

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

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

Acest proiect Erasmus+ a fost finanțat cu sprijinul Comisiei Europene. Această publicație reflectă numai opiniile autorilor, iar Comisia Europeană și agențiile naționale Erasmus+ nu pot fi considerate responsabile pentru utilizarea informațiilor conținute în aceasta

Proiectul BIM4Energy

Titlu: Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor



Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

1 - Scopuri

Obiectivele acestui tutorial BIM și analiza energetică a clădirilor sunt următoarele:

- Cunoașterea rolului BIM în creșterea eficienței energetice în clădiri.
- Învățarea despre rolul BIM în proiectarea durabilă a clădirilor
- Înțelegerea beneficiilor celei de-a 6 dimensiune BIM.
- Cunoașterea stadiului actual al aplicațiilor BIM pentru modelul energetic al clădirii (BEM)
- Aflați despre instrumentele informatice disponibile care utilizează BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

2 - Metodologia de învățare

Profesorul va da o explicație de aproximativ 30 de minute despre utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor.

Studentii vor citi acest tutorial și vor urma pașii prezentați în tutorial, și anume:

- Rolul BIM în sporirea eficienței energetice
- Proiectare durabilă și BIM.
- Aplicații BIM
- A șasea dimensiune a BIM - durabilitatea și analiza ciclului de viață
- Aplicarea BIM la modelarea energetică a clădirilor.
- Software care utilizează BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor: OpenStudio, DesingBuilder, ClimateStudio, CypeTherm EPlus.

Pentru a evalua succesul aplicației, se sugerează un chestionar pentru studenți.

3 - Durata tutorialului

Implementarea descrisă în acest tutorial va fi realizată prin intermediul site-ului web al proiectului BIM4ENERGY www.bim4energy.eu prin autoînvățare.

3 ore de curs sunt potrivite pentru această formare.

4 - Resursele didactice necesare

Sală de calculatoare cu PC-uri cu acces la internet.

Software necesar: Microsoft Office.

5 - Conținut și tutorial

5.1- Nevoia de a economisi energie prin proiectarea clădirii

5.1.1. Rolul BIM în sporirea eficienței energetice

Comunitatea mondială se confruntă în prezent cu una dintre cele mai presante provocări ale sale: reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră (GES), maximizând în același timp eficiența energetică [1]. Industria construcțiilor contribuie în mare măsură la emisiile de gaze cu efect de seră și la consumul de energie, depășind în această privință sectoarele industrial și al transporturilor [2]. Creșterea consumului de energie are implicații semnificative asupra mediului, deoarece o parte substanțială a producției globale de energie se bazează pe arderea combustibililor fosili, ceea ce duce la degradarea ecosistemelor [3]. Conform Programului Națiunilor Unite pentru Mediu [3], sectorul construcțiilor este responsabil pentru aproximativ 30% din emisiile anuale globale de gaze cu efect de seră și pentru până la 40% din consumul total de energie. Gazele cu efect de seră, inclusiv dioxidul de carbon (CO₂), metanul (CH₄), oxidul de azot (N₂O) și fluorocarburi, contribuie la schimbările climatice și la încălzirea globală [4]. Dintre acestea, emisiile de CO₂ joacă un rol deosebit de important în creșterea temperaturilor globale [5]. Studiile indică faptul că clădirile sunt responsabile pentru aproximativ 40% din emisiile globale de CO₂ [5, 6]. Consecințele încălzirii globale, cum ar fi topirea calotei glaciare polare și creșterea nivelului mării, amenință să reducă suprafețele locuibile, exacerbând provocările asociate cu creșterea populației globale [7]. Având în vedere preocupările tot mai mari legate de schimbările climatice și de emisiile de carbon, sectorul construcțiilor depune eforturi continue pentru a-și reduce impactul asupra mediului [8], în principal prin reducerea consumului de energie în clădiri [3]. Pentru a îndeplini obiectivele globale de reducere a emisiilor de CO₂, atât consumatorii, cât și părțile interesate din industrie trebuie să participe activ la dezvoltarea de clădiri cu emisii reduse de carbon [9]. Neabordarea acestei probleme va duce probabil la o creștere continuă a emisiilor de GES ale sectorului în următoarele două decenii [8]. În consecință, arhitecții și părțile interesate din industrie se confruntă cu provocarea semnificativă de a proiecta și construi clădiri care să se alinieze obiectivelor de reducere a emisiilor, contribuind în cele din urmă la un mediu construit mai durabil și mai responsabil față de mediu.

Ca răspuns la preocupările crescânde legate de mediu și la costurile tot mai mari ale energiei, profesioniștii din domeniul construcțiilor au subliniat din ce în ce mai mult importanța durabilității și a eficienței energetice în proiectarea arhitecturală. Dezvoltarea de clădiri durabile necesită adesea expertiză specializată și poate fi asociată cu costuri ridicate [10]. Dat fiind impactul semnificativ al clădirilor asupra mediului, proiectanții trebuie să încerce să minimizeze acest efect prin optimizarea eficienței energetice încă din primele etape ale procesului de proiectare [10, 11].

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

Îmbunătățirea eficienței energetice oferă beneficii multiple, inclusiv costuri operaționale reduse și avantaje economice pe termen lung, care, la rândul lor, încurajează inovarea în metodologiile de construcție [12].

Obținerea unui consum net redus de energie în clădiri este imperativă, iar acest obiectiv poate fi realizat prin abordări inovatoare de proiectare. În ultimii ani, au apărut diverse metodologii și tehnologii pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor, printre care Building Information Modeling (BIM) a câștigat o largă recunoaștere și adoptare [13]. Integrarea BIM cu analiza performanței energetice a devenit din ce în ce mai răspândită, deoarece BIM s-a dovedit a fi un instrument eficient pentru efectuarea evaluărilor energetice în timpul primelor etape de proiectare [14]. Prin utilizarea tehnologiei BIM, proiectanții pot modela diverse aspecte ale consumului de energie al unei clădiri, inclusiv fluxul termic, modelele de iluminat și alți parametri legați de durabilitate [9]. Instrumentele de analiză energetică bazate pe BIM permit evaluarea cerințelor de încălzire și răcire, a oportunităților de iluminare naturală și selectarea componentelor clădirii care contribuie la eficiența energetică. În plus, prin încorporarea datelor meteorologice în timp real și a informațiilor despre rețeaua electrică, BIM facilitează estimări mai precise ale consumului de energie al unei clădiri și ale amprente de carbon [15].

Eficacitatea performanței unei clădiri este influențată în mare măsură de proprietățile materialelor sale, de rezistența termică și de caracteristicile fizice generale. Aceste atribute sunt reprezentate digital în modelele BIM, permițând o evaluare cuprinzătoare a performanței energetice [15]. Aplicarea instrumentelor BIM, cum ar fi Revit Architecture, joacă un rol esențial în eficientizarea fluxului de lucru al modelării energetice. Prin permiterea dezvoltării rapide a modelelor de bază ale clădirilor, BIM facilitează simularea performanței energetice și procesele de estimare a costurilor. În mod tradițional, proiectarea durabilă a clădirilor s-a bazat pe instrumentele de proiectare asistată de calculator (CAD), datele de proiectare fiind introduse manual în software-ul de simulare energetică [9]. Cu toate acestea, integrarea directă a BIM cu analiza performanței energetice în etapa de proiectare sporește eficiența, deoarece iterațiile de proiectare pot fi ușor ajustate și rafinate [16].

