

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

Finansuojama Europos Komisijos lėšomis. Tačiau išreiškiamas požiūris ar nuomonė yra tik autoriaus (-ių) ir nebūtinai atspindi Europos Komisijos ir Erasmus+ Nacionalinės agentūros požiūrį ar nuomonę. Nei Europos Komisija, nei Erasmus+ Nacionalinės agentūros negali būti laikomos už juos atsakinga.

BIM4Energy atvejų analizės metodologija

1. Įvadas

Vienas iš BIM4Energy projekto WP2 tikslų – parengti tyrimą, kuriuo būtų įvertintas 3 esamų ir tipinių pastatų, esančių projekto partnerių šalyse, energijos vartojimo efektyvumas, naudojant BIM metodiką. Pasiūlyti keletą alternatyvų šių pastatų energetiniam atnaujinimui, siekiant pagerinti jų energijos vartojimo efektyvumą. Šis konkretus tikslas padės patenkinti įvairius nustatytus poreikius, nes pirmasis žingsnis yra įvertinti trijų tipinių pastatų Ispanijoje, Rumunijoje ir Lietuvoje energijos vartojimo efektyvumą, kad rezultatus būtų galima ekstrapoliuoti kitoms statyboms.

Šiame dokumente paaiškinama, kaip naudoti BIM metodiką trijų tiriamų pastatų energijos vartojimo efektyvumui įvertinti.

1-asis atvejo tyrimas apima vienos šeimos namo, esančio Ceutí savivaldybėje Ispanijoje, energijos poreikio ir suvartojimo analizę bei alternatyvų, kaip pagerinti jo efektyvumą, pasiūlymą.



1 pav.: Terasiniai namai Ispanijoje

2-oji atvejo studija – penkių aukštų gyvenamojo namo (bendrbutis), esančio Vilniuje, Lietuvoje, energijos vartojimo efektyvumo tyrimas.



2 pav.: 5 aukštų gyvenamasis namas Lietuvoje

3-ioje atvejo studijos analizėje bus tiriamas Rumunijos mokyklos pastato energijos vartojimo efektyvumas.



3 pav.: Mokyklos pastatas Rumunijoje.

2. Metodikos santrauka

Tyrimo atvejais taikoma metodika iš esmės susideda iš šių veiksmų:

1. Informacijos apie tiriamus pastatus rinkimas. Ši informacija apima:
 - a) Pastato vieta.
 - b) Pastato orientacija.
 - c) Klimato duomenys iš pastato vietos.
 - d) Pastato brėžinių planai.
 - e) Medžiagos ir jų storis skirtinguose statybos elementų sluoksniuose, pastato šiluminė apvaskalas (fasadai, pertvaros, stogas, angos).
 - f) Pastato rūsyje su žeme besiliečiančių sienų ir grindų medžiagos.
 - g) Vidaus pertvarų ir tarp sienų medžiagos ir jų storis.
 - h) Paslaugų charakteristikos: šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos.
2. Naudodamiesi pastato planais kaip atskaitos tašku, sukurkite tiriamo pastato 3D BIM geometrinį modelį (naudodami BIM modeliavimo programą Cype Architecture).
3. Įkelkite modelį IFC formatu į serverį arba bendrą duomenų aplinką (CDE).
4. Atsisiųskite BIM IFC modelį ir naudodami „OpenBIM Analytical Model“ gaukite BIM modelio geometrinius parametrus pastato energetiniam modeliui. Po to pastato analitinis modelis įkeliamas į CDE.
5. Pastato energetinio modelio charakteristika naudojant CypeTherm EPlus:
 - a) Naudodami CypeTherm EPlus, atsisiuntėme BIM modelį ir analitinį modelį iš CDE, kad galėtume juos naudoti energijos modeliui kurti.
 - b) Pastato vietos įvedimas į modelį.
 - c) Įvedame energijos suvartojimą savo reikmėms, jei toks yra.
 - d) Pastato apgyvendintų ir neapgyvendintų plotų apibrėžimas.
 - e) Pastato skirtingų patalpų apibrėžimas.
 - f) Įvedame medžiagų, storio, laidumo ir kitų pastato apvaskalo, pertvarų, plokščių, angų ir kitų konstrukcinių elementų savybių modelį.

