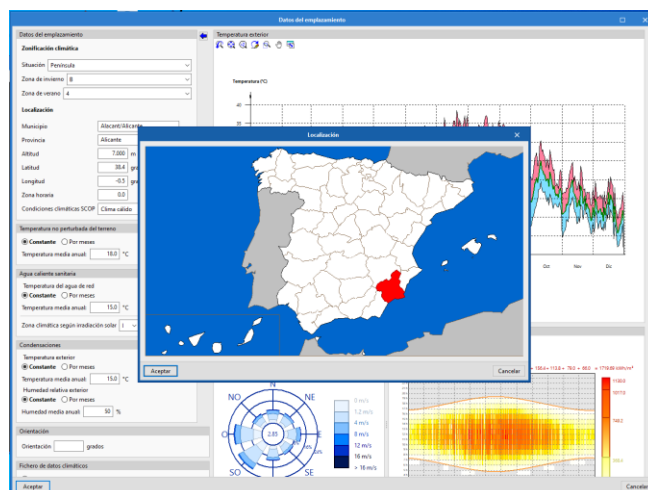
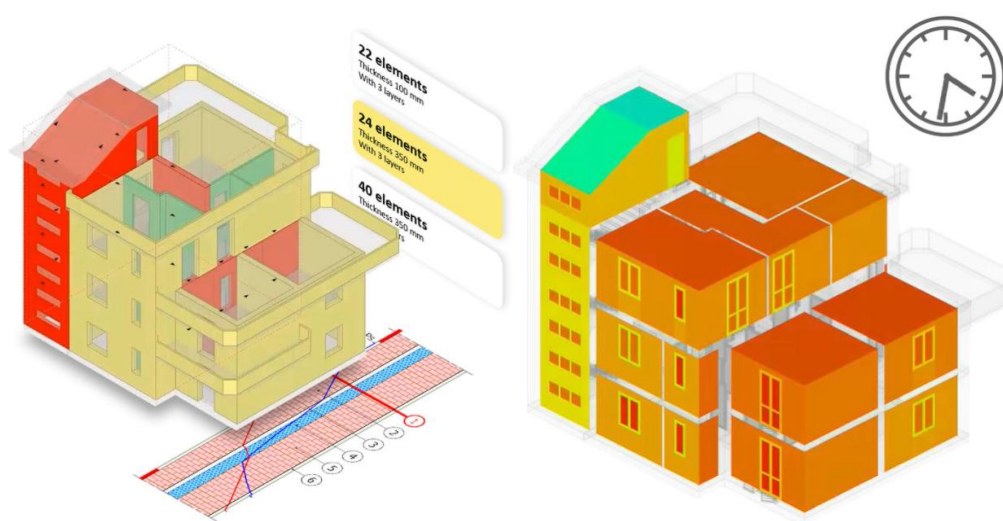


Erasmus+ projekto ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

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.

BIM naudojimo pastatų energijos analizei naujausios tendencijos



Santrauka

1. Įvadas	3
2. BIM 6D pasaulyje ir Europoje	3
3. BIM naudojimo pastatų energijos analizėje naujausios tendencijos	4
3.1. BIM apibrėžimas ir BIM taikymas	5
3.2. BIM taikymas BEM.....	5
3.3. BIM ir BEM sąveikos procesas ir komponentai	6
3.4. Tyrimai apie BIM naudojimą energijos modeliavime	7
3.5. BIM ir BEM Cype sprendimai.....	9
4. Išvados	10
5. Nuorodos.....	10

1. Įvadas

BIM metodologija, savo šeštojoje dimensijoje (BIM 6D), laiko šiuos du procesus svarbiais tvarumo modeliavimui. Tai yra gyvavimo ciklo analizė ir energijos analizė.

Gyvenimo ciklo analizės metu atsižvelgiama į įvairius aspektus, pvz., tvarių medžiagų naudojimą, energijos vartojimo efektyvumą eksploataavimo etapu, vandens ir atliekų tvarkymą ir kt. Atsižvelgiant į visas šias kintamąsias nuo pat projekto pradžios, lengviau priimti pagrįstus sprendimus, skatinančius tvarumą ir efektyvumą.

Be to, energijos simuliacijose naudojama specializuota programinė įranga, skirta prognozuoti pastato energijos suvartojimą ir vertinti įvairių sistemų ir strategijų, pvz., apšvietimo, oro kondicionavimo ir pastato orientacijos, efektyvumą. Šios simuliacijos leidžia optimizuoti pastato projektą ir pasirinkti geriausius energijos efektyvumo variantus.