Mai multe instrumente de simulare energetică, printre care EnergyPlus, Ecotect și IES Virtual Environment, au fost dezvoltate pentru a analiza caracteristicile cheie de proiectare a clădirilor, cum ar fi capacitatea de reacție la schimbările climatice, geamurile, izolația termică, aportul solar, ventilația (naturală și mecanică) și performanța sistemului HVAC. Integrarea BIM cu aceste instrumente de simulare a dus la dezvoltarea unor cadre decizionale sofisticate pentru proiectarea clădirilor eficiente din punct de vedere energetic [17]. Prin utilizarea tehnologiei BIM, proiectanții pot modifica și testa iterativ diverse alternative de proiectare, asigurând o performanță energetică optimă înainte de începerea construcției.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

Utilizarea BIM cu instrumente de simulare energetică oferă avantaje semnificative în realizarea unor proiecte de clădiri durabile și eficiente din punct de vedere energetic. Prin automatizare, integrarea datelor și capacități avansate de simulare, BIM îmbunătățește procesele decizionale, permițând arhitecților și inginerilor să creeze clădiri care se aliniază obiectivelor globale de durabilitate [18].

5.1.2. Proiectarea durabilă și BIM

Progresul rapid al tehnologiilor din industria construcțiilor a avut un impact profund asupra mediului. Sectorul construcțiilor contribuie semnificativ la emisiile de gaze cu efect de seră (GES) și la consumul de energie, în principal din cauza dependenței ridicate de combustibilii fosili pentru producerea de energie. Această dependență de arderea combustibililor fosili duce la emisii substanțiale de dioxid de carbon (CO₂), care contribuie la încălzirea globală și la degradarea mediului. Pentru a atenua efectele negative ale emisiilor de gaze cu efect de seră și ale consumului excesiv de energie, este esențial să se dezvolte soluții durabile care să abordeze aceste provocări de mediu. Una dintre cele mai eficiente strategii în acest sens este consolidarea conservării energiei în clădiri. Incorporarea resurselor de materiale naturale în construcții poate reduce semnificativ cererea de energie, deoarece aceste materiale oferă, de obicei, performanțe termice mai bune în comparație cu alternativele convenționale.

Eficiența energetică a unei clădiri este puternic influențată de proiectarea **anvelopei clădirii, de performanța termică, de sistemele de ventilație și de sistemele HVAC**. Dacă nu sunt proiectate corespunzător, aceste componente pot duce la un consum excesiv de energie și pot crea condiții interioare neplăcute pentru ocupanți. Accentul tot mai mare pus la nivel mondial pe durabilitatea mediului a determinat multe țări să adopte practici axate pe durabilitate pe **parcursul întregului ciclu de viață al clădirii**, inclusiv în **etapele de proiectare, construcție, utilizare și postconstrucție**. Incorporarea strategiilor de conservare a energiei în **faza inițială de proiectare** poate duce la economii substanțiale de energie pe durata de funcționare a clădirii.

Pentru a atinge obiectivele de proiectare durabilă, proiectanții trebuie să evalueze mai multe alternative de proiectare și să selecteze opțiunea cea mai eficientă din punct de vedere energetic. Acest proces necesită utilizarea de **instrumente avansate** care să ajute la luarea deciziilor în timpul fazei de proiectare. Modelarea informațiilor despre clădiri (BIM) a apărut ca un instrument esențial pentru sprijinirea proiectanților în selectarea modelelor optime de clădiri. BIM permite **modelarea parametrică**, ceea ce permite industriei de arhitectură, inginerie și construcții (AEC) să pună în aplicare mai eficient principiile de proiectare durabilă și să îmbunătățească eficiența energetică generală a clădirilor.

Este evident că **proiectarea arhitecturală și selectarea materialelor** joacă un rol crucial în determinarea consumului de energie și a amprente de carbon ale unei clădiri. În consecință, proiectanții trebuie să efectueze **evaluări cuprinzătoare ale proprietăților materialelor** pentru a se asigura că materialele selectate nu numai că

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

sprijină conservarea mediului, dar și sporesc confortul ocupanților. **Instrumentele parametrice de proiectare bazate pe performanță** integrate în BIM oferă proiectanților informații bazate pe date, permițându-le să ia decizii în cunoștință de cauză cu privire la selectarea materialelor durabile și optimizarea eficienței energetice [18].

5.2- Aplicații BIM

5.2.1. Definiția BIM

Definiția Building Information Modeling (BIM) variază în funcție de conținutul specific inclus în model. Un model informațional poate cuprinde diverse aspecte ale unei clădiri, cum ar fi geometria, componentele anvelopei, materialele, costurile, sistemele HVAC, sistemele electrice și proprietățile termice ale materialelor.

În conformitate cu Standardul național BIM din SUA (NBIMS-US), BIM este definit ca "actul de creare a unui model electronic al unei instalații în scopul vizualizării, analizei ingineresti, analizei conflictelor, verificării criteriilor de cod, ingineriei costurilor, produsului as-built, elaborării bugetului și în multe alte scopuri" [19]. În mod similar, Krygiel și Nies descriu BIM ca fiind "informații despre întreaga clădire și un set complet de documente de proiectare stocate într-o bază de date integrată" [20]. În plus, Smith și Tardif caracterizează BIM drept "un mecanism de transfer de la date la informații pentru a obține cunoștințele care ne permit să acționăm cu înțelepciune" [21].

Aceste definiții evidențiază natura cuprinzătoare și integratoare a BIM, subliniind rolul său în îmbunătățirea proceselor decizionale, îmbunătățirea eficienței proiectării și facilitarea gestionării informațiilor privind clădirile pe parcursul ciclului lor de viață.

5.2.1. Aplicarea BIM

Aplicarea Building Information Modeling (BIM) este în continuă expansiune pe măsură ce cercetătorii recunosc beneficiile sale potențiale în diverse domenii. Deși BIM este frecvent utilizat pentru analiza structurală (27%) și analiza energetică (25%), principala sa aplicație rămâne dezvoltarea rapidă a modelelor geometrice 3D și coordonarea 3D, cu o rată de utilizare de 60% [22]. Cu toate acestea, utilizarea BIM nu se limitează la arhitecți și ingineri; oferă avantaje și proprietarilor de locuințe, administratorilor de instalații, antreprenorilor și fabricanților [23].

Mai mulți factori-cheie determină adoptarea BIM în proiecte, inclusiv automatizarea procesului de modelare, o mai mare acuratețe a documentelor de construcție, o comunicare îmbunătățită între părțile interesate în timpul fazelor de proiectare și construcție, actualizări automate în toate vizualizările atunci când se fac modificări și o reducere a problemelor de coordonare pe teren [23-26]. În timp ce BIM este aplicat în mod predominant în proiectarea clădirilor, anumite domenii - cum ar fi modelarea energetică - nu au primit o atenție echivalentă. Integrarea BIM

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

cu simularea performanței clădirilor (BPS), denumită uneori BIM-Based Building Performance (BBIP), rămâne un domeniu neexplorat.

O revizuire cuprinzătoare a literaturii legate de BIM arată că majoritatea studiilor se concentrează pe planificare, proiectare, construcție, exploatare și consum de energie, cu publicații de arhivă care pun accentul pe proiectare și eficiență energetică [27]. Această tendință a fost observată la nivel global, indicând faptul că, deși companiile de construcții utilizează pe scară largă instrumente de simulare energetică, există o lipsă de integrare între BIM și Building Energy Modeling (BEM) în cadrul unei singure platforme. Absența unei astfel de integrări necesită reintroducerea manuală a datelor, chiar și atunci când informațiile relevante există deja în alte modele dezvoltate pentru un proiect [28,29]. Abordarea acestei lacune prin dezvoltarea unui cadru unificat BIM-BEM ar putea îmbunătăți semnificativ eficiența modelării energetice și a analizei performanței clădirilor.

