



Kauno technologijos universitetas
Statybos ir architektūros fakultetas

Statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymo modelis pastato eksploatacijos etapui

Magistro baigiamasis projektas

Laimonas Ūselis
Projekto autorius

Doc. Dr. Rasa Apanavičienė
Vadovė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas
Statybos ir architektūros fakultetas

Statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymo modelis pastato eksploatacijos etapui

Magistro baigiamasis projektas
Statybos valdymas (6211EX007)

Laimonas Ūselis
Projekto autorius

Doc. Dr. Rasa Apanavičienė
Vadovė

Doc. Dr. Arūnas Aleksandras Navickas
Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Laimonas Ūselis

Statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymo modelis pastato eksploatacijos etapui

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Laimonas Ūselis



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Studijų programa: 6211EX007 STATYBOS VALDYMAS

Baigiamojo projekto tema (lietuvių k.):
STATINIO INFORMACINIO MODELIAVIMO (BIM) TECHNOLOGIJŲ TAIKYMO MODELIS
PASTATO EKSPLOATACIJOS ETAPUI

Baigiamojo projekto tema patvirtinta dekanų potvarkiu Nr.: ST18-F-09-1

(lietuvių k.):
STATINIO INFORMACINIO MODELIAVIMO (BIM) TECHNOLOGIJŲ TAIKYMO MODELIS
PASTATO EKSPLOATACIJOS ETAPUI

(anglų k.):
APPLICATION MODEL OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) TECHNOLOGIES
FOR OPERATION AND MAINTENANCE STAGE

Pradiniai duomenys darbui (pagal poreikį):
**PLANUOJAMA GAUTI REALAUS PROJEKTO 3D MODELĮ, KURIS BUS NAUDOJAMAS
PASTATŲ VALDYMO PROGRAMŲ IR BIM PROGRAMŲ SĄSAJOS TYRIMUI**

Baigiamojo projekto dalys:	Atlikti
Įvadas	x
Literatūros apžvalga	x
Metodologija	x
Eksperimentiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Analitiniai tyrimai	x
Skaitiniai tyrimai	x
Ekonominė dalis	<input type="checkbox"/>
Išvados	x

Kita informacija (pagal poreikį), susitikimų su vadovu savaitės diena (-os) bei laikas:

Vadovas: Doc. Dr. Rasa Apanavičienė
(indėlis _____ %) *pareigos, vardas, pavardė* parašas

Konsultantas: _____
(indėlis _____ %) *pareigos, vardas, pavardė* parašas

Konsultantas: _____
(indėlis _____ %) *pareigos, vardas, pavardė* parašas

Studentas: Laimonas Ūselis
vardas, pavardė parašas

Ūselis, Laimonas. Statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymo modelis pastato eksploatacijos etapui. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovė Doc. Dr. Rasa Apanavičienė; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų krypčių grupė: inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: Pastatų valdymas, pastato informacinis modeliavimas

Kaunas, 2022. 64 p.

Santrauka

Pastatų informacinis modeliavimas (BIM) yra plačiai paplitusi technologija, naudojama daugelyje pasaulio šalių. BIM turėtų apimti visus pastato gyvavimo ciklo etapus, tačiau šiuo metu ši technologija naudojama daugiausiai tik projektavimo ir statybos etapuose. BIM technologijų taikymas pastatų valdymui yra visiškai nauja sritis. Analizuojant šia tema parašytus mokslinius straipsnius, pastebėta, kad didžioji dalis jų yra publikuoti 2018–2021 metais. Tai rodo augantį šios temos aktualumą.

Šio darbo tikslas yra sukurti teorinį pastato informacinių technologijų taikymo modelį pastatų eksploataciniam etapui.

Šį darbą sudaro keturios dalys. Pirmoji dalis – literatūros analizė, kurioje analizuoti 32 moksliniai straipsniai apie BIM sąsają su pastatų valdymu. Analizės metu nustatyta, kad pagrindinė problema, su kuria susiduriama taikant BIM technologijas pastatų valdymui, yra duomenų perkėlimas iš modelio į pastatų valdymo sistemas. Antroje dalyje aprašomi galiojantys standartai ir esminiai dokumentai, kurie yra reikalingi nagrinėjant BIM ir pastatų valdymo sąsają bei sudaromas teorinis BIM technologijų taikymo modelis pastato eksploatacijos etapui. Trečiojoje dalyje teorinis modelis išbandytas naudojant *Dalux handover* sistemą. Sudaryta atributinės informacijos poreikio lentelė, aprašytos projekto dalyvių pareigos, sudaryta projekto dalyvių duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūros schema, projektas įkeltas į *Dalux* sistemą, paruoštas elementų atributinės informacijos suvedimui ir, galiausiai, suvesti visi pastato valdymui reikalingi elementų atributiniai duomenys. Ketvirtojoje dalyje pateikti pasiūlymai, kaip *Dalux* sistemos siūlomus privalumus pritaikyti naudojant COBie standartą ir pateiktos darbo išvados.

Tyrimo rezultatai – darbo metu sukurtas teorinis BIM technologijų taikymo modelis pastato eksploatacijos etapui išsprendžia didžiausias BIM ir pastatų valdymo sąsajos problemas, kurios buvo nustatytos teorinės darbo dalies metu.

Baigiamojo darbo išvados – siekiant BIM technologijų panaudojimo pastato eksploatacijos etape, būtina sudaryti užsakovo informacijos reikalavimų dokumentą, priešprojektinėje stadijoje pasirinkti duomenų perkėlimo metodą, kuriant modelį atlikinėti duomenų suderinamumo bandymus, statybos proceso metu atnaujinti BIM modelį po kiekvieno projekcinio pakeitimo.

Darbo rezultatų panaudojimo sritys – darbo metu sukurtas teorinis modelis gali būti pritaikomas vykdant realius statybos projektus, kuriuose siekiama pilno BIM technologijų panaudojimo.

Ūselis, Laimonas. Application Model of Building Information Modelling (BIM) Technologies for Operation and Maintenance Stage. Master's Final Degree / supervisor Doc. Dr, Rasa Apanavičienė; Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field group: Engineering Sciences.

Keywords: Building information modeling, Facility management

Kaunas, 2022. 64p.

Summary

Building information modeling (BIM) is widely accepted practice in use in most of the countries around the world. BIM should be used in all stages of a building life cycle, however at the moment it is mostly used for design and construction phases. FM enabled BIM is completely new practice. Most of case studies in this area are done from 2018 till 2021, which indicates, that interest in it is growing.

Aim of this paper is to create theoretical model of application of building information modeling technologies for operation and maintenance stage.

This work consists of four parts. The first part is a literature review, which analyzes 32 scientific articles on the relationship between BIM and building management. The analysis found that the main problem encountered in applying BIM technologies to building management is the transfer of data from the model to building management systems. The second part describes the current standards and essential documents that are needed to examine the interface between BIM and building management and provides a theoretical model for the application of BIM technologies to the operational phase of a building. In the third part, the theoretical model is tested using the *Dalux handover* system. A table for element attribute data showcase was created, the responsibilities of the project participants were described, a data exchange and communication infrastructure scheme for the project participants was created, the project was uploaded to the *Dalux* system, all element attribute data required for building management were finalized. The fourth part presents suggestions on how to apply the advantages offered by the *Dalux* system using the COBie standard and presents the conclusions of the work.

The results of the research - the theoretical model of application of BIM technologies for the operation phase of the building developed during the work solves the biggest problems of the interface between BIM and building management, which were identified during the theoretical part of the work.

Conclusions of the final work - in order to use BIM technologies in the operation phase of the building, it is necessary to create a EIR document, select the data transfer method at the pre-design stage, perform data compatibility testing during the construction, update the BIM model after each design change.

Areas of application of the work results - the theoretical model developed during the work can be applied in real construction projects, which aim at the full use of BIM technologies.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. BIM technologijų taikymo pastatų eksploatacijos etape aktualumas ir mokslinių tyrimų apžvalga	12
1.1. Efektyvaus pastatų valdymo svarba ir BIM taikymo pastatų eksploatacijos etape privalumai	12
1.2. Duomenų mainai tarp BIM ir pastatų valdymo sistemų.....	13
1.3. BIM modelio ir pastato valdymo sistemų integracijos ypatumai naujiems statiniams	18
1.4. BIM modelio ir pastato valdymo sistemų integracijos ypatumai esamiems pastatams	22
1.5. Literatūros analizės išvados.....	27
2. Statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymas pastato eksploatacijos etapui. 29	29
2.1. Duomenų mainų tarp BIM modelio ir pastatų valdymo sistemų užtikrinimas taikant BM standartus	29
2.2. Užsakovo reikalavimai statinio informacinio modelio rengimui (EIR) ir BIM įgyvendinimo planas (BEP).....	30
2.3. Teorinis statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymo modelis pastato eksploatacijos etapui.....	37
3. Statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymo pastato eksploatacijos etapui tyrimas	42
3.1. Tyrimo planas.....	42
3.2. IFC modelio ir <i>Dalux handover</i> sąsaja	46
3.3. Teorinio BIM technologijų taikymo modelio pastato eksploataciniam etapui pritaikymas naudojant <i>Dalux handover</i>	50
3.4. Tyrimo rezultatai, išvados ir siūlymai ateities tyrėjams.....	57
4. Išvados ir pasiūlymai.....	59
Literatūros sąrašas	61
Priedai.....	64
1 priedas. Atributinė informacija COBie lentelėje	64

Lentelių sąrašas

lentelė 1. Uostų valdymo taikant BIM technologijas privalumai ir trūkumai	26
lentelė 2. EIR dokumento sandara	30
lentelė 3. LOD lygiai	32
lentelė 4. Reikalavimai atributinei informacijai	33
lentelė 5. BIM modelio kokybės kontrolė	36
lentelė 6. Bendrieji statinio rodikliai	51
lentelė 7. Projekto dalyvių atsakomybės	52
lentelė 8. Naudojama programinė įranga.....	52
lentelė 9. Pastato elementų detalizavimo poreikis.....	54

Paveikslų sąrašas

1 pav. COBie elemento parametrai ^[32]	14
2 pav. COBie spreadsheets lentelės ^[32]	14
3 pav. Duomenų mainų diagrama ir galimo klaidų atsiradimo vietos ^[32]	15
4 pav. Pastatų valdytojams reikalinga informacija ^[27]	15
5 pav. Abiejų siurblių vibracijų dažniai ^[42]	17
6 pav. Siurblių veikimo palyginimas ^[42]	17
7 pav. Pastato elementų atvaizdavimas <i>Unity</i> aplinkoje. ^[30]	17
8 pav. FM enabled BIM darbo eigos schema informacijos surinkimui, apdorojimui ir perdavimui ^[32]	19
9 pav. Numatoma informacijos mainų schema ^[2]	20
10 pav. Atliktų remonto darbų vizualizacija ^[2]	20
11 pav. <i>EncapsulatingBIM4FM</i> naudojimo žingsniai ^[15]	22
12 pav. BIM 7D pasiekimo procesas ^[28]	23
13 pav. Visų stadijų trukmės ^[31]	25
14 pav. Siūloma darbų eiga įkomponuojant BIM į uostų valdymą ^[37]	26
15 pav. Darbų eigos schemas (sudaryta autoriaus)	35
16 pav. Teorinis BIM taikymo eksploataciniame etape modelis (sudaryta autoriaus)	38
17 pav. Darbų schema naujai statybai (sudaryta autoriaus)	43
18 pav. Darbų schema esamam statiniui (sudaryta autoriaus)	44
19 pav. Dviejų IFC modelių sujungimas į vieną (sudaryta autoriaus)	47
20 pav. Vandens šildytuvas plane ir 3D erdvėje (sudaryta autoriaus)	48
21 pav. Perdavimo informacijos pildymas (sudaryta autoriaus)	49
22 pav. Duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūros schema (sudaryta autoriaus)	53
23 pav. Darbų paketai „Dalux handover“ aplinkoje (sudaryta autoriaus)	56
24 pav. Smėliagaudės atributinė informacija Dalux handover sistemoje (sudaryta autoriaus)	57
25 pav. Pavyzdinė lentelė Google diske (sudaryta autoriaus)	59

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

BIM – Building Information Modeling;

FM – Facility Management

COBie - Construction Operations Building Information Exchange;

IFC – Industry Foundation Classes;

Terminai:

BIM – Pastato informacinis modeliavimas, erdvinis jo sąryšis su aplinka, geografinė informacija, visi pastato architektūrinių, konstrukcinių ir inžinerinių sistemų sprendimai, elementų bei medžiagų kiekiai ir jų kokybiniai parametrai, tame tarpe energetiniai rodikliai.

FM – Pastatų valdymas, statinio priežiūra jo eksploataciniame etape atliekant visus einamuosius remontus, planuojant prevencinius darbus.

Įvadas

Pastatų informacinis modeliavimas (BIM) yra plačiai paplitusi technologija, naudojama daugelyje pasaulio šalių. BIM turėtų apimti visus pastato gyvavimo ciklo etapus, tačiau šiuo metu ši technologija naudojama daugiausiai tik projektavimo ir statybos etapuose. BIM technologijų taikymas pastatų valdymui yra visiškai nauja sritis. Analizuojant šia tema parašytus mokslinius straipsnius, pastebėta, kad didžioji dalis jų yra publikuoti 2018 – 2021 metais. Tai parodo, kad susidomėjimas šia tema išaugo tik pastaraisiais metais.

Pastato eksploatacinis etapas yra brangiausias iš etapų. Eksploatacijos metu yra patiriama apytikriai 85% visų statinio gyvavimo ciklo išlaidų, todėl efektyvus pastatų valdymas yra itin svarbus. Sklandžiam valdymo procesui užtikrinti, reikalinga tiksli ir patikima informacija apie statinį. Visa ši informacija gali būti gaunama iš BIM modelio, tačiau kol kas nėra aiškių gairių nuo ko reikėtų pradėti, kokie aspektai yra svarbiausi ir kaip užtikrinti sklandų BIM įkomponavimą į pastatų valdymą^[24]. Visos šios BIM technologijų taikymo pastatų valdymui problemos gali būti išsprendžiamos sudarant aiškų teorinį modelį, kuriame būtų apibrėžta aiški duomenų mainų ir projekto komandos narių komunikacijos infrastruktūra, projekto komandos narių pareigos ir atsakomybės, BIM modelio atnaujinimo, informacijos rinkimo ir perdavimo statybos proceso metu taisyklės ir pačios pastato informacijos perkėlimo iš BIM modelio į pastatų valdymo sistemas metodai. Todėl, šio darbo tikslas yra:

- Sukurti teorinį BIM technologijų taikymo modelį pastatų eksploatacijos etapui ir įvertinti šio modelio praktinio taikymo galimybes.

Norint pasiekti šį tikslą, bus įgyvendinami šie uždaviniai:

1. Pagrįsti temos aktualumą ir atlikti šia tema parašytų mokslinių straipsnių analizę.
2. Identifikuoti BIM modelio sąsajos su pastatų valdymo sistemomis ypatumus.
3. Sukurti teorinį BIM technologijų taikymo modelį pastatų eksploatacijos etapui.
4. Įvertinti teorinio modelio praktinio taikymo konkreitiems objektams galimybes atsižvelgiant į pasirinktos pastatų valdymo sistemos ypatumus.
5. Pateikti išvadas ir rekomendacijas.