Šiame projekte „BIM4Energy“ buvo naudojami BIM pagrįsti įrankiai, siekiant įvertinti kelių atvejų energijos suvartojimą: vienos šeimos namo, daugiabučio gyvenamojo namo ir mokyklos pastato.

Viena vertus, yra keletas priemonių, kurios gali sukurti pastato energetinį modelį (BEM) ir įvertinti pastato energijos suvartojimą. Remiantis energijos po sistemų modeliais (pastato apvalkalo modelis, pastato erdvės modelis, šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (HVAC) sistemos modelis) ir klimato parametrais, patalpų komforto ir užimtumo sąlygomis (įrangos paleidimo temperatūra), BEM įrankiai apskaičiuoja metinį pastato energijos suvartojimą. 1 paveiksle pateikta BEM schema [1].

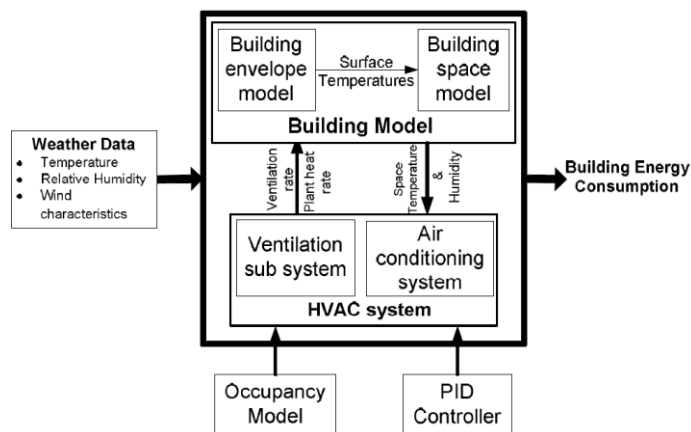


Fig.1. Overall structure of Building Energy System (BES) model [1]

Energijos poreikį lemia pastato geometrija, įranga ir naudotojų elgsena. BIM modeliai gali saugoti visą šią informaciją. BIM gali būti naudojamas kaip energijos analizės programinės įrangos pagrindas pastato energijos poreikiui įvertinti [2].

2. BIM 6D pasaulyje ir Europoje

Visame pasaulyje yra daug šalių ir bendruomenių, kurios BIM metodiką taiko kaip savo statybos projektų pagrindą. Nepriklausomai nuo masto, jos įgyvendinimo poveikis ir patobulinimai yra dideli.

Ankstyvojo arba novatoriško šio metodo įgyvendinimo pavyzdžiais galima paminėti tokias šalis kaip Dubajus ir Jungtinės Amerikos Valstijos, kurios nuo 2003 m. yra priėmusios atitinkamus teisės aktus ir programas. 2010-aisiais kelios šalys, pavyzdžiui, Čilė, Australija, Kanada, Pietų Korėja ir kitos, prižiūrėjo gairių ir teisės aktų rengimą.

Europoje BIM diegimo projektuose pirmauja Skandinavijos šalys, kurios parengė standartus, gaires ir rekomendacijas.

Energijos vartojimo efektyvumo srityje visame pasaulyje taip pat dirbama siekiant nustatyti būdus, kaip vertinti ir nustatyti priemones bei įgyvendinti jas siekiant pagerinti statinius. Viena iš jų yra JAV Žaliųjų pastatų tarybos LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikatas. Jis turi 5 kategorijų reitingų sistemą (tvarūs objektai, vandens taupymas, energija ir atmosfera, medžiagos ir ištekliai bei aplinkos kokybė) ir keturis pažangumo lygius pagal balus, kurie pateikti 2 paveiksle.



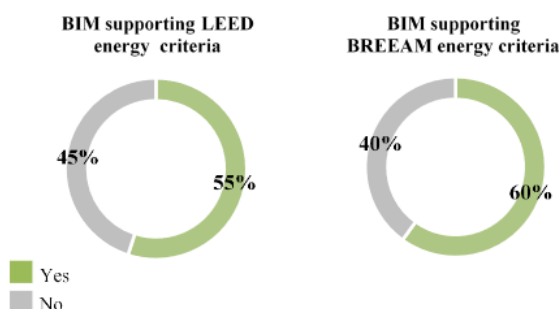
2 pav. LEED sertifikato lygiai

Sertifikatai plačiai naudojami Amerikoje, ypač Jungtinėse Valstijose, Kanadoje ir kai kuriuose Lotynų Amerikos šalyse.

Kitas svarbus sertifikatas yra Pastatų tyrimų įstaigų poveikio aplinkai vertinimo metodologija, BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), sukurtas Jungtinės Karalystės Statybos tyrimų instituto. Jo įgyvendinimas nuo 1990 m. gali būti apibūdintas kaip novatoriškas.