- g) Įvedimas į modelį pastato šilumos tiltelių pralaidumo koeficientų. Šias vertes galima rasti analizuotų šilumos tiltelių kataloguose.
 - h) Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų charakteristikos.
 - i) Į modelį įvedamos buitinio karšto vandens sistemos charakteristikos.
6. Atliekama šiluminė analizė, naudojant EnergyPlus kaip skaičiavimo variklį.
 7. Rezultatų ataskaitų gavimas:
 - a) Energijos poreikio ataskaita.
 - b) Ataskaita apie suvartotą energiją ir išmestą CO2 ekvivalentą.
 - c) Pastato energijos klasės nustatymas.

Aprašyta procedūra bus taikoma pirmiausia esamai pastatų būklei ištirti. Tada grįšime prie 5 žingsnio, kad pakeistume šiluminės apvaskalo medžiagas ir šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas, siekdami kiekybiškai įvertinti tiriamų pastatų energijos vartojimo efektyvumo pagerėjimą.

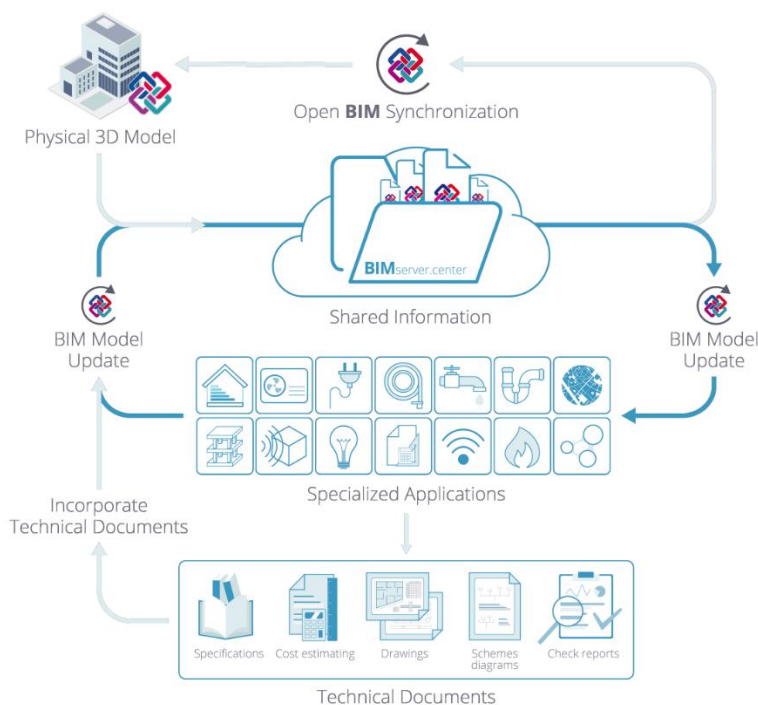
Bus išnagrinėtos kelios alternatyvos pastatų šiluminės apvaskalo gerinimui. Taip pat bus svarstomos kelios alternatyvos šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų gerinimui.

Kiekviena pastatui siūloma tobulinimo priemonė bus pateikta kartu su jos įgyvendinimo ekonominėmis sąnaudomis.

Taip pat bus atlikta kiekvieno tyrimo atvejo pastatų energijos vartojimo efektyvumo gerinimo alternatyvų lyginamoji analizė.

3. Darbo eiga naudojant „Open BIM“ programinę įrangą

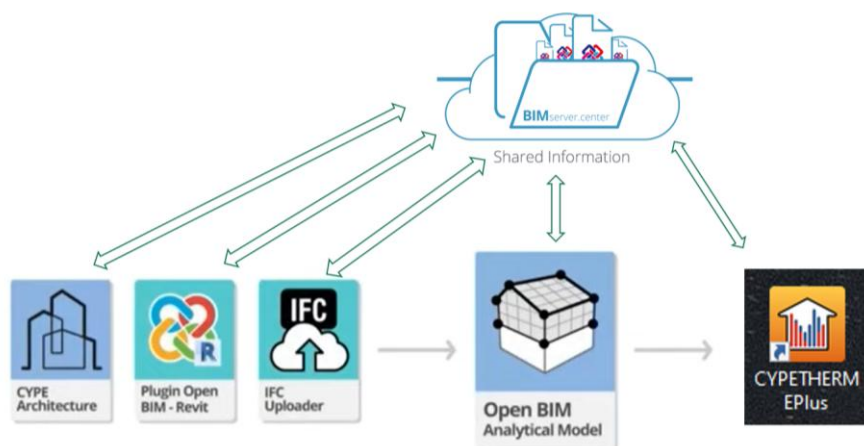
Terminas „Open BIM“ reiškia darbą su atvira BIM standartais. Tai yra darbas su IFC formato modeliais.