1. BIM technologijų taikymo pastatų eksploatacijos etape aktualumas ir mokslinių tyrimų apžvalga

1.1. Efektyvaus pastatų valdymo svarba ir BIM taikymo pastatų eksploatacijos etape privalumai

Pastatų eksploatacinis etapas – ilgiausias ir todėl daugiausiai lėšų reikalaujantis iš visų pastato gyvavimo etapų. Tik apytiksliai 15 % bendrų išlaidų yra patiriamos kitų, projektavimo ir statybos, periodų metu.^[8] Daugiausia lėšų eksploataciniu laikotarpiu skiriama remontui ir priežiūrai^[26], kuriuos sunku optimaliai organizuoti pastatus valdant tradiciniais pastatų valdymo metodais – naudojant paprastus 2D brėžinius ir kompiuterines sistemas. – Todėl dažnai remontas būna atliekamas kritiniu momentu, kas užtrunka kelis kartus ilgiau, nei viskuo pasirūpinant dar prieš avariją. Sujungus modernias pastatų valdymo sistemas ir aukšto detalumo BIM modelį, įmanoma atlikti automatinį prevencinių darbų organizavimą, padedantį viską atlikti optimaliu eiliškumu ir laiku^{[5][40]}.

Taip pat susiduriama su problema, kad dabartinis pastatų valdymas nėra našus žmogiškųjų išteklių aspektu – informacija apie projektą nėra integruota į sistemas, todėl jos tenka ieškoti projektų dokumentacijoje^[5], kas reikalauja daug laiko ir energijos. Sujungus detalius *as - built* modelius su pastatų valdymo sistemomis, būtų pasiektas daug našesnis darbų organizavimas ir atlikimas. Tokiu būdu per visą pastato gyvavimo laikotarpį būtų sutaupyta didelis lėšų kiekis, kuris kitu atveju būtų naudojamas avarijų šalinimui ir nenašaus darbo kompensavimui.

Vienas iš didžiausių iššūkių, kylančių svarstant BIM panaudojimo pastatų valdymui idėją, yra duomenų manai tarp BIM modeliavimo ir pastatų valdymo programų. Dažnu atveju BIM modelyje esanti informacija yra neatnaujinama po pirminio sumodeliavimo, o visi projekto metu atlikti pakeitimai būna padaryti 2D brėžiniuose^{[29][17]}. Todėl pasibaigus statybos procesui, rangovo valdytojui perduodama informacija yra popieriniu formatu^[4]. Problematiškas ir BIM modelių detalumas – juose yra per daug valdytojams nebūtinų informacijos, kuri apsunkina modelių integraciją į pastatų valdymo sistemas^[27]. Dabar dažnai duomenys suvedami rankiniu būdu iš popierinių dokumentų į vienokią ar kitokią kompiuterinę pastatų valdymo programą. Be to, kad taip atsiranda didelė žmogiškųjų klaidų rizika, ši procedūra dar yra ir labai brangi, nes gali trukti iki pusės metų, kas reikalauja daug darbuotojų laiko^[11,27]. Remiantis Jungtinių Amerikos valstijų *National institute of standards and technology* duomenimis, kiekvienais metais yra iššvaistoma 15,8 milijardo JAV dolerių neefektyviam pastatų valdymui. Du trečdalius šios sumos sudaro būtent rankinis duomenų pervedimas iš popierinių dokumentų į kompiuterizuotas pastatų valdymo sistemas (0,8 % metinių statybos išlaidų), duomenų atitikties tikrinimas ar informacijos ieškojimas projektų dokumentacijoje^[10]. Didžiąją dalį šių problemų pavyktų išspręsti pasiekus aukšto lygio BIM modelio ir kompiuterizuotų pastatų valdymo sistemų suderinamumą.

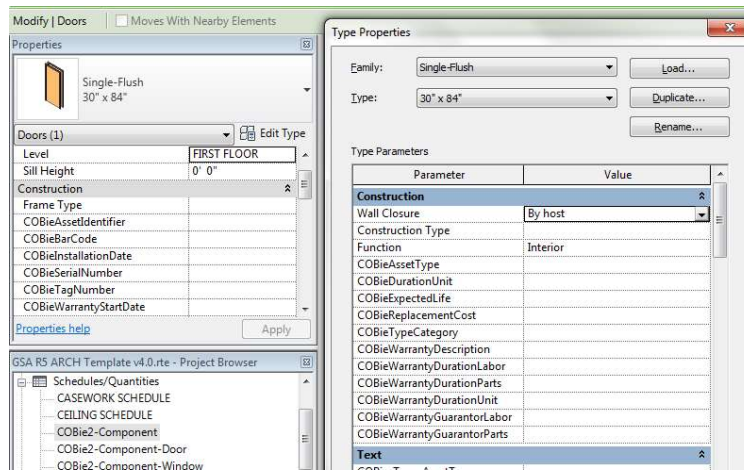
Daugelis pastatų valdymui skirtų programinių įrangų, derinamų su pastatų informaciniu modeliu, visos pastato atributinės informacijos perkėlimui iš BIM modelio į pastato valdymo sistemą naudoja COBie standarto lenteles.. Taip veikia ir tokių rinkos lyderių kaip *Granlund* ar *Ecodomus* programinė įranga, naudojama garsių pastatų, pavyzdžiui, Sidnėjaus operos teatro priežiūrai ir valdymui. Tačiau ir didelėms kompanijoms, pastatų valdymas naudojant BIM modelį vis dar yra naujovė. *Granlund Manager* dėl didelės klaidų atsiradimo tikimybės, aprašant elementus COBie parametrais, kol kas nesuteikia galimybės patiems klientams BIM modelyje tvarkyti atributinės

elementų informacijos ir ją perkelti į *Grandlund Manager*. Šiuo metu sistema veikia tokiu principu, kad BIM modelis yra siunčiamas *Granlund* komandai, kuri papildo modelį COBie parametrais. Tai puikiai parodo BIM integracijos į pastatų valdymą sudėtingumą.

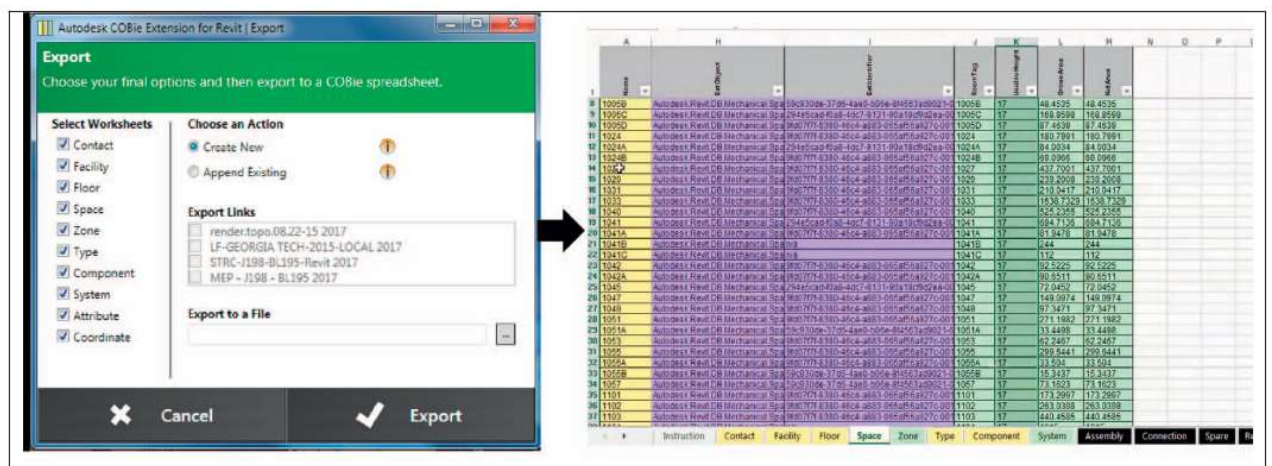
Egzistuoja ir kitokio tipo programinė įranga, skirta pastatų valdymui. *Dalux* siūlo tarpusavyje suderinamų programų paketą skirtą visiems statybos etapams. Šioje programinės įrangos terpėje, informacija iš vienos programos į kitą gali būti perkeliama tiesiogiai, nenaudojant COBie. Visi pastato elementų atributiniai duomenys yra pridedami prie į sistemą įkelto IFC modelio. Viskas yra pateikiama lentelių pavidalu, todėl sumažėja žmoniškųjų klaidų rizika. Tačiau naudojant *Dalux* paketą tik informacijos apdorojimui, visus pastato duomenis reikia perkelti į kitą pasirinktą pastatų valdymo programą naudojant tą patį COBie standartą. Informacijos eksportavimas iš *Dalux handover* naudojant COBie lenteles ir tų duomenų importavimas į kitas pastatų valdymo sistemas, nėra gerai ištirtas ir aprašytas procesas, todėl nėra aišku ar informacija yra pilnai suderinama.

1.2. Duomenų mainai tarp BIM ir pastatų valdymo sistemų

Kaip buvo išsiaiškinta praeitame poskyryje, vienas iš būdų automatiškai perkelti informaciją iš BIM modelio į pastatų valdymo sistemas yra COBie lentelės^[9,13]. Naudojant COBie sistemą į BIM modeliavimo programas turi būti įdiegtas COBie įskiepis. Visa pastato sistemų ir elementų informacija, atliekant projektavimo darbus, aprašoma COBie parametrais,. Visa informacija yra įvedama į elemento nustatymų langą (1 pav.) ir poto visa ši informacija gali būti išeksportuota į COBie lenteles (2 pav.)

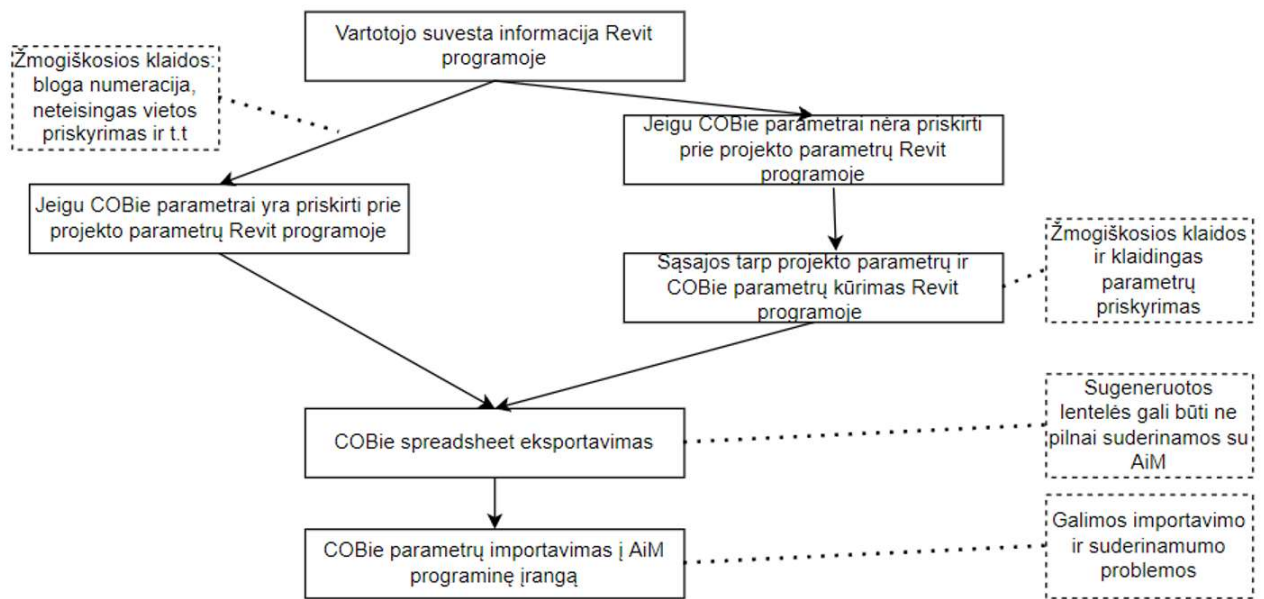


1 pav. COBie elemento parametrai [32]



2 pav. COBie spreadsheets lentelės [32]

Pildant COBie informaciją *Revit Structure* programoje, labai svarbu laikytis numatytų elementų žymėjimo reikalavimų. Kitokiu atveju išeksportavus informaciją iš *Revit structure* į COBie lenteles, dalis langelių bus be reikšmių arba reikšmės bus beprasmės. [16,32] JAV atlikto tyrimo, kurio metu buvo tiriamas naujai statomo pastato BIM modelio panaudojimas pastatų valdymui, autoriai nurodo, kad buvo susidurta su COBie lentelių duomenų ir jų pasirinktos valdymo sistemos nesuderinamumu. To priežastis – keletas žmoniškųjų klaidų, atsiradusių projektuotojams elemento pavadinime įterpus brūkšnio simbolį. [32] To paties projekto autoriai sudarė duomenų perdavimo eigos diagramą, kurioje pažymėjo galimas klaidų atsiradimo vietas (3 pav.)



3 pav. Duomenų mainų diagrama ir galimo klaidų atsiradimo vietos [32]

Pateiktoje diagramoje matyti, kad visuose duomenų perdavimo žingsniuose yra nemaža klaidų atsiradimo galimybė, tačiau didžiausia jų tikimybė yra priskiriant COBie parametrus visiems pastato elementams.

Kito 2018 metais atlikto tyrimo metu, kada buvo stebimi duomenų mainai tarp BIM modelio ir FM programų, paaiškėjo, kad COBie lentelių duomenų nepakanka sėkmingam pastatų valdymo procesui.[27] Atliktos apklausos duomenimis, visi respondentai (pastatų valdytojai) nurodė, kad COBie duomenų nepakanka ir kokia trūkstama informacija jiems yra aktuali (4 pav.)

Elementas	Reikalinga informacija
Prežiūros valdymas	Priežiūros tvarkaraščiai (remontų šalinimas ir reguliari patikra). Rastų neaatitikimų registravimas
Turto valdymas	Elementų registravimas, elementų ID, aprašai, vietovės informacija, tipas, brūkšninis kodas, klasifikacija, sistema, serijinis numeris, garantinio laikotarpio informacija, priežiūros vadovas, specifikacija, atsarginių dalių sąrašas.
Planavimas	Priežiūros intervalai, reikalinga įranga, reikalingi žmogiškieji ištekliai
Tiekimo grandinės valdymas	Gamintojų informacija, įdiegimo data, pakeitimo išlaidos, planuojamas naudojimo laikotarpis, pirkimo numeris.
Sveikata ir saugumas	Galiojantys teisės aktai

4 pav. Pastatų valdytojams reikalinga informacija[27]

Paveiksle Nr. 4 aiškiai matyti, kad tik dalis reikiamos informacijos gali būti pateikiama COBie lentelių formata. Kita informacija gali būti perduota IFC ar PDF formatais. IFC yra atviras tarptautinis standartas, sukurtas *BuildingSMART* organizacijos, anksčiau žinomos kaip *International alliance for interoperability*. [25] Standartą nemokamai gali naudoti visi norintys, todėl visos plačiai naudojamos BIM modeliavimo programos, sukurtą modelį gali išsaugoti IFC formata, prieinamu visose kitose

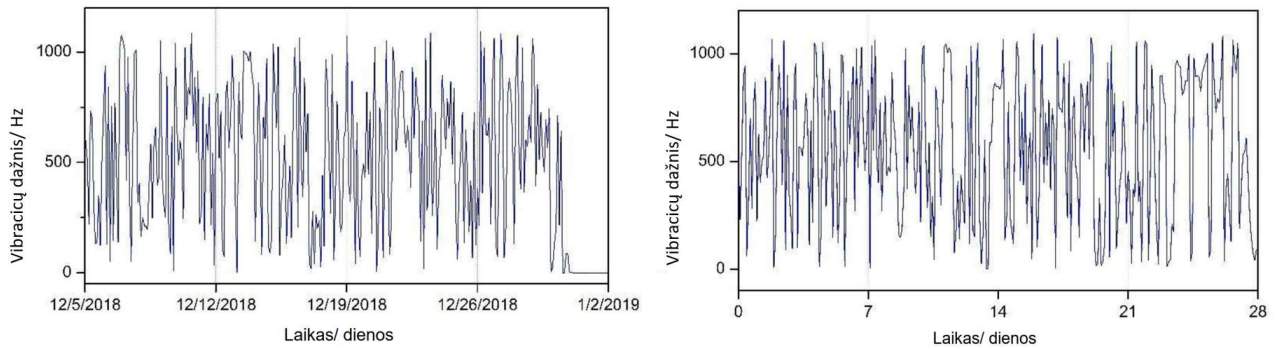
modeliavimo ar modelių peržiūros programose. IFC modelio faile gali būti išsaugomi visi svarbūs modelio duomenys, tokie kaip geometrija, medžiagiškumas, elementų pavadinimai ir kita^[36]. Kadangi visa informacija apie pastato patalpų dydžius, patalpų numerius, patalpose esančia įrangą, įrangos gamintojus ir t. t. yra pateikiama COBie lentelėse, tai IFC modelis reikalingas tik pastato geometrijos perdavimui. 2020 metais publikuotame darbe buvo tiriama galimybė visą pastatų valdytojams reikalingą informaciją pateikti IFC formatu, kuomet visi modelio IFC failai yra atitinkamai struktūrizuoti ir sudaro nuoseklią hierarchiją.