Programinės įrangos lygmeniu, keletas programų leidžia rengti energijos vartojimo efektyvumo tyrimus sertifikavimo tikslais. „Berlyno technikos ir ekonomikos aukštosios mokyklos tyrimu, daugelis rinkoje esančių BIM programų, papildinių ir kitų trečiųjų šalių programų, skirtų pastatų analizei ir modeliavimui, taip pat gali būti naudojamos kaip pagalbinės priemonės BIM procese. Kai kurios iš jų, pvz., ArchiCAD, Revit, Vectorworks, Ecotect, Hourly Analysis Program (HAP), Integrated Environmental Solutions (IES-VE) arba Green Building Studio (GBS), gali būti naudojamos įvairių tipų sertifikavimui.“ (BIM Alliance, 2024) [3].

Galimas trūkumas yra tai, kad, nepaisant programų įvairovės, reikia patikrinti programos suderinamumą su pageidaujamu sertifikatu, nes ne visos programos yra suderinamos su visais sertifikatais, todėl reikėtų atlikti papildomus procesus.



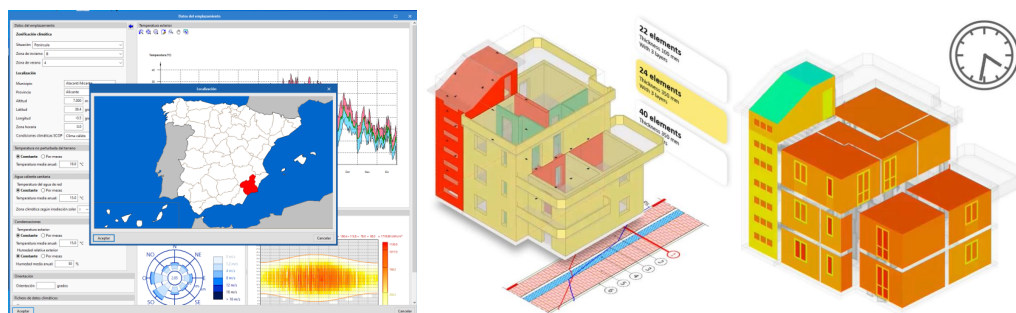
3 pav. LEED ir BREAM energijos kriterijus atitinkanti BIM programinė įranga

3. BIM naudojimo pastatų energijos analizei naujausios tendencijos

Sparčiai plėtojantis BIM ir su BIM susijusios programos suteikė galimybių remti ekologišką statybą, pvz., akustinę analizę, anglies dioksido išmetimą, statybos ir griovimo atliekų tvarkymą, apšvietimo analizę, energijos naudojimą eksploatacijos metu ir vandens naudojimą [4].

Nors kai kurie autoriai [5] teigia, kad BIM įrankiai turi keletą pajėgumo apribojimų sąveikos ir duomenų mainų tarp BIM ir BEM įrankių srityje. Tiesa yra ta, kad jau yra atvirų BIM sprendimų, skirtų pastatų energijos efektyvumo analizei. Šie įrankiai nuskaitymo reikiamą informaciją iš BIM modelių, atlieka energijos analizę pagal nacionalinius reglamentus ir išsaugo rezultatus BIM modelyje. Pavyzdžiui, CypeTherm HE plus.

Be to, paskelbtuose darbuose, pvz., [6], bandoma sukurti BIM pagrįstą metodą, kuris galėtų būti naudojamas pastatų šiluminiame efektyvumui vertinti.



4 pav.: BIM modelis ir BEM energijos vartojimo efektyvumo vertinimui. Šaltinis: Cype ir ACCA programinė įranga

3.1. BIM apibrėžimas ir BIM taikymas

Statybinių pastatų informacinio modeliavimo (BIM) apibrėžimas gali skirtis priklausomai nuo modelio turinio. Pavyzdžiui, informacinis modelis gali apimti informaciją apie pastato geometriją, apvalkalo komponentus, medžiagas, išlaidas, šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemą, elektros sistemas ir medžiagų šilumines savybes. JAV nacionalinis BIM standartas (NBIMS-US) apibrėžia BIM kaip „elektroninio objekto modelio kūrimą vizualizavimo, inžinerinės analizės, konfliktų analizės, kodų kriterijų tikrinimo, sąnaudų inžinerijos, pagaminto produkto, biudžeto sudarymo ir daugelio kitų tikslų“ [7]. Krygiel ir Nies apibrėžia BIM kaip „informaciją apie visą pastatą ir visą projektavimo dokumentų rinkinį, saugomą integruotoje duomenų bazėje“ [8]. Smith ir Tardif taip pat apibrėžia BIM kaip „mechanizmą, skirtą duomenims paversti informacija, kad būtų galima įgyti žinių, leidžiančių mums veikti išmintingai“ [9].

