

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet**Erasmus+ prosjekt-ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652**

Dette Erasmus+-prosjektet er finansiert med støtte fra Europakommisjonen. Denne publikasjonen gjenspeiler kun forfatterens synspunkter, og Europakommisjonen og Erasmus+-nasjonale byråer kan ikke holdes ansvarlig for bruk av informasjonen i publikasjonen.

BIM4Energy-prosjekt**Tittel: Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet**

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

1 – Mål

Målene med denne veiledningen i BIM og energieffektivitet i bygninger er som følger:

- Å lære om BIMs rolle i å forbedre energieffektiviteten i bygninger.
- Lære om BIMs rolle i bærekraftig design av bygninger
- Forstå fordelene med den sjette BIM-dimensjonen.
- Å kjenne til den nyeste teknologien innen BIM-applikasjoner for bygningsenergimodeller (BEM)
- Lære om tilgjengelige dataverktøy som bruker BIM til å analysere bygningers energieffektivitet

2 - Læringsmetodikk

Læreren vil gi en forklaring på bruk av BIM til å analysere bygningers energieffektivitet i omtrent 30 minutter.

Studentene leser denne veiledningen og følger trinnene som er vist i veiledningen, nemlig:

- BIMs rolle i å forbedre energieffektivitet
- Bærekraftig design og BIM.
- BIM-applikasjoner
- Den sjette dimensjonen av BIM – bærekraft og livssyklusanalyse
- Anvendelse av BIM i energimodellering av bygninger.
- Programvare som bruker BIM til å analysere bygningers energieffektivitet: OpenStudio, DesingBuilder, ClimateStudio, CypeTherm EPlus.

For å evaluere suksessen av applikasjonen, foreslår vi at det gjennomføres en spørreundersøkelse blant studentene.

3 – Varighet av veiledningen

Implementeringen beskrevet i denne veiledningen vil gjennomføres via BIM4ENERGY-prosjektets nettside gjennom selvstudium.

3 undervisningstimer er passende for denne opplæringen.

4 – Nødvendige undervisningsressurser

Datarom med PC-er med internettilgang.

Nødvendig programvare: Microsoft Office.

5 – Innhold og veiledning

5.1– Behov for å spare energi i bygningens utforming

5.1.1. BIMs rolle i å forbedre energieffektiviteten

Det globale samfunnet står for tiden overfor en av sine mest presserende utfordringer: å redusere klimagassutslippene og samtidig maksimere energieffektiviteten [1]. Bygg- og anleggsbransjen er en stor bidragsyter til klimagassutslipp og energiforbruk, og overgår industri- og transportsektoren i denne sammenheng [2]. Økt energiforbruk har betydelige miljøkonsekvenser, da en vesentlig del av den globale energiproduksjonen er avhengig av forbrenning av fossile brensler, noe som fører til ødeleggelse av økosystemer [3]. Ifølge FNs miljøprogram [3] står byggesektoren for omtrent 30 % av de globale årlige klimagassutslippene og opptil 40 % av det totale energiforbruket. Klimagasser, inkludert karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), nitrogenoksid (N₂O) og fluorkarboner, bidrar til klimaendringer og global oppvarming [4]. Blant disse spiller CO₂-utslipp en særlig viktig rolle i økningen av globale temperaturer [5]. Studier indikerer at bygninger står for omtrent 40 % av de globale CO₂-utslippene [5, 6]. Konsekvensene av global oppvarming, som smelting av polisen og stigende havnivå, truer med å redusere beboelig land, noe som forverrer utfordringene knyttet til en voksende global befolkning [7]. Gitt den økende bekymringen rundt klimaendringer og karbonutslipp, arbeider byggesektoren kontinuerlig for å redusere sin miljøpåvirkning [8], først og fremst ved å redusere energiforbruket i bygninger [3]. For å nå de globale CO₂-reduksjonsmålene må både forbrukere og aktører i bransjen delta aktivt i utviklingen av lavutslippsbygg [9]. Hvis dette ikke blir gjort, vil det trolig føre til fortsatt vekst i sektorens klimagassutslipp de neste to tiårene [8]. Arkitekter og aktører i bransjen står derfor overfor en betydelig utfordring når det gjelder å designe og bygge bygg som er i tråd med utslippsreduksjonsmålene, og som i siste instans bidrar til et mer bærekraftig og miljøvennlig byggmiljø.

Som svar på økende miljøhensyn og stigende energikostnader har byggebransjen i stadig større grad vektlagt betydningen av bærekraft og energieffektivitet i arkitektonisk design. Utvikling av bærekraftige bygninger krever ofte spesialkompetanse og kan være forbundet med høye kostnader [10]. Gitt bygningers betydelige miljøpåvirkning, må designere søke å minimere denne effekten ved å optimalisere energieffektiviteten fra de tidligste stadiene av designprosessen [10, 11]. Forbedret energieffektivitet gir flere fordeler, blant annet reduserte driftskostnader og langsiktige økonomiske fordeler, som igjen fremmer innovasjon innen byggemetoder [12].

Det er avgjørende å oppnå lavt netto energiforbruk i bygninger, og dette målet kan oppnås gjennom innovative designmetoder. De siste årene har det dukket opp ulike metoder og teknologier for å forbedre bygningers energieffektivitet, blant annet

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

Building Information Modeling (BIM), som har fått bred anerkjennelse og utbredt bruk [13]. Integrering av BIM med energiytelsesanalyse har blitt stadig mer utbredt, da BIM har vist seg å være et effektivt verktøy for å gjennomføre energivurderinger i de tidlige designfasene [14]. Ved å utnytte BIM-teknologi kan designere modellere ulike aspekter av en bygningens energibruk, inkludert termisk strømning, belysningsmønstre og andre bærekraftsrelaterte parametere [9]. BIM-baserte energianalyseverktøy gjør det mulig å evaluere oppvarmings- og kjølebehov, muligheter for dagslys og valg av bygningskomponenter som bidrar til energieffektivitet. Ved å integrere sanntids værdata og informasjon om strømnettet, muliggjør BIM dessuten mer nøyaktige estimater av en bygningens energiforbruk og karbonavtrykk [15].

Effektiviteten av en bygningens ytelse påvirkes i stor grad av materialegenskapene, termisk motstand og generelle fysiske egenskaper. Disse egenskapene er digitalt representert i BIM-modeller, noe som muliggjør en omfattende vurdering av energiytelsen [15]. Anvendelsen av BIM-verktøy, som Revit Architecture, spiller en avgjørende rolle i effektiviseringen av arbeidsflyten for energimodellering. Ved å muliggjøre rask utvikling av grunnleggende bygningmodeller, letter BIM simulering av energiytelse og kostnadsestimering. Tradisjonelt har bærekraftig bygningdesign vært avhengig av CAD-verktøy (Computer-Aided Design), hvor designdata manuelt legges inn i energisimuleringsprogramvare [9]. Imidlertid forbedrer direkte integrering av BIM med energiprestasjonsanalyse i designfasen effektiviteten, da designiterasjoner enkelt kan justeres og finpusses [16].

Flere energisimuleringsverktøy, blant annet EnergyPlus, Ecotect og IES Virtual Environment, er utviklet for å analysere viktige byggeprosjekteringsfunksjoner som klimarespons, vinduer, varmeisolasjon, solinnstråling, ventilasjon (både naturlig og mekanisk) og HVAC-systemytelse. Integreringen av BIM med disse simuleringsverktøyene har resultert i utviklingen av sofistikerte beslutningsrammer for prosjektering av energieffektive bygninger [17]. Ved å utnytte BIM-teknologi kan designere iterativt modifisere og teste ulike designalternativer, og dermed sikre optimal energiytelse før byggingen starter.

