

Erasmus+ prosjekt-ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

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

Metodikk for casestudiene

1. Innledning

Et av målene med WP2 i BIM4Energy-prosjektet er å utvikle en studie for å evaluere energiprestasjonen til tre eksisterende og representative bygninger i kommunene til prosjektpartnerne ved hjelp av BIM-metodikken, og foreslå flere alternativer for energirenovering av disse bygningene for å forbedre deres energieffektivitet. Dette spesifikke målet vil bidra til å tilfredsstille ulike identifiserte behov, da det første trinnet er å evaluere energiprestasjonen til tre vanlige bygninger i Spania, Romania og Litauen, slik at resultatene kan ekstrapoleres til andre konstruksjoner.

Dette dokumentet forklarer hvordan BIM-metodikken skal brukes til å evaluere energieffektiviteten til de tre bygningene som skal studeres.

Casestudie nr. 1 består av å analysere energibehovet og -forbruket, samt foreslå alternativer som forbedrer effektiviteten, for en enebolig av typen rekkehus, beliggende i kommunen Ceutí i Spania.



Figur 1: Rekkehus i Spania

Case study nummer 2 vil undersøke energiprestasjonen til en femetasjes boligbygning i Vilnius, Litauen.



Figur 2: Femetasjes boligbygg i Litauen

Case study nummer 3 vil undersøke energiprestasjonen til en utdanningsbygning i Romania.



Figur 3: Utdanningsbygning i Romania.

2. Metodikk

Metodikken som skal brukes i casestudiene består i hovedsak av følgende fremgangsmåte:

1. Innsamling av informasjon om bygningene som skal studeres. Denne informasjonen består av:
 - a) Bygningens beliggenhet.
 - b) Bygningens orientering.
 - c) Klimadata fra byggeplassen.
 - d) Planer over bygningens geometri.
 - e) Materialer og tykkelse i de ulike lagene i konstruksjonselementene i bygningens termiske skall (fasader, skillevegger, tak, åpninger).
 - f) Materialer i vegger i kontakt med bakken og gulv i kontakt med bakken i kjelleren.
 - g) Materialer og tykkelse i innvendige skillevegger og mellomgulv.
 - h) Kjennetegn ved tjenestene: Oppvarming, ventilasjon og klimaanlegg.
2. Bygg en 3D BIM-geometrisk modell av bygningen som skal studeres, ved å bruke bygningens planer som referanse (med BIM-modelleringsprogrammet Cype Architecture).
3. Last opp modellen i IFC-format til en server eller et felles datamiljø (CDE).
4. Last ned BIM IFC-modellen og hent de geometriske parametrene til BIM-modellen for energimodellen til bygningen ved hjelp av OpenBIM Analytical Model. Deretter lastes den analytiske modellen av bygningen opp til CDE.
5. Karakterisering av bygningens energimodell ved hjelp av CypeTherm EPlus:
 - a) Ved hjelp av CypeTherm EPlus lastet vi ned BIM-modellen og den analytiske modellen fra CDE for å bruke dem til å lage energimodellen.
 - b) Angi bygningens plassering i modellen.
 - c) Innføring av energi generert for eget forbruk, hvis aktuelt.
 - d) Definisjon av bebodde og ubebodde områder i bygningen
 - e) Definisjon av de forskjellige rommene i bygningen.
 - f) Innføring av modellen for materialer, tykkelser og ledningsevner og andre egenskaper for bygningsskallet, skillevegger, plater, åpninger og andre konstruksjonselementer i bygningen.

- g) Innføring i modellen av bygningens varmebroer. Disse verdiene kan hentes fra kataloger over analyserte varmebroer.
 - h) Kjennetegn ved varme-, ventilasjons- og klimaanlegg
 - i) Legge inn egenskapene til varmtvannssystemet i modellen.
6. Utføre termisk analyse ved hjelp av EnergyPlus som beregningsmotor.
 7. Innhenting av resultatrapporter:
 - a) Rapport om energibehov
 - b) Rapport om energiforbruk og CO2-ekvivalente utslipp.
 - c) Innhenting av bygningens energiklasse.

Fremgangsmåten beskrevet ovenfor vil først bli brukt til å undersøke bygningene i deres nåværende tilstand. Deretter går vi tilbake til trinn 5 for å endre materialene i den termiske klimaskjermen og HVAC-systemene for å kvantifisere forbedringen i energiprestasjonen til de undersøkte bygningene.