4 pav.: Cype paketo, skirto pastatų projektavimui, darbo eiga naudojant „Open BIM“.

Cype programinė įranga sukūrė BIM įrankių seriją pastatų konstrukcijų, architektūros ir įrenginių projektavimui naudojant IFC modelius.

Cype turi bendrą duomenų aplinką (CDE), vadinamą BIMServer.center, kurioje galima dalytis to paties statybos projekto IFC modeliais. Kiekvienos statybos srities Cype programinė įranga yra prijungta prie BIMServer.Center statybos projekto, kad vartotojai galėtų dalytis darbu, atliktu naudojant IFC modelius. Tokiu būdu to paties projekto skirtingose srityse dirbantys specialistai (vystytojai, statybos inžinieriai, įrenginių inžinieriai ir architektai) gali matyti kitų dalyvių atlikto darbo pažangą.



5 pav.: Atviro BIM energijos modeliavimo darbo eiga.

Darbo eiga, skirta pastato energijos modeliavimui naudojant Cype atvirą BIM programą, susideda iš mažiausiai 3 skirtingų programų naudojimo paeiliui (5 pav.):

- Pirmoji – *Cype Arquitecture*, skirta BIM architektūros modeliui kurti.
- Antroji – „*Open BIM Analytical Model*“, skirta apskaičiuoti tiriamų pastato erdvių geometrinius parametrus.
- Trečioji – *CypeTherm EPlus*, kuri atlieka energijos modeliavimą.

Norėdami apibūdinti statybos elementus ir medžiagų šilumines savybes, galite naudoti programą „*Open BIM Construction System*“ arba atlikti šį darbą programoje „*CypeTherm EPlus*“, prieš atliekant energijos modeliavimą.

Norint sukurti pastato BIM modelį IFC formatu, yra dvi alternatyvos „Cype Arquitecture“. Galite naudoti „Revit“ ir „Open BIM“ papildinį, kad sukurtumėte IFC ir pateiktumėte jį „BIMServer.Center“. Arba sukurkite BIM modelį IFC formatu bet kuria kita programa ir įkelkite jį į „BIMServer.Center“ naudodami „IFC Uploader“.

Šiame BIMServer.Center tinklaraščio straipsnyje pateikiamas išsamus šio darbo eigos aprašymas.

[ATVIRO BIM ENERGIJOS SIMULIACIJOJE: CYPE ARCHITECTURE – CYPETHERM DARBO EIGA](#)

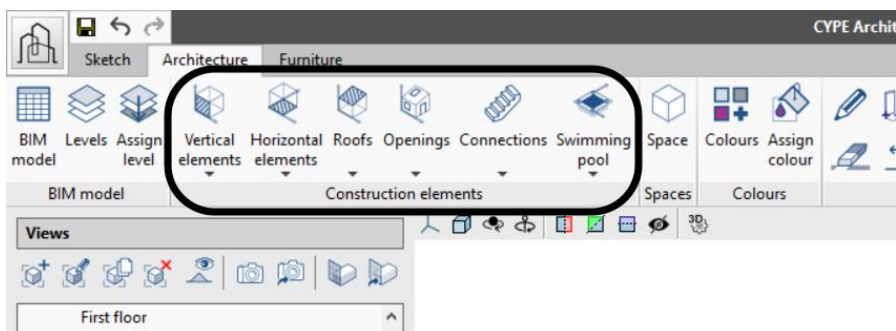
4. Cype Arquitecture

Architektūrinė plėtra bus vykdoma CYPE Architecture, nemokamoje ir išsamioje programoje, skirtoje BIM modeliams kurti. CYPE Architecture išskirtinė savybė – galimybė projektuoti pastatą naudojant skaitmeninį eskizą. Šis eskizas pačioje programoje yra transformuojamas į BIM modelį ir eksportuojamas į IFC.