5.3- A șasea dimensiune a BIM - durabilitatea și analiza ciclului de viață

Building Information Modeling (BIM) este o metodologie revoluționară care îmbunătățește planificarea, proiectarea, construcția și gestionarea proiectelor de infrastructură prin intermediul reprezentării digitale. Dintre diferitele dimensiuni ale BIM, cea de-a șasea dimensiune (6D) se concentrează asupra sustenabilității și analizei ciclului de viață, integrând considerente de mediu și eficiență energetică în fazele de proiectare și exploatare a unei clădiri. Prezenta lucrare analizează semnificația, aplicațiile și avantajele BIM 6D, ilustrând rolul său în promovarea sustenabilității în cadrul industriei de arhitectură, inginerie și construcții (AEC).

5.3.1. Introducere în BIM 6D

Dimensiunea 6D a BIM se extinde dincolo de proiectarea tradițională 3D, programarea 4D și estimarea costurilor 5D prin integrarea aspectelor legate de durabilitate în cadrul unui model de clădire. Aceasta permite părților interesate să analizeze consumul de energie, amprenta de carbon, durabilitatea materialelor și impactul general asupra mediului de-a lungul ciclului de viață al unei structuri. Având în vedere accentul global pus pe practicile de construcție ecologică, BIM 6D apare ca un instrument crucial în atingerea obiectivelor de durabilitate, cum ar fi certificarea LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) și conformitatea cu standardele internaționale de eficiență energetică [30,31].

5.3.2. Componentele cheie ale BIM 6D

- Analiza performanței energetice: 6D BIM permite simularea modelelor de consum de energie, permițând proiectanților să optimizeze izolația, geamurile, iluminatul și sistemele HVAC pentru a spori eficiența.
- Selectarea materialelor durabile: Prin integrarea bazelor de date de materiale, BIM ajută la alegerea materialelor ecologice care reduc carbonul încorporat și îmbunătățesc reciclabilitatea.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

- Evaluarea ciclului de viață (LCA): evaluează impactul unei clădiri asupra mediului de la construcție până la demolare, asigurând durabilitatea pe termen lung.
- Estimarea amprenteii de carbon: 6D BIM ajută la calcularea emisiilor de CO₂, ajutând dezvoltatorii în implementarea strategiilor de reducere a emisiilor de carbon.
- Integrarea energiei regenerabile: Modelul sprijină evaluarea panourilor solare, a energiei eoliene și a altor surse regenerabile pentru a spori autosuficiența.

5.3.3. Aplicații ale BIM 6D în industria AEC

- Certificări pentru clădiri ecologice: Facilitează conformitatea cu programele de certificare de mediu precum BREEAM, LEED și WELL Building Standard.
- Strategii de optimizare energetică: Asistență în proiectarea clădirilor care minimizează consumul de energie prin alegeri inteligente de proiectare.
- Raportare privind durabilitatea: Generează rapoarte și tablouri de bord pentru a urmări impactul asupra mediului pe tot parcursul ciclului de viață al proiectului.
- Eficiența gestionării instalațiilor: Post-construcție, 6D BIM ajută la operarea și întreținerea durabilă, reducând risipa de energie și costurile operaționale.

5.3.4. Avantaje ale implementării BIM 6D

- Îmbunătățirea procesului de luare a deciziilor: Oferă informații bazate pe date pentru arhitecți, ingineri și administratori de instalații.
- Reducerea costurilor: Ajută la minimizarea costurilor operaționale și energetice pe termen lung.
- Respectarea reglementărilor: Asigură respectarea legilor și standardelor de mediu.
- Îmbunătățirea colaborării părților interesate: Îmbunătățește transparența și comunicarea între diverșii participanți la proiect.
- Infrastructura pregătită pentru viitor: Asigurarea faptului că clădirile sunt proiectate pentru a rezista la schimbările climatice și la evoluția cerințelor de durabilitate.

5.3.5. Provocări și perspective de viitor

În ciuda numeroaselor sale beneficii, adoptarea 6D BIM se confruntă cu provocări precum costurile inițiale ridicate de implementare, complexitatea integrării datelor și necesitatea unei formări specializate. Cu toate acestea, se preconizează că progresele în inteligența artificială (AI), cloud computing și IoT (Internet of Things)

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

vor spori în continuare capacitățile BIM 6D, transformându-l într-o practică standard în construcțiile durabile.

A șasea dimensiune a BIM joacă un rol esențial în atingerea obiectivelor de sustenabilitate, permițând o analiză precisă a energiei, eficiența materialelor și optimizarea ciclului de viață. Pe măsură ce industria construcțiilor se îndreaptă către emisii nete zero și practici de construcție responsabile față de mediu, BIM 6D apare ca un progres tehnologic vital. Prin valorificarea potențialului său, părțile interesate pot crea infrastructuri mai inteligente, mai ecologice și mai durabile, contribuind la un mediu construit mai rezistent pentru generațiile viitoare.

5.4- Aplicarea BIM la modelarea energetică a clădirilor (BEM)

5.4.1. De la BIM la BEM

Acestea sunt aplicații ale BIM la modelarea energetică a clădirilor [32]:

- **Automatizarea modelării energetice:** BIM simplifică modelarea energetică prin automatizarea manipulării datelor, reducerea erorilor și economisirea timpului în comparație cu metodele convenționale.
- **Integrarea cu instrumentele BEM:** BIM se poate conecta cu instrumente de simulare energetică precum OpenStudio pentru a importa datele clădirii (geometrie, materiale, proprietăți termice) din fișiere IFC.
- **Îmbunătățirea prezentării rezultatelor:** BIM îmbunătățește vizualizarea în sistemele de gestionare a energiei, în special pentru instrumentele fără interfață grafică, permițând monitorizarea în timp real a performanței energetice.
- **Sistem de sprijin pentru gestionarea energiei bazat pe BIM (sistem BIM - EMSS):** Un cadru care integrează modele BIM cu contoare și senzori inteligenți pentru a efectua simulări energetice în timp real utilizând instrumente precum eQuest.
- **Stocarea și organizarea datelor:** BIM permite stocarea structurată a datelor legate de energie în timp real, inclusiv temperatura, ocuparea și consumul de energie.
- **Monitorizare în timp real:** Sisteme precum RTPM și RE-BIM Model utilizează BIM pentru a urmări consumul de energie, actualizările instalațiilor și schimbările de ocupare.
- **Integrarea senzorilor:** BIM permite conectarea datelor senzorilor la modelele clădirilor utilizând SensorML, facilitând urmărirea automată a consumului de energie.
- **Îmbunătățirea bibliotecilor de materiale:** BIM contribuie la extinderea bazelor de date privind proprietățile materialelor utilizate în modelarea energetică, îmbunătățind precizia proprietăților termice.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

- **Evaluarea ciclului de viață (LCA):** BIM acționează ca middleware între CAD și instrumentele energetice, adăugând atribute suplimentare pentru evaluările LCA.
- **Optimizarea proiectării anvelopei clădirii:** BIM permite pre-evaluarea materialelor și a sistemelor pentru a spori eficiența energetică.
- **Dimensionarea sistemelor HVAC:** BIM ajută la proiectarea și optimizarea sistemelor HVAC prin evaluarea diferitelor alternative.
- **Gestionarea cuprinzătoare a energiei:** În general, BIM îmbunătățește simulările energetice prin automatizarea fluxurilor de lucru, îmbunătățirea vizualizării, integrarea datelor în timp real și optimizarea selecției materialelor și sistemelor.