Kalbant apie duomenų mainus tarp BIM modelio ir pastatų valdymo sistemų, vertėtų paminėti ir sparčiai populiarėjančią skaitmeninio dvynio technologiją bei daiktų internetą (*Internet of things*). Integravus BIM modelį su daiktų internetu, atsiranda galimybė smarkiai paspartinti pastato informacijos surinkimą, apdorojimą ir atvaizdavimą BIM modelyje^{[10][7]}. Sujungus šias technologijas, gautą procesą būtų galima vadinti išmaniuoju pastatų valdymu (*Smart facility management*)^[10]. 2020 metais publikuoto straipsnio autoriai atliko tyrimą, kaip pritaikius daiktų interneto sąsają su BIM modeliu, būtų palengvintas didelių pastatų valdymas. Aptariamo darbo objektas – St. Olavs ligoninė Norvegijoje, nes tai yra vienas iš didžiausių sveikatos priežiūros centrų šalyje. Atsižvelgus į statinio paskirtį, tyrimo metu buvo orientuojamasi į elementų sekimo erdvėje sistemas. Ligoninėse įprastai yra daug įrangos, kurios vieta nėra pastovi. Įrenginiai gali būti gabenami iš vienos vietos į kitą, todėl jų vietos sekimas tampa sudėtingu procesu. Mokslininkai siūlo ant visų įrenginių sumontuoti RTLS siųstuvą, kuris Wi-fi dažniu yra sujungtas su pastate esančia interneto sistema. Taip naudojant kelis Wi-Fi prieigos taškus galima nesunkiai apskaičiuoti įrenginio vietą ir ją atvaizduoti pastato skaitmeniniame dvinyje. Tokio tipo elementų vietos sekimas erdvėje gali būti plačiai pritaikytas pastatų valdyme, kur dažnai susiduriama su kilnojamaisiais prietaisais, kurių vieta ne visada yra žinoma^[10].

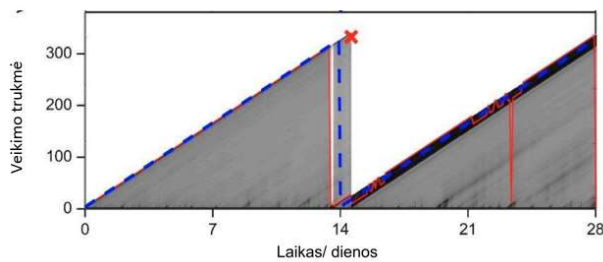
Visų pastato sistemų būklės stebėjimas naudojant skaitmeninio dvynio technologiją – šiuo metu populiarėjanti pastatų valdymo kryptis^[42]. Pasitelkus skaitmeninį dvynį ir su juo sujungtų sensorių duomenis, galima gana paprastai stebėti visų pastato elementų būklę. Kaip pavyzdį galima imti 2020 metais publikuoto straipsnio duomenis, gautus tiriant pastato sistemų veiklos anomalijų analizę pasitelkiant skaitmeninį dvynį. Pagal aptariamo tyrimo duomenis, egzistuoja keletas plačiai naudojamų, esamų pastato sistemų būklę vertinančių, metodų:^[3]

- rėmimasis darbuotojų patirtimi;
- analitinis metodas;
- rėmimasis ankstesniais duomenimis.

Pirmasis metodas reikalauja informacijos ir žinių, kaip turėtų veikti atitinkamas elementas, bei labai smarkiai priklauso nuo darbuotojų kompetencijos. Antrasis metodas remiasi matematiniais skaičiavimais, kuriuose simuliuotos atitinkamo elemento darbo charakteristikos yra lyginamos su realiais duomenimis ir ieškoma neatitikčių. Trečiasis metodas yra tiksliausias, nes remiasi ankstesniais sensorių duomenimis ir, lygindamas senesnę informaciją su esamais duomenimis, ieško elementų veikimo anomalijų^[42]. Tyrimo metu buvo analizuojami dviejų identiškų vandens siurblių veikimo duomenys, naudojant vibracijos dažnį matuojančius sensorius (5 pav.) Paprastai, be papildomų priemonių, analizuoti tokią informaciją yra praktiškai neįmanoma, tačiau su kompiuterine įranga sugeneravus nesudėtingą diagramą (6 pav.), kurioje lyginami abiejų siurblių vibracijų dažniai, pasidaro gana akivaizdu, kad antrojo siurblio vibracijos dažniai nėra stabilūs ir, negana to, antrasis siurblys buvo neplanuotai išsijungęs.



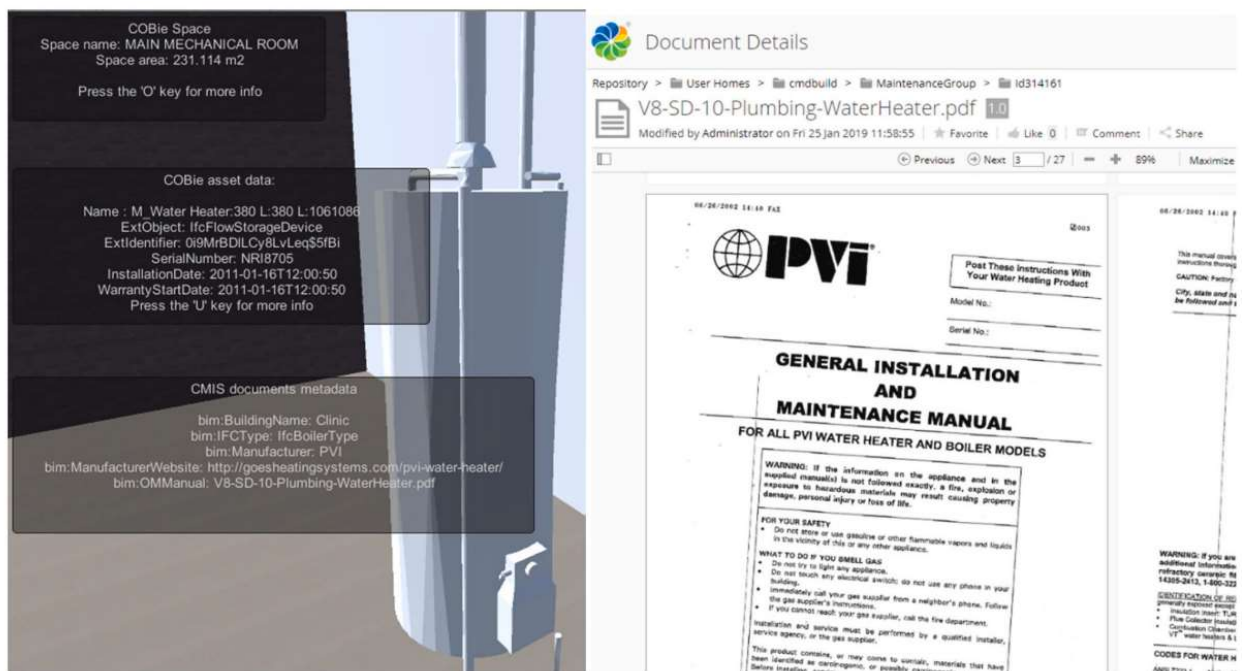
5 pav. Abiejų siurblių vibracijų dažniai^[42]



6 pav. Siurblių veikimo palyginimas^[42]

Pasitelkus sensorius ir skaitmeninio dvynio technologiją, galima pastebėti pastato sistemų veikimo anomalijas dar prieš atsirandant rimtam gedimui ir atlikti reikiamus remonto darbus.^[42]

Taip pat minėtinas ir pastatų valdymas naudojant praplėstą realybę – vaikstant virtualiame pastato modelyje galima surasti visus pastato elementus ir peržiūrėti tokią informaciją kaip priežiūros instrukcija, gamintojo dokumentacija, COBie elemento pavadinimas (7 pav.)



7 pav. Pastato elementų atvaizdavimas *Unity* aplinkoje.^[30]

Praplėstos realybės funkcija pasiekama specializuotoje programinėje įrangoje, pavyzdžiui, *Ecodomus portal*. Tačiau naudojantis tokia programa, iškyla problema – jos negalima laisvai modifikuoti pagal savo poreikius. Todėl 2020 metais buvo publikuotas straipsnis, kurio autoriai pasiūlė sprendimą kaip tai pasiekti naudojant tik atviro šaltinio (*open source*) įrangą, tokią kaip COBie, IFC ir *Unity*^[30]. Šiuo atveju statinio modeliavimas ir duomenų perkėlimas į pastatų valdymo programą vyksta jau aprašytu principu naudojant COBie standartą. Vienintelis skirtumas yra tas, kad, naudojantis kompiuterinių žaidimų variklių *Unity*, papildomai yra sukuriamas modelis, kurį integrusi pastatų valdymo programą, galima palengvinti visą pastatų sistemos priežiūrą, kadangi visa informacija yra lengvai pasiekama per planšetę ar išmanųjį telefoną.

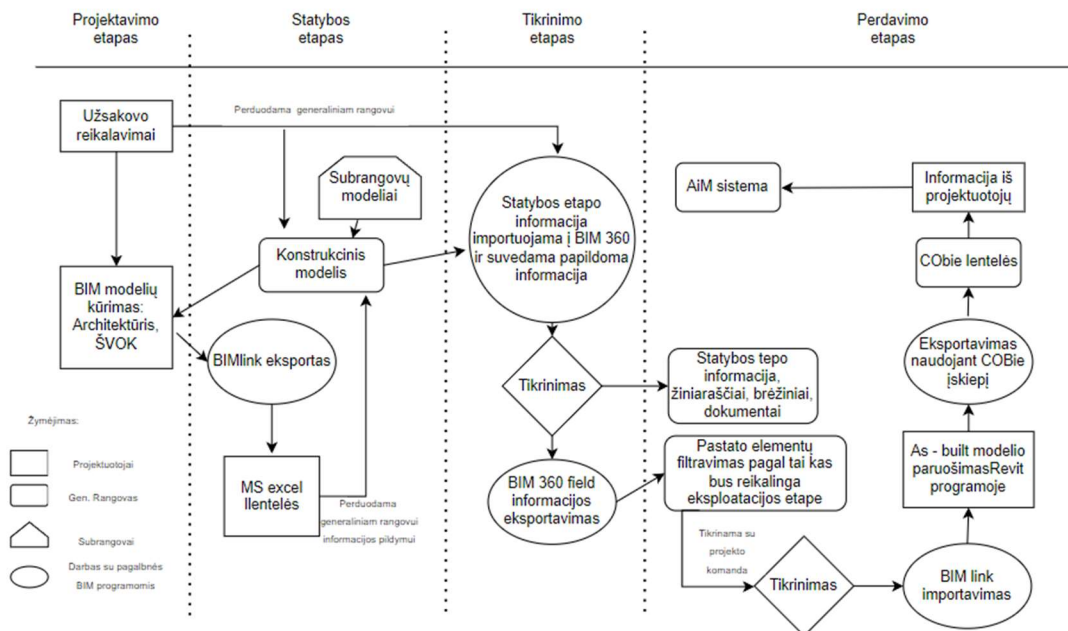
Apibendrinant galima sakyti, kad dabartiniame pastatų valdyme susiduriama su didžiule problema, kai pasibaigus statybos procesui reikia visą sukauptą informaciją perleisti pastato valdytojams, o didžioji dalis informacijos yra popierinio formato, BIM modeliai, jeigu ir yra naudojami, nebūna atnaujinami statybos proceso metu, todėl neatitinka realybės. Pastato valdytojui reikia rankiniu būdu visą informaciją perkelti į pasirinkta pastatų valdymo sistemą, kas reikalauja didelės piniginės investicijos ir užtrunka daug laiko. Pasitelkus COBie standartą ir suderinamas pastatų valdymo sistemas, viso to galima išvengti.

1.3. BIM modelio ir pastato valdymo sistemų integracijos ypatumai naujiems statiniams

Kasmet vis daugiau valstybių priima įstatymus, kurie įpareigoja visiems dideliems projektams naudoti BIM technologijas. Tai reiškia, kad ateityje didžioji dalis pastatų turės detalius BIM modelius ir dėl to svarbu kuo anksčiau sudaryti metodologiją, kaip turėtų būti vystomi projektai, kad statybos pabaigoje, statinio pridavimo jo valdytojui metu, būtų galima kuo paprasčiau sujungti esamą BIM modelį su numatytomis pastatų valdymo sistemomis. Kadangi ši sritis labai sparčiai plečiasi, jau yra atliktas ne vienas tyrimas, kurio metu buvo analizuojamas naujai statomo pastato BIM modelio panaudojimas pastatų valdymui. Vienas iš tokių tyrimų pavyzdžių yra Jungtinėse Amerikos Valstijose atliktas tyrimas, kurio metu buvo tiriamas 18500 m² dydžio, 113 000 000 JAV dolerių vertės universiteto pastatas. Dar priešprojektinėje stadijoje buvo nutarta BIM modelį naudoti pastato valdymo tikslais, todėl tyrimas buvo atliekamas lygiagrečiai su projektavimo ir statybos darbais. Tyrimo metu aprašyti visi priimti sprendimai, kurie turėjo palengvinti BIM ir FM programų tarpusavio duomenų mainus, taip pat visi iššūkiai, su kuriais susidūrė projekto komanda, ir pasiūlytas dalinis teorinis modelis, pagal kurį turėtų būti vystomi tokio tipo projektai^[32]. Šio tyrimo metu BIM modelis buvo ruošiamas naudojant *Civil 3D*, *Revit Structure*, *Revit MEP*, *Navisworks* ir *BIM 360 field* programines įrangas. Informacija iš BIM modelio buvo eksportuojama į COBie lenteles ir tuomet importuojama į FM duomenų bazines. Pasak straipsnio autorių, nepaisant to, kad dar priešprojektinėje stadijoje buvo nuspręsta pastatų valdymui naudoti BIM modelį ir visi projekto dalyviai buvo informuoti apie numatomas BIM modeliavimo apimtis, projekto komanda susidūrė su keletu problemų:

- Buvo tinkamai neįvertinta darbo apimtis, todėl kai kurios projektavimo disciplinos nepaskyrė pakankamai darbuotojų BIM duomenų apdorojimui, dėl ko buvo vėluojama atlikti darbus^[32];
- nors ir buvo naudojama pastatų valdymo sistema, suderinama su COBie 2.4 standartu, projekto pabaigoje, importuojant duomenis, kilo problemų dėl programų suderinamumo, todėl didžiąją dalį duomenų teko pervesti rankiniu būdu, kas lėmė žmogiškąsias klaidas modeliuojant *Revit structure* programoje, kuomet projektuotojai suvedė klaidingus COBie duomenis^[32].