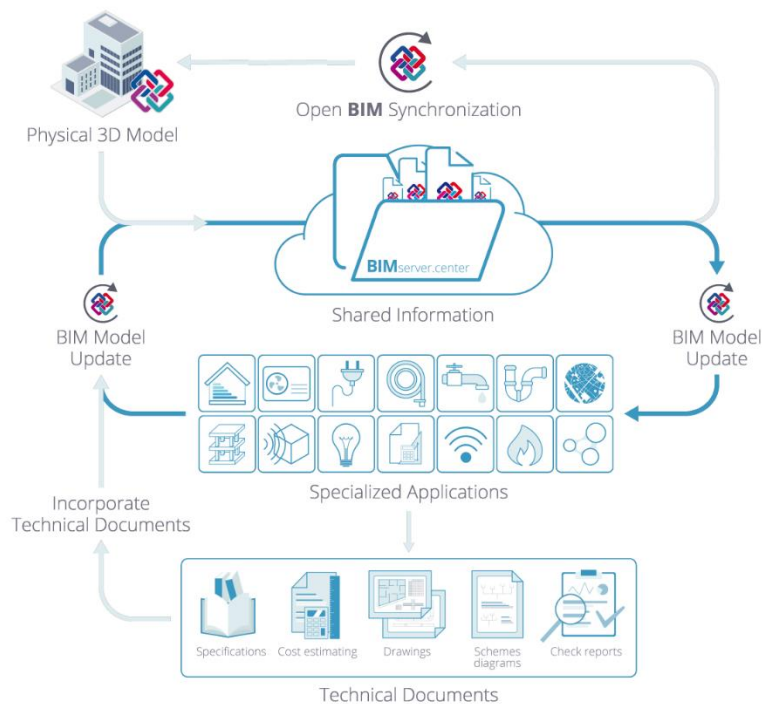
Flere alternativer vil bli undersøkt for å forbedre bygningenes termiske skall. Flere alternativer for å forbedre HVAC-systemet vil også bli vurdert.

Hvert forbedringstiltak som foreslås for bygningen, vil bli ledsaget av de økonomiske kostnadene ved gjennomføringen.

Det vil også bli utført en sammenlignende analyse av alternativene som foreslås for å forbedre bygningens energieffektivitet i hvert enkelt tilfelle.

3. Arbeidsflyt med Open BIM-programvaren

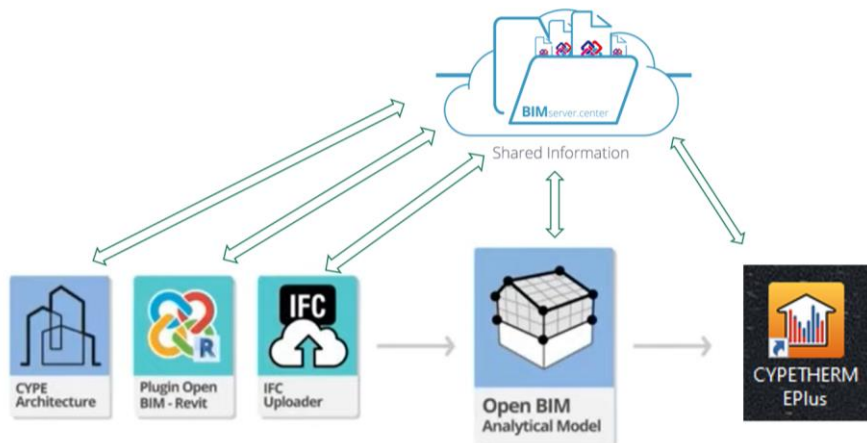
Begrepet Open BIM refererer til arbeid med åpne BIM-standarder. Det vil si arbeid med modeller i IFC-format.



Figur 4: Open BIM-arbeidsflyt i Cypes pakke for prosjektering av en bygning.

Cype-programvaren har utviklet en serie BIM-verktøy for prosjektering av bygningskonstruksjoner, arkitektur og fasiliteter gjennom IFC-modeller.

Cype har et felles datamiljø (CDE) kalt BIMServer.center, hvor du kan dele IFC-modellene for samme byggeprosjekt. Cype-programvaren for design av hver bygningsdisiplin er koblet til byggeprosjektet i BIMServer.Center, slik at brukerne kan dele arbeidet som er utført gjennom IFC-modeller. På denne måten kan aktørene (utviklere, bygningsingeniører, anleggsingeniører og arkitekter) som arbeider med samme prosjekt, i forskjellige disipliner, se fremdriften i arbeidet som utføres av de øvrige deltakerne.