5.4.2. Componente ale procesului de interoperabilitate între BIM și BEM (BBIP)

Diverse componente contribuie la BBIP, iar analiza fiecărei componente în parte poate îmbunătăți înțelegerea provocărilor, a problemelor și a soluțiilor potențiale. Așa cum este ilustrat în Figura 1, BBIP constă din trei componente principale. Acest studiu se concentrează în principal pe a doua și a treia componentă a procesului, în special fișierele BIM și instrumentele de modelare energetică a clădirilor (BEM).

Instrumentele BEM constau în general din două componente principale: o interfață grafică cu utilizatorul (GUI) și un motor de simulare. Interfețele grafice precum OpenStudio, BEopt, DesignBuilder și eQuest facilitează procesul de modelare a energiei prin furnizarea unei interfețe interactive pentru utilizatori. Cu toate acestea, motorul de simulare energetică, care funcționează în fundal, efectuează calculele efective. Exemple de motoare de simulare energetică utilizate pe scară largă sunt EnergyPlus și DOE2.



Figura 1. Componentele BBIP.

Una dintre provocările majore ale BBIP implică maparea informațiilor despre clădiri în instrumentele de simulare energetică și transferul ulterior al rezultatelor simulării înapoi în GUI. Aceste procese, ilustrate în figura 2, reprezintă domenii-cheie în care apar probleme de interoperabilitate și de integrare a datelor în fluxurile de lucru BBIP.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

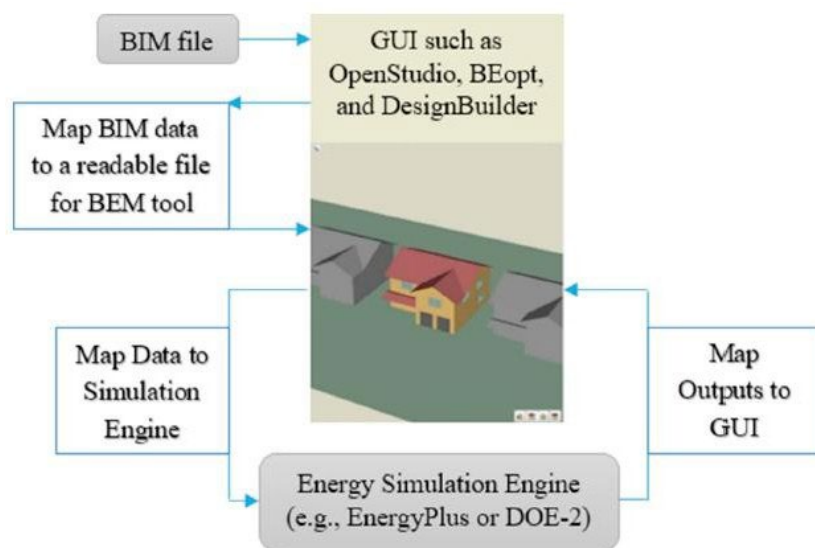


Figura 2. Fluxul de informații în BBIP. Sursă [32].

5.5 Software care utilizează BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

5.5.1. Studio deschis



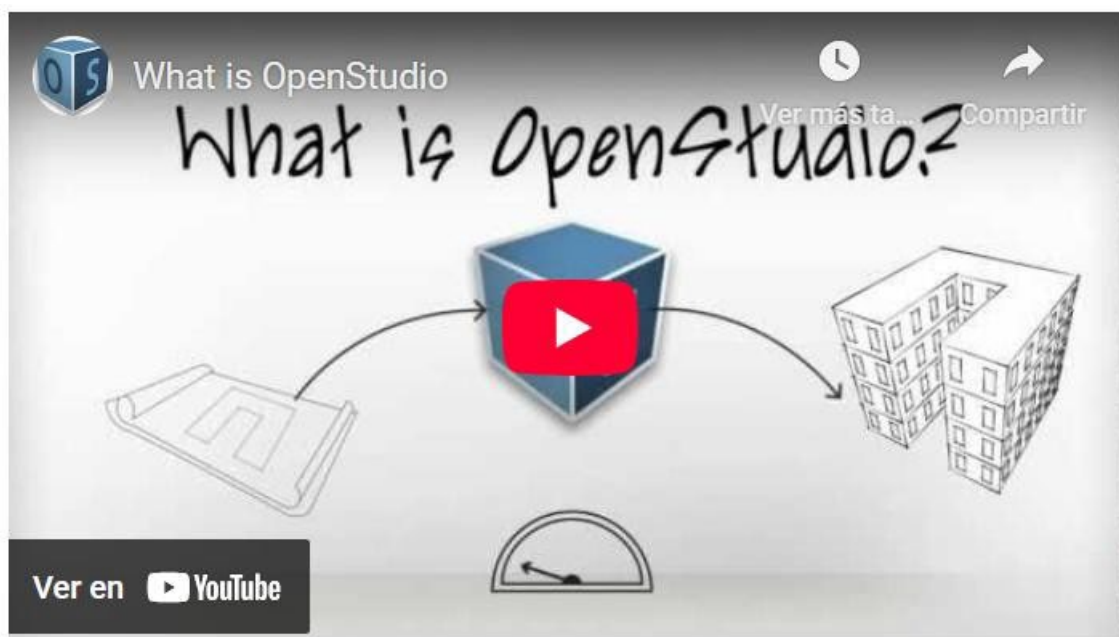
OpenStudio este o colecție multiplatformă (Windows, Mac și Linux) de instrumente software pentru a sprijini modelarea energetică a întregii clădiri utilizând EnergyPlus și analiza avansată a luminii naturale utilizând Radiance. OpenStudio este un proiect open source pentru a facilita dezvoltarea comunității, extinderea și adoptarea de către sectorul privat.

OpenStudio SDK este atât un kit de dezvoltare software (SDK), cât și o interfață de linie de comandă (CLI). Conceptual, OpenStudio SDK oferă o interfață de programare a aplicațiilor (API) pentru a accesa motorul de modelare EnergyPlus. Această interfață oferă multe beneficii, cum ar fi o interfață stabilă, cu versiune controlată, abstracții de tipologie a spațiului care facilitează modelarea clădirilor de către utilizatorii finali și legături de limbaj în Ruby, Python și C-Sharp pentru a o face mai accesibilă utilizatorilor familiarizați cu aceste limbaje. CLI este un instrument puternic, multiplatformă, care permite utilizatorilor să ruleze fluxuri de lucru

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

bazate pe OpenStudio pe arhitecturi acceptate, cum ar fi Linux, Windows și Mac.

Aplicațiile grafice includ **OpenStudio SketchUp Plug-in**, **OpenStudio Application** și **Parametric Analysis Tool**. Plug-in-ul SketchUp și aplicația Openstudio sunt menținute de **Coaliția OpenStudio**, care a fost fondată pentru a menține și dezvolta aceste aplicații grafice pentru comunitatea de modelare energetică a clădirilor. Plug-in-ul SketchUp este o extensie a popularului instrument de modelare 3D SketchUp de la Trimble care permite utilizatorilor să creeze rapid geometria necesară pentru EnergyPlus. În plus, OpenStudio acceptă importul de gbXML și IFC pentru crearea geometriei. Aplicația OpenStudio este o interfață grafică completă pentru modelele OpenStudio, inclusiv anvelopa, sarcinile, programele și HVAC. ResultsViewer permite navigarea, trasarea și compararea datelor de ieșire ale simulării, în special a seriilor cronologice. Instrumentul de analiză parametrică permite studierea impactului aplicării mai multor combinații de măsuri OpenStudio la un model de bază, precum și exportul rezultatelor analizei pentru transmiterea EDAPT.