Projekto pradžioje buvo ne kartą atliekami duomenų suderinamumo testai, kurių rezultatai neparodė jokių galimų suderinamumo problemų, todėl pasiekta išvada, kad būtina dažniau atlikti tokio tipo bandymus, ypač projektavimo darbams einant į pabaigą, kuomet informacijos kiekis didėja labai sparčiai.



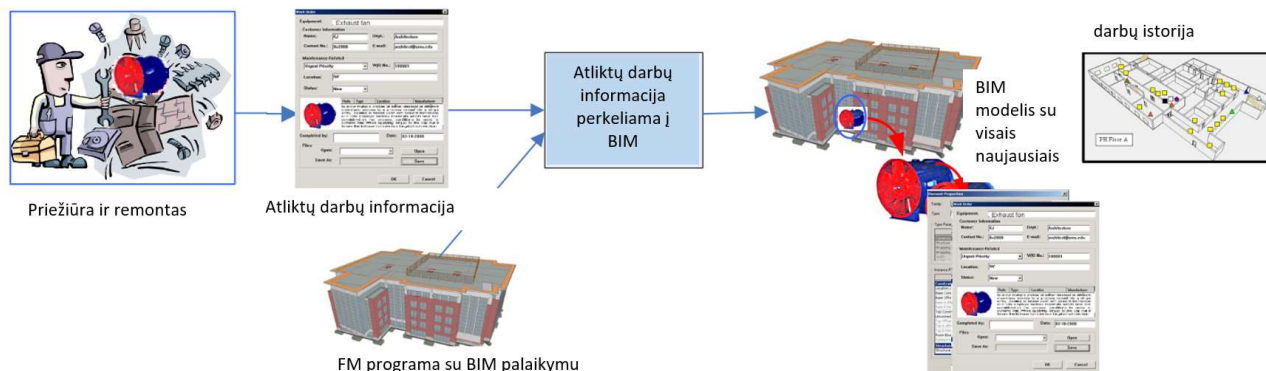
8 pav. FM enabled BIM darbo eigos schema informacijos surinkimui, apdorojimui ir perdavimui^[32]

Šio tyrimo metu buvo sudaryta informacijos surinkimo, apdorojimo ir perdavimo darbo eigos schema (8 pav.) Pagal ją matyti, kad statybos metu, visa iš rangovo gauta reali informacija buvo įkomponuota į modelį. Taip pat visų disciplinų subrangovų paruošti modeliai buvo prijungti prie centrinio modelio, kuris vėliau bus panaudotas pastato valdymui. Autoriai priėjo ir išvadas, kas yra būtina, norint pasiekti gerą BIM modelio ir FM programų suderinamumą:

1. Aiškiai nurodoma kokios informacijos iš modelio reikės valdytojams.
2. Aiškios ir iš anksto sudarytos metodologijos, kaip visais projekto vystymo etapais bus renkama, apdorojama ir perduodama projekto informacija.
3. Aiškus ir patikrintas būdas perkelti informaciją iš BIM modelio į FM programas.

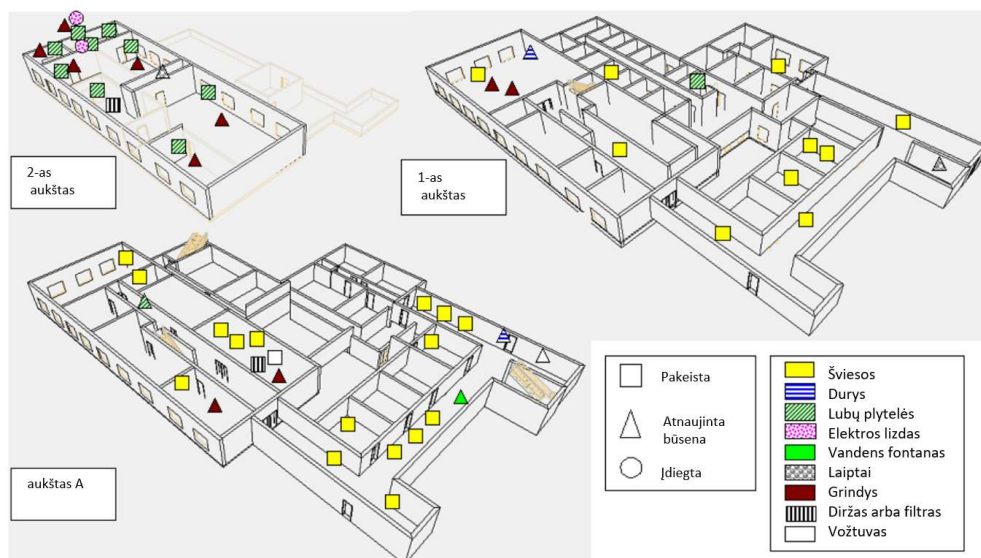
Kito 2019 metais publikuoto tyrimo, kuris buvo atliktas Jungtinėse Amerikos Valstijose, autoriai pasirinko labiau teorinį problemos nagrinėjimą. Jie nedirbo su jokių konkrečių pastatų, tik teoriškai tyrė, su kokiomis problemomis susiduriama dabartiniame standartiniame pastatų valdyme ir kaip BIM galėtų minėtus sunkumus eliminuoti arba bent jau sumažinti. Tyrimo metu pagrindinis dėmesys buvo skiriamas remonto ir priežiūros darbų organizavimui, kadangi, pasak straipsnio autorių, dabartiniame pastatų valdyme yra įprasta, kad didžioji dalis priežiūros ir remonto darbų yra atliekami tik po gedimo. Jeigu tokie darbai būtų atliekami kaip prevenciniai, jų piniginiai kaštai būtų iki keturių kartų mažesni^[2]. Visi projekto duomenys iš BIM modelio į pastatų valdymo sistemas turėtų būti perkelti naudojant COBie standarto lenteles, kurios, kaip jau minėta anksčiau, leistų sutaupyti iki 67 milijonų JAV dolerių, išleidžiamų rankiniam informacijos suvedimui į pastatų valdymo sistemas^[2]. Pagal įsivaizduojamą BIM panaudojimą, pats modelis būtų laikomas kaip centrinis duomenų saugojimo failas, kuriama kaupiama informacija apie visus atliktus remonto darbus. Atlikus bet kokius priežiūros ar remonto darbus, būtų supildoma forma, rankiniu būdu perkeliama į BIM

modelį ir, kas sutartą laiko intervalą, peržiūrima visa atliktų darbų istorija (9 pav.). Pagal turimą informaciją, būtų galima lengvai matyti, kokios sistemos reikalauja dažno remonto, ir kurias galbūt reikėtų atnaujinti siekiant išvengti remontų ateityje.



9 pav. Numatoma informacijos mainų schema^[2]

Taip pat siekiant iliustruoti galimus BIM panaudojimo pastatų valdyme privalumus, autoriai atliko tyrimą, kurio metu buvo analizuojami universiteto miestelyje esančio trijų aukštų pastato remonto darbai, atlikti per vienus metus. Viso buvo išanalizuota 112 remonto darbų užduočių iš jų 14 neturėjo visiškai jokių lokacijos duomenų, o 9 neturėjo jokios naudingos informacijos apie atliktą darbą^[2]. Visos kitos darbų užduotys buvo rankiniu būdu perkeltos į BIM modelį, siekiant parodyti galimus vizualinio gedimo vaizdavimo privalumus. Atlikus vizualinę analizę (10 pav.) galima nesunkiai daryti keletą prielaidų. Pavyzdžiui 27 % iš visų tais metais atliktų darbų buvo lubų remontas ir 90 % iš tų darbų buvo atlikti viršutiniame aukšte. Matant tokią informaciją, galima daryti prielaidą, kad galimai būta problemų su stogu, kuris yra nesandarus ir dėl drėgmės teko remontuoti lubų dangą. Todėl naudojant BIM modelį vizualiam remonto darbų vaizdavimui, tampa daug lengviau analizuoti atliktus darbus, rasti darbų pasikartojimus ir numatyti galimą prevencinį remontą.



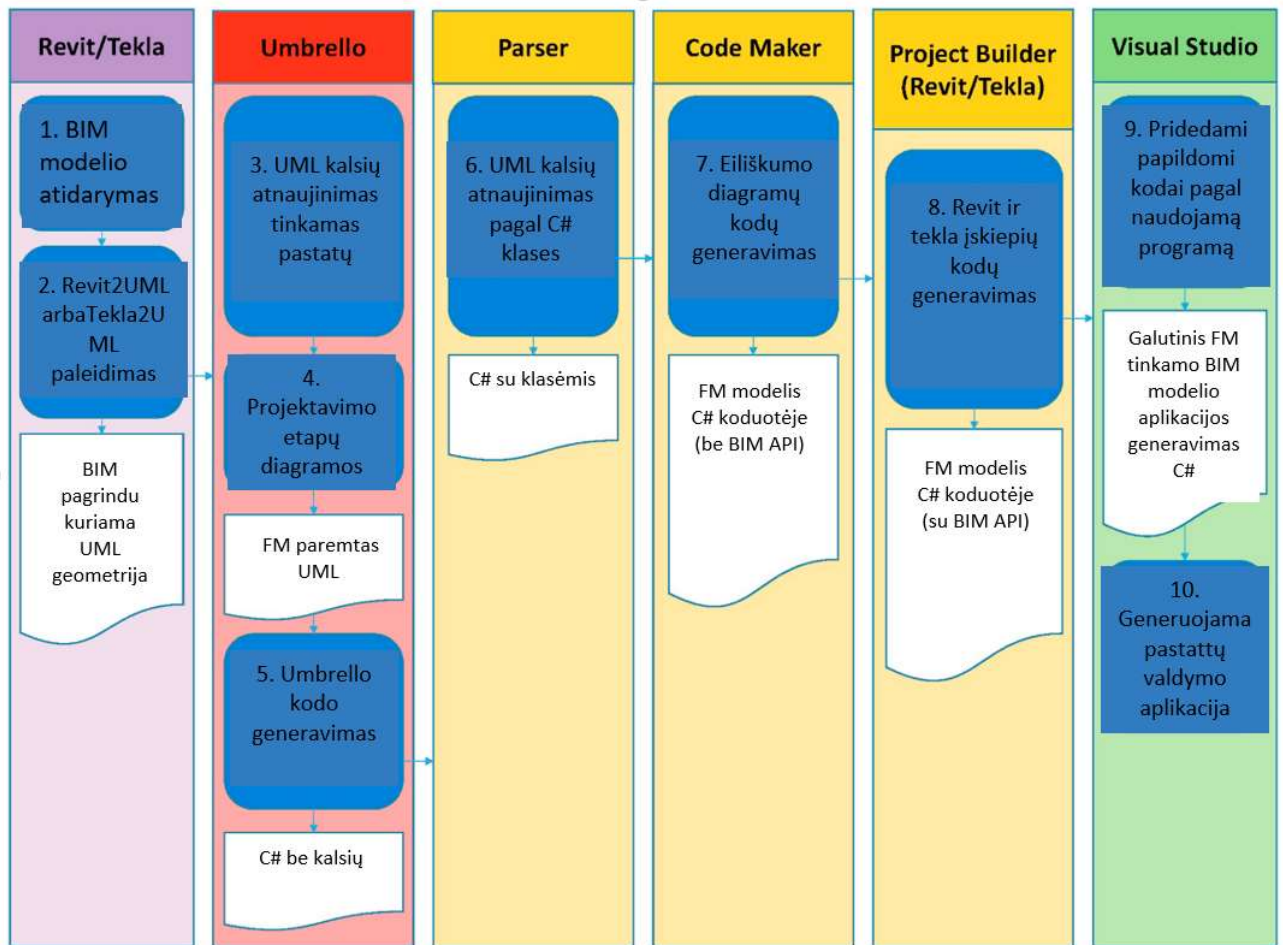
10 pav. Atliktų remonto darbų vizualizacija^[2]

Kito 2019 metais publikuoto straipsnio autoriai nagrinėjo BIM pritaikymo galimybes puslaidininkių gamybos pastato valdymui. Kaip pabrėžia teksto autoriai, puslaidininkių gamyklos (FAB 's) yra ypatingos tuo, kad dėl nuolat kintančių technologijų, didžioji dalis jų įrangos turi būti atnaujinama

arba pakeičiama kas 6–12 mėnesių, kas automatiškai sukelia atnaujinimo kitų pastato parametrų, tokių kaip grindų aukščiai, vėdinimo sistemos, atliekų šalinimo vamzdynai ir kt., poreikį^[15]. Dėl labai dažno pastato sistemų atnaujinimo, tokio tipo gamyklos valdymas pasitelkiant BIM technologijas tampa labai jautrus bet kokiems rimtiems BIM modeliavimo įrankių atnaujinimams. Atlikus pakeitimus modeliavimo įrankyje, jo suderinamumas su valdymo sistemomis gali sutrikti, kol pačios valdymo sistemos bus atnaujintos. Įprastiems statiniams trumpi nesuderinamumo laikotarpiai galbūt ir nesukeltų didelių rūpesčių, tačiau šiuo atveju pastato atnaujinimai yra atliekami nuolat, todėl itin svarbu, kad BIM modelis būtų atnaujinamas itin našiai, o visa atnaujinta informacija iš karto būtų prieinama valdymo sistemose^[15]. Dėl šios priežasties, straipsnio autoriai siūlo naują pusiau automatinį gamyklos valdymo metodą vadinamą *EncapsulatingBIM4FM*. Jis veikia panašiu principu kaip ir COBie, nes yra tarsi tiltas tarp BIM modeliavimo ir pastatų valdymo programų, tačiau yra labiau orientuotas į šią specifinę rinką, kuri dėl didėjančios žmonijos priklausomybės nuo kompiuterinių technologijų, nuolat auga^[15]. Autorių teigimu šiuo metu egzistuojantis BIM modelio panaudojimas pastatų valdymui, supaprastinus gali būti suskirstytas į dvi kategorijas. Pirma, kai panaudojama tik BIM modelio informacija, pavyzdžiui COBie standartas, antra, kai panaudojamas tik BIM modelio funkcionalumas^[15]. Šiame, siūlomame modelyje, visa BIM modelio informacija būtų aprašoma naudojant programavimo kalbas, kurios iš esmės nesikeičia, todėl atlikus bet kokius modeliavimo įrankių atnaujinimus, neatsirastų jokių BIM modelio ir pastatų valdymo sistemų nesuderinamumo problemų.

Siūloma idėja remiasi tuo, kad dauguma CAD ir BIM modeliavimo programų palaiko vartotojų sukurtus papildinius. Bandomajam tyrimui buvo parinktas vienas Taivane esančio fabriko pastatas, turintis du BIM modelius. *Tekla* modelis, kuriame matoma visa konstrukcinė informacija, ir *Revit* modelis, kuriame matoma visa architektūrinė ir pastato sistemų informacija. Kadangi fabrikas yra pastatytas seismiškai aktyvioje vietovėje, nuolatinis pastato konstrukcijų tikrinimas yra dalis pastatų valdymo rutinos. Pasirinkta pastatų valdymo sistema turi gebėti apdoroti ne tik įprastinę pastato sistemų informaciją, bet ir sekėti konstrukcijų būkle^[15]. Siūlomas *EncapsulatingBIM4FM* modelis turi šešis esminius panaudojimo žingsnius (11 pav.):

- sukuriamas centrinis BIM failas su esmine geometrine informacija, naudojant *Autodesk Revit* arba *Tekla* programas;
- panaudojus kūrėjų sukurtas paprogrames *Revit2UML* arba *Tekla2UML* BIM, modelis konvertuojamas į UML modelį. Konversijos metu galima pasirinkti, kuri kritinė informacija bus perkeliama;
- UML modelis papildomas visų elementų informacija;
- sugeneruojama visa pastatų valdymui reikalinga informacija;
- sugeneruojamos paprogramės, suprantamos *Revit* ir *Tekla* programoms;
- galutinai suderinami FM reikalingi parametrai.