Bruk av BIM sammen med energisimuleringsverktøy gir betydelige fordeler når det gjelder å oppnå energieffektive og bærekraftige bygningdesign. Gjennom automatisering, dataintegrasjon og avanserte simuleringsfunksjoner forbedrer BIM beslutningsprosessene, slik at arkitekter og ingeniører kan skape bygninger som er i tråd med globale bærekraftsmål [18].

5.1.2. Bærekraftig design og BIM

Den raske teknologiske utviklingen i byggebransjen har hatt en stor innvirkning på miljøet. Byggesektoren er en betydelig bidragsyter til klimagassutslipp og energiforbruk i samfunnet, hovedsakelig på grunn av den høye avhengigheten av fossilt brensel for energiproduksjon. Denne avhengigheten av forbrenning av fossilt brensel resulterer i betydelige utslipp av karbondioksid (CO₂), som bidrar til global oppvarming og miljøforringelse. For å redusere de negative effektene av klimagassutslipp og

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

overdreven energiforbruk er det avgjørende å utvikle bærekraftige løsninger som tar tak i disse miljøutfordringene. En av de mest effektive strategiene i denne sammenheng er å forbedre energibesparingen i bygninger. Bruk av naturlige materialressurser i bygg kan redusere energibehovet betydelig, da disse materialene vanligvis har bedre varmeegenskaper enn konvensjonelle alternativer.

Energieffektiviteten til en bygning påvirkes i stor grad av utformingen av **bygningsskallet, termisk ytelse, ventilasjonssystemer og HVAC-systemer**. Hvis disse komponentene ikke er riktig utformet, kan det føre til overdreven energiforbruk og skape ubehagelige innklimaforhold for beboerne. Den økende globale fokusen på miljømessig bærekraft har fått mange land til å innføre bærekraftsfokuserte praksiser gjennom **hele bygningens livssyklus**, inkludert **design, bygging, bruk og etter bygging**. Å innlemme energibesparende strategier i den **tidlige designfasen** kan føre til betydelige energibesparelser gjennom bygningens levetid.

For å oppnå bærekraftige designmål må designere evaluere flere designalternativer og velge det mest energieffektive alternativet. Denne prosessen krever bruk av **avanserte verktøy** som hjelper i beslutningsprosessen i designfasen. Bygginformasjonsmodellering (BIM) har dukket opp som et viktig verktøy for å støtte designere i valg av optimale bygningsdesign. BIM muliggjør **parametrisk modellering**, som gjør det mulig for arkitekt-, ingeniør- og byggebransjen (AEC) å implementere bærekraftige designprinsipper mer effektivt og forbedre bygningens samlede energieffektivitet.

Det er åpenbart at **arkitektonisk design og materialvalg** spiller en avgjørende rolle for å bestemme en bygningens energiforbruk og karbonavtrykk. Derfor må designere gjennomføre **omfattende evalueringer av materialegenskaper** for å sikre at de valgte materialene ikke bare støtter miljøvern, men også forbedrer komforten for beboerne. Parametriske **ytelsesbaserte designverktøy** integrert i BIM gir designere datadrevne innsikter, slik at de kan ta informerte beslutninger om bærekraftig materialvalg og optimalisering av energieffektivitet [18].

5.2– BIM-applikasjoner

5.2.1. Definisjon av BIM

Definisjonen av Building Information Modeling (BIM) varierer avhengig av det spesifikke innholdet i modellen. En informasjonsmodell kan omfatte ulike aspekter av en bygning, for eksempel geometri, klimaskjermkomponenter, materialer, kostnader, VVS-systemer, elektriske systemer og materialers termiske egenskaper.

I henhold til den amerikanske nasjonale BIM-standard (NBIMS-US) er BIM definert som «handlingen å lage en elektronisk modell av et anlegg for visualisering, teknisk analyse, konfliktanalyse, kontroll av kodekriterier, kostnadsberegning, ferdig produkt, budsjettering og mange andre formål» [19]. På samme måte beskriver Krygiel og Nies BIM som «informasjon om hele bygningen og et komplett sett med prosjekteringsdokumenter lagret i en integrert database» [20]. Videre karakteriserer

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

Smith og Tardif BIM som «en mekanisme for å overføre data til informasjon for å få kunnskap som gjør det mulig for oss å handle med klokskap» [21].

Disse definisjonene fremhever BIMs omfattende og integrerende natur, og understreker dens rolle i å forbedre beslutningsprosesser, øke designeffektiviteten og forenkle håndteringen av bygningsinformasjon gjennom hele livssyklusen.

5.2.1. Anvendelse av BIM

Anvendelsen av Building Information Modeling (BIM) utvides kontinuerlig etter hvert som forskere erkjenner potensielle fordeler på tvers av ulike domener. Mens BIM ofte brukes til strukturanalyse (27 %) og energianalyse (25 %), er den primære anvendelsen fortsatt rask utvikling av 3D-geometriske modeller og 3D-koordinering, med en bruksrate på 60 % [22]. Bruken av BIM er imidlertid ikke begrenset til arkitekter og ingeniører; det gir også fordeler for huseiere, anleggsledere, entreprenører og produsenter [23].

Flere viktige faktorer driver frem adopsjonen av BIM i prosjekter, blant annet automatisering av modelleringsprosessen, forbedret nøyaktighet i byggedokumenter, forbedret kommunikasjon mellom interessenter i design- og byggefasen, automatiske oppdateringer i alle visninger når endringer gjøres, og færre koordineringsproblemer på byggeplassen [23-26]. Mens BIM hovedsakelig brukes i bygningsdesign, har visse områder – som energimodellering – ikke fått tilsvarende oppmerksomhet. Integrering av BIM med Building Performance Simulation (BPS), noen ganger referert til som BIM-Based Building Performance (BBIP), er fortsatt et lite utforsket område.

En omfattende gjennomgang av BIM-relatert litteratur viser at de fleste studier fokuserer på planlegging, design, konstruksjon, drift og energiforbruk, med arkivpublikasjoner som vektlegger design og energieffektivitet [27]. Denne trenden er observert globalt, noe som indikerer at selv om byggefirmaer i stor grad bruker energisimuleringsverktøy, mangler det integrasjon mellom BIM og Building Energy Modeling (BEM) innenfor en enkelt plattform. Fraværet av slik integrasjon gjør det nødvendig å legge inn data manuelt, selv når relevant informasjon allerede finnes i andre modeller utviklet for et prosjekt [28,29]. Å adressere dette gapet ved å utvikle et enhetlig BIM-BEM-rammeverk kan forbedre effektiviteten i energimodellering og analyse av bygningers ytelse betydelig.

5.3– Den sjette dimensjonen av BIM – bærekraft og livssyklusanalyse

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er en revolusjonerende metode som forbedrer planlegging, design, konstruksjon og forvaltning av infrastrukturprosjekter gjennom digital representasjon. Blant de ulike dimensjonene av BIM fokuserer den sjette dimensjonen (6D) på bærekraft og livssyklusanalyse, og integrerer miljø- og energieffektivitetshensyn i design- og driftsfasen av en bygning. Denne artikkelen går i

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

dybden på betydningen, anvendelsene og fordelene ved 6D BIM, og illustrerer dens rolle i å fremme bærekraft innen arkitektur-, ingeniør- og byggebransjen (AEC).