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

5.5.2 DesingBuilder



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

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

O soluție complet modulară, DesignBuilder cuprinde un modelator 3-D de bază și 11 module care lucrează împreună pentru a oferi o analiză aprofundată pentru orice clădire. Fiecare modul se integrează complet cu modulele sale similare, astfel încât puteți alege module individuale sau unul dintre pachete.

Pachetele software conțin cele mai comune combinații de module pentru fiecare clasă de utilizatori, după cum se arată mai jos. Modulele pot fi, de asemenea, achiziționate separat și este disponibilă și o licență de rețea de site-uri cu orice combinație de module. Faceți clic pe numele modulului sau pe rolul postului pentru mai multe informații.

Module:

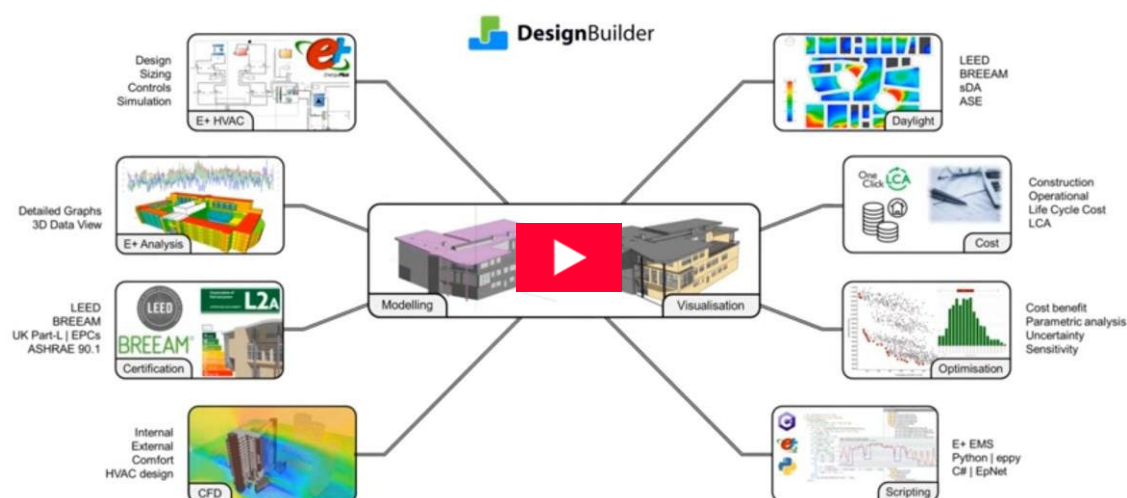
- [3-D Modeller](#) - Modulul principal, modelatorul nostru eficient de clădiri 3-D.
- [Vizualizare](#) - Vizualizare: Imagini randate și analiza umbririi site-ului.
- [Certificare](#) - EPC-uri și calcule Part-L2 în Regatul Unit și Irlanda.
- [Simulare](#) - Simulări EnergyPlus pentru analize energetice și de confort.
- [Lumina zilei](#) - Raportează factorii de lumină naturală și iluminarea folosind Radiance.
- [HVAC](#) - O interfață puternică și flexibilă pentru EnergyPlus HVAC.
- [Cost](#) - Estimarea costurilor de construcție în faza inițială.
- [LEED](#) - LEED EAp2 și calcule ASHRAE 90.1.
- [Optimizare](#) - Optimizare multicriterială pentru a ajuta la îndeplinirea obiectivelor de proiectare.
- [Scripting](#) - Personalizare simulările EnergyPlus utilizând EMS sau FMU.
- [CFD](#) - Computational Fluid Dynamics calculează distribuția proprietăților aerului în interiorul și în jurul clădirilor.

DesignBuilder permite să:

- Generați o gamă largă de rezultate și rapoarte pentru a vă ajuta să comparați performanța alternativelor de proiectare.
- Optimizarea clădirii în orice etapă de proiectare pe baza obiectivelor clientului.
- Modelați chiar și clădiri complexe cu un minim de timp și efort.
- Importați datele de proiectare BIM și CAD existente pentru a vă oferi un avantaj la introducerea datelor.
- Generați imagini și filme randate impresionante.
- Simplificarea simulării termice EnergyPlus.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

Video:

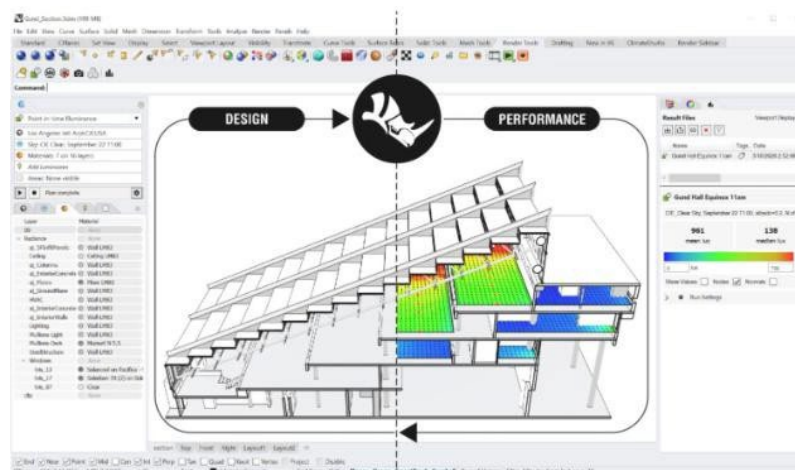


https://youtu.be/64dRTd_4NLQ

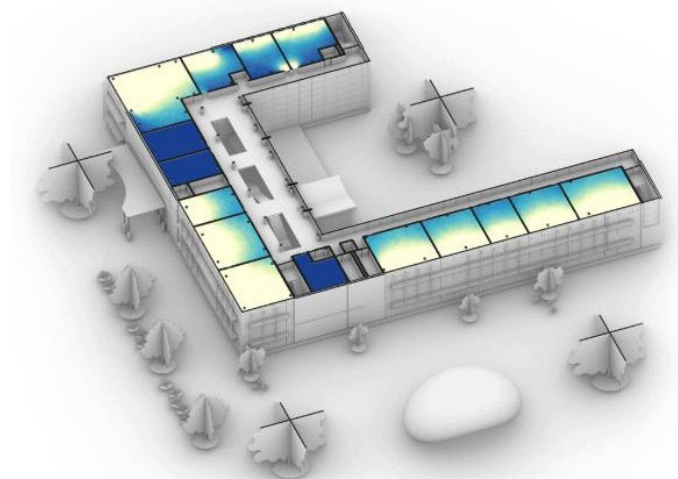
5.5.3 ClimateStudio



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



ClimateStudio este cel mai rapid și mai precis software de analiză a performanței de mediu pentru sectorul arhitecturii, ingineriei și construcțiilor (AEC). Fluxurile sale de lucru de simulare ajută proiectanții și consultanții să optimizeze clădirile în ceea ce privește eficiența energetică, accesul la lumina zilei, performanța iluminatului electric, confortul vizual și termic și alte măsuri ale sănătății ocupanților. ClimateStudio este un plugin pentru Rhinoceros 3D și necesită cea mai recentă versiune de serviciu a versiunii 6, 7 sau 8.



View Factor Sky

Caracteristici ale ClimeteStudio:

RAPID ȘI PRECIS

Bazat pe EnergyPlus și pe noua tehnologie RADIANCE de trasare a traseului, ClimateStudio este cel mai rapid și mai precis software de simulare de pe piață. Da, mai rapid decât instrumentele bazate pe cloud. Și da, mai precis decât DIVA-for-Rhino. În sfârșit, rezultate fiabile la o viteză de 1000 de ori mai mare.