11 pav. Encapsulating BIM4FM naudojimo žingsniai^[15]

Atliktas bandomasis projektas buvo pristatytas gamyklos vadovybei, nusprendusiai, kad labiau išplėtojus šią metodologiją, būtų galima žymiai suoptimizuoti BIM naudojimą tokio tipų gamyklų valdymui.

1.4. BIM modelio ir pastato valdymo sistemų integracijos ypatumai esamiems pastatams

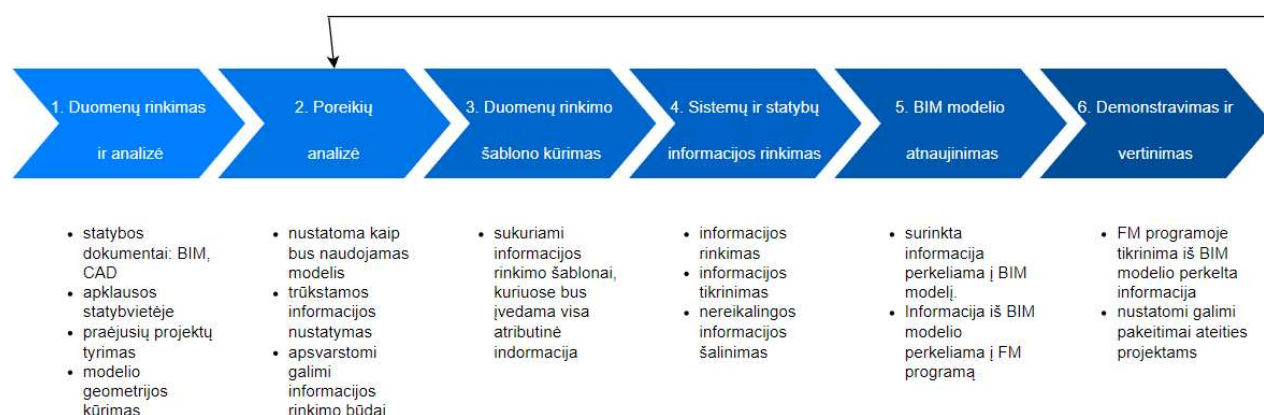
Didžiausias BIM panaudojimo pastatų valdymui iššūkis yra senesni, tačiau vis dar eksploatuojami statiniai. Didžioji dalis egzistuojančių statinių neturi jokio trimačio BIM modelio, todėl pirmasis iššūkis yra paruošti tikslų 7D BIM modelį. Kanadoje atlikto tyrimo metu buvo tiriama viena 11100m² dydžio fakulteto pastato dalis. Kadangi pastatas buvo baigtas statyti septintajame dešimtmetyje ir buvo ne kartą renovuotas, nebuvo turima praktiškai jokios skaitmeninės informacijos nei pradinių pastato brėžinių, nei renovacinių projektų brėžinių, todėl šio tyrimo rezultatai yra aktualūs daugeliui seniau statytų pasatų ^[28]. Tyrimo autoriai identifikavo, kad norint pasiekti bet kokio statinio 7D detalumo lygį, reikia įveikti šiuos keturis iššūkius:

- privalu tiksliai nurodyti kokia informacija bus reikalinga pastato valdymui;
- privalu užtikrinti sklandžius informacijos mainus tarp BIM modelio ir pastato valdymo sistemų;
- privalu užtikrinti, tinkamą žmogiškųjų resursų panaudojimą BIM modelio kūrimui;

- privalu nustatyti procedūras, kaip bus tvarkomasi su netikslia arba neegzistuojančia projekto informacija.

Pirmasis iššūkis susijęs su tuo, kad nėra absoliučiai jokių ribų, kiek informacijos galima patalpinti į BIM modelį, tačiau didėjant informacijos kiekiui, didėja ir tos informacijos apdorojimo trukmė. Darosi sunkiau užtikrinti duomenų mainus tarp BIM modelio ir valdymo programų. Būtent dėl to ir svarbu modelyje, kuris bus naudojamas pastatų valdymui, turėti tik tiek informacijos, kiek jos reikia. Antrasis iššūkis nusako tai, kad nesvarbu, koks duomenų perdavimo būdas yra pasirinktas: IFC, COBie ar kita. Labai svarbu yra užtikrinti, kad duomenų manai būtų abipusiai, t. y., pakeitimai atlikti pastatų valdymo sistemose turi atsispindėti BIM modelyje ir atvirkščiai. Trečiasis iššūkis yra aktualiausias, kuomet pastatas yra senas ir neturi jokios skaitmeninės informacijos arba turima skaitmeninė informacija yra labai ribota. Tokiais atvejais galima pasitelkti erdvinio skenavimo technologiją arba esamų CAD failų importavimą į BIM modeliavimo sistemas. Nepaisant pasirinktos darbo procedūros, šis etapas reikalauja didžiulių žmogiškųjų išteklių, todėl labai svarbu užtikrinti, kad tie ištekliai būtų išnaudoti tikslingai. Taip vėl atkreipiamas dėmesys į pirmąjį punktą – svarbu, jog būtų aiškiai nurodyta, kokie pastato elementai turi būti paruošti modelyje ir kurie elementai nėra svarbūs. Paskutinis, ketvirtasis, punktas apibrėžia tai, kad kuo senesnis yra pastatas, tuo daugiau šansų, kad dalies informacijos tiesiog nebus techninėje dokumentacijoje arba ji bus pasenusi ir nenaudinga. Todėl būtina nustatyti būdą, kaip visa informacija bus susitikrinama su realia situacija pastate^[28].

Viso šio tyrimo metu buvo suformuluotas rekomenduojamas procesas, kaip pasiekti 7D BIM modelio detalumą senam statiniui (12 pav.)



12 pav. BIM 7D pasiekimo procesas ^[28]

Kito 2021 metais publikuoto tyrimo autoriai išskyrė dar vieną didelę problemą, su kuria anksčiau ar vėliau susidurs visi istoriniai Europos miestai. Kadangi visos šiuo metu plačiai naudojamos BIM modeliavimo programos yra labiau orientuotos į naujų pastatų statybą, jose trūksta funkcionalumo senovinių pastatų architektūrai perkelti į skaitmeninę erdvę^[12]. Žengiant į ateitį, kurioje visi mūsų pastatai yra skaitmenizuoti, reikėtų pagalvoti apie būdus, kaip našiai perkelti tūkstančius eksploatuojamų senų pastatų į BIM modelį. Vieną teorinį metodą pasiūlė patys straipsnio autoriai. Jų teigimu, galbūt reikėtų atsisakyti tokio griežto konstrukcinių objektų klasifikavimo į sienas ar grindis, ir pritaikyti lankstesnį tūrinį klasifikavimą^[12].

Pastatų valdymas labai priklauso nuo pastato tipo. Biure ir gamykloje sumontuoti įrenginiai skiriasi, todėl ir metodologijos kaip pritaikyti BIM modelį pastatų valdymo etapui turėtų skirtis. 2020 metais Ispanijoje tyrimo metu buvo kuriamas 50 metų senumo statybos fakulteto BIM modelis, siekiant jį panaudoti fakulteto valdymui. Tokio pobūdžio pastatų perkėlimas į skaitmeninę erdvę yra populiarī tema, kadangi 5–15% visų fakultetų išlaikymo kaštų sudaro būtent pastatų valdymas ir priežiūra^[14]. Taip pat reikia atsižvelgti į tai, kad universitetų statiniai dažniausiai yra projektuojami su daug erdvių paskaitų vedimui ir kitoms reikmėms, tačiau tik 20–40% iš tos jų yra tinkamai išnaudojamos^[31]. BIM modelio sukūrimas tokiems pastatams leistu ne tik sumažinti išlaikymo sąnaudas, bet ir efektyviau išnaudoti turimas pastatų erdves.

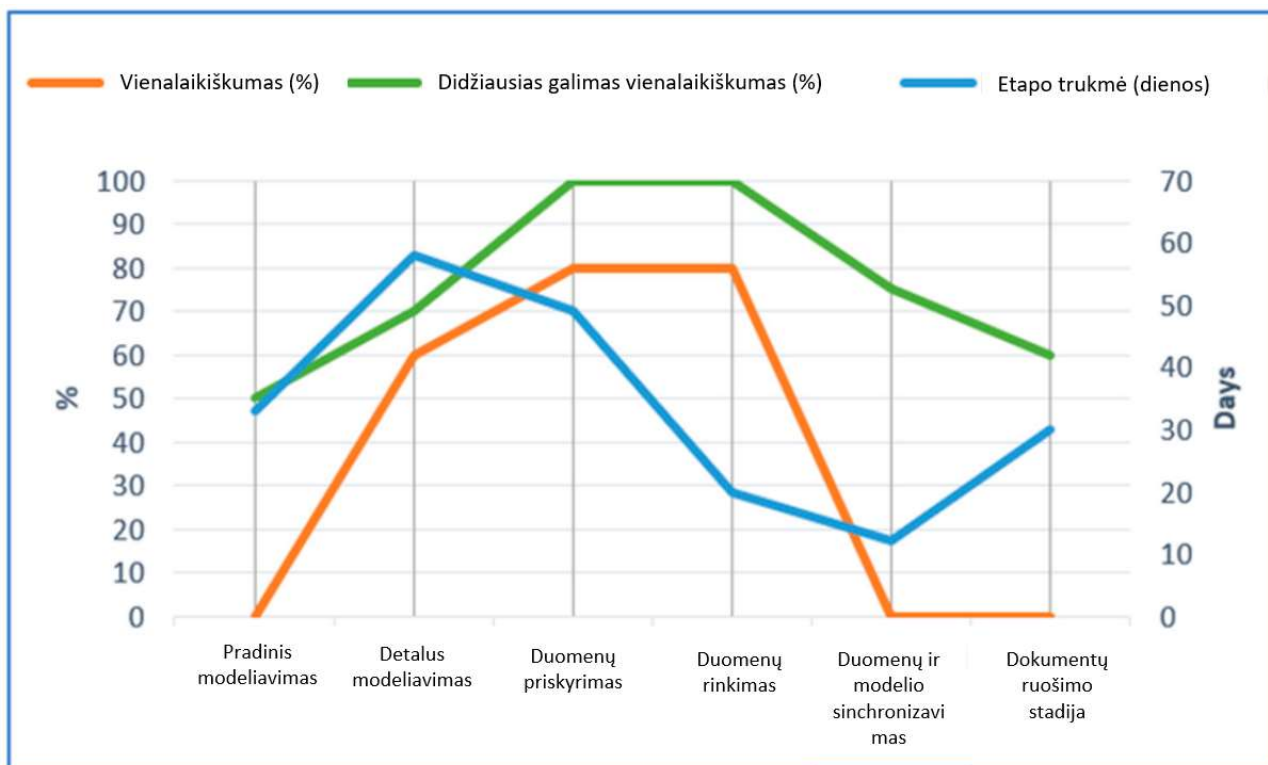
Tyrimo autoriai taip identifikavo papildomą naudą, kurią galėtų atnešti BIM sąsaja su pastatų valdymu šiame projekte:

- visų pastato duomenų pasiekimas vienoje platformoje;
- galimybė turėti „gyvą“ informacijos atnaujinimą: auditorijų užimtumas, grafinis dėstytojų tvarkaraščių vaizdavimas ir kt.
- galimybė sklandžiau valdyti erdves, tokių ekstremalių situacijų kaip COVID pandemija metu;
- galimybė matyti visą patalpos informaciją dėl duomenų sujungtų su BIM modeliu;
- universiteto įrangos sekimo palengvinimas.

Pačio tyrimo tikslas yra sukurti sklandžią BIM valdymo ir naudojimosi metodologiją. Tyrimo autoriai projektą suskaidė į keletą etapų, kuriuose buvo koncentruojamasi į atskiras projekto perkėlimo į 3D erdvę dalis:

- Modeliavimo stadija. Tai yra pati ilgiausia stadija iš visų, nes dirbama su senu projektu, kuris neturi detalių CAD brėžinių. Taip pat ši stadija buvo padalinta į du mažesnius etapus. Pirmasis – nedetalus architektūrinis modelis, kurio tikslas yra atkurti pagrindinę pastato geometriją. Antrasis – detalus BIM modelis, kuriame pateikta visa tolesniems etapams reikalinga informacija, tokia kaip šildymo / vėdinimo sistemos, spintelės ir t. t.;
- duomenų priskyrimo stadija;
- sinchronizavimo stadija;
- dokumentacijos ruošimo stadija.

13 pav. matyti kiekvienos stadijos trukmė dienomis.



13 pav. Visų stadijų trukmės^[31]

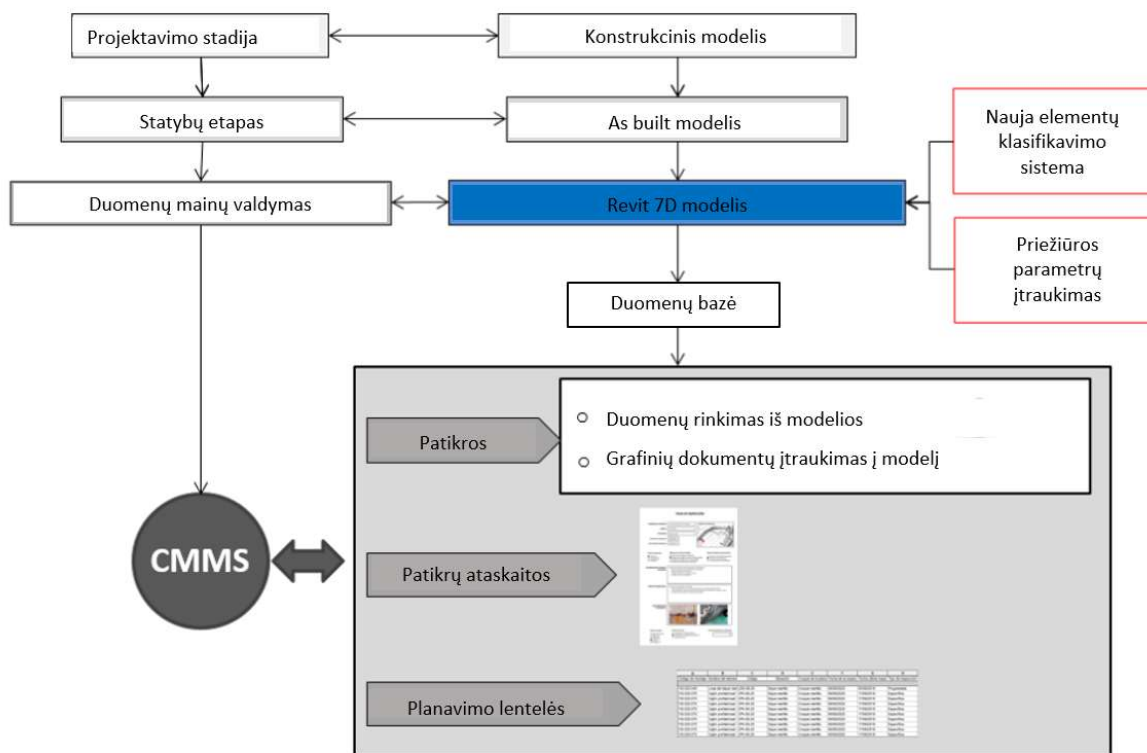
Akivaizdžiai matyti, kad ilgiausios stadijos yra modeliavimas ir duomenų priskyrimas. Kadangi pastatas yra 50 metų senumo, tyrimo autoriai turėjo tik senus 2D CAD brėžinius, kurie nebuvo atnaujinti restauracijų metu. Taip pat nebuvo pateikta didelė dalis svarbios informacijos, tokios kaip patalpų altitudės ir konstrukcijų storai.^[31] Siekdami sukurti BIM modelį, projekto autoriai nusprendė pirmiausia detalizuoti ir į atskiras dalis suskaidyti turimą CAD informaciją, kurią vėliau importavo į BIM modeliavimo programą, kurioje, pagal CAD informaciją, buvo kuriamas 3D modelis^[31].

