennomsnittlig virkningsgrad (η) for varmegjenvinner [%]		83	Data Norconsult
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/(m ³ /s)]		1,5	Data Norconsult
Ventilasjonsluftmengde (V) i driftstiden [m ³ /(hm ²)], CAV		8,3	Data Norconsult
Ventilasjonsluftmengde (V) utenfor driftstiden [m ³ /(hm ²)]		2	Veiledende verdi NS3031
Tilluftstemperatur i driftstiden [°C]		19 °C	Data Norconsult
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) romoppvarming [kW/(l/s)]		0,5	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) varmebatteri [kW/(l/s)]		0,5	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) kjølebatteri [kW/(l/s)]		0,6	Veiledende verdi NS3031
Spesifikt effektbehov til belysning i driftstiden [W/m ²]		6,4	Data Norconsult
Spesifikt effektbehov til utstyr i driftstiden [W/m ²]		11,0	Veiledende verdi NS3031
Total solfaktor (g_t) for vinduer		0,4	Data Norconsult
Total solfaktor (g_t) for vinduer og glassfelt sammen med solavskjerming		0,04/0,4	Solbelastede fasader/Nord-fasade, Data Norconsult
Avskjermingsfaktor for horisont, bygninger vegetasjon for ulike orienteringer		ingen	

RÅDGIVERE MED SPISSKOMPETANSE

Erichsen & Horgen er et rådgiverselskap med spisskompetanse innen VVS, energi og klimateknikk, særlig for bygg i kaldt klima. Våre ingeniører leverer i tillegg et bredt spekter av tilgrensende spesialiserte tjenester for bygge- og eiendomsbransjen.

Vi yter rådgivning og prosjektering for alle prosjektfaser fra utvikling og utredning av muligheter, via detaljering av planer til bygging/implementering og drift.

Årlig utføres flere hundre store og små oppdrag innenfor følgende områder:

- Inneklima
- Dagslys
- Energibruk
- Miljø
- Bygningsfysikk
- Brannteknikk
- Sanitær og utendørs VVS
- Varmeanlegg
- Gass varmeanlegg
- Medisinsk gass og trykkluft
- Kuldeanlegg
- Luftbehandlingsanlegg
- Luftkjøleanlegg
- Automatikk og SD-anlegg
- Avfallsug og støvsugeranlegg