5.3.1. Introduksjon til 6D BIM

6D-dimensjonen av BIM går utover tradisjonell 3D-design, 4D-planlegging og 5D-kostnadsestimering ved å integrere bærekraftsaspekter i en bygningsmodell. Det gjør det mulig for interessenter å analysere energiforbruk, karbonavtrykk, materialbærekraft og samlet miljøpåvirkning gjennom hele livssyklusen til en konstruksjon. Med global fokus på miljøvennlige byggemetoder fremstår 6D BIM som et viktig verktøy for å nå bærekraftsmål, som LEED-sertifisering (Leadership in Energy and Environmental Design) og overholdelse av internasjonale energieffektivitetsstandarder [30,31].

5.3.2. Nøkkelpåvirkninger i 6D BIM

- **Energianalyse:** 6D BIM muliggjør simulering av energiforbruksmønstre, slik at designere kan optimalisere isolasjon, vinduer, belysning og HVAC-systemer for å øke effektiviteten.
- **Valg av bærekraftige materialer:** Ved å integrere materialdatabaser hjelper BIM med å velge miljøvennlige materialer som reduserer karbonutslipp og forbedrer gjenvinnbarheten.
- **Livssyklusvurdering (LCA):** Vurderer miljøpåvirkningen av en bygning fra bygging til riving, og sikrer langsiktig bærekraft.
- **Estimering av karbonavtrykk:** 6D BIM hjelper med å beregne CO₂-utslipp, noe som hjelper utviklere med å implementere strategier for karbonreduksjon.
- **Integrering av fornybar energi:** Modellen støtter evaluering av solcellepaneler, vindenergi og andre fornybare kilder for å øke selvforsyningen.

5.3.3. Anvendelser av 6D BIM i AEC-bransjen

- **Sertifisering av miljøvennlige bygninger:** Letter etterlevelse av miljøsertifiseringsprogrammer som BREEAM, LEED og WELL Building Standard.
- **Strategier for energioptimalisering:** Hjelper med å designe bygninger som minimerer energiforbruket gjennom smarte designvalg.
- **Bærekraftsrapportering:** Genererer rapporter og dashboards for å spore miljøpåvirkningen gjennom hele prosjektets livssyklus.
- **Effektivitet i anleggsforvaltning:** Etter bygging bidrar 6D BIM til bærekraftig drift og vedlikehold, noe som reduserer energivinn og driftskostnader.

5.3.4. Fordeler ved å implementere 6D BIM

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

- Bedre beslutningstaking: Gir datadrevne innsikter til arkitekter, ingeniører og anleggsledere.
- Kostnadsreduksjon: Bidrar til å minimere langsiktige drifts- og energikostnader.
- Overholdelse av regelverk: Sikrer overholdelse av miljølover og standarder.
- Bedre samarbeid mellom interessenter: Øker åpenheten og kommunikasjonen mellom ulike prosjektdeltakere.
- Fremtidssikker infrastruktur: Sikrer at bygninger er designet med motstandskraft mot klimaendringer og stadig skiftende krav til bærekraft.

5.3.5. utfordringer og fremtidsutsikter

Til tross for de mange fordelene, står innføringen av 6D BIM overfor utfordringer som høye startkostnader, kompleks dataintegrasjon og behov for spesialisert opplæring. Imidlertid forventes fremskritt innen kunstig intelligens (AI), skybaserte tjenester og IoT (tingenes internett) å forbedre funksjonaliteten til 6D BIM ytterligere, slik at det blir standard praksis i bærekraftig bygging.

Den sjettede dimensjonen av BIM spiller en avgjørende rolle i å nå bærekraftsmål ved å muliggjøre presis energianalyse, materialeffektivitet og livssyklusoptimalisering. Etter hvert som byggebransjen beveger seg mot netto nullutslipp og miljøvennlige byggepraksiser, fremstår 6D BIM som et viktig teknologisk fremskritt. Ved å utnytte potensialet kan interessenter skape smartere, grønnere og mer bærekraftige infrastrukturer, og dermed bidra til et mer robust bygget miljø for fremtidige generasjoner.

5.4– Anvendelse av BIM på bygningsenergimodellering (BEM)

5.4.1. BIM til BEM

Dette er anvendelser av BIM til bygningsenergimodellering [32]:

- **Automatisering av energimodellering:** BIM forenkler energimodellering ved å automatisere datahåndtering, redusere feil og spare tid sammenlignet med konvensjonelle metoder.
- **Integrasjon med BEM-verktøy:** BIM kan kobles til energisimuleringsverktøy som OpenStudio for å importere bygningsdata (geometri, materialer, termiske egenskaper) fra IFC-filer.
- **Forbedret presentasjon av resultater:** BIM forbedrer visualiseringen i energistyringssystemer, spesielt for verktøy uten grafisk brukergrensesnitt, og muliggjør overvåking av energiprestasjoner i sanntid.
- **BIM-basert energistyringssystem (BIM-EMSS-system):** Et rammeverk som integrerer BIM-modeller med smarte målere og sensorer for å utføre energisimuleringer i sanntid ved hjelp av verktøy som eQuest.

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

- **Datalagring og organisering:** BIM muliggjør strukturert lagring av sanntids energirelaterte data, inkludert temperatur, belegg og energiforbruk.
- **Overvåking i sanntid:** Systemer som RTPM og RE-BIM Model bruker BIM til å spore energibruk, oppgraderinger av anlegg og endringer i belegg.
- **Sensorintegrasjon:** BIM støtter kobling av sensordata til bygningsmodeller ved hjelp av SensorML, noe som muliggjør automatisk energisporing.
- **Forbedring av materialbiblioteker:** BIM bidrar til å utvide materialelegenskapsdatabaser som brukes i energimodellering, og forbedrer nøyaktigheten av termiske egenskaper.
- **Livssyklusvurdering (LCA):** BIM fungerer som mellomvare mellom CAD og energiverktøy, og legger til ekstra attributter for LCA-vurderinger.
- **Optimalisering av bygningsskall:** BIM muliggjør forhåndsvurdering av materialer og systemer for å forbedre energieffektiviteten.
- **Dimensjonering av HVAC-systemer:** BIM hjelper til med å designe og optimalisere HVAC-systemer ved å vurdere ulike alternativer.
- **Omfattende energistyring:** Samlet sett forbedrer BIM energisimuleringer ved å automatisere arbeidsflyter, forbedre visualiseringen, integrere sanntidsdata og optimalisere valg av materialer og systemer.

5.4.2. Komponenter i BIM-til-BEM-interoperabilitetsprosessen (BBIP)

Forskjellige komponenter bidrar til BBIP, og å analysere hver komponent individuelt kan øke forståelsen av utfordringer, problemer og potensielle løsninger. Som illustrert i figur 1 består BBIP av tre hovedkomponenter. Denne studien fokuserer primært på den andre og tredje komponenten i prosessen, nærmere bestemt BIM-filer og verktøy for bygningsenergimodellering (BEM).

BEM-verktøy består vanligvis av to hovedkomponenter: et grafisk brukergrensesnitt (GUI) og en simuleringsmotor. GUI-er som OpenStudio, BEopt, DesignBuilder og eQuest letter energimodelleringsprosessen ved å tilby et interaktivt grensesnitt for brukerne. Imidlertid er det energisimuleringsmotoren, som kjører i bakgrunnen, som utfører de faktiske beregningene. Eksempler på mye brukte energisimuleringsmotorer er EnergyPlus og DOE2.