Statybų informacinio modeliavimo (BIM) taikymas įvairiose srityse plečiasi, nes mokslininkai pripažįsta jo teikiamą naudą. Nors BIM, kaip pranešama, naudojamas struktūrinei ir energetinei analizei atitinkamai 27 % ir 25 % atvejų, jo pagrindinė paskirtis išlieka greitas 3D geometrinių modelių kūrimas ir 3D koordinavimas, kurio naudojimo dažnis siekia 60 % [10]. BIM taikymas neapsiriboja architektais ir inžinieriais.

Yra priežasčių, dėl kurių BIM turėtų naudoti ir namų savininkai, pastatų valdytojai, rangovai ir gamintojai [11]. Pagrindiniai veiksniai, skatinantys BIM diegimą projektuose, yra modeliavimo proceso automatizavimas, statybos dokumentų tikslumo didinimas, geresnė komunikacija tarp projektavimo ir statybos proceso dalyvių, automatinis pakeitimų atspindėjimas visuose vaizduose po vieno vaizdo pakeitimo ir koordinavimo problemų mažinimas [11–14]. Nors dauguma BIM taikymų yra skirti pastatų projektavimui, tiek pat dėmesio nebuvo skirta kitoms sritims, pavyzdžiui, energijos modeliavimui, kuris gali būti vadinamas BIM ir BEM sąveikos procesu (BBIP).

3.2 BIM taikymas BEM

Statybų informacinio modeliavimo (BIM) integravimas į statybų energijos modeliavimą (BEM) turi daug privalumų [5]:

- Energijos modeliavimo procesų automatizavimas.

- Efektyvus pastatų duomenų (pvz., realaus laiko duomenų) saugojimas ir tvarkymas.
- Esamų bibliotekų tobulinimas (pvz., papildomų savybių įtraukimas į medžiagas).
- Geresnis su energija susijusių rezultatų pateikimas.

Pagrindinis BIM indėlis į su energija susijusį modeliavimą, simuliacijas ir informacijos valdymą yra susijęs su duomenų tvarkymo palengvinimu. Tai gali padėti automatizuoti energijos modeliavimą, pagerinti rezultatų pateikimą, suteikti galimybę saugoti ir tvarkyti naujus pastatų duomenis, ypač realaus laiko informaciją, kad būtų galima palaikyti atnaujintą energijos modelį, ir patobulinti esamas bibliotekas, pridėjus naujus atributus prie standartinio energijos simuliacijos proceso [5].

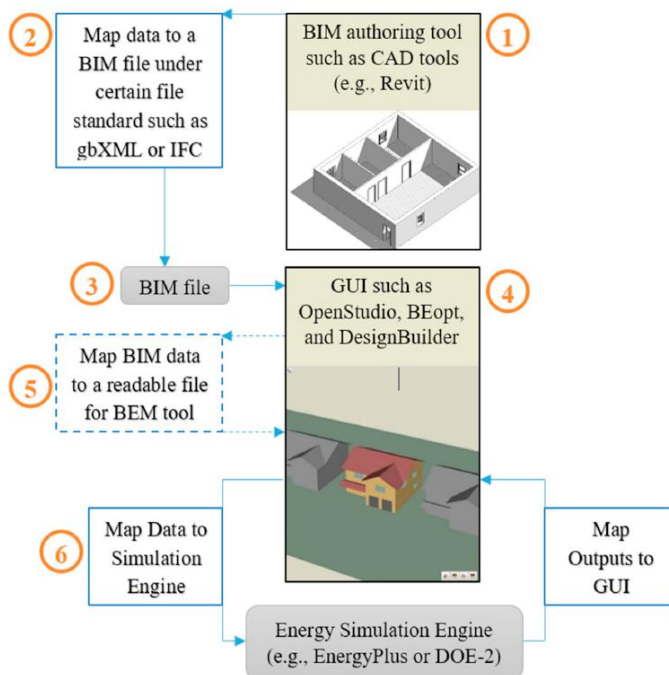
Vienas iš svarbiausių BIM pritaikymo pastatų energijos modeliavimui privalumų yra modeliavimo proceso automatizavimas [14,15]. Ši automatizacija leidžia sutaupyti laiko, sumažinti išlaidas ir sumažinti žmoniškųjų klaidų skaičių, palyginti su tradiciniais energijos modeliavimo metodais, kai grafinis modelis kuriamas BEM įrankyje naudojant duomenis apie geometriją, medžiagų savybes, įrangą ir grafikus. Pavyzdžiui, integruojant papildinį į energijos modeliavimo įrankį, pvz., „OpenStudio“, galima prijungti BIM serverį prie energijos modeliavimo įrankio, o tai leidžia importuoti duomenis, susijusius su geometrija, medžiagomis, langų tipais ir šiluminėmis savybėmis, iš IFC failo [14].