UȘOR DE UTILIZAT

Asistentele cu un singur clic și rezultatele intuitive fac ClimateStudio ușor de utilizat și de înțeles. Setările personalizate, între timp, oferă experților control deplin.

CONSTRUIT PENTRU LUMEA REALĂ

ClimateStudio vine cu mii de materiale, construcții și modele preluate din măsurători reale și surse validate. Fie că se utilizează repere DOE, standarde ASHRAE sau produse de vitraj din IGDB, proiectele ClimateStudio sunt întotdeauna ancorate în realitate.

ANALIZA CLIMEI

ClimateStudio include o bibliotecă în care se pot căuta peste 30.000 de fișiere meteorologice și oferă vizualizări interactive ale temperaturii, umidității, vântului, radiațiilor și condițiilor UTCI la fața locului.

STUDII PRIVIND TRAIECTORIA SOARELUI ȘI UMBRA

Vizualizați unghiurile soarelui și umbrele pentru a evidenția oportunitățile de design pasiv și impactul asupra sitului.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

CONFORMITATEA LEED PRIVIND ILUMINATUL NATURAL

ClimateStudio calculează sDA în mod corect, utilizând umbrirea dinamică și cele mai recente standarde LM-83. Cu viteze revoluționare și raportare automată, puteți trece de la zero la conformitate cu un simplu clic.

STRĂLUCIREA ANUALĂ

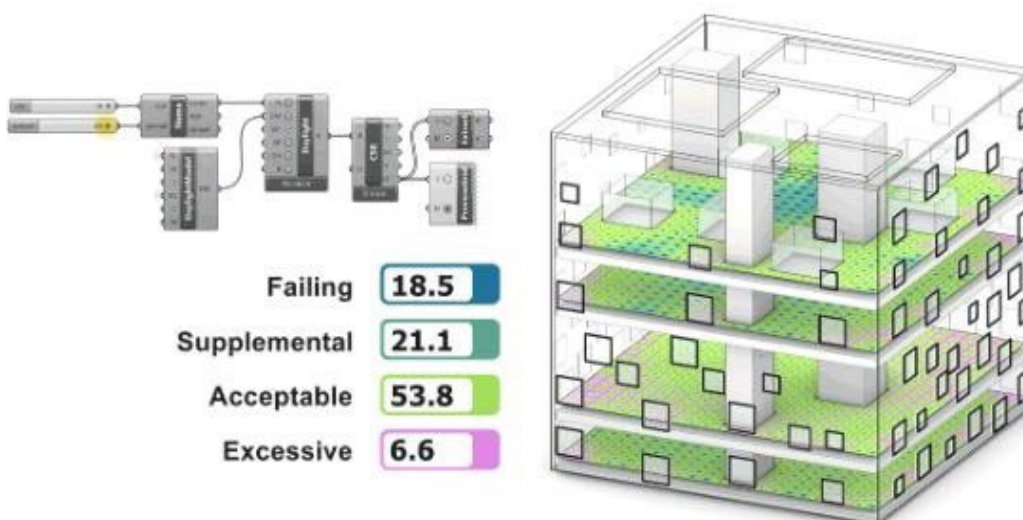
Evaluați strălucirea din sute de poziții de vizionare, pentru fiecare oră a anului, totul în câteva secunde.

MODELARE ENERGETICĂ MULTIZONALĂ

Cu o interfață complet dezvoltată, detectarea automată a adiacentului și rezultate interactive, ClimateStudio face ca modelarea energetică multizonală să fie floare la ureche.

INSTRUMENTE PARAMETRICE

ClimateStudio oferă modelare complet parametrică a luminii naturale și a energiei prin Grasshopper. Optimizările, analiza sensibilității și generarea automată de modele nu au fost niciodată mai simple.

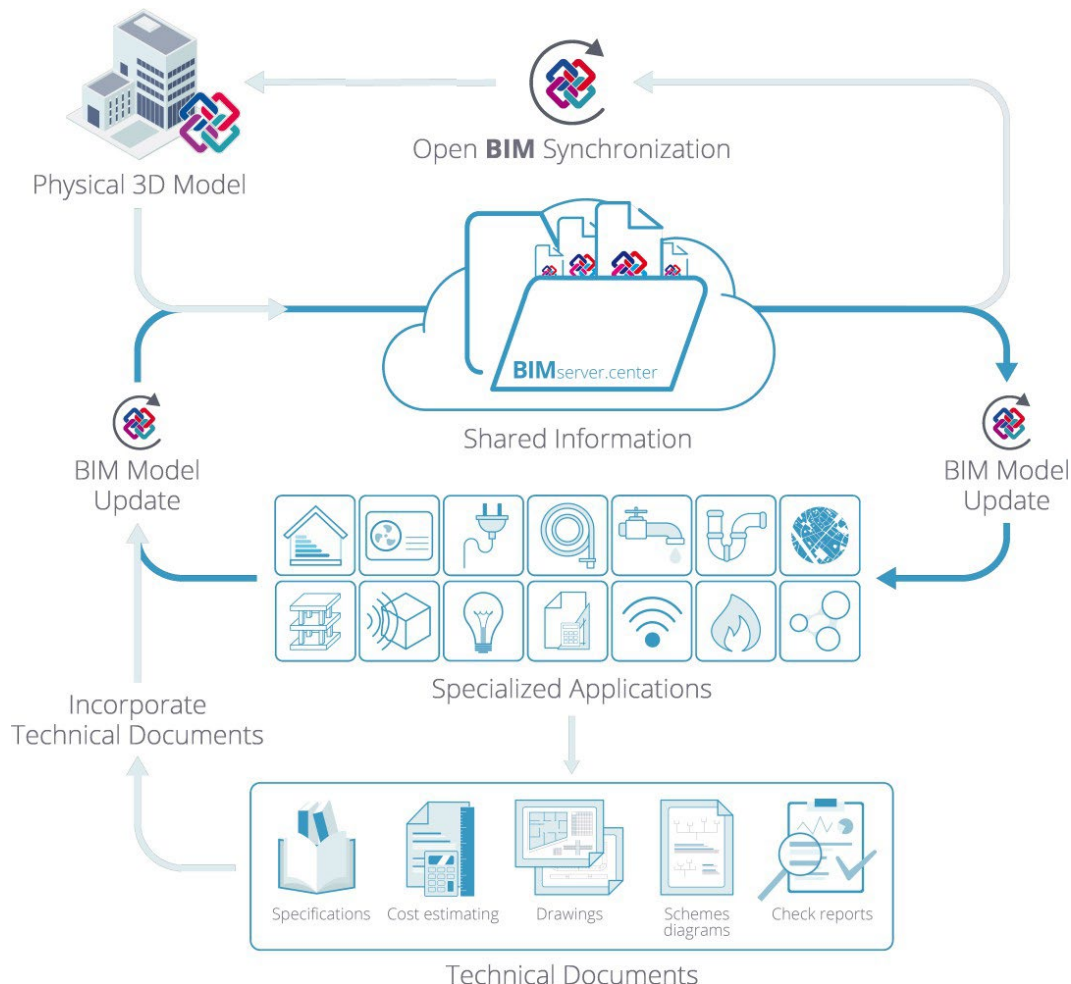


ENERGIE REGENERABILĂ

Simulați performanța sistemelor fotovoltaice pentru a compensa cererea de energie sau pentru a demonstra fezabilitatea zero net. Includeți în analiza dvs. stocarea pe baterii și prețurile variabile ale energiei electrice.