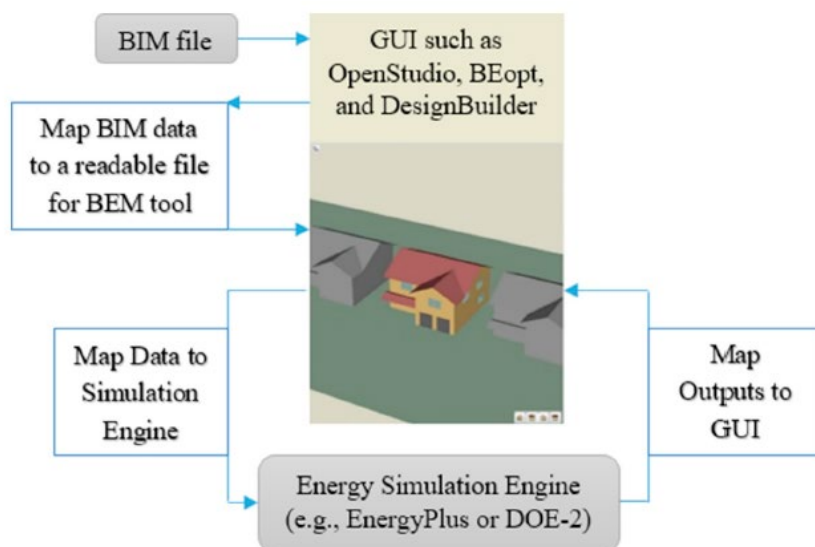


Figur 1: BBIP-komponenter.

En av de viktigste utfordringene i BBIP er å kartlegge bygningsinformasjon i energisimuleringsverktøy og deretter overføre simuleringsresultatene tilbake til GUI. Disse prosessene, illustrert i figur 2, representerer viktige områder hvor

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

interoperabilitetsproblemer og utfordringer med dataintegrasjon oppstår i BBIP-arbeidsflyter.



Figur 2: Informasjonsflyt i BBIP. Kilde [32].

5.5 Programvare som bruker BIM til å analysere bygningers energieffektivitet

5.5.1. Open Studio



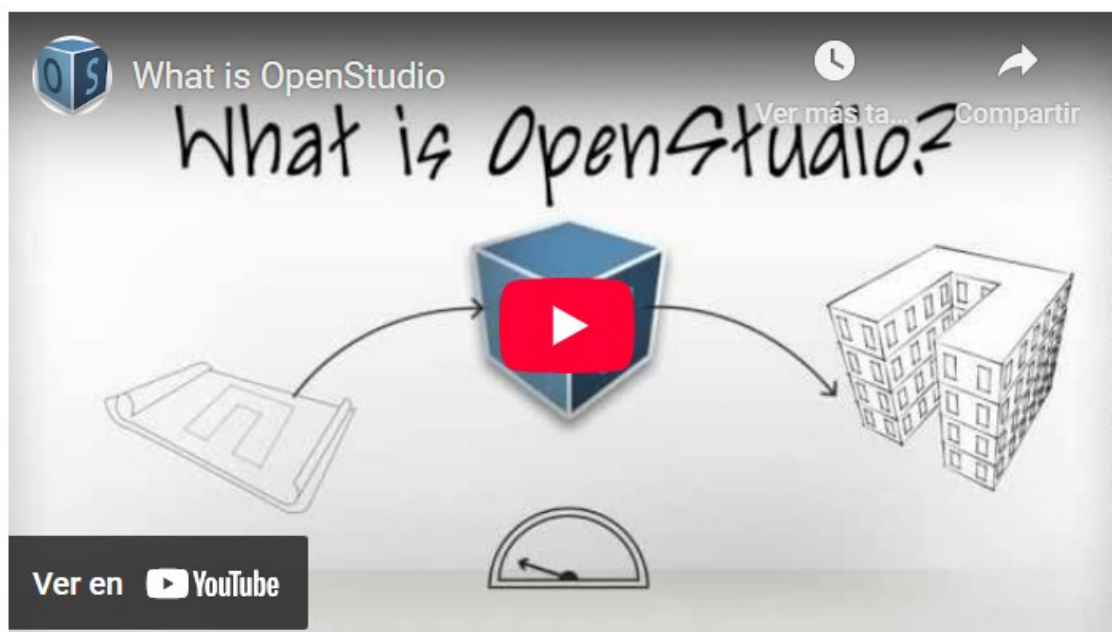
[OpenStudio](#) er en plattformuavhengig (Windows, Mac og Linux) samling av programvareverktøy som støtter energimodellering av hele bygninger ved hjelp av EnergyPlus og avansert dagslysanalyse ved hjelp av Radiance. OpenStudio er et åpent kildekode-prosjekt for å legge til rette for utvikling i fellesskap, utvidelse og bruk i privat sektor.

OpenStudio SDK er både et programvareutviklingskit (SDK) og et kommandolinjegrensesnitt (CLI). Konseptuelt gir OpenStudio SDK et applikasjonsprogrammeringsgrensesnitt (API) for tilgang til EnergyPlus-modelleringsmotoren. Dette grensesnittet gir mange fordeler, for eksempel et stabilt, versjonskontrollert grensesnitt, abstraksjoner av romtypologier som gjør det enklere for

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

sluttbrukere å modellere bygninger, og språkbindinger i Ruby, Python og C-Sharp for å gjøre det mer tilgjengelig for brukere som er kjent med disse språkene. CLI er et kraftig, plattformuavhengig verktøy som lar brukere kjøre OpenStudio-baserte arbeidsflyter på støttede arkitekturer som Linux, Windows og Mac.

De grafiske applikasjonene inkluderer **OpenStudio SketchUp Plug-in**, **OpenStudio Application** og **Parametric Analysis Tool**. SketchUp Plug-in og Openstudio Application vedlikeholdes av **OpenStudio Coalition**, som ble grunnlagt for å vedlikeholde og utvikle disse grafiske applikasjonene for bygningseffektivitetsmodellering. SketchUp Plug-in er en utvidelse av Trimbles populære SketchUp 3D-modelleringsverktøy som lar brukerne raskt lage geometri som trengs for EnergyPlus. I tillegg støtter OpenStudio import av gbXML og IFC for geometrioppretting. OpenStudio Application er et fullt utstyrt grafisk grensesnitt for OpenStudio-modeller, inkludert klimaskjerm, belastninger, tidsplaner og HVAC. ResultsViewer gjør det mulig å bla gjennom, plote og sammenligne simuleringsdata, spesielt tidsserier. Parametric Analysis Tool gjør det mulig å studere effekten av å bruke flere kombinasjoner av OpenStudio Measures på en basismodell, samt eksportere analyseresultatene for EDAPT-innsending.



<https://youtu.be/ovLt4-q UEg>

5.5.2 DesingBuilder



<https://designbuilder.co.uk/>

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

DesignBuilder er en komplett modulær løsning som består av en kjerne 3D-modellerer og 11 moduler som samarbeider for å gi en grundig analyse av alle typer bygninger. Alle modulene er fullt integrert med hverandre, slik at du kan velge enkeltmoduler eller en av pakkene.

Programvarepakker inneholder de vanligste modulkombinasjonene for hver brukerklasser, som vist nedenfor. Moduler kan også kjøpes separat, og det er også mulig å kjøpe en nettverkslisens for en hvilken som helst kombinasjon av moduler. Klikk på modulnavnet eller jobbtittelen for mer informasjon.