3.3 BIM ir BEM sąveikos procesas ir komponentai

Norint visapusiškai suprasti BIM ir BEM sąveikos proceso (BBIP) iššūkius ir problemas, naudinga klasifikuoti įvairius susijusius komponentus, kaip parodyta 5 paveiksle. Šių komponentų sąveika gali prisidėti prie galimų problemų ir iššūkių, kurie yra nustatyti ir paaiškinti taip [5]:

1. BIM įrankiai: pavyzdžiai – Revit ir ArchiCAD.
2. Pastato informacijos susiejimas su BIM failu: šis procesas apima pastato duomenų vertimą į BIM suderinamą formatą.
3. BIM failų standartai: Tai apima tokius formatus kaip gbXML arba IFC.
4. Grafinė vartotojo sąsaja (GUI) BEM įrankiais: pavyzdžiai – „OpenStudio“ ir „DesignBuilder“.
5. Duomenų iš BIM failo perkėlimas į BEM skaitomą failą: šis etapas apima BIM duomenų konvertavimą į formatą, kurį gali skaityti BEM įrankiai.
6. Duomenų perkėlimas iš GUI į simuliacijos variklio skaitomą failą: Šis procesas apima duomenų iš GUI konvertavimą į formatą, tinkamą simuliacijos varikliams, pvz., EnergyPlus arba DOE2.

Sąveikos problemos dažniausiai kyla 2, 5 ir 6 etapuose. Šie etapai yra kritiniai taškai, kuriuose gali kilti duomenų vertimo ir suderinamumo problemų, dėl kurių BBIP darbo eiga gali tapti neefektyvi ir atsirasti klaidų.



5 pav.: BIM ir BEM sąveikos procesas ir komponentai. Šaltinis: [5]

3.4. Tyrimai apie BIM naudojimą energijos simuliacijoje

1 lentelėje pateikta apžvelgtų mokslinių tyrimų apie statinių informacinio modeliavimo (BIM) taikymą energijos modeliavime santrauka. Akivaizdu, kad šiuose tyrimuose dažniausiai naudojamos BIM kūrimo priemonės yra ArchiCAD ir Revit. Priklausomai nuo tyrimo tikslo, naudojamos Industry Foundation Classes (IFC) arba Green Building XML (gbXML) BIM failų schemas. Tradiciniai energijos įrankiai Jungtinėse Amerikos Valstijose yra OpenStudio, EnergyPlus, Green Building Studio (GBS) ir eQuest, taip pat yra tarptautinių įrankių, pvz., Modelica, COMETH ir EnergyBuild.

Pažymėtina, kad dauguma nustatytų iššūkių ir problemų kyla žemėlapių sudarymo proceso metu ir gali būti priskirti sąveikumo problemoms. Tokie iššūkiai, pavyzdžiui, BIM įrankis gali neperkelti visos informacijos iš modelio, BIM failas gali neteisingai išsaugoti visą informaciją, pastatų energijos modeliavimo (BEM) įrankis gali neskaityti visos informacijos iš BIM failo, o informacija gali būti netinkamai atvaizduota ir perkeliama į BEM ir energijos modeliavimo variklio failo formatą. Tačiau duomenų atvaizdavimo į energijos simuliacijos variklį - procesas, kaip nurodyta 5 paveikslo 6 komponente, literatūroje nėra išsamiai aptartas ir yra sritis, kurią reikia toliau tirti/tobulinti.

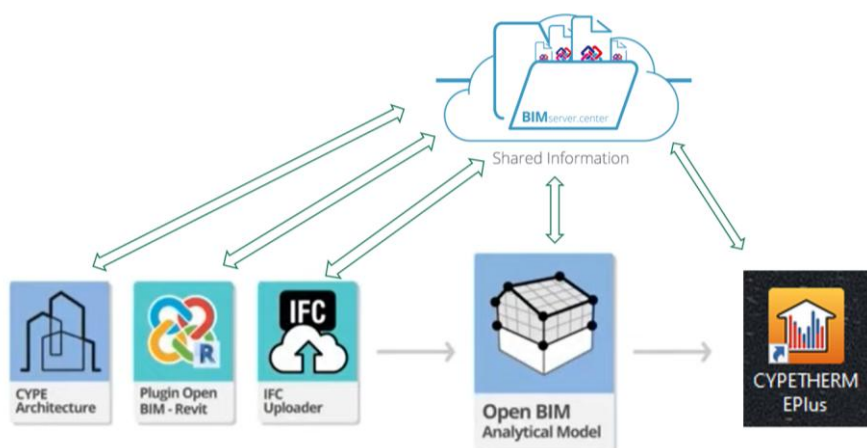
1 lentelė: Tyrimai apie BIM naudojimą energijos modeliavime. Šaltinis [5].