Jei vartotojas nori eksportuoti informaciją iš architektūrinio modelio į analizės programas, pvz., CYPETHERM šeimos programas, modeliuojant su CYPE Architecture, būtina atlikti šiuos veiksmus:

4.1. Įterpti konstrukcinius elementus

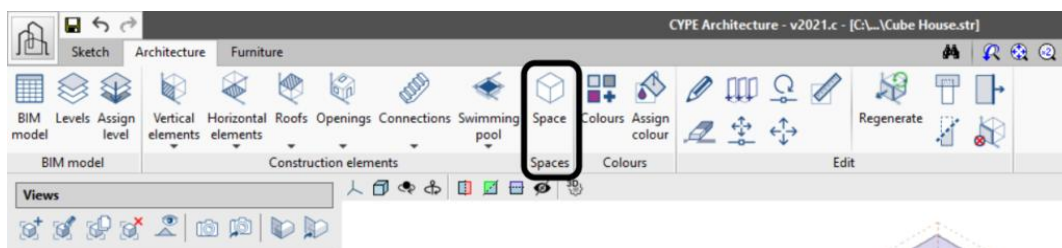
Modelyje turi būti konstrukcijos elementai iš skirtuko „Architektūra“, pvz., sienos, grindų plokštės, durys ir langai. Konstrukcijos elementai gali būti sukurti naudojant elementus iš skirtuko „Sketch“ arba įterpti iš naujo. Kiekvienam konstrukcijos elementui priskirta nuoroda, kuri bus naudojama vėliau.



6 pav.: Elementų įterpimas. Cype Architecture ekrano kopija

4.2. Erdvių apibrėžimas

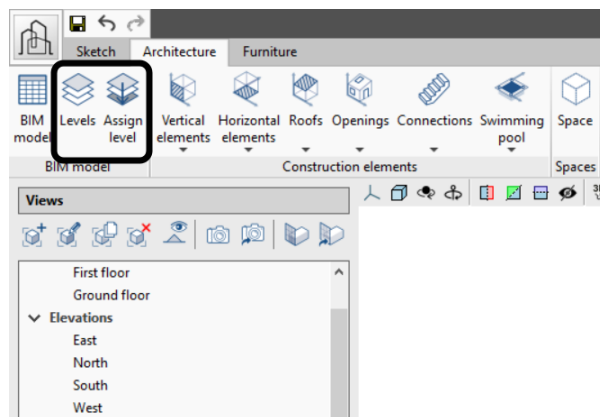
Norint atlikti energijos simuliacijas, BIM modelyje turi būti apibrėžtos erdvės. Norėdami jas apibrėžti, naudokite skirtuko „Architektūra“ parinktį „Spaces“. Erdvių perimetras turi sutapti su vidiniu sienos paviršiumi ir matomu grindų plokščių, sudarančių ribą, paviršiumi. Be to, jei tai uždara erdvė arba erdvė pastato viduje, erdvės apibrėžimo skydelio apatinėje dalyje esančiame „Savybės“ ("Properties") skyriuje svarbu pažymėti „Vidaus“ ("Indoor"), kad analitinis modelis būtų sukurtas teisingai.