5.5.4 Pachetul Cype - CypeTherm

HE+ Fluxul de lucru OpenBIM cu Cype



Folosind BIMserver.center, există o comunicare directă între toți utilizatorii și aplicațiile care participă la un proiect care a fost dezvoltat folosind fluxul de lucru Open BIM.

Folosind un serviciu de actualizare în cloud, cu BIMserver.center, este posibilă gestionarea și partajarea tuturor fișierelor unui proiect BIM, oferind mijloacele pentru o bună organizare și comunicare între utilizatorii care sunt autorizați să intervină în proiect.

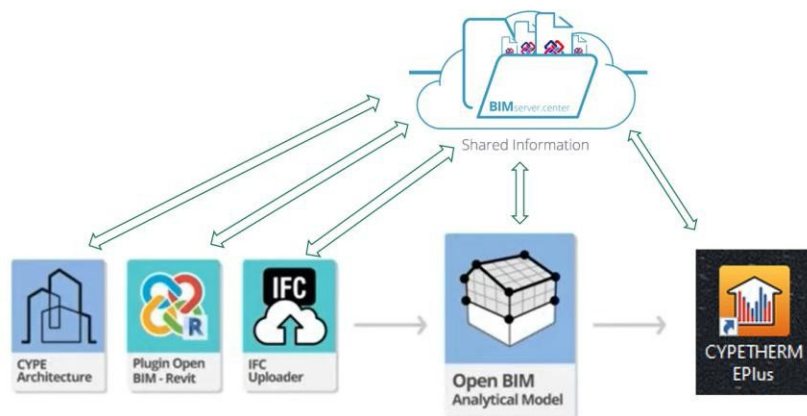
În plus, cei care sunt responsabili pentru proiecte pot gestiona permisele și accesul pentru fiecare proiect și pentru fiecare utilizator autorizat, permițând chiar posibilitatea de a oferi contribuții sau propuneri oricărui utilizator BIMserver care este interesat să participe la un proiect.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

Flux de lucru pentru analiza performanței energetice cu Cype

Există mai multe fluxuri de lucru posibile pentru a efectua analize ale performanței energetice a clădirilor cu programele Cype. În acest tutorial vom prezenta două dintre acestea.

Energy analysis workflow



Flux de lucru 1

În fluxul de lucru 1, se utilizează un modelator BIM, care poate fi Cype Architecture, Revit sau alt software care construiește un model BIM al clădirii în format IFC4.

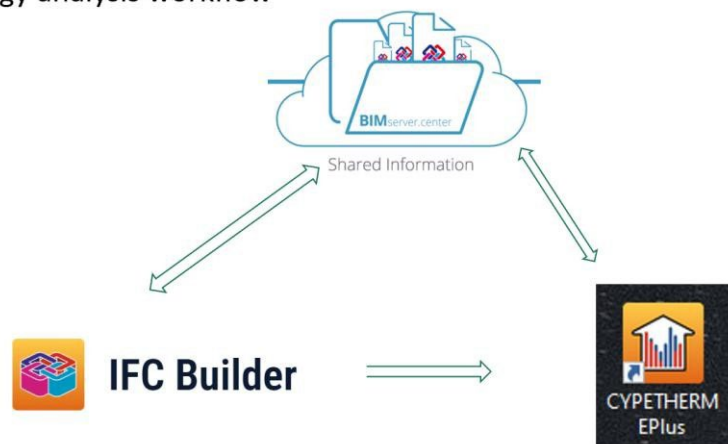
Odată ce modelul BIM a fost construit în format IFC, acest model este trimis la BIMServerCenter, iar de acolo software-ul OpenBIM Analytical Model îl descarcă pentru a realiza modelul analitic al clădirii care conține informații despre spațiile și volumele clădirii. Modelul analitic OpenBIM trimite apoi modelul analitic către BIMServerCenter.

Următorul pas este utilizarea CypeTHERM Eplus care, folosind modelele BIMServerCenter create până în acest moment, finalizează caracterizarea modelului energetic al clădirii (proprietăți ale anvelopei termice, sisteme HVCA, climă, radiație solară, sarcini termice, niveluri de confort etc.) și efectuează analiza energetică prin motorul Energy+.

Dacă optați pentru fluxul de lucru 2, trebuie să utilizați doar două programe din pachetul Cype. IFC Builder pentru a crea modelul BIM al clădirii și CypeTHERM Eplus pentru a efectua analiza energetică.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

Energy analysis workflow



Flux de lucru 2

CypeTherm HE Plus

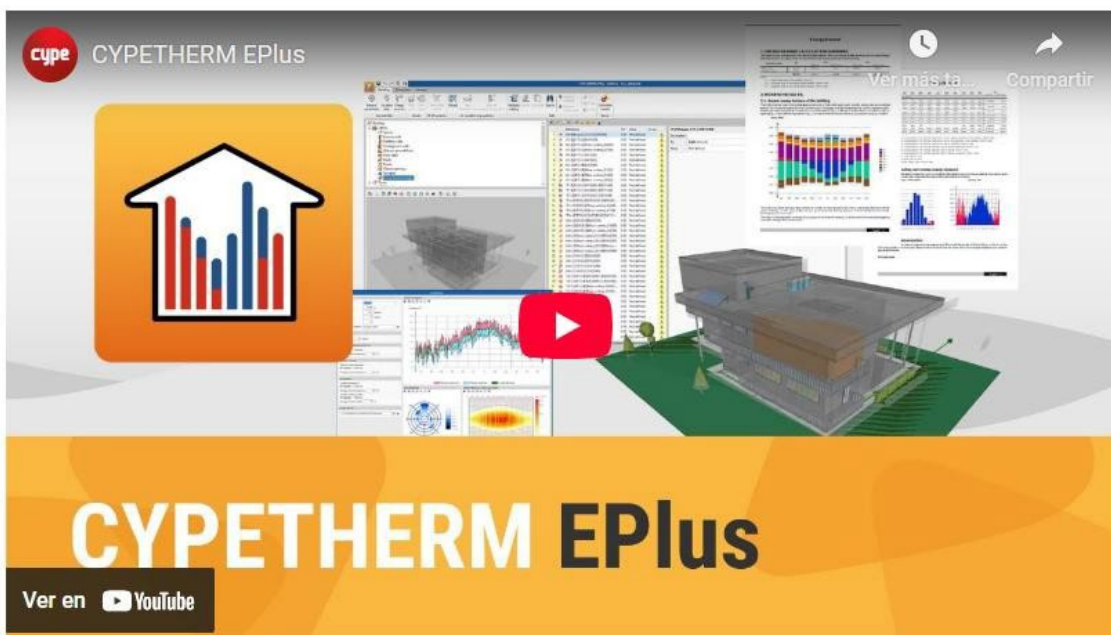


CYPETHERM EPlus - CYPE

CYPETHERM EPlus este un program creat pentru a efectua modelarea și simularea energetică a clădirilor cu **EnergyPlus**.™

CYPETHERM EPlus este integrat în fluxul de lucru Open BIM prin intermediul standardului IFC. Acesta include unele dintre următoarele caracteristici:

- Importul modelului geometric al clădirii din fișiere IFC generate de programe CAD/BIM precum IFC Builder (aplicație CYPE gratuită), Allplan®, Archicad® sau Revit®.
- Importul instalației de climatizare a clădirii definite cu sistemele producătorilor din fișiere IFC, generate de programele Open BIM DAIKIN, Open BIM FUJITSU și Open BIM VAILLANT.
- Simularea celor mai răspândite sisteme de aer condiționat din clădiri, inclusiv a echipamentelor predefinite ale producătorilor.
- Integrarea codurilor internaționale și a manualelor aprobate pentru definirea caracteristicilor termice ale clădirii.
- Verificarea condensului de suprafață și interstițial.
- Definirea automată a punților termice ale clădirii de la marginile modelului BIM.
- Rapoarte privind rezultatele simulării energetice a clădirii: cererea de energie, consumul de energie, confortul interior.
- Exportul rezultatelor analizelor către CYPETHERM Improvements Plus pentru analizele energetice și economice ale diferitelor propuneri de clădiri.