Moduler:

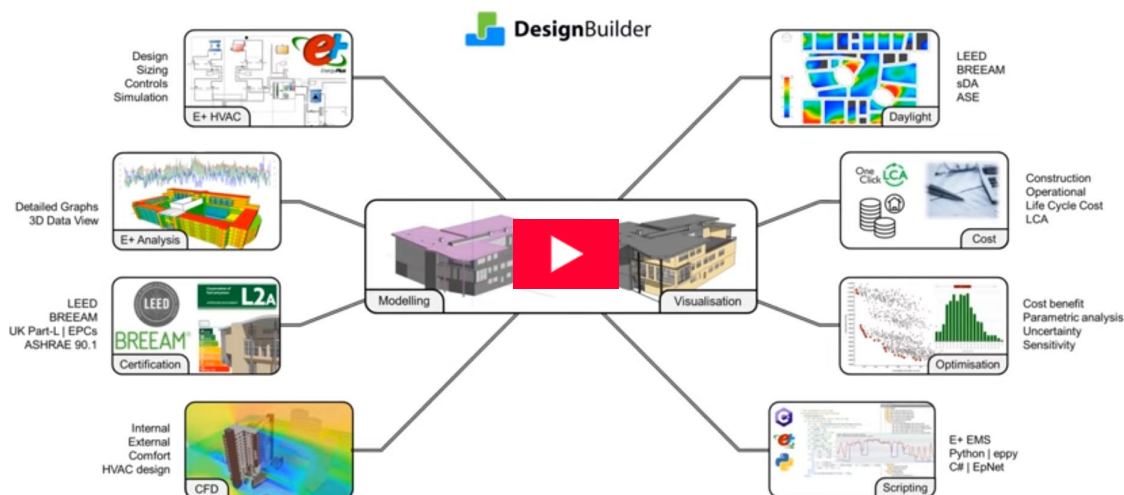
- [3-D Modeller](#) - Kjernekomponenten, vår effektive 3-D bygningsmodellering.
- [Visualisering](#) – Visualisering: Fantastiske renderte bilder og skyggeleggingsanalyse av byggeplassen.
- [Sertifisering](#) – EPC- og Part-L2-beregninger i Storbritannia og Irland.
- [Simulering](#) – EnergyPlus-simuleringer for energi- og komfortanalyser.
- [Dagslys](#) – Rapporterer dagslysfaktorer og belysningsstyrke ved hjelp av Radiance.
- [HVAC](#) – Et kraftig og fleksibelt grensesnitt til EnergyPlus HVAC.
- [Kostnad](#) – Tidlig estimering av byggekostnader.
- [LEED](#) – LEED EAp2- og ASHRAE 90.1-beregninger.
- [Optimalisering](#) – Optimalisering basert på flere kriterier for å oppnå designmålene.
- [Skripting](#) – Tilpass EnergyPlus-simuleringer ved hjelp av EMS eller FMU.
- [CFD](#) – Computational Fluid Dynamics beregner fordelingen av luftens egenskaper i og rundt bygninger.

DesignBuilder lar deg

- Generere et bredt spekter av resultater og rapporter som hjelper deg å sammenligne ytelsen til ulike designalternativer.
- Optimalisere bygningen i alle designfaser basert på kundens mål.
- Modellere selv komplekse bygninger med minimalt tids- og arbeidsforbruk.
- Importere eksisterende BIM- og CAD-design data for å komme raskt i gang med dataregistrering.
- Generere imponerende renderte bilder og filmer.
- Forenkle EnergyPlus-termisk simulering.

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

Video:

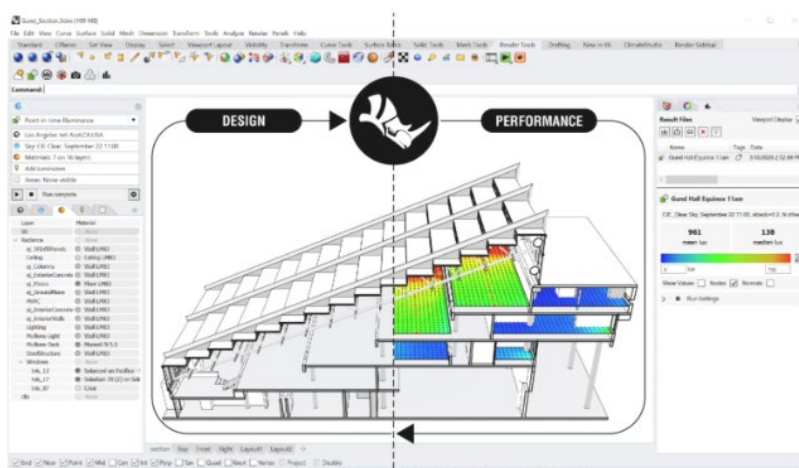


https://youtu.be/64dRTd_4NLQ

5.5.3 ClimateStudio



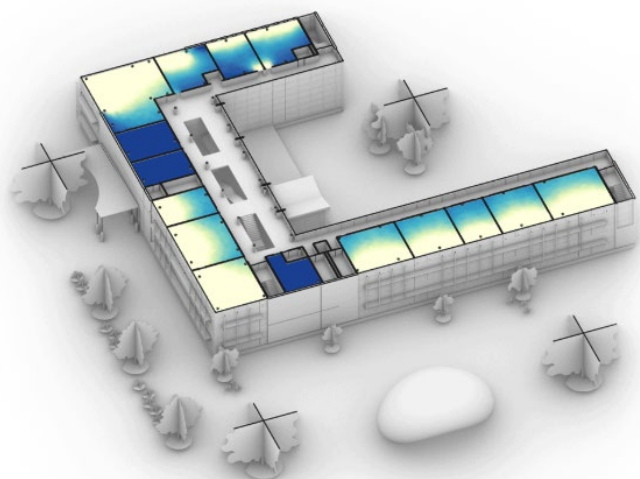
<https://www.solemma.com/climatestudio>



ClimateStudio er den raskeste og mest nøyaktige programvaren for analyse av miljøytelse for arkitektur-, ingeniør- og byggesektoren (AEC). Simuleringsarbeidsflyten hjelper designere og konsulenter med å optimalisere bygninger med tanke på

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

energieffektivitet, tilgang til dagslys, elektrisk belysning, visuell og termisk komfort og andre tiltak for beboernes helse. ClimateStudio er et plugin for Rhinoceros 3D og krever den nyeste serviceutgaven av versjon 6, 7 eller 8.



View Factor Sky

Funksjoner i ClimateStudio:

RASK OG NØYAKTIG

ClimateStudio er basert på EnergyPlus og en ny RADIANCE-basert banesporingsteknologi, og er den raskeste og mest nøyaktige simuleringsprogramvaren på markedet. Ja, raskere enn skybaserte verktøy. Og ja, mer nøyaktig enn DIVA-for-Rhino. Endelig pålitelige resultater med 1000 ganger høyere hastighet.

ENKEL

Veivisere med ett klikk og intuitive resultater gjør ClimateStudio enkelt å bruke og forstå. Tilpassede innstillinger gir samtidig eksperter full kontroll.

UTVIKLET FOR DEN VIRKELIGE VERDEN

ClimateStudio leveres med tusenvis av materialer, konstruksjoner og maler hentet fra virkelige målinger og validerte kilder. Uansett om du bruker DOE-referanseverdier, ASHRAE-standarder eller glassprodukter fra IGDB, er ClimateStudio-prosjekter alltid forankret i virkeligheten.

KLIMAANALYSE

ClimateStudio inkluderer et søkbart bibliotek med over 30 000 værfiler og tilbyr interaktive visualiseringer av temperatur, fuktighet, vind, stråling og UTCI-forhold på stedet.