Kita statinių grupė, kurios valdymas gana smarkiai skiriasi nuo įprastinių biurų ar prekybos centrų, yra inžineriniai statiniai. 2020 metais publikuoto straipsnio autoriai atliko tyrimą, kurio metu buvo tiriami būdai kaip įkomponuoti BIM į uostų infrastruktūros priežiūrą. Tyrimo objektas yra Ispanijoje esantis *Coruna* uostas, pasirinktas dėl savo lokacijos. Pasirinktas objektas įrengtas vakarinėje Ispanijos dalyje, ties Atlanto vandenynu, todėl patiria ypač didelę bangų mušą^[39]. Uostai dėl savo paskirties patiria itin atšiaurias aplinkos sąlygas, dėl to kas metus apie 11 % visų uostų išlaikymo kaštų yra skiriama priežiūrai ir remontui, o, apibendrinus, per visą statinio gyvavimo laikotarpį – 25 % pradinės investicijos sumos dydžio^[39]. Atlikto tyrimo tikslas yra sukurti naują uostų priežiūros metodiką, kurioje BIM modelis būtų naudojamas kaip centrinė duomenų bazė. Kadangi autoriams buvo pasiekiami uosto CAD brėžiniai, jie, kaip ir anksčiau aptarto tyrimo autoriai, nusprendė importuoti turimą CAD informaciją į *Autodesk Revit* BIM modeliavimo programą ir ja remiantis kurti modelį. Kadangi tiriamas uostas yra itin didelis, autoriai nusprendė naudoti tik dvi mažesnes jo dalis^[39].

14 pav. matyti autorių pasiūlyta darbų eiga, siekiant sukurti ir pritaikyti BIM modelį uostų priežiūrai ir valdymui. Išskiriami 7 etapai:

- 1 etapas – projektinė fazė. *Revit* modelio ruošimas;
- 2 etapas – *as-built* modelio ruošimas, kuomet modelis detalizuojamas iki tokio lygio, kad atspindėtų realų statinį;

- 3 etapas – visiems elementams, kurie bus reikalingi statinio valdymui, priskiriami reikalingi parametrai;
- 4 etapas – inspekcijų metu gautų duomenų perkėlimas į BIM modelį;
- 5 etapas – inspekcijų ataskaitų generavimas ir įkėlimas į modelį;
- 6 etapas – priežiūros ir remonto darbų planavimas naudojant BIM modelį;
- 7 etapas – duomenų eksportas iš modelio į CMMS sistemas.



14 pav. Siūloma darbų eiga įkomponuojant BIM į uostų valdymą^[37]

Taip pat autoriai pabrėžė keletą privalumų ir trūkumų, lyginant standartinį uostų valdymą su valdymu panaudojant BIM technologijas (lentelė 1).

lentelė 1. Uostų valdymo taikant BIM technologijas privalumai ir trūkumai

Privalumai	Trūkumai
Komandinis darbas	Naujas metodas, todėl žmonėms sunku jį priimti
Lengvai pasiekiami visų statybos darbų etapų informacija	Trūksta laiko bei patikrintos metodologijos daugeliui atskirų statinių tipų
Pakeitimai atlikti vienoje vietoje, automatiškai matomi ir kitur	Didelė pradinė investicija
Lengviau pastebėti atsiradusias klaidas	Programinės įrangos suderinamumo problemos

Apibendrinami, straipsnio autoriai pabrėžia, kad BIM modeliavimo programoms trūksta lankstumo kuriant nestandartines konstrukcijas, todėl tenka skirti itin daug laiko modelio ruošimui. Todėl programų kūrėjai turėtų skirti daugiau dėmesio netipinių konstrukcijų braižymo funkcionalumui didinti. Nepaisant iškilusių problemų, privalumai, visgi, didesni^[41]. BIM panaudojimas uostų valdymui ir priežiūrai leidžia optimaliau planuoti visus priežiūros darbus, vienoje vietoje kaupti visų

atliktų darbų ataskaitas, kurios bus visiems lengvai prieinamos ir suprantamos; palengvina visų elementų paiešką didelėje uosto erdvėje ir leidžia atsisakyti didelės dalies popierinių dokumentų.^[39] Apibendrinant nagrinėtą informaciją apie BIM panaudojimą esamų pastatų valdymui, galima išskirti keletą aiškių tendencijų. Pirmiausia, didžiausia problema, su kuria susiduria esamų pastatų valdytojai, kurie nori panaudoti BIM tų pastatų valdymui, yra detalios informacijos trūkumas^[40]. Senuose pastatuose trūksta detalių pirminių planų, taip pat visą restauracijų ar kitų atnaujinimų informacija nėra struktūrizuotai saugoma. Bandant kurti BIM modelį turimi planai visiškai neatitinka pastato realybės, dėl ko tenka kliautis kitomis technologijomis, tokiomis kaip patalpų skenavimas. Kita problema, su kuria susiduria daugiau nei vieno straipsnio autoriai, yra BIM modeliavimo programų lankstumo trūkumas. Minėtos programos yra labiau akcentuotos į modernią statybą, naudojant modernius ir, dažnu atveju, standartinius architektūrinius ir konstrukcinius sprendimus. Kitas BIM panaudojimo esamų pastatų valdymui etapas yra įvairių pastato sistemų ar elementų parametrų priskyrimas modeliavimo programoje ir jų eksportas į valdymo sistemas. Šis etapas mažai kuo skiriasi nuo naujos statybos pastatų, todėl tyrimuose apie tai mažai kalbama, tik išskiriamas papildomas iššūkis, kad esamuose pastatuose, kurie jau yra eksploatuojami dešimtis metų, yra nusistovėjęs elementų žymėjimas, kurį būtų sunku pakeisti naujais standartais.

1.5. Literatūros analizės išvados

Išanalizavus 32 literatūros šaltinius, kuriuose kalbama apie BIM panaudojimą pastatų valdyme, BIM modelių kūrimą esamiems statiniams ir bendrai apie darbą su BIM modeliais naudojant atvirus standartus, buvo pastebėti keletas svarbių aspektų.

Visi analizuoti straipsniai nagrinėja šiek tiek kitokias problemas, tačiau daugumoje jų galima pastebėti bendras tendencijas, kurios yra aktualios tiek tyrinėjant BIM pritaikymą pastatų valdymui, tiek bendrai BIM evoliuciją ir panaudojimo galimybes. Dauguma autorių pabrėžia, kad šiuo metu didžiausia pastatų valdytojams kylanti problema yra informacijos perteklius pastato pridavimo etape. Šiuo metu įprastas duomenų perdavimo metodas yra krūva popierinių dokumentų dėžėse ir tų pačių dokumentų PDF formato kopijos. Gavus tokią informaciją, ją perkelti į naudojamą pastatų valdymo programą yra didžiulis darbas, kainuojantis daug laiko ir pinigų. Jeigu projektavimo etape naudojamas BIM modelis nebūna atnaujinamas statybos metu, pastačius statinį, modelis jau būna pasenęs ir neturi itin aktualios *as - built* informacijos. Nėra jokių aiškių standartų, kas už ką yra atsakingas. Pavyzdžiui, kas statybos metu turi atnaujinti modelį pateikdamas informaciją, jeigu rangovas sumontavo kokį nors vandens siurbį ir turi visą gamintojo pateiktą dokumentaciją? Tai kas tuomet turi tą informaciją įkelti į modelį? Rangovas? Užsakovas? Projektuotojas? Šiuo metu į šį klausimą nėra aiškaus atsakymo, todėl yra sunku užtikrinti sklandų duomenų perdavimą naudojant BIM modelį. Kita problema, su kuria susiduriama siekiant panaudoti BIM pastatų valdyme, yra duomenų perdavimo standartai. Šiuo metu populiariausias iš jų yra COBie, kurį palaiko daugumą pastatų valdymo sistemų, bet jį naudojant kyla aibė problemų, pradedant tuo, kad COBie parametrai yra labai jautrūs žmogiškosioms klaidoms, ir baigiant tuo, kad, jeigu pastate jau yra naudojamas kažkoks elementų žymėjimas, perėjimas prie COBie žymėjimo gali būti nepatogus ir daug laiko užimantis procesas. Taip pat naudojant COBie kyla daug suderinamumo problemų, kuomet iš BIM modelio išeksportavus COBie lenteles ir bandant jas importuoti į pastatų valdymo programas, susiduriama su programos klaidomis ir duomenis tenka pervesti rankiniu būdu arba ieškoti klaidos atsiradimo priežasties. Kita problema, kurią akcentavo ne vieno straipsnio autorius, yra susijusi ne su pastatų valdymu, bet su pačių modelių kūrimu. Šiuos kuriant seniems pastatams, susiduriama su BIM

modeliavimo programų ribotumu. Visos populiariausios programos yra orientuotos į naujų statinių statybą, todėl bandant modeliuoti senus, nestandartinius architektūrinius sprendimus, kyla nemažai problemų, kurias galima vienaip ar kitaip apeiti, tačiau darbo našumas vis tiek nukenčia.

Taigi, išanalizavus minėtus 32 literatūros šaltinius, galima daryti keletą išvadų, kas yra reikalinga norint užtikrinti sklandų BIM panaudojimą pastatų valdyme:

- būsiami pastato valdytojai privalo aiškiai nurodyti kokią programinę įrangą naudos pastatų valdymui;
- būsiami pastato valdytojai privalo aiškiai nurodyti, kurios pastato sistemos jiems yra reikalingos pastatų valdyme, kad būtų galima detalizuoti tik tas vietas, kurios yra svarbios;
- būtina sudaryti aiškų BIM įgyvendinimo planą, kad visoms šalims būtų aiškios jų atsakomybės;
- jeigu naudojamas COBie standartas, būtina reguliariai atlikti informacijos suderinamumo testus, kurių metu žiūrima, ar įmanoma importuoti BIM modelio informaciją į pastatų valdymo programą;
- projekto vadovas privalo užtikrinti, kad būtų laikomasi BIM įgyvendinimo plano ir, kad statybų pabaigoje būtų turimas BIM *as - built* modelis.

2. Statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymas pastato eksploatacijos etapui

2.1. Duomenų mainų tarp BIM modelio ir pastatų valdymo sistemų užtikrinimas taikant BIM standartus

ISO, CEN ir *Building smart* standartai

Iš atliktos literatūros analizės tapo aišku, kad viena iš pagrindinių BIM panaudojimo statybų rinkoje kliūčių yra bendradarbiavimo tarp skirtingų statybos sričių nebuvimas. Dėl prastos komunikacijos tampa neaišku, kas už ką atsakingas, todėl atsiranda sudubliuotų darbų, kuomet skirtingos disciplinos tą patį objektą modeliuoja iš naujo. Siekiant užtikrinti greitesnį ir sklandesnį BIM pritaikymą, tarptautinės standartizavimo organizacijos (*International Organization for Standardization* – ISO, *European Committee for Standardization* – CEN, *Building Smart International*) bendradarbiauja tarpusavyje kurdamos BIM standartus, kurie iš pagrindų yra pritaikyti būtent skaitmeninio modeliavimo aplinkai.

Penki pagrindiniai *Building SMART International* siūlomi *Open BIM* metodologijos standartai yra šie:

- IFC – Industry Foundation Classes. ISO 16739-1:2018;
- IDM – Information Delivery Manual. ISO 29481-1:2010;
- MVD – Model View Definition;
- BCF – BIM Collaboration Format;
- IFD – International Framework for Dictionaries. ISO 12006-3:2007.

Kadangi *building SMART International* glaudžiai bendradarbiauja su ISO ir CEN organizacijomis, todėl trys pagrindiniai standartai (IFC, IDM, IFD) yra adaptuoti ir minėtų organizacijų.

Be jau aptartų bendrų ISO ir „building SMART International“ standartų, ISO yra paskelbusi dar 8 su BIM susijusius standartus:

- ISO 12006-2:2015;
- ISO/TS 12911:2012;
- ISO 16354:2013;
- ISO 16757-1:2015;
- ISO 16757-2:2016;
- ISO 22263:2008;
- ISO 19650-1:2018;
- ISO 19650-2:2018.

EN ISO 19650

Informacijos apie pastatus ir inžinerinius statinius rengimas ir skaitmeninimas, įskaitant statinio informacinį modeliavimą (BIM). Informacijos valdymas taikant statinio informacinį modeliavimą (ISO 19650-1:2018) yra standartas skirtas už statinių infrastruktūros objektų per visus gyvavimo ciklo etapus (pirkimai, projektavimas, statyba, pridavimas, naudojimas ir priežiūra) atsakingoms organizacijoms ir individams [18,19,20,21,22,23]. Standartai numato reikalavimus informacijos rengimui ir pateikimui įgyvendinant BIM projektą. Daugiausia dėmesio juose skiriama projekto vykdymui, kai dauguma grafinių ir negrafinių duomenų bei dokumentų, kartu vadinamų projekto informaciniu modeliu (PIM), sukaupiama projektuojant ir statant objektą. Paskui nuosekliai pereinami įvairūs informacijos pateikimo ciklo etapai ir baigiama pateikiant „as built“ objekto informacinį modelį (AIM)^[33]

EN ISO 19650 standartas yra išskaidytas į šešias dalis:

- 1 dalis. Sąvokos ir principai (ISO 19650-1:2018)
- 2 dalis. Turto sukūrimo etapas (ISO 19650-2:2018)
- 3 dalis. Turto eksploatavimo etapas (ISO 19650-3:2020)
- 4 dalis. Informacijos mainai (ISO 19650-4:2020)
- 5 dalis. Saugumo užtikrinimu grindžiamas informacijos valdymas (ISO 19650-5:2020)
- 6 dalis. Sveikata ir saugumas (ISO 19650-5:2020)

Trečioje standarto dalyje yra aprašomos EIR ir BEP dokumentų rengimo rekomendacijos. Standarte nurodytos būtinos dokumentų dalys, pateikti galimų informacijos poreikio lentelių pavyzdžiai. Sudarytos pavyzdinės hierarchinės schemas. Taip pat pateiktas rekomenduojamas elementų žymėjimas modelyje.