7 pav.: Erdvių apibrėžimas. Cype Architecture ekrano kopija

4.3. Lygmenų kūrimas ir priskyrimas

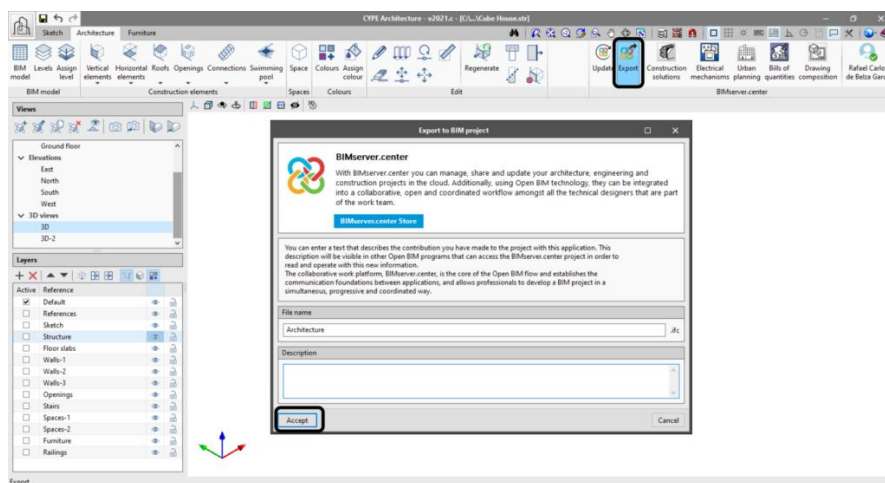
Visi statybos elementai priskiriami anksčiau sukurtam lygiui. Lygiai gali būti sukurti naudojant parinktį „Lygiai“ („Levels“) skirtuke „Architektūra“. Įrankis „Priskirti lygį“ („Assign level“) skirtuke „Architektūra“ leidžia vartotojui priskirti kelis elementų tipus tam tikram lygiui. Šią veiksmą galima atlikti fasado arba pjūvio vaizde arba aukštas po aukšto, kad būtų lengviau pasirinkti elementus, priskirtus tam tikram lygiui.



8 pav.: Lygių priskyrimas. Cype Architecture ekrano kopija

4.4. Eksportavimas į BIMserver.center

Baigus architektūrinį modeliavimą su CYPE Architecture, modelis turi būti eksportuotas į BIMserver.center, kad būtų integruotas į Open BIM darbo eigą. Norint tai padaryti, darbas turi būti susietas su nauju arba esamu projektu platformoje. Eksportuojant sukuriamas IFC failas su architektūrinio modelio informacija, kurią gali skaityti kitos į šią darbo eigą integruotos programos.



9 pav.: Eksportavimas į BIMserver.center. Cype Architecture ekrano kopija

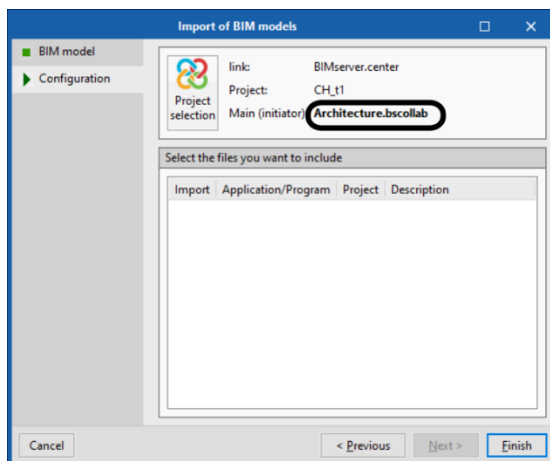
5. OpenBIM analitinis modelis

Open BIM analitinis modelis yra įrankis, skirtas analitiniam modeliui sukurti naudojant geometrinius duomenis iš CYPE Architecture ir kitose programose sukurtą architektūrinio modelio. Analitinis modelis yra būtinas akustinės ir šiluminės analizės simuliacijose, pvz., atliekamos CYPETHERM programų šeimos programose.

Siekiant šio tikslo, svarbiausios užduotys yra šios:

5.1. Importuoti CYPE Architecture sukurtą architektūrinio modelio duomenis

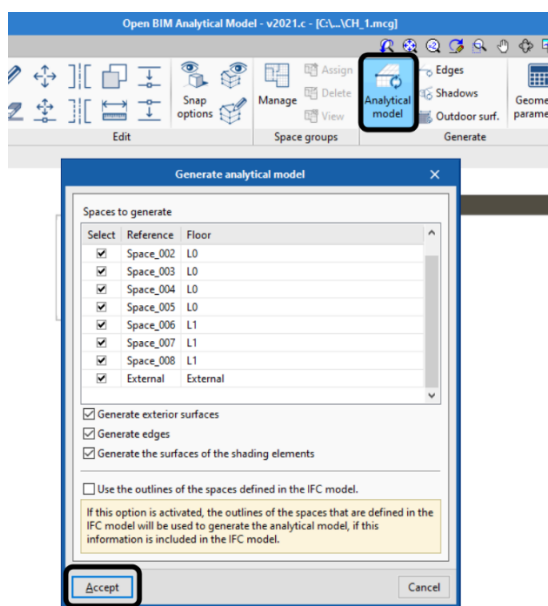
Sukūrus naują užduotį Open BIM analitiniame modelyje ir susiejus ją su tuo pačiu projektu BIMserver.center, iš kurio modelis buvo anksčiau eksportuotas, programa automatiškai paima CYPE Architecture modelį kaip iniciatorių.