SOLBANER OG SKYGGESTUDIER

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

Visualiser solvinkler og skygger for å fremheve muligheter for passiv design og påvirkning på stedet.

LEED-OVERHOLDELSE AV DAGLYS

ClimateStudio beregner sDA på riktig måte ved hjelp av dynamisk skyggelegging og de nyeste LM-83-standardene. Med banebrytende hastigheter og automatisert rapportering kan du gå fra null til samsvar med et enkelt klikk.

ÅRLIG BLENDE

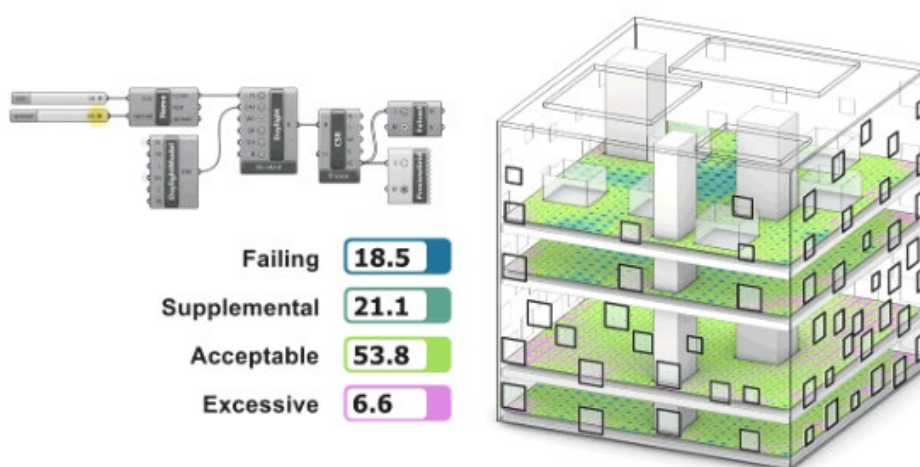
Vurder blinding fra hundrevis av synsvinkler, for hver time i året, alt på få sekunder.

ENERGIMODELLERING FOR FLERE SONER

Med et fullverdig brukergrensesnitt, automatisk deteksjon av tilstøtende rom og interaktive resultater gjør ClimateStudio energimodellering for flere soner til en lek.

PARAMETRISKE VERKTØY

ClimateStudio har fullt parametrisk dagslys- og energimodellering via Grasshopper. Optimalisering, følsomhetsanalyse og automatisk modellgenerering har aldri vært enklere.

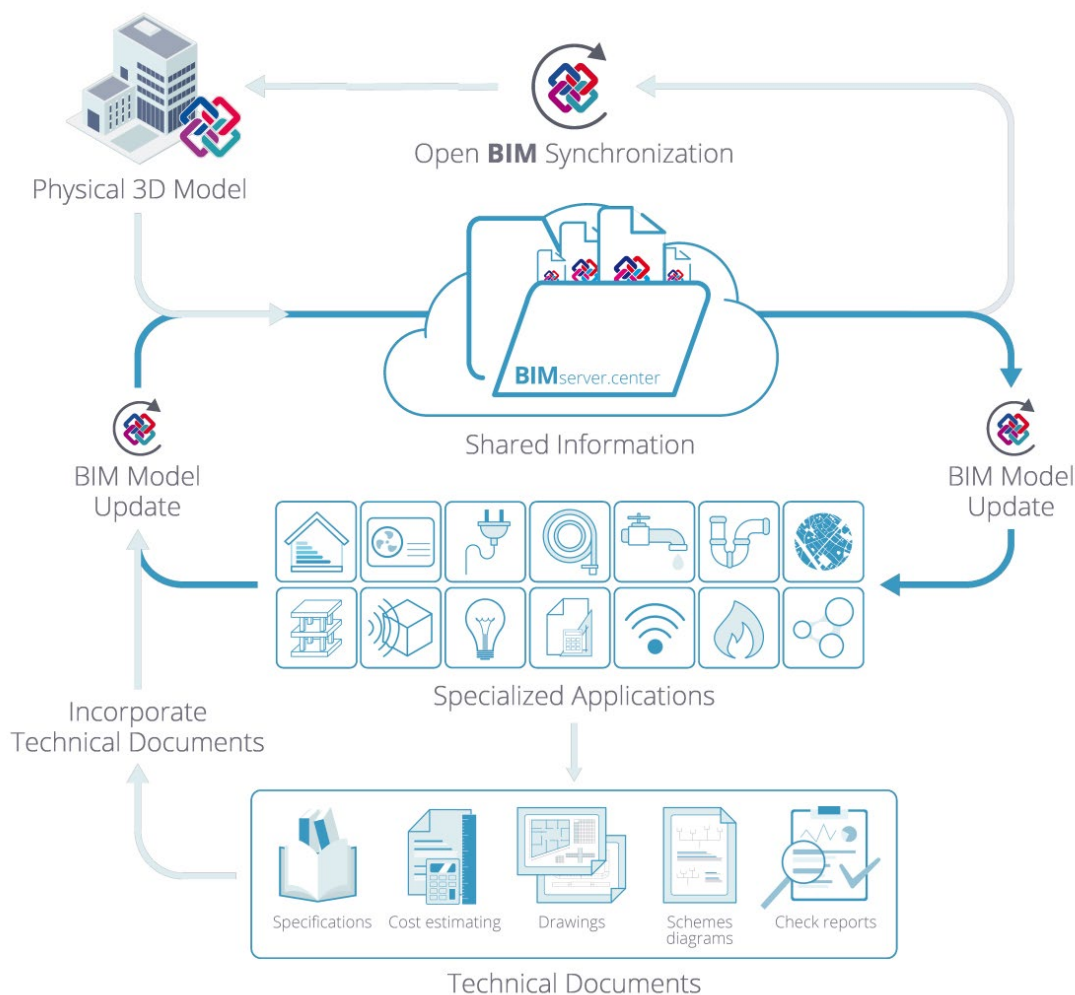


FORNYBAR ENERGI

Simuler ytelsen til solcelleanlegg for å kompensere for energibehov eller demonstrere muligheten for netto nullutslipp. Inkluder batterilagring og variable strømpriser i analysen.

5.5.4 Cype-pakke – CypeTherm E+

OpenBIM-arbeidsflyt med Cype



Ved hjelp av BIMserver.center er det direkte kommunikasjon mellom alle brukere og applikasjoner som deltar i et prosjekt som er utviklet ved hjelp av Open BIM-arbeidsflyten.

Ved hjelp av en oppdateringstjeneste i skyen, med BIMserver.center, er det mulig å administrere og dele alle filene i et BIM-prosjekt, noe som gir mulighet for god organisering og kommunikasjon mellom brukerne som har tilgang til prosjektet.

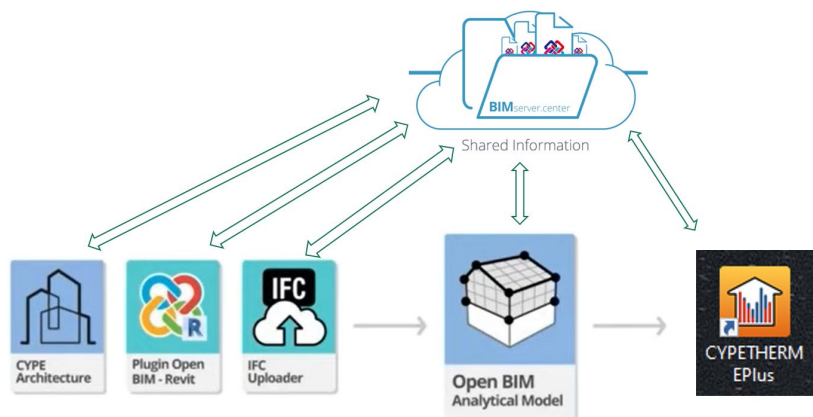
Videre kan de som er ansvarlige for prosjektene administrere tillatelser og tilgang for hvert prosjekt og for hver autorisert bruker, og til og med gi muligheten til å komme med bidrag eller forslag til alle BIMserver-brukere som er interessert i å delta i et prosjekt.