Figur 5: Åpen BIM-energisimulering.

Arbeidsflyten for å utføre energisimulering av en bygning ved hjelp av Cypes Open BIM-programmer består av å bruke minst tre forskjellige programmer sekvensielt (fig. 5):

- Det første er *Cype Architecture*, som brukes til å bygge BIM-arkitekturmodellen
- Det andre er *Open BIM Analytical Model*, som beregner de geometriske parametrene til de ulike bygningsrommene som skal studeres.
- Og det tredje er *CypeTherm EPlus*, som utfører energisimuleringen.

For å karakterisere konstruksjonselementene og materialenes termiske egenskaper kan du bruke programmet *Open BIM Construction System* eller utføre dette arbeidet i *CypeTherm EPlus* før energisimuleringen.

For å lage BIM-modellen av bygningen i IFC-format finnes det to alternativer til Cype Arquitecture. Du kan bruke Revit og Open BIM-plugin for å lage IFC-filen og sende den til BIMServer.Center. Eller du kan lage BIM-modellen i IFC-format med et hvilket som helst annet program og laste den opp til BIMServer.Center ved hjelp av IFC Uploader.

Følgende artikkel fra BIMServer.Center-bloggen gir en detaljert forklaring av denne arbeidsflyten.

[ÅPEN BIM I ENERGISIMULERINGER: CYPE ARCHITECTURE – CYPETHERM-ARBEIDSFlyt](#)

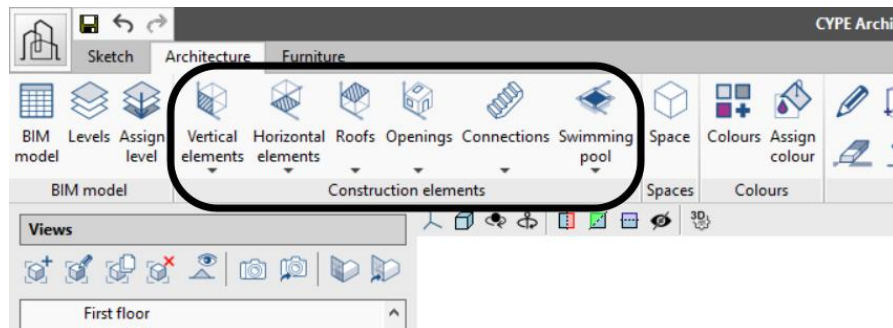
4. Cype Architecture

Arkitektonisk utvikling vil bli utført i CYPE Architecture, som er et gratis og komplett program for å lage BIM-modeller. En bemerkelsesverdig funksjon i CYPE Architecture er muligheten til å designe bygningen gjennom en digital skisse. Denne skissen, innenfor selve programmet, blir omgjort til en BIM-modell og eksportert til IFC.

Hvis brukeren ønsker å eksportere informasjon fra arkitektonisk modell til analyseprogrammer, for eksempel de i CYPETHERM-familien, når man modellerer med CYPE Architecture, er det viktig å utføre følgende:

4.1. Innsette konstruksjonselementer

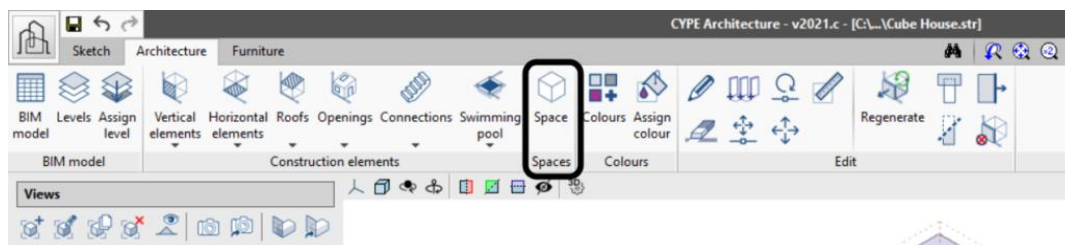
Modellen må inneholde konstruksjonselementer fra fanen «Arkitektur», for eksempel vegger, golvplater, dører og vinduer. Konstruksjonselementene kan opprettes ved hjelp av elementer i fanen «Skisse» eller settes inn fra bunnen av. Hvert konstruksjonselement har en tilknyttet referanse som vil bli brukt senere.