2.2. Užsakovo reikalavimai statinio informacinio modelio rengimui (EIR) ir BIM įgyvendinimo planas (BEP)

EIR dokumentas

Užsakovo reikalavimai informacijai (toliau – EIR (*Employers Information Requirements*)) yra dokumentas, kuris apibūdina užsakovo keliamus reikalavimus statinio gyvavimo ciklams, tokiems kaip planavimas, projektavimas, statyba ir naudojimas, taikant BIM technologijas^[37]. Šiame dokumente pateikiama visa informacija, reikalinga vykdant projektą pasitelkus pastato informacinį modeliavimą. Lentelėje Nr. 2 pateikta EIR dokumento sandara.

lentelė 2. EIR dokumento sandara

Skyrius	Poskyris	Aprašas
1. Bendroji dalis		
	1.1 Projekto informacija	Pateikiama bendrinė projekto informacija, tokia kaip projekto pavadinimas, užsakovas, projekto valdytojas
	1.2 Projekto etapai	Aprašomi visi projekto etapai, tokie kaip planavimas, projektavimas, statyba, eksploatacija, taip pat projekto stadijos ir nurodoma kurios projekto dalys turi atitikti šį dokumentą
	1.3 BIM tikslai	Detaliai aprašomi Užsakovo lūkesčiai ir nurodomos sritys, kurioms bus skiriamas didžiausias dėmesys kuriant BEP dokumentą. Tai atliekant privaloma aiškiai aprašyti užsakovo iškeltų tikslų įgyvendinimo strategiją ir procesus
	1.4 Modelio geometrija	Modelio geometrijos ir elementų parametrų detalumo kiekvienai projekto stadijai aprašymai

	1.5 brėžiniai	Brėžinių generavimo aprašymas
	1.8 Projekto komanda	Projekto komandos susirinkimų grafiko aprašymas
	1.9 Darbo grafikas	Darbo grafiko atnaujinimo reikalavimų aprašymas
	1.10 Rolės ir atsakomybės	Aprašomos visų projekto dalyvių pareigos ir atsakomybės
2. Modeliavimo taisyklės		
		Nurodomos bendrinės modeliavimo taisyklės kurių privalu laikytis projekto metu: matavimo sistema, koordinacių sistema; įvardinamas projekto dalyvis, turintis sudaryti šias taisykles
3. Modelio išvystymo lygiai		
		Aprašoma koku detalumu turi būti sumodeliuota kiekviena projekto dalis (sklypo sutvarkymas, architektūrinė ir technologinė, konstrukcijų, vandentiekio ir nuotekų šalinimo, šildymo ir vėdinimo sistemos, ir kt.) Kiekvienai projekto daliai nurodomas geometrinis elemento detalumas LOD (<i>level of detail</i>) ir informacinis elemento detalumas LOI (<i>level of Information</i>).
		Taip pat turėtų būti pateikiamas minimalus elementų atributinės informacijos lygis. Sudarant BEP dokumentą, jame turi būti išvardinti visi modelio elementai ir nurodytas jų atributinės informacijos lygis. Atributų informacijos pateikimo formatą sudaro BIM koordinatorius
4. Informacijos klasifikavimo sistema		
		Aprašomos rekomendacijos klasifikavimo sistemoms (ISO 81346; <i>UniClass, Omniclass</i>); nurodoma kada jos turi būti pasirinktos ir kaip jas aprašyti BEP dokumente
5. Programinė įranga		
		Aprašomi reikalavimai naudojamai programinei įrangai
6. BIM duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūra		
		Aprašomi reikalavimai duomenų mainų sistemoms CDE (<i>common data environment</i>)
7. Modelio numatomų bylų ir failų infrastruktūra		
		Aprašomi reikalavimai bylų numeracijai ir pavadinimams. Taip pat apibrėžiama, kaip turi būti pavadinti visi modelio failai, kad visoms projekte dalyvaujančioms šalims būtų aišku kur ko ieškoti
8. Kokybės kontrolė, koordinavimas ir nesuderinamumų paieška		

		Detaliai aprašomos modelio kolizijų ir kitų nesuderinamumų kontrolės taisyklės, taip pat nurodoma, kuris projekto dalyvis yra atsakingas už atitinkamas dalis
9. Modelio perdavimas užsakovui, projekto valdytojui		
		Aprašomi teisiniai projekto perdavimo ypatumai. Taip pat nurodoma kokiais formatais projektas turi būti pateiktas valdytojui, į kokią platformą privalu patalpinti visus projekto dokumentus, kad projektas būtų laikomas užbaigtu.
10. Darbų atlikimo plano reikalavimai		
		Aprašomi reikalavimai darbų plano ruošimui ir pateikimui, nurodomas plano detalumas bei kokių formatu tiekėjas turi jį pateikti užsakovui.

Šio darbo metu atliekamiems tyrimams aktualiausios yra trečioji, ketvirtoji, šeštoji ir aštuntoji temos, todėl jos turi būti išnagrinėtos plačiau.

Modelio išvystymo lygiai

Siekiant užtikrinti, kad kiekviename projekto etape modelis atitiktų kliento reikalavimus ir nebūtų dirbama be reikalo detalizuojant modelį ten, kur to nereikia, labai svarbu, kad informacijos pateikimo plane būtų nurodyta, kokio detalumo yra tikimasi. Paprastumo dėlei modelio detalumo lygis yra nurodomas plačiai naudojamu LOD žymėjimu (LOD lygių aprašymai pateikiami lentelėje Nr. 3).

lentelė 3. LOD lygiai

Detalumo lygis	Aprašymas
LOD 100	Modelio elementų geometrija neatitinka realybės. Viskas vaizduojama schematiškai. Visa iš LOD 100 detalumo lygio modelio paimta informacija gali būti traktuojama tik kaip apytikslė.
LOD 200	Modelio elementų geometrija neatitinka realybės. Elementai yra sumodeliuoti taip, kad tik laikinai užimtu vietą ir atvaizduotų elemento vietą modelyje. Visa iš LOD 200 detalumo lygio modelio paimta informacija gali būti traktuojama tik kaip apytikslė.
LOD 300	Modelio elementai sumodeliuoti tiksliai. Jų matmenys, kiekis, vieta gali būti matuojami tiesiai iš modelio.
LOD 350	Visi modelio elementai ir elementų jungiamieji mazgai sumodeliuoti tiksliai. Visų elementų kiekis, vieta gali būti matuojami tiesiai iš modelio.
LOD 400	Visų modelio elementų detalumas yra tokio lygio, kad jų informacijos pilnai pakanka tų elementų gamybai.
LOD 500	BIM <i>as - built</i> modelis. Modelis pilnai atspindi realų pastatą. Visa elementų informacija yra patalpinta modelyje.

Taip pat siekiant sukurti modelį, tinkamą pastato valdymui, privalu atskirai išskirti reikalavimus atributinei informacijai LOI, kuriuos turi pateikti būsimas pastato valdytojas prieš pradėdamas modeliuoti pastatą. Visi atributinės informacijos reikalavimai numatomi BIM įgyvendinimo plane pasirinktu formatu, pavyzdžiui, lentelės forma. Atributinės informacijos lentelės pavyzdys pateiktas lentelėje Nr. 4, vertikalčiai surašyta galima elemento atributinė informacija, o horizontaliai – visos pastato elementų grupės. Naudojant tokią lentelę užtenka kryželiu pažymėti, kuriai grupei, kokios informacijos reikia.

lentelė 4. Reikalavimai atributinei informacijai

	Elementas 1	Elementas 2	Elementas 3	Elementas 4	Elementas 5	Elementas 6	Elementas 7	Elementas 8	Elementas n
Gamintojas			X	X	X	X	X	X	X
Modelio numeris			X	X	X	X	X	X	
Garantija metais					X	X		X	
Priežiūros intervalas						X	X	X	
Medžiagiškumas	X	X			X				X
Daly, kurioms suteikiam garantija			X	X		X		X	
Darbai, kuriems suteikiama garantija			X	X		X		X	
Produkto pavadinimas			X	X		X	X	X	X
Pakeitimo išlaidos			X	X		X	X	X	X
Tikėtinas naudojimo laikas						X		X	
Geometriniai duomenys	X	X			X	X	X	X	X
Įdiegimo ir garantijos pradžios datos						X		X	
Brūkšninis kodas									
Etiketės numeris									
Serijos numeris			X	X		X		X	X
Pridedamos dokumentų kopijos (įrašyti dokumentų poreikį)						X		X	
Kiti parametrai (įrašyti patiems)									

BIM duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūra

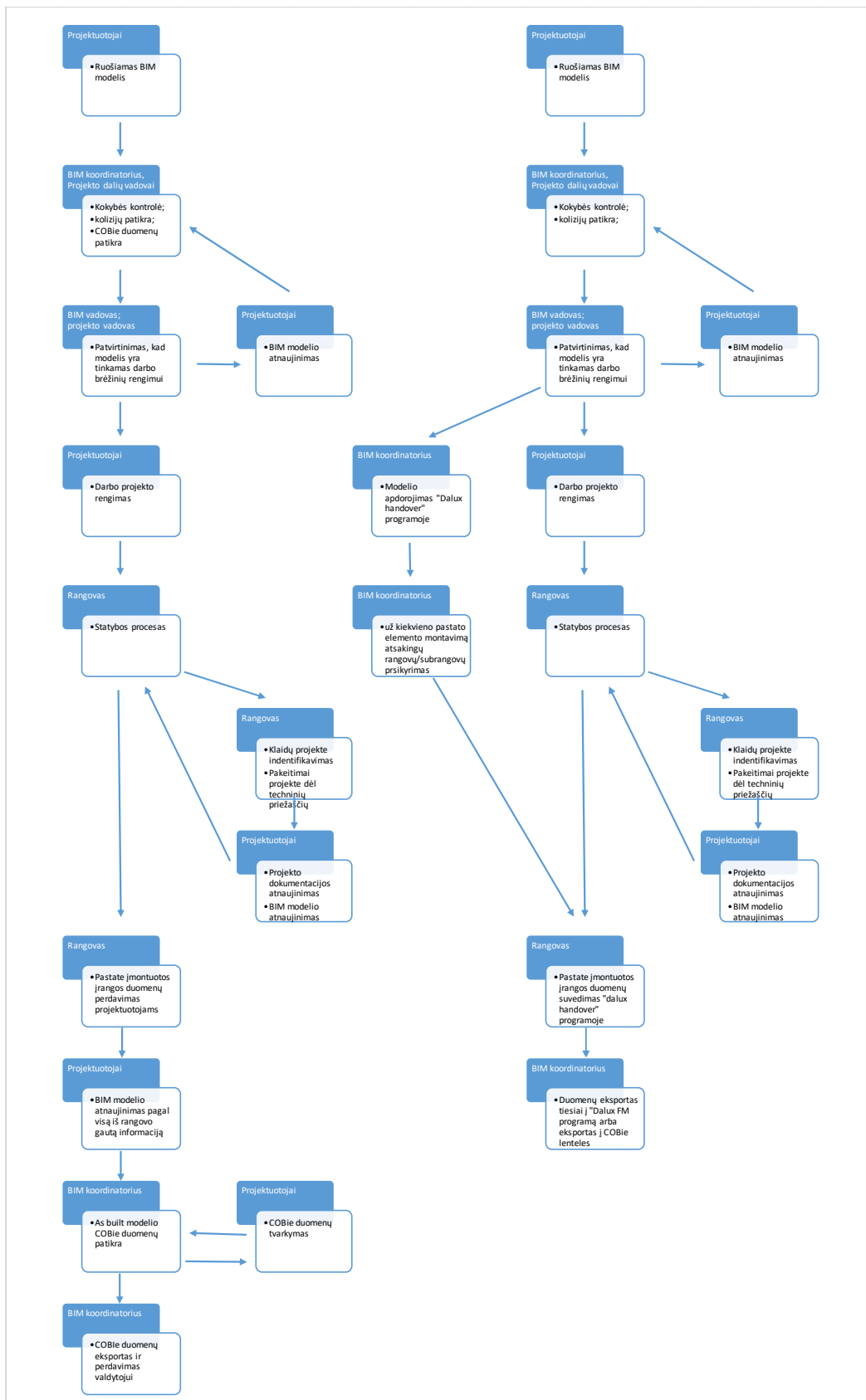
Norint užtikrinti sklandų duomenų keitimosi tarp visų projekto dalyvių procesą, būtina sudaryti aiškią duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūrą, kuri turi būti detaliai aprašyta BIM įgyvendinimo plane. Nagrinėjant tik duomenų perkėlimo iš BIM modelio į pastatų valdymo programas dalį, galima išskirti keletą skirtingų komunikacijos infrastruktūros variantų:

- Kai naudojamas COBie standartas, visa eksploatacijos etapui reikalinga informacija yra pridedama projektuotojų pačiame BIM modelyje, todėl reikalingas aiškus metodas, kaip minėtą elementų informaciją sklandžiai perduoti projektuotojams iš statytojų.
- Kai naudojamas „Dalux“ programų paketas, eksploatacijos etapui reikalinga informacija yra pridedama pačių statytojų, kurie įrengia visus reikalingus pastato elementus.

Naudojant COBie standartą visų pastato elementų parametrai yra pridedami projektuotojų, BIM modelyje. Tačiau didžioji dalis minėtų parametrų nėra tiksliai žinomi tol, kol nesibaigė statybos

procesas. Pavyzdžiui, pastato valdytojui svarbu žinoti visos pastate įdiegtos įrangos parametrus, tačiau tokia informacija, kaip modelio numeris ar įrengimo data (reikalinga dėl garantinio laikotarpio), tampa žinoma tik rangovui gavus užsakymą iš gamintojo ir viską sumontavus, todėl vėliau visa informacija turi būti perduodama projektuotojams, kurie turi atnaujinti modelį. Taip statybos metu atnaujinamas modelis pasiekia *as - built* detalumo lygį ir gali būti eksportuojamas per COBie lenteles į pasirinktą pastatų valdymo sistemą. Viso šio proceso schema pateikiama paveiksle Nr. 15 kairėje.

Naudojant *Dalux* programų paketą, visų pastato elementų parametrai yra pridedami paties rangovo atlikus minėtų elementų / įrangos instaliacijos darbus. Todėl BIM koordinatoriui / projekto vadovui reikia tik priskirti už kiekvieno elemento instaliavimo darbus atsakingą asmenį / įmonę ir sekti, kad informacija būtų nuosekliai pildoma. Dirbant šiuo metodu projektuotojams reikia atnaujinti modelį statybų metu tik dėl pasikeitusių konstrukcinių spendimų. Visa kita atnaujinama BIM koordinatoriaus *Dalux* programų pakete. Šio proceso schema pateikiama paveiksle Nr.15 dešinėje.



15 pav. Darbų eigos schemas (sudaryta autoriaus)

Kokybės kontrolė, koordinavimas ir nesuderinamumų paieška

Kokybės kontrolė gali būti skirstoma į kelis tipus:

- vizualinė patikra;
- sankirtų patikra;
- modelio vientisumo patikra;
- projekto peržiūra.

Sudarant EIR dokumentą, svarbu nurodyti, kaip dažnai turi būti atliekama kiekvieno tipo kokybės kontrolė, kuris projekto dalyvis ją turi atlikti ir kas kontrolės metu tikrinama. Kokybės kontrolės tikrinimų reikalavimų pateikimo pavyzdys matomas lentelėje Nr. 5.

lentelė 5. BIM modelio kokybės kontrolė

Patikra	Paaškinimas	Atsakingi dalyviai	Pastabos
Vizualinė patikra	Peržiūrėti ar nėra netinkamų modelio elementų ir ar laikomasi BIM projekto komandos suformuotų tikslų	BIM koordinatorius, projekto dalių vadovai	Patikros ataskaita pateikiama ne rečiau nei kartą į dvi savaites
Sankirtų patikra	Tikrinamos sankirtos tarp skirtingų projektų dalyvių ruošiamų modelių. Taisymo proceso valdymas	BIM koordinatorius, projekto dalių vadovai	
Modelio vientisumo patikra	Tikrinama ar jungtinis modelis atitinka vientisumo reikalavimus, tai yra ar nesidubliuoja elementai, ar netrūksta dalies elementų	BIM koordinatorius	
Projekto peržiūra	Tikrinama ar modelis atitinka užsakovo išskeltus reikalavimus	BIM koordinatorius, projekto vadovas	

Šio darbo metu naudojami jau paruošti modeliai, kurie yra pildomi naudojant *Dalux handover* programinę įrangą, todėl atliekamos tik vizualinė patikra ir projekto peržiūra. Šių patikrų metu stebima, ar pasiektas projekto pradžioje užsibrėžtas detalumo lygis, ir, ar visoms reikiamoms pastato sistemoms yra priskirti numatyti parametrai.