Reference	BIM CAD tool	BIM file schema	Energy tool	Description of the study and adopted solutions
Epstein [16]	ArchiCAD	IFC	EnergyBuild	A case study in Greece adopted BIM to BEM process as part of the project
Ramaji et al. [14]	–	IFC	OpenStudio	Development of an add-on to import the data related to geometry, materials, windows types, and thermal properties from IFC file.
Yu [17]	Revit	IFC	OpenStudio	Development of a middleware, which use BIMserver and Query Generator to extract required data from IFC file. Users add missing data manually and a python script convert the file to a proper format for CONTAM for air distribution analysis.
Salakij et al. [18]	–	gbXML	Building Energy Analysis Model (BEAM) developed by Matlab	Developed an energy simulation tool using Matlab, which is capable of reading gbXML file to perform the energy analysis.
Krygiel and Nies [19]	Revit	gbXML	GBS	Energy analysis using BIM is performed to evaluate two façade systems.
Kim et al. [20] & Jeong et al. [21]	–	–	Modelica	The study is based on integration of Modelica to perform energy analysis, ModelicaBIM library to provide required data needed from BIM file, and using BIM API to retrieve data from conventional BIM tools such as Revit and ArchiCAD.
O'Donnell et al. [23] & Bazjanac [24]	ArchiCAD	IFC	EnergyPlus	A semi-automated method is adopted to add the required data for energy simulation to the IDF file generated from IFC file, prior to the energy analysis in EnergyPlus.
El Asmi et al. [22]	–	IFC	COMETH	The study is focused on application of MVD in obtaining the required data for energy simulation (e.g., HVAC system data), which are missing through the process and using IfcPropertySet to add the data to the IFC file
Santos et al. [25]	–	–	EnergyPlus	Adopting mesh planarization algorithm to divide the curved surfaces into flat panels and exporting the required data from CAD tool to EnergyPlus.
Karen and Douglas [26]	Revit	IFC	EnergyPlus	Generation of thermal zones is automated using the data obtained from Revit, provided in IFC file and the outputs obtained from EnergyPlus are visualized.
Dimitriou et al. [27]	Revit	gbXML	EnergyPlus	Development of a gbXML editing tool to provide the data, which lacks for energy simulation in EnergyPlus prior to generating the IDF file.
Garcia and Zhu [28] Ekwunatum et al. [29]	– –	gbXML IFC	eQuest IES VE	Development of a corrective tool for modifying the gbXML file and converting it to DOE-INP file for use in eQuest. A case study to review the feasibility of optimization in design by linking BIM to energy simulation tool. Faster, more accurate, and detailed outputs concerning energy consumption, airflow analysis, visualization, and daylight analysis were among the benefits observed in the study.
Somboonwit et al. [15]	Revit & Dynamo	gbXML	GBS, DOE2, eQuest	Automation of Building Performance Simulation (BPS) is studied using different tools in order to investigate the interoperability between them. Kinetic PV façade (KPVF) is modeled and issues such as misplaced and distorted geometry are observed.

3.5 BIM į BEM Cype sprendimai

Programinės įrangos bendrovė „Cype Ingenieros“ siūlo keletą atvirų BIM sprendimų pastatų energijos modeliavimui.

Cype turi bendrą duomenų aplinką (CDE), vadinamą BIMServer.center, kurioje galite dalytis to paties statybos projekto IFC modeliais. Kiekvienos statybos srities projektavimo programinė įranga Cype yra prijungta prie statybos projekto BIMServer.Center, 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.



6 pav. Atviro BIM energijos modeliavimo darbo eiga.

Darbo eiga, skirta pastato energijos modeliavimui naudojant Cype atvirą BIM programinę įrangą, susideda iš mažiausiai 3 skirtingų programų naudojimo paeiliui (6 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 konstrukcinius 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 su bet kuria kita programa ir įkelkite jį į „BIMServer.Center“ naudodami „IFC Uploader“.

CypeTherm EPlus atlieka šiluminę analizę, sukūrus BEM, naudodamas EnergyPlus kaip skaičiavimo variklį. Rezultatų ataskaitos yra:

- a) Energijos poreikio ataskaita
- b) Ataskaita apie energijos suvartojimą ir išmestą CO2 ekvivalentą.
- c) Pastato energijos klasės nustatymas.