Figur 6: Innsetning av elementer. Skjerm bilde fra Cype Architecture

4.2. Definere rom

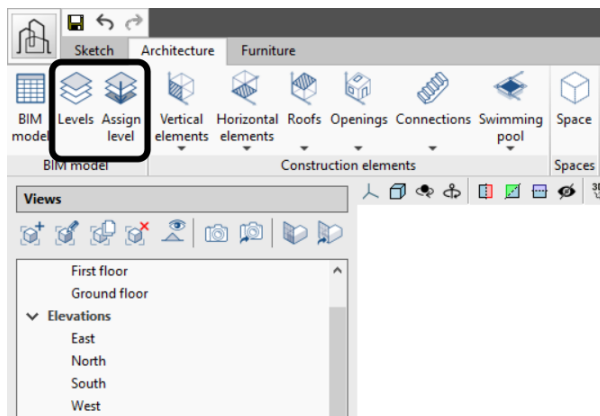
For å kunne utføre energisimuleringer må BIM-modellen inneholde definerte rom. For å definere dem bruker du alternativet «Rom» i fanen «Arkitektur». Omkretsen av rommene må sammenfalle med den indre siden av veggen og den synlige siden av golvplatene som danner grensen. I tillegg, hvis det er et lukket rom eller inne i en bygning, er det viktig å merke det som «Innendørs» i «Egenskaper» for rommet i den nedre delen av definisjonspanelet, slik at analysemodellen genereres riktig.



Figur 7: Definere rom. Skjerm bilde av Cype Architecture

4.3. Opprette og tilordne nivåer

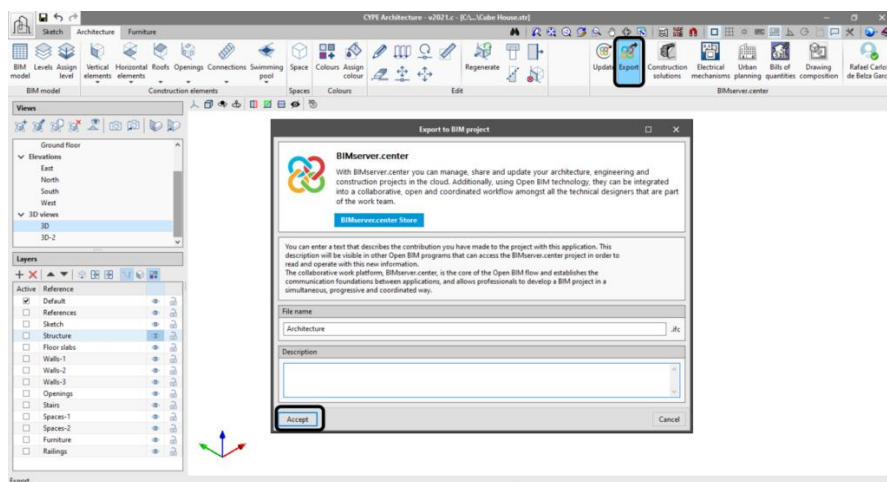
Alle konstruksjonselementer tilordnes et tidligere opprettet nivå. Nivåer kan opprettes ved hjelp av alternativet «Nivåer» i fanen «Arkitektur». Verktøyet «Tilordne nivå» i fanen Arkitektur lar brukeren tilordne flere typer elementer til et gitt nivå. Denne handlingen kan utføres i en fasade- eller snittvisning, eller etasje for etasje, for å gjøre det enklere å velge elementer som er tilordnet et gitt nivå.



Figur 8: Tilordne nivåer. Skjerm bilde av Cype Architecture

4.4. Eksportere til BIMserver.center

Etter at arkitektonisk modellering er fullført med CYPE Architecture, må modellen eksporteres til BIMserver.center for å integreres i Open BIM-arbeidsflyten. For å gjøre dette må jobben kobles til et nytt eller eksisterende prosjekt på plattformen. Eksporten genererer en IFC-fil med informasjon om den arkitektoniske modellen, som gjør at den kan leses av de øvrige applikasjonene som er integrert i denne arbeidsflyten.