10 pav.: Cype Architecture modelio importavimas iš BIMserver.center. OpenBIM Analitical Model ekrano kopija.

5.2. Analitinio modelio generavimas

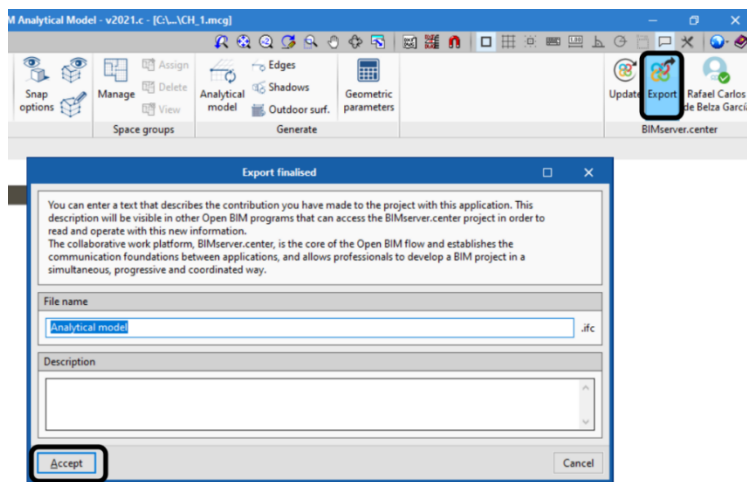
Norėdamas sukurti analitinį modelį, vartotojas turi tiesiog pasirinkti parinktį „Analitinis modelis“ („Analytical model“).



11 pav.: Analitinio modelio kūrimas. OpenBIM analitinio modelio ekrano kopija.

5.3. Modelio eksportavimas į BIMserver.center.

Sukūrus analitinį modelį, darbas eksportuojamas į BIMserver.center saugomą projektą. Šio proceso metu sukuriami antra IFC failas, kuriame yra analitinio modelio informacija.



12 pav.: Eksportavimas į BIMserver.center. OpenBIM analitinio modelio ekrano kopija.

6. CypeTherm EPlus

CYPETHERM EPlus yra programa, skirta pastatų modeliavimui ir simuliacijai naudojant EnergyPlus™. Ji integruota į Open BIM darbo eigą per IFC standartą.

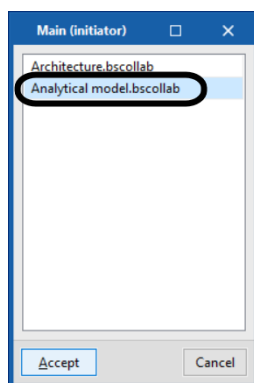
CYPETHERM EPlus turi kai kurias iš šių funkcijų:

- Pastato geometrinio modelio importavimas iš IFC failų, sukurtų CAD/BIM programomis, pvz., IFC Builder (nemokama CYPE programa), Cype Architecture (nemokama CYPE programa), Allplan®, Archicad® arba Revit®.
- Pastato oro kondicionavimo įrangos, apibrėžtos gamintojų sistemose, importavimas iš IFC failų, sukurtų Open BIM DAIKIN, Open BIM FUJITSU ir Open BIM VAILLANT programomis.
- Simuliuojamos labiausiai paplitusios pastatų oro kondicionavimo sistemos, įskaitant gamintojų iš anksto nustatytą įrangą.
- Tarptautinių kodeksų ir patvirtintų vadovų, skirtų pastato šiluminių charakteristikų apibrėžimui, integravimas.
- Paviršiaus ir tarpsluoksnių kondensato patikrinimas. Automatinis pastato šilumos tiltelių nustatymas pagal BIM modelio kraštus.
- Ataskaitos apie pastato energijos modeliavimo rezultatus: energijos poreikis, energijos suvartojimas, patalpų komfortas.
- Analizės rezultatų eksportavimas į CYPETHERM Improvements Plus skirtingų pastatų projektų energijos ir ekonominės analizės atlikimui.