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

Arbeidsflyt for analyse av energiytelse med Cype

Det finnes flere mulige arbeidsflyter for å utføre analyser av bygningers energiprestasjoner med Cype-programmer. I denne veiledningen viser vi to av dem.

Energy analysis workflow



Arbeidsflyt 1

I arbeidsflyt 1 brukes en BIM-modellerer, som kan være Cype Architecture, Revit eller annen programvare som bygger en BIM-modell av bygningen i IFC4-format.

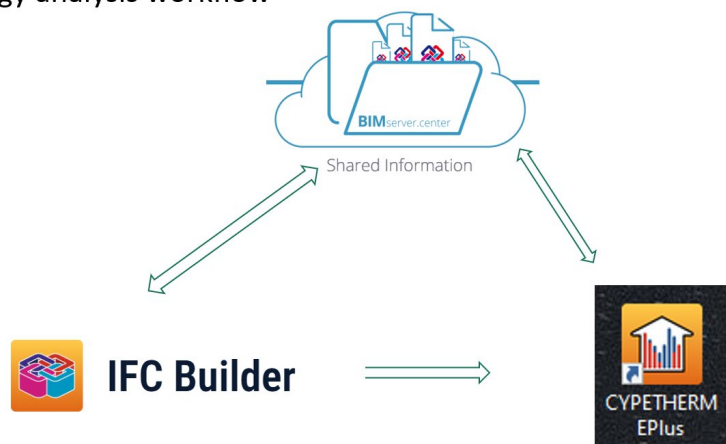
Når BIM-modellen er bygget i IFC-format, sendes denne modellen til BIMServerCenter, og derfra laster OpenBIM Analytical Model-programvaren den ned for å lage en analytisk modell av bygningen som inneholder informasjon om bygningens rom og volumer. OpenBIM Analytical Model sender deretter den analytiske modellen til BIMServerCenter.

Neste trinn er å bruke CypeTHERM Eplus, som ved hjelp av BIMServerCenter-modellene som er opprettet frem til dette punktet, fullfører karakteriseringen av energimodellen for bygningen (egenskaper ved termisk kappe, HVCA-systemer, klima, solstråling, termiske belastninger, komfortnivåer osv.

Hvis du velger arbeidsflyt 2, trenger du bare å bruke to programmer fra Cype-pakken. IFC Builder for å lage BIM-modellen av bygningen og CypeTHERM Eplus for å utføre energianalysen.

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

Energy analysis workflow



Arbeidsflyt 2

CypeTherm HE Plus



CYPETHERM EPlus

CYPETHERM EPlus - CYPE

CYPETHERM EPlus er et program laget for å utføre energimodellering og simulering av bygninger med **EnergyPlus™**.

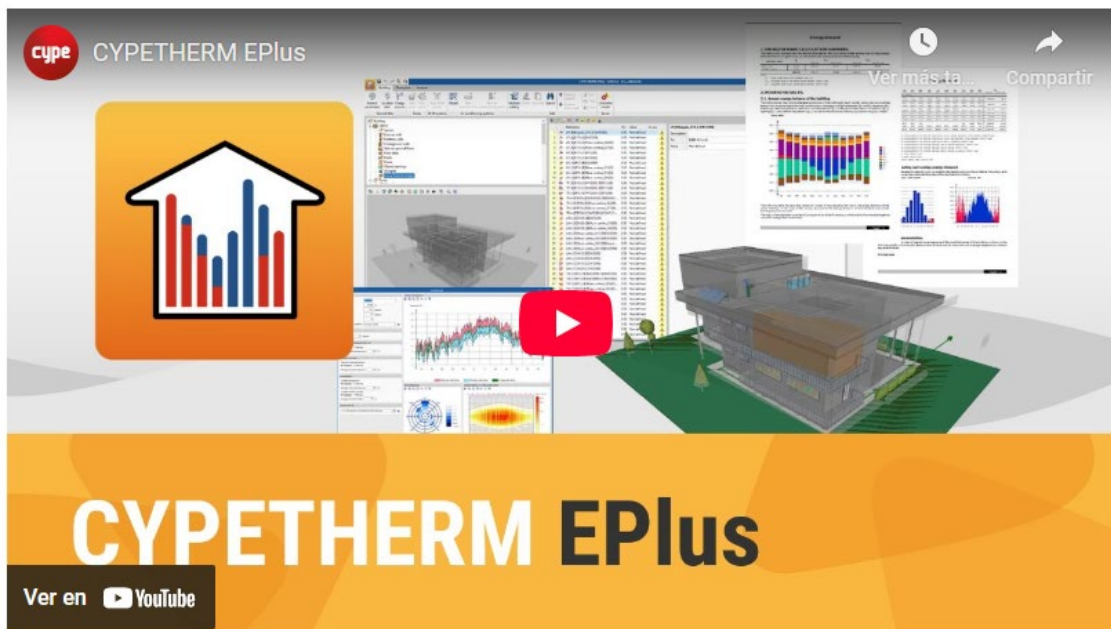
CYPETHERM EPlus er integrert i Open BIM-arbeidsflyten via IFC-standarden. Den inkluderer noen av følgende funksjoner:

- Import av bygningens geometriske modell fra IFC-filer generert av CAD/BIM-programmer som IFC Builder (gratis CYPE-applikasjon), Allplan®, Archicad® eller Revit®.
- Import av bygningens klimaanlegg definert med produsentens systemer fra IFC-filer, generert av programmene Open BIM DAIKIN, Open BIM FUJITSU og Open BIM VAILLANT.
- Simulering av de mest utbredte klimaanleggene i bygninger, inkludert produsentens forhåndsdefinerte utstyr.
- Integrering av internasjonale standarder og godkjente håndbøker for definisjon av bygningens termiske egenskaper.
- Kontroll av overflate- og mellomromskondens.
- Automatisk definering av bygningens kuldebroer fra kantene av BIM-modellen.
- Rapporter om resultatene av energisimuleringen av bygningen: energibehov, energiforbruk, inneklima.

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

- Eksport av analyseresultater til CYPETHERM Improvements Plus for energianalyser og økonomiske analyser av ulike byggeforslag.