Figur 9: Eksport til BIMserver.center. Skjerm bilde av Cype Architecture

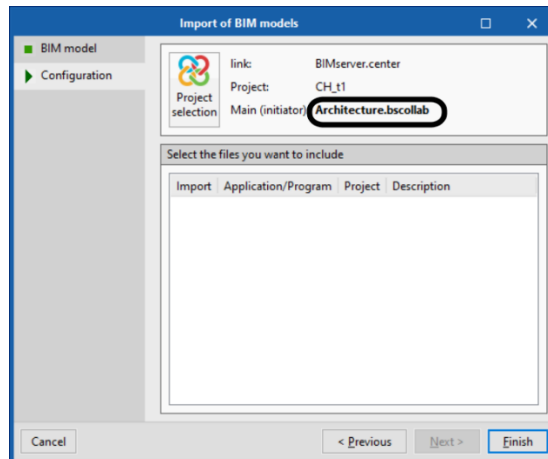
5. OpenBIM analytisk modell

Open BIM Analytical Model er et verktøy designet for å generere en analytisk modell ved hjelp av geometriske data fra arkitektoniske modeller opprettet i CYPE Architecture og andre programmer. Den analytiske modellen er nødvendig i akustiske og termiske analysesimuleringer, som for eksempel de som kan utføres i CYPETHERM-programfamilien.

For å oppnå dette målet er følgende oppgaver de viktigste:

5.1. Importere arkitektonisk modell utviklet i CYPE Architecture

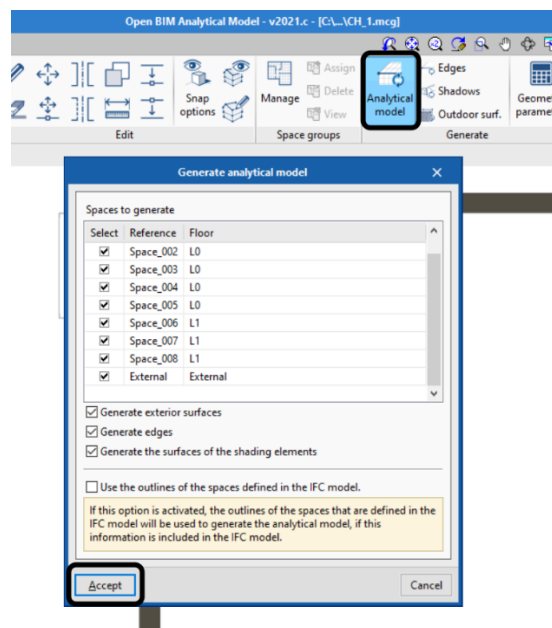
Når du oppretter en ny jobb i Open BIM Analytical Model og kobler den til det samme prosjektet på BIMserver.center der modellen tidligere ble eksportert, tar programmet automatisk CYPE Architecture-modellen som initiativtaker.



Figur 10: Importer Cype Architecture Model fra BIMserver.center. Skjerm bilde av OpenBIM Analytical Model.

5.2. Generere den analytiske modellen

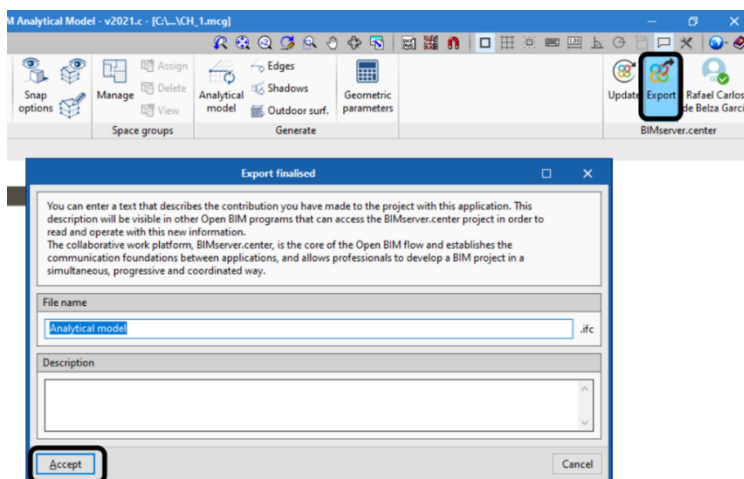
For å generere den analytiske modellen, trenger brukeren bare å bruke alternativet «Analytical model».



Figur 11: Generering av analytisk modell. Skjerm bilde av OpenBIM analytisk modell.