<https://youtu.be/YCWqrHs5txQ>

Referințe

- [1] Alkhatib F, Kasim N, Goh W I, Shafiq N, Amran M, Kotov E V și Albaom M A 2022 Optimizarea aerodinamică computațională a clădirilor înalte neregulate sensibile la vânt *Buildings* **12** 939
- [2] Acquaye A A și Duffy A P 2010 Analiza input-output a emisiilor de gaze cu efect de seră din sectorul construcțiilor din Irlanda *Building and Environment* **45** 784-91
- [3] Ham Y 2015 Diagnosticarea energetică a clădirilor pe bază de viziune și analiza modernizării utilizând termografia 3D și modelarea informațiilor despre clădiri. Universitatea din Illinois la Urbana-Champaign)
- [4] Sagheb A, Vafaeihosseini E și Ramancharla P K 2011 Rolul materialelor de construcție asupra încălzirii globale: lecții pentru arhitecți. În: *National Conference on Recent Trends in Civil Mechanical Engineering*. Disponibil la: www.researchgate.net/profile/Pradeep_Ramancharla/publication/269031946_The_Role_of_Building_Construction_Materials_on_Global_Warming_Lessons_for_Architect,
- [5] De Lasso J, França J, Espirito Santo K și Haddad A 2016 Studiu de caz: Metodologia LCA aplicată managementului materialelor într-un șantier rezidențial brazilian *Journal of Engineering* **2016**
- [6] Jin R, Zhong B, Ma L, Hashemi A și Ding L 2019 Integrarea BIM cu analiza performanței clădirii în ciclul de viață al proiectului *Automation in Construction* **106** 102861

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

- [7] Hamzah M, Jamshidi A, Shahadan Z, Hasan M M și Yahaya A 2010 Evaluarea proprietăților tehnice și a avantajelor economice ale WMA folosind materiale locale *Journal of Applied Sciences (Faisalabad)* **10** 2433-9
- [8] Inițiativa C 2009 Clădirile și schimbările climatice
- [9] Motawa I and Carter K 2013 Sustainable BIM-based evaluation of buildings *Procedia-Social and Behavioral Sciences* **74** 419-28
- [10] Rahmani Asl M, Zarrinmehr S și Yan W 2013 Către optimizarea parametrică a performanței energetice a clădirilor bazată pe BIM
- [11] Azhar S, Brown J și Sattineni A 2010 Un studiu de caz al analizelor de performanță a clădirilor utilizând modelarea informațiilor despre clădiri. În: *Proceedings of the 27th international symposium on automation and robotics in construction (ISARC-27)*, Bratislava, Slovakia, pp 25-7
- [12] Zaid S și Graham P 2012 Necesitatea unei legislații privind eficiența energetică în sectorul construcțiilor din Malaezia. Un studiu comparativ al politicilor din Asia de Sud-Est
- [13] Tantawy D A 2015 Utilizarea modelării informațiilor despre clădiri pentru simularea și analiza interioarelor ecologice *Int J Contemp Appl Sci* **2** 262-79p
- [14] Shoubi M V, Shoubi M V, Bagchi A și Barough A S 2015 Reducerea cererii de energie operațională în clădiri utilizând instrumente de modelare a informațiilor despre clădiri și abordări de sustenabilitate *Ain Shams Engineering Journal* **6** 41-55
- [15] Carvalho J P, Bragança L și Mateus R 2021 Sustainable building design: Analiza fezabilității platformelor BIM pentru a sprijini evaluarea practică a sustenabilității clădirilor *Computers in Industry* **127** 103400
- [16] Zhu H 2014 Practice on Green Design of Building Energy Efficiency Based on BIM *Comput Model New Tech* **18** 678-81
- [17] Ryu H-S și Park K-S 2016 Un studiu privind procesul de simulare energetică LEED utilizând BIM *Sustainability* **8** 138
- [18] Alkhatib F, Alawag AM, Daris A 2021 Building Information Modelling (BIM) and Energy Performance of Building - A Review. *Journal of Applied Artificial Intelligence* **2** 22-31

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

- [19] NBIMS-US, National BIM Standard-United States® Version 3, National Institute of Building Sciences, Washington, DC, (2013) Disponibil: http://mddb.apec.org/Documents/2013/SCSC/WKSP5/13_scsc_wksp5_007.pdf , Data accesării: 15 ianuarie 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 Available: http://bim.psu.edu/uses/Freq-Benefit/BIM_Use-2010_Innovation_in_AEC-Kreider_Messner_Dubler.pdf , Accessed date: 15 January 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, Coreea, 2011, pp. 544-545. Disponibil: http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23692.pdf , Data accesării: 15 ianuarie 2017.
- [25] N.W. Young Jr., S.A. Jones, H.M. Bernstein, J.E. Gudgel, The business value of BIM, McGraw Hill, New York, (2009) Disponibil: http://images.autodesk.com/adsk/files/final_2009_bim_smartmarket_report.pdf , Data accesării: 15 ianuarie 2017.
- [26] 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 Disponibil: <http://ibpsa-usa.org/index.php/ibpsa/article/view/365/351> , Data accesării: 15 ianuarie 2017.
- [27] H.-Y. Chong, C.-Y. Lee, X. Wang, O revizuire mixtă a adoptării Building Information Modelling (BIM) pentru durabilitate, J. Clean. Prod. 142 (2017) 4114-4126, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.222>.
- [28] L. Mohamed Khodeir, A. Ali Nessim, Abordarea integrată BIM2BEM: examinarea statutului de adoptare a modelării informațiilor despre clădiri și a modelelor energetice ale clădirilor în firmele de arhitectură egiptene, Ain Shams Eng. J. (2017), <https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.01.004> În presă.

Utilizarea BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor

- [29] C.-Y. Lee, H.-Y. Chong, X. Wang, raționalizarea utilizării modelării digitale și a modelării informațiilor despre clădiri (BIM) pentru proiectele petroliere și de gaze, *Arch. Comput. Meth. Eng.* (2016) 1-48 Disponibil: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11831-016-9201-4> , Data accesării: 15 ianuarie 2017.
- [30] Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., & Ahmad, I. (2011). Modelarea informațiilor despre clădiri pentru proiectarea durabilă și analiza ratingului LEED®. *Automation in Construction*, 20(2), 217-224.
- [31] Wong, J. K. W., & Fan, Q. (2013). Modelarea informațiilor despre clădiri (BIM) pentru proiectarea durabilă a clădirilor. *Facilities*, 31(3/4), 138-157.
- [32] Kamel E, Memari A. M. 2019 Review of BIM's application in energy simulation: Instrumente, probleme și soluții, *Automation in Construction* **95**. 164-180

6 - Livrabile

Pentru a evalua succesul tutorialului, se recomandă ca studenții să răspundă la un chestionar online.

7- Ce am învățat

Rolul BIM în creșterea eficienței energetice în clădiri

Rolul BIM în proiectarea durabilă a clădirilor

Beneficiile celei de-a 6^a dimensiuni BIM.

Stadiul actual al aplicațiilor BIM pentru modelul energetic al clădirii (BEM).

Exemple de software care utilizează BIM pentru a analiza eficiența energetică a clădirilor.