Video



<https://youtu.be/YCWqrHs5txQ>

Referanser

- [1] Alkhatib F, Kasim N, Goh W I, Shafiq N, Amran M, Kotov E V og Albaom M A 2022 Beregningsbasert aerodynamisk optimalisering av vindfølsomme, uregelmessige høye bygninger *Buildings* **12** 939
- [2] Acquaye A A og Duffy A P 2010 Input–output-analyse av klimagassutslipp fra den irske byggesektoren *Building and Environment* **45** 784-91
- [3] Ham Y 2015 Visjonsbasert energidiagnostikk og ettermonteringsanalyse av bygninger ved hjelp av 3D-termografi og bygningsinformasjonsmodellering. University of Illinois at Urbana-Champaign)
- [4] Sagheb A, Vafaeihosseini E og Ramancharla P K 2011 Bygningsmaterialers rolle i global oppvarming: lærdom for arkitekter. I: *Nasjonal konferanse om nyere trender innen sivil maskinteknikk. Tilgjengelig på: www. researchgate. net% 2Fprofile% 2FPradeep_Ramancharla%2Fpublication% 9031946_The_Role_of_Building_Construction_Materials_on_Global_Warming_Lessons_for_Architect,*

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

- [5] De Lasso J, França J, Espírito Santo K og Haddad A 2016 Case study: LCA methodology applied to materials management in a Brazilian residential construction site *Journal of Engineering* **2016**
- [6] Jin R, Zhong B, Ma L, Hashemi A og Ding L 2019 Integrering av BIM med bygningens ytelsesanalyse i prosjektets livssyklus *Automation in Construction* **106** 102861
- [7] Hamzah M, Jamshidi A, Shahadan Z, Hasan M M og Yahaya A 2010 Evaluering av tekniske egenskaper og økonomiske fordeler ved WMA ved bruk av lokale materialer *Journal of Applied Sciences(Faisalabad)* **10** 2433-9
- [8] Initiative C 2009 Bygninger og klimaendringer
- [9] Motawa I og Carter K 2013 Bærekraftig BIM-basert evaluering av bygninger *Procedia-Social and Behavioral Sciences* **74** 419-28
- [10] Rahmani Asl M, Zarrinmehr S og Yan W 2013 Mot BIM-basert parametrisk optimalisering av bygningers energiprestasjon
- [11] Azhar S, Brown J og Sattineni A 2010 En casestudie av bygningseffektivitetsanalyser ved bruk av bygningsinformasjonsmodellering. I: *Proceedings of the 27th international symposium on automation and robotics in construction (ISARC-27), Bratislava, Slovakia*, s. 25-7
- [12] Zaid S og Graham P 2012 Behovet for lovgivning om energieffektivitet i den malaysiske byggesektoren. En sammenlignende studie av politikk i Sørøst-Asia
- [13] Tantawy D A 2015 Bruk av bygningsinformasjonsmodellering for simulering og analyse av miljøvennlige interiører *Int J Contemp Appl Sci* **2** 262-79p
- [14] Shoubi M V, Shoubi M V, Bagchi A og Barough A S 2015 Reduksjon av driftsenergi behovet i bygninger ved hjelp av verktøy for bygningsinformasjonsmodellering og bærekraftige tilnærminger *Ain Shams Engineering Journal* **6** 41-55
- [15] Carvalho J P, Bragança L og Mateus R 2021 Bærekraftig bygningsdesign: Analyse av gjennomførbarheten av BIM-plattformer for å støtte praktisk vurdering av bygningsbærekraft *Computers in Industry* **127** 103400
- [16] Zhu H 2014 Praksis for grønn design av bygningers energieffektivitet basert på BIM *Comput Model New Tech* **18** 678-81
- [17] Ryu H-S og Park K-S 2016 En studie av LEED-energisimulering ved bruk av BIM *Sustainability* **8** 138
- [18] Alkhatib F, Alawag AM, Daris A 2021 Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) og bygningers energiytelse – en gjennomgang. *Journal of Applied Artificial Intelligence* **2** 22-31

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

- [19] NBIMS-US, National BIM Standard-United States® Version 3, National Institute of Building Sciences, Washington, DC, (2013) Tilgjengelig: http://mddb.apec.org/Documents/2013/SCSC/WKSP5/13_scsc_wksp5_007.pdf , Tilgangsdato: 15. januar 2017.
- [20] E. Krygiel, B. Nies, Green BIM: Successful Sustainable Design With Building Information Modeling, Wiley, Indianapolis, Indiana, 2008 (ISBN-10: 9780470239605).
- [21] D.K. Smith, M. Tardif, Building Information Modeling - A Strategic Implementation Guide, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2008 (ISBN-10: 9780470250037).
- [22] R. Kreider, J. Messner, C. Dubler, Determining the frequency and impact of applying BIM for different purposes on projects, Proceeding 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction (AEC), Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, 2010 Tilgjengelig: http://bim.psu.edu/uses/Freq-Benefit/BIM_Use-2010_Innovation_in_AEC-Kreider_Messner_Dubler.pdf , Tilgangsdato: 15. januar 2017.
- [23] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, BIM Handbook, A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, John Wiley & Sons, New Jersey, 978-0-470-54137-1, 2011.
- [24] J.-H. Woo, C. Diggelman, B. Abushakra, BIM-based energy monitoring with XML parsing engine, Proceeding of the 28th ISARC, Seoul, Korea, 2011, s. 544–545. Tilgjengelig: http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23692.pdf , Tilgangsdato: 15. januar 2017.
- [25] N.W. Young Jr., S.A. Jones, H.M. Bernstein, J.E. Gudge, The business value of BIM, McGraw Hill, New York, (2009) Tilgjengelig: http://images.autodesk.com/adsk/files/final_2009_bim_smartmarket_report.pdf , Dato for tilgang: 15. januar 2017.
- [26] I.J. Ramaji, J.I. Messner, R.M. Leicht, Leveraging building information models in IFC to perform energy analysis in OpenStudio, ASHRAE og IBPSA-USA SimBuild 2016, Salt Lake City, 2016 Tilgjengelig: <http://ibpsa-usa.org/index.php/ibpsa/article/view/365/351> , Tilgangsdato: 15. januar 2017.
- [27] H.-Y. Chong, C.-Y. Lee, X. Wang, En blandet gjennomgang av innføringen av bygningsinformasjonsmodellering (BIM) for bærekraft, J. Clean. Prod. 142 (2017) 4114–4126, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.222>.
- [28] L. Mohamed Khodeir, A. Ali Nessim, BIM2BEM integrert tilnærming: undersøkelse av status for innføring av bygningsinformasjonsmodellering og bygningsenergimodeller i egyptiske arkitektfirmaer, Ain Shams Eng. J. (2017), <https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.01.004> I trykk.

Bruk av BIM til analyse av bygningers energieffektivitet

- [29] C.-Y. Lee, H.-Y. Chong, X. Wang, Effektivisering av digital modellering og bruk av bygningsinformasjonsmodellering (BIM) i olje- og gassprosjekter, *Arch. Comput. Meth. Eng.* (2016) 1–48. Tilgjengelig: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11831-016-9201-4>, Tilgangsdato: 15. januar 2017.
- [30] Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., & Ahmad, I. (2011). Bygningsinformasjonsmodellering for bærekraftig design og LEED®-klassifiseringsanalyse. *Automation in Construction*, 20(2), 217-224.
- [31] Wong, J. K. W., & Fan, Q. (2013). Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) for bærekraftig bygningsdesign. *Fasiliteter*, 31(3/4), 138-157.
- [32] Kamel E, Memari A. M. 2019 Gjennomgang av BIMs anvendelse i energisimulering: Verktøy, problemer og løsninger, *Automatisering i bygg og anlegg* **95**. 164-180

6 - Leveranser

For å evaluere suksessen av anvendelsen, foreslår vi at det gjennomføres en spørreundersøkelse blant studentene.

7- Hva vi har lært

BIMs rolle i å forbedre energieffektiviteten i bygninger.

BIMs rolle i bærekraftig design av bygninger

Fordelene med den sjette BIM-dimensjonen.

Den nyeste teknologien innen BIM-applikasjoner for bygningsenergimodeller (BEM)

Eksempler på programvare som bruker BIM til å analysere energieffektiviteten i bygninger