5.3. Eksportere modellen til BIMserver.center.

Etter at den analytiske modellen er generert, eksporteres jobben til prosjektet som er lagret på BIMserver.center. Denne prosessen genererer en ny IFC-fil som inneholder informasjonen om den analytiske modellen.



Figur 12: Eksport til BIMserver.center. Skjermbilde av OpenBIM Analytical Model.

6. CypeTherm EPlus

CYPETHERM EPlus er et program for modellering og simulering av bygninger med EnergyPlus™. Det er integrert i Open BIM-arbeidsflyten via IFC-standardene.

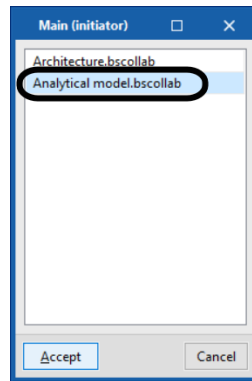
CYPETHERM EPlus har blant annet følgende funksjoner:

- Import av bygningens geometriske modell fra IFC-filer generert av CAD/BIM-programmer som IFC Builder (gratis CYPE-applikasjon), Cype Architecture (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 koder 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, innneklima.
- Eksport av analyseresultater til CYPETHERM Improvements Plus for energianalyser og økonomiske analyser av ulike byggeforslag.

For å fullføre bygningens energimodell og utføre termisk analyse og energisimulering, anbefales det å ta hensyn til følgende:

6.1. Importer den analytiske modellen som er generert i Open BIM Analytical Model

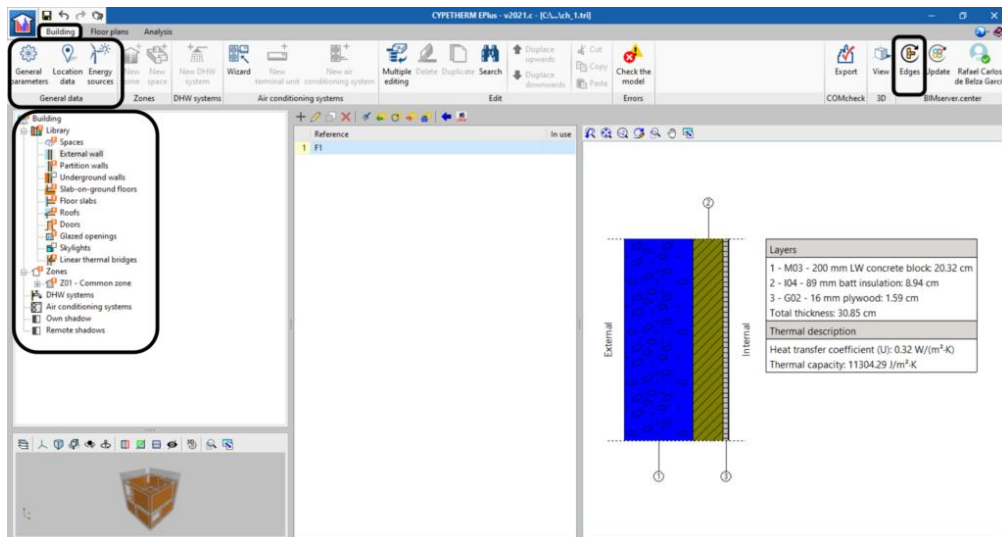
Filen som tilsvarer den analytiske modellen generert med Open BIM Analytical Model, bør brukes som startfil i programmet.



Figur 13: Importer analytisk modell. Skjerm bilde av CypeTerm EPlus.

6.2. Fullføre analysemodellen

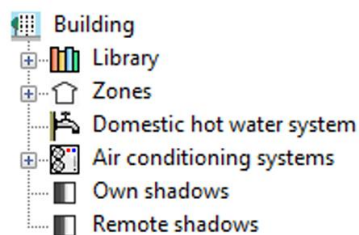
Når du åpner hovedgrensesnittet i CYPETHERM EPlus, fullføres analysemodellen i alternativene «Generelle data (generell informasjon, stedsdata og energikilder)», «Bibliotek», «Soner», «Systemer» og «Kanter» i fanen «Bygning».



Figur 14: CypeTherm EPlus-grensesnitt.