BIM įgyvendinimo planas (BEP)

BIM įgyvendinimo planas (BEP) yra išplėstas ir detalizuotas EIR dokumentas, kuriame detaliai aprašomos visų šalių pareigos, nurodoma visų atsakingų asmenų kontaktinė informacija, apibrėžiama naudojama programinė įrangą ir standartai, kuriais būtina vadovautis. Taip pat šiame dokumente detaliai aprašomi visi bendriniai modelio reikalavimai, tokie kaip visų etapų detalumo lygis, reikalavimai atributinei informacijai.

Išnagrinėjus keletą BEP dokumento pavyzdžių ir ruošimo rekomendacijų nustatyta, kad BIM įgyvendinimo planą sudaro tokie pagrindiniai skyriai^[1,34,35,38]:

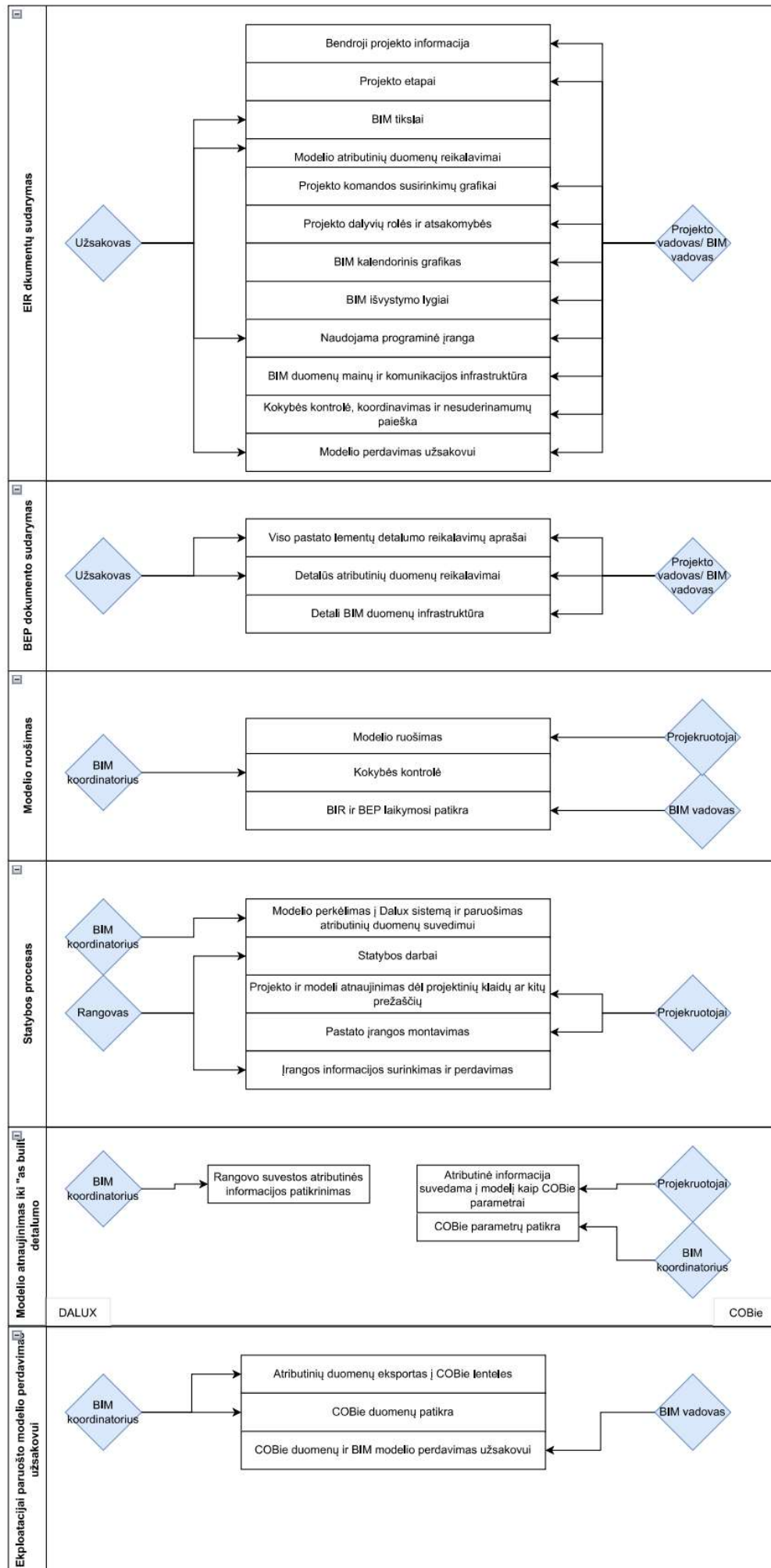
- BEP dokumento rengimo tikslas;
- dokumentai, kuriais remiantis rengiamas BEP;
- terminai ir sąvokos;
- BIM projekto siekiam tikslai;
- BIM projekto procesų valdymas;

- BIM projekto įvesties duomenys.

Kiekvieną skyrių galima skaidyti į daug smulkesnių skyrelių, tačiau didelė dalis jų šiam darbui yra neaktualūs, todėl toliau bus nagrinėjami tik BIM projektų procesų valdymo ir BIM projekto įvesties duomenų skyriai.

2.3. Teorinis statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymo modelis pastato eksploatacijos etapui

Remiantis nagrinėtais moksliniais straipsniais ir statinių informacinio modeliavimo dokumentacija, galima sudaryti teorinį BIM panaudojimo pastatų valdymui modelį, pagal kurį bus atliekamas praktinis tyrimas. Jo metu visi modelyje išskirti etapai bus išbandomi praktiškai ir tyrimo pabaigoje sudarytas teorinis modelis bus patvirtinamas arba koreguojamas. Teorinio BIM panaudojimo pastatų valdymui grafinė schema pateikta pav. Nr. 16.



16 pav. Teorinis BIM taikymo eksploataciniame etape modelis (sudaryta autoriaus)

Teorinį BIM panaudojimo pastatų valdyme modelį galiam suskirstyti į šešis didelius skyrius:

- EIR dokumentų sudarymas;
- BEP dokumentų sudarymas;
- modelio rengimas;
- statybos etapas;
- modelio atnaujinimas iki *as - built* detalumo lygio;
- eksploatacijai paruošto modelio perdavimas užsakovui.

EIR dokumentų sudarymas

Prieš projektinėje stadijoje sudaromas užsakovų reikalavimų informacijai dokumentas (EIR), kuriame aprašoma informacija:

- bendroji projekto informacija;
- projekto etapai;
- BIM tikslai;
- modelio atributinių duomenų reikalavimai;
- projekto komandos susirinkimų grafikai;
- projekto dalyvių rolės ir atsakomybės;
- modelio ruošimo kalendorinis grafikas;
- modelio išvystymo lygiai;
- naudojama programinė įranga;
- BIM duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūra;
- kokybės kontrolė, koordinavimas ir nesuderinamumų paieška;
- modelio perdavimas užsakovui.

BEP dokumento sudarymas

BIM įgyvendinimo planas (BEP) yra ruošiamas pagal užsakovo informacijos reikalavimų dokumentą, smulkiai detalizuojant esminius modelio reikalavimus. BEP dokumente turi būti nurodoma tokia informacija:

- visų pastate esančių elementų detalumo reikalavimų aprašai;
- atributinių duomenų reikalavimai;
- detali BIM duomenų mainų infrastruktūra.

Modelio rengimas

Pagal sudarytus EIR ir BEP dokumentus rengiamas BIM modelis. Jeigu EIR dokumente numatyta naudoti COBie standartą, tai ruošiant modelį visa žinoma elementų atributinė informacija turi būti aprašoma COBie parametrais, kurie bus atnaujinami statybos proceso metu. Svarbu nuolat vykdyti duomenų patikrą, siekiant užtikrinti duomenų vientisumą. Jeigu EIR dokumente numatyta duomenis iš BIM modelio į pastatų valdymo sistemą perkelti naudojant papildomą programinę įrangą, pavyzdžiui, „Dalux“, tuomet modelyje nereikia aprašinėti elementų visa atributinė informacija. Užtenka, kad modelis atitiktų BEP dokumente nurodytus detalumo reikalavimus ir BIM modelio IFC failai būtų parengti pagal EIR dokumento reikalavimus.

Statybos etapas

Statybos darbų metu atsiradę projekto pakitimai privalo būti atlikti ir BIM modelyje. BIM modelis turi pilnai atitikti statomą pastatą, nes kitaip nebus tinkamas pastato eksploatacijos etapui. Visas modelio taisymo procesas turi būti aprašytas BEP dokumente, kuriame nurodoma detali informacijos mainų infrastruktūra. Taip pat rangovas renka ir perduoda įmontuotos įrangos informaciją, kuri bus reikalinga pastatų eksploatacijos etape. Jeigu modelis yra pildomas atributine informacija naudojant COBie parametrus, surinkti duomenys turi būti perduoti projektuotojams, kurie papildo BIM modelį šia informacija. Jeigu modelis yra pildomas atributine informacija naudojant papildomą programinę įrangą, leidžiančią visą informaciją perkelti į modelį tiesiogiai iš rangovo, tuomet šis, po kiekvieno elemento montavimo, turi pildyti tam elementui skirtas atributinės informacijos lenteles, prisegti visą reikalingą dokumentaciją bei perspėti BIM koordinatorių apie atliktus darbus.

Modelio atnaujinimas iki as - built detalumo lygio

Galimi keli būdai pasiekti *as - built* detalumo lygį:

- standartinis – modelis yra tobulinamas naudojant modeliavimo programinę įrangą, visą darbą atliekant projektuotojams;
- Rečiau praktikuojamas – projektuotojų paruoštas detalus konstrukcinis modelis yra tobulinamas naudojant išorinę programinę įrangą, tokią kaip *Dalux handover*^[6]

Dirbdami standartiniais metodais, projektuotojai turi nuolat atnaujinti modelį, nes detali informacija tampa žinoma tik įrengus tam tikrus elementus, pavyzdžiui - garantinio laikotarpio pradžios data, elemento brūkšninis kodas ar serijinis numeris. EIR dokumente turi būti nurodyta koku būdu visa ši informacija rangovo bus perduodama projektuotojams.

Naudojant *Dalux handover*, parengtas pastato IFC modelis įkeliamas į sistemą. Keliamos tik tos modelio dalys, kurias EIR dokumente nurodo užsakovas, tokiu būdu sumažinant neesminių elementų kiekį. Dėl lengvesnės navigacijos modelyje, į sistemą įkeliami dvimačiai planų brėžiniai ir jų koordinatų sistema pririšama prie modelio koordinatų sistemos.

Įkėlus modelį į *Dalux handover* sistemą jis yra apdorojamas tokia seka:

- elementai suskirstomi į grupes, kad būtų paprasčiau priskirti jų tvarkymą skirtingiems projekto dalyviams;
- kiekvienai elementų grupei sukuriama atributinių duomenų lentelės šablonas, kuriame aiškiai matoma, kokius duomenis turi suvesti rangovas;
- kiekvienai elementų grupei priskiriamas atsakingas asmuo, kuris turi užpildyti atributinės informacijos lenteles;
- supildomos atributinių duomenų lentelės.

Naudojant šį modelį visa atributinė informacija yra supildoma pačių rangovų, todėl sumažėja projektuotojų apkrovimas, tačiau tuo pat metu padidėja BIM koordinatoriaus darbo krūvis, kuris turi sugrupuoti visus elementus, sukurti atributinių duomenų lenteles, jas priskirti atsakingiems asmenims ir tikrinti, ar jos yra pildomos teisingai ir laiku.

Eksploatacijai paruošto modelio perdavimas užsakovui

EIR dokumente klientas nurodo, kokia programinė įranga bus naudojama pastato eksploataciniame etape ir koku formatu jis pageidauja gauti visą modelio informaciją. Jeigu bus naudojama su *Dalux*

handover derinama programa, visą elementų atributinę informaciją galima perkelti tiesiogiai. Jeigu naudojama kitokia programinė įranga, tuomet visa elementų atributinė informacija eksportuojama į COBie lenteles ir perduodama užsakovui.

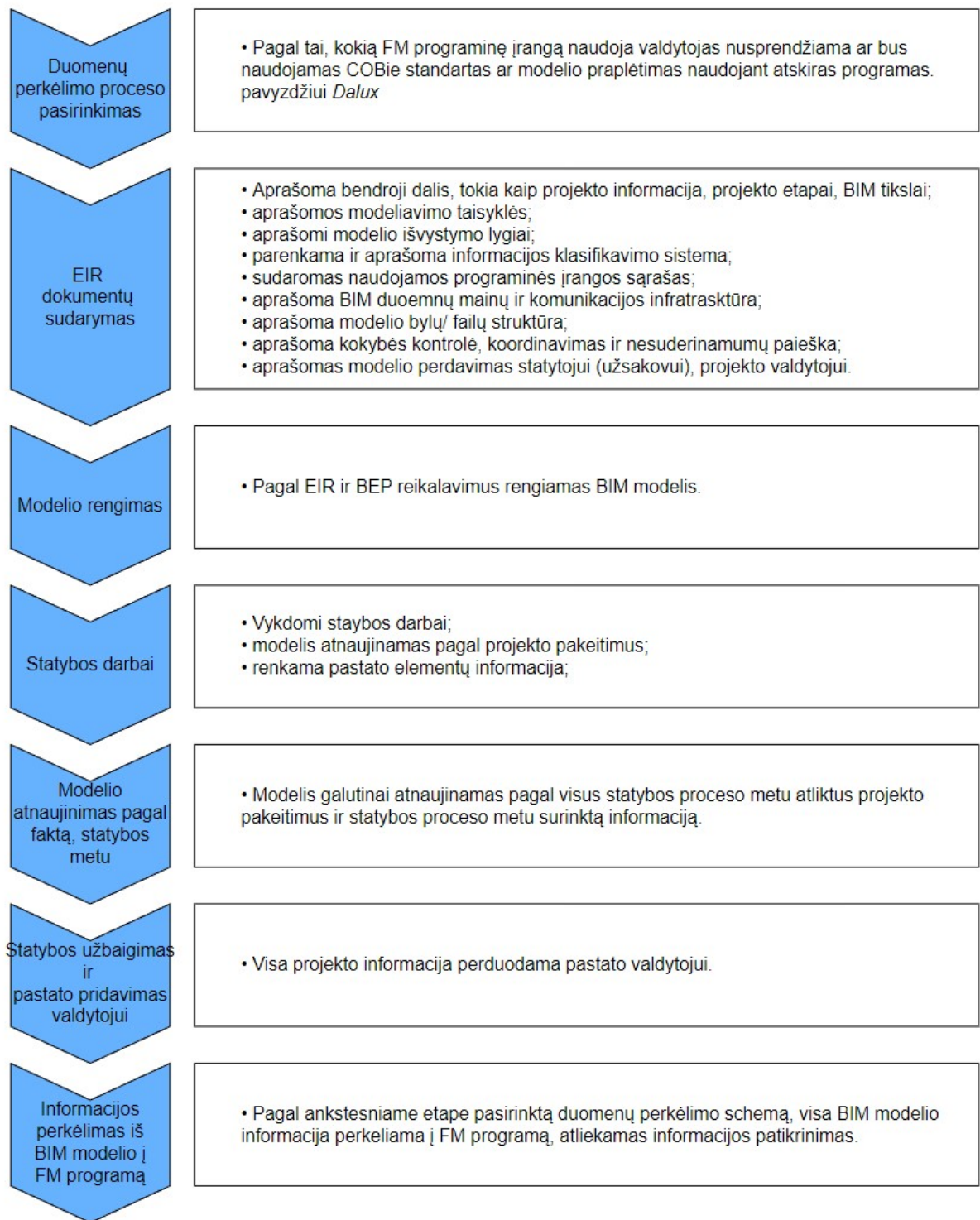
3. Statinio informacinio modeliavimo technologijų taikymo pastato eksploatacijos etapui tyrimas

3.1. Tyrimo planas