Norint užbaigti pastato energijos modelį ir atlikti šiluminę analizę bei energijos modeliavimą, rekomenduojama atsižvelgti į šiuos dalykus:

6.1. Importuoti analitinį modelį, sukurtą „Open BIM Analytical Model“

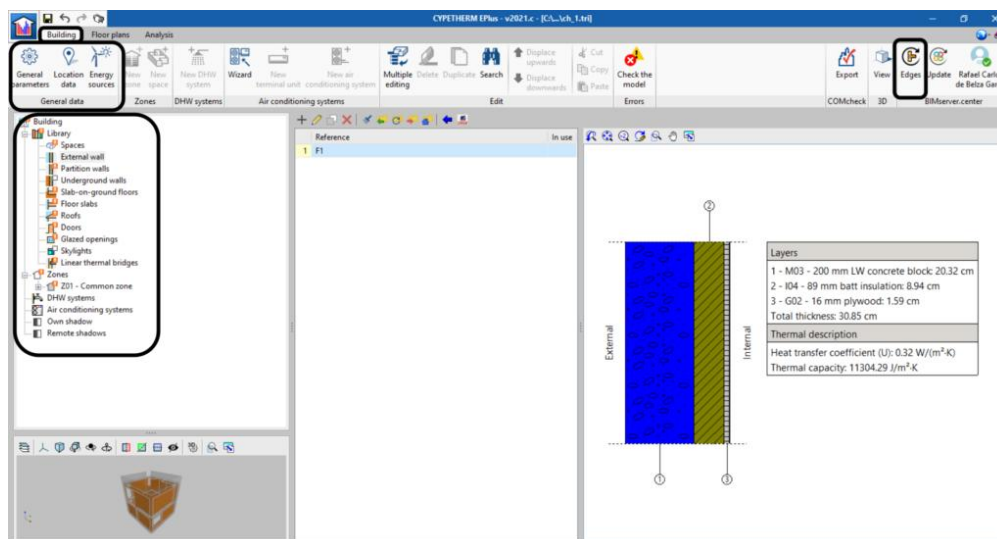
Failas, atitinkantis analitiniu modeliu, sukurtu Open BIM Analytical Model, turėtų būti naudojamas kaip pradinis failas programoje.



13 pav.: Analitinio modelio importavimas. CypeTerm EPlus ekrano kopija.

6.2. Analizės modelio užbaigimas

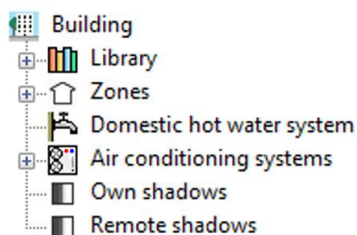
Patekus į bendrą CYPETHERM EPlus sąsają, analizės modelis užbaigiamas skirtuke „Pastatas“ esančiose parinktyse „Bendrieji duomenys (bendra informacija, vietos duomenys ir energijos šaltiniai)“, „Biblioteka“, „Zonos“, „Sistemos“ ir „Kraštai“.



14 pav.: CypeTherm EPlus sąsaja.

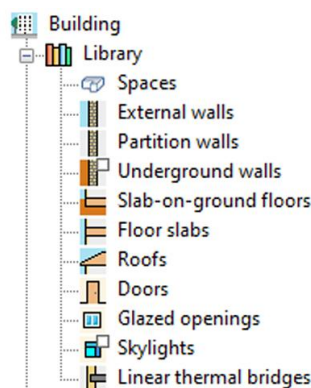
Skirtuke „Pastatas“ apibrėžiami bendrieji parametrai, vietos duomenys ir pastato modelis.

Pastato modelis pateikiamas medžio diagramoje, sudarytoje iš šių šakų:



14 pav.: Pastato modelio komponentų medis.