Cype Ingenieros pasiūlymu atlikti pastato energijos modeliavimą naudojant BIM modelius, BBIP skirtingų komponentų sąveika yra labai gera, nes visi komponentai yra sprendžiami tos pačios programinės įrangos kompanijos (CYPE) programomis.

4. Išvados

- Pastatų informacinio modeliavimo (BIM) integravimas į pastatų energijos modeliavimą (BEM) turi daug privalumų: a) energijos modeliavimo procesų automatizavimas; b) efektyvus pastatų duomenų saugojimas ir tvarkymas (pvz., realaus laiko duomenys); c) esamų bibliotekų tobulinimas (pvz., papildomų savybių įtraukimas į medžiagas); d) energijos vartojimo rezultatų pateikimo gerinimas.
- BIM ir BEM sąveikos procese buvo nustatyta keletas problemų: BIM įrankis gali neperkelti visos modelio informacijos; BIM failas gali neteisingai išsaugoti visą informaciją; pastatų energijos modeliavimo (BEM) įrankis gali neskaityti visos informacijos iš BIM failo; informacija gali būti netinkamai susieta ir neperkelta į BEM ir energijos modeliavimo variklio failo formatą.
- Cype OpenBIM sprendimai pastatų energijos modeliavimui sprendžia sąveikos problemas.

5. Nuorodos

- [1] V. S. K. V. Harish ir A. Kumar 2016. Paprastos pastato energetikos sistemos modeliavimas ir simuliacija. 2016 m. Tarptautinė mikroelektronikos, kompiuterijos ir ryšių konferencija (MicroCom), Durgapur, Indija.
- [2] Pereira V, Santos J, Leite F ir Escórcio P 2021 BIM naudojimas pastatų energijos vartojimo efektyvumui gerinti – scientometrinė ir sisteminė apžvalga. *Energy & Buildings* 250 (2021) 1-15.
- [3] Dominguez A. *Tvarus statybos ir BIM sertifikavimas: link švaresnės ateities* (ispanų kalba) [Internetas]. AlianzaBIM. 2022 [cituoata 2024 m. balandžio 1 d.]. Prieinama: <https://alianzabim.com/blog/certificaciones-de-construccion-sostenible-y-bim/>
- [4] Cavalliere, C., Habert, G., Raffaele, G., Osso, D., Hollberg, A., Dell’Osso, G. R., ... Hollberg, A. Nuolatinis BIM pagrįstas įkūnytų poveikių aplinkai vertinimas visame projektavimo procese. *Journal of Cleaner Production*, 211 (2019), 941–952.
- [5] E. Kamel, A.M. Memari. BIM taikymo energijos modeliavime apžvalga: įrankiai, problemos ir sprendimai. *Automation in Construction* 97 (2019) 164–180.
- [6] k. Guo, Q. Li, L. Zhang ir X.Wu. BIM pagrįstas ekologiškų pastatų vertinimas ir optimizavimas: atvejo tyrimas. *Švaresnės gamybos žurnalas* 320 (2021) 128824 1-16.
- [7] NBIMS-US, Nacionalinis BIM standartas – Jungtinės Valstijos® 3 versija, Nacionalinis statybos mokslų institutas, Vašingtonas, DC, (2013)
- [8] E. Krygiel, B. Nies, Žaliasis BIM: sėkmingas tvarus projektavimas naudojant pastatų informacinį modeliavimą, Wiley, Indianapolis, Indiana, 2008 (ISBN-10:9780470239605).