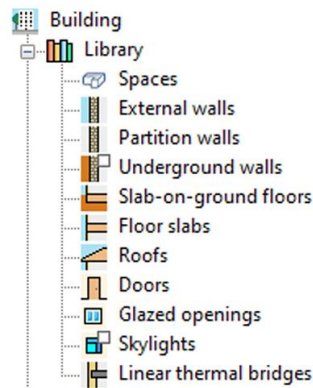
Fanen Bygning definerer de generelle parametrene, plasseringsdataene og bygningsmodellen.

Bygningsmodellen er organisert i et tre-diagram som består av følgende grener:



Figur 14: Komponenttreet for bygningsmodellen.

Bibliotek. De forskjellige romtypene og bygningselementene i oppgaven (yttervegger, skillevegger, glassåpninger, dører og lineære kuldebroer) legges inn i biblioteket.



Figur 15: Elementtyper i modellen.

Soner. I hver sone legges rommene inn ved å definere veggene (fasader, skillevegger, skillevegger og kjellervegger), plater (avrettingsplater, gulvplater, utkragninger og tak) og lineære kuldebroer. Terminalenheter for klimaanlegget/klimaanleggene som dekker rommene i sonen legges også inn.

VVS-systemer. Bygningssystemer for produksjon av varmt vann til husholdningsformål (DHW) defineres.

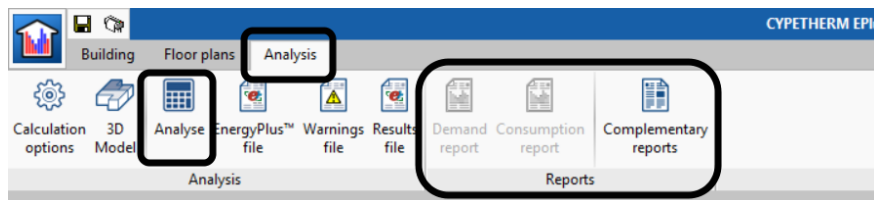
Klimaanlegg. Delsystemer for produksjon og distribusjon av oppvarmings- og/eller kjølesystemet/systemene i prosjektet defineres.

Egne skygger. Bygningsflater som ikke tilhører rommene, men som kan kaste skygger på fasader og tak, for eksempel balkongplater eller rekkverk, defineres.

Fjernskygger. Overflater på fjerne hindringer som kan kaste skygger på bygningen, defineres.

6.3. Analyse og innhenting av resultater

Etter å ha gjort de siste justeringene, kan brukerne i fanen «Analyse» i CYPETHERM EPlus starte analysen og få resultatene. Blant disse er rapportene om energibehov og forbruk fremhevet, samt en rekke tilleggsrapporter.



Figur 16: Fanen «Analyse» i CypeTherm EPlus.

Noen av beregningsresultatene som programmet tilbyr, inkluderer:

- **Rapport om energibehov**
Resultater av beregningen av energibehov, detaljert etter termisk sone.
- **Rapport om energiforbruk**

Resultater av energiforbruksberegningen, spesifisert etter termisk sone og energivektor.

CYPETHERM EPlus tilbyr også en rekke tilleggsfunksjoner som utvider resultatene som oppnås med programmet:

- **Kondens**
Gjør det mulig for brukere å kontrollere for tilstedeværelse av overflate- og interstitiell kondens i samsvar med ISO 13788, ved å integrere beregningen utført av CYPETHERM HYGRO-programmet i hvert byggesystem i bygningens termiske kappe.
- **Beskrivelse av materialer og konstruksjonselementer**
Rapport over de forskjellige konstruksjonselementene som finnes i prosjektet, sammen med materialer, mengder, overføringskoeffisienter osv.
- **Lineære kuldebroer**
Rapport om lineære kuldebroer i bygningen, med lengde og varmetransmisjonsverdier.
- **Intern komfort**
Gjør det mulig å sammenligne innetemperaturen i hver sone i bygningen gjennom hele året med utetemperaturen og med de fastsatte maksimale komforttemperaturene. I tillegg registreres antall timer med uoppfylt belastning i hver sone.

7. Referanser

CYPETHERM brukerhåndbok https://www.cype.net/documents_en/manuals/termint_09.pdf

CYPETHERM-nettsted: <https://info.cype.com/en/product/cypetherm-eplus/>

BIMserver.center-blogg: [OPEN BIM I ENERGISIMULERINGER: CYPE ARCHITECTURE – CYPETHERM-ARBEIDSFLY](#)