Biblioteka. Į biblioteką įvedami įvairūs darbo erdvės tipai ir pastato elementai (išorinės sienos, pertvaros, stiklinės angos, durys ir linijiniai šilumos tiltai).



15 pav.: Elementų tipai modelyje.

Zonos. Kiekvienoje zonoje įvedamos joje esančios **erdvės**, apibrėžiant sienas (fasadus, bendras sienas, pertvaras ir rūšio sienas), plokštes (grindų lygius, grindų plokštes, išsikišimus ir stogus) ir linijinius šilumos tiltelius. Taip pat įvedami zonos erdvę aprėpiantys oro kondicionavimo sistemos galiniai įrenginiai.

DHW sistemos. Apibrėžiamos pastato sistemos, skirtos buitiniam karštam vandeniui (DHW) gaminti.

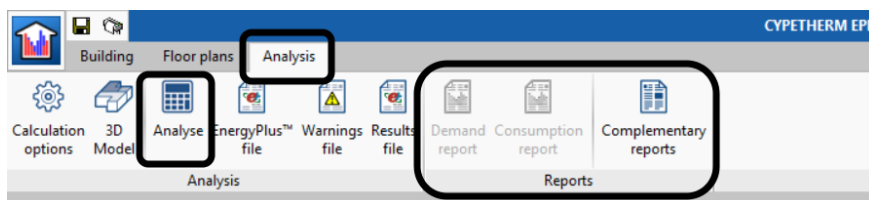
Oro kondicionavimo sistemos. Apibrėžiamos darbo objekto šildymo ir (arba) vėsinimo sistemos gamybos, ir paskirstymo posistemiai.

Savo šešėliai. Apibrėžiamos pastato paviršiai, kurie nepriklauso patalpoms, bet gali mesti šešėlius ant fasadų ir stogų, pvz., balkonų plokštės ar turėklai.

Tolimosios šešėlės. Apibrėžiamos tolimų kliūčių, kurios gali mesti šešėlį ant pastato, paviršiai.

6.3. Analizė ir rezultatų gavimas

Atlikus galutinius koregavimus, CYPETHERM EPlus programoje, skirtuke „Analizė“ („Analysis“), vartotojai gali pradėti analizę ir gauti rezultatus. Tarp jų išskiriami energijos poreikio ir suvartojimo ataskaitos, taip pat keletas papildomų ataskaitų.



16 pav.: CypeTherm EPlus analizės skirtukas.

Kai kurie programos pateikiami skaičiavimo rezultatai:

- **Energijos poreikio ataskaita**
 Energijos poreikio skaičiavimo rezultatai, išsamiai pateikti pagal šilumos zonas.
- **Energijos suvartojimo ataskaita**

Energijos suvartojimo skaičiavimo rezultatai, išskaidyti pagal šiluminę zoną ir energijos vektorių.

CYPETHERM EPlus taip pat siūlo papildomų funkcijų, kurios praplečia programos rezultatus:

- **Kondensatas**
Leidžia vartotojams patikrinti paviršinio ir tarpinio kondensato buvimą pagal ISO 13788, integruojant CYPETHERM HYGRO programos atliktus skaičiavimus į kiekvieną pastato šiluminės apvalkalo konstrukcijos sistemą.
- **Medžiagų ir konstrukcinių elementų aprašymas**
Ataskaita apie įvairius statybos elementus, esančius darbe, kartu su jų medžiagomis, kiekiais, perdavimo koeficientais ir kt.
- **Linijiniai šilumos tiltai**
Ataskaita apie pastate esančius linijinius šilumos tiltus, nurodant jų ilgį ir šilumos perdavimo koeficientus.
- **Vidaus komfortas**
Leidžia palyginti kiekvienos pastato zonos vidaus temperatūrą per metus su lauko temperatūra ir nustatyta maksimali komforto temperatūra. Be to, renkami kiekvienos zonos nepatenkintos apkrovos valandos.

7. Nuorodos

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

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

BIMserver.center tinklaraštis: [ATVIROJI BIM ENERGIJOS SIMULIACIJOS: CYPE ARCHITECTURE – CYPETHERM DARBO EIGA](#)