- [9] D.K. Smith, M. Tardif, Building Information Modeling - A Strategic Implementation Guide, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2008 (ISBN-10:9780470250037).
- [10] R. Kreider, J. Messner, C. Dubler, „BIM taikymo skirtingais tikslais projektuose dažnumo ir poveikio nustatymas“, 6-osios tarptautinės konferencijos „Inovacijos architektūroje, inžinerijoje ir statyboje“ (AEC) medžiaga, Pensilvanijos valstybinis universitetas, University Park, PA, JAV,
- [11] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, BIM vadovas. Statybos informacijos modeliavimo vadovas savininkams, vadovams, projektuotojams, inžinieriams ir rangovams, John Wiley & Sons, Naujasis Džersis, 978-0-470-54137-1, 2011.
- [12] J.-H. Woo, C. Diggelman, B. Abushakra, BIM pagrįstas energijos monitoringas su XML analizės varikliu, 28-osios ISARC konferencijos medžiaga, Seulas, Korėja, 2011, p. 544–545.
- [13] N.W. Young Jr., S.A. Jones, H.M. Bernstein, J.E. Gudgel, „The business value of BIM“, McGraw Hill, Niujorkas, (2009).
- [14] I.J. Ramaji, J.I. Messner, R.M. Leicht, Leveraging building information models in IFC to perform energy analysis in OpenStudio, ASHRAE and IBPSA-USA SimBuild 2016, Salt Lake City, 2016
- [15] N. Somboonwit, A. Boontore, Y. Rugwongwan, Kliūtys pastatų eksploatacinių charakteristikų modeliavimo automatizavimui: prisitaikanti integruota fotovoltinė (BIPV) konstrukcija, 5-oji AMER tarptautinė konferencija „Gyvenimo kokybė“, 2017 m. vasario 25–27 d., Bankokas, Tailandas, 2017 m., <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v2i5.619>.
- [16] E. Epstein, „Sėkmingas pastatų informacinio modeliavimo įgyvendinimas“, Artech House, 2012 m. (ISBN-10: 9781608071395).
- [17] N. Yu, Informacijos sąveika tarp pastatų informacinio modeliavimo kūrimo priemonių ir modeliavimo priemonių, skirtų energiją taupančių pastatų projektavimui remti, pateikta kaip dalis magistro laipsnio reikalavimų, informacinės mokslo ir technologijos, Pensilvanijos valstybinis universitetas, University Park, 2014 m.
- [18] S. Salakij, N. Yu, S. Paolucci, P. Antsaklis, Modelis pagrįstas prognozuojamasis pastatų energijos valdymas. I: energijos modeliavimas ir optimalus valdymas, Energ. Buildings 133 (2016) 345–358, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.044>.
- [19] E. Krygiel, B. Nies, „Žaliasis BIM: sėkmingas tvarus projektavimas naudojant pastatų informacinį modeliavimą“, Wiley, Indianapolis, Indiana, 2008 (ISBN-10: 9780470239605).
- [20] J.B. Kim, W. Jeong, M.J. Clayton, J.S. Haberl, W. Yan, Fizinės BIM bibliotekos kūrimas pastatų šiluminės energijos modeliavimui, Autom. Constr. 50 (2015) 16–28, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.011>.
- [21] W. Jeong, J.B. Kim, M.J. Clayton, J.S. Haberl, W. Yan, „Translating Building Information Modeling to Building Energy Modeling Using Model View Definition“ (Pastatų informacinio modeliavimo perkėlimas į pastatų energijos modeliavimą naudojant modelio vaizdo apibrėžimą), Hindawi Publishing Corporation, 2014, p. 1–21, <https://doi.org/10.1155/2014/638276>.
- [22] E. El Asmi, S. Robert, B. Haas, K. Zreik, „A standardized approach to BIM and energy simulation connection“, Int. J. Des. Sci. Technol. 21 (1) (2015) 1630–7267 (ISSN 1630 - 7267).
- [23] J. O'Donnell, R. See, C. Rose, T. Maile, V. Bazjanac, P. Haves, SimModel: domeno duomenų modelis visam pastato energijos modeliavimui, 12-oji Tarptautinės pastatų energetinio efektyvumo modeliavimo asociacijos konferencija, Sidnėjus, 2011 m.
- [24] V. Bazjanac, IFC BIM pagrįsta metodika pusiau automatizuotam pastatų energijos vartojimo efektyvumo modeliavimui, 25-oji tarptautinė konferencija „Informacinės technologijos statyboje“, Santjagas, Čilė, 2008 m.

- [25] L. Santos, S. Schleicher, L. Caldas, CAD modelių automatizavimas į BEM modelius, skirtus veiklos rezultatų orientuotiems projektavimo metodams, *Build. Environ.* 112 (2017) 144–158, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.10.015>.
- [26] K. Karen, N. Douglas, Automated Energy Performance Visualization for BIM, *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*, Wiley, 2014, pp. 119–128, <https://doi.org/10.1002/9781119174752.ch9>.
- [27] V. Dimitriou, S.K. Firth, T.M. Hassan, F. Fouchal, BIM enabled building energy modelling: development and verification of a GBXML to IDF conversion method, *Proceedings of the 3rd IBPSA-England Conference BSO 2016, Newcastle*, 2016 m. rugsėjo 12–14^d.
- [28] E. Guzman Garcia, Z. Zhu, Sąveika nuo pastatų projektavimo iki pastatų energijos modeliavimo, *J. Build. Eng.* 1 (2015) 33–41, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2015.03.001>.
- [29] E.I. Samuel, E. Joseph-Akwara, A. Richard, Pastatų energijos naudojimo ir nuotėkio vertinimas naudojant pastatų informacinio modelio energiją, *Front. Archit. Res.* 6 (2017) 29–41, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.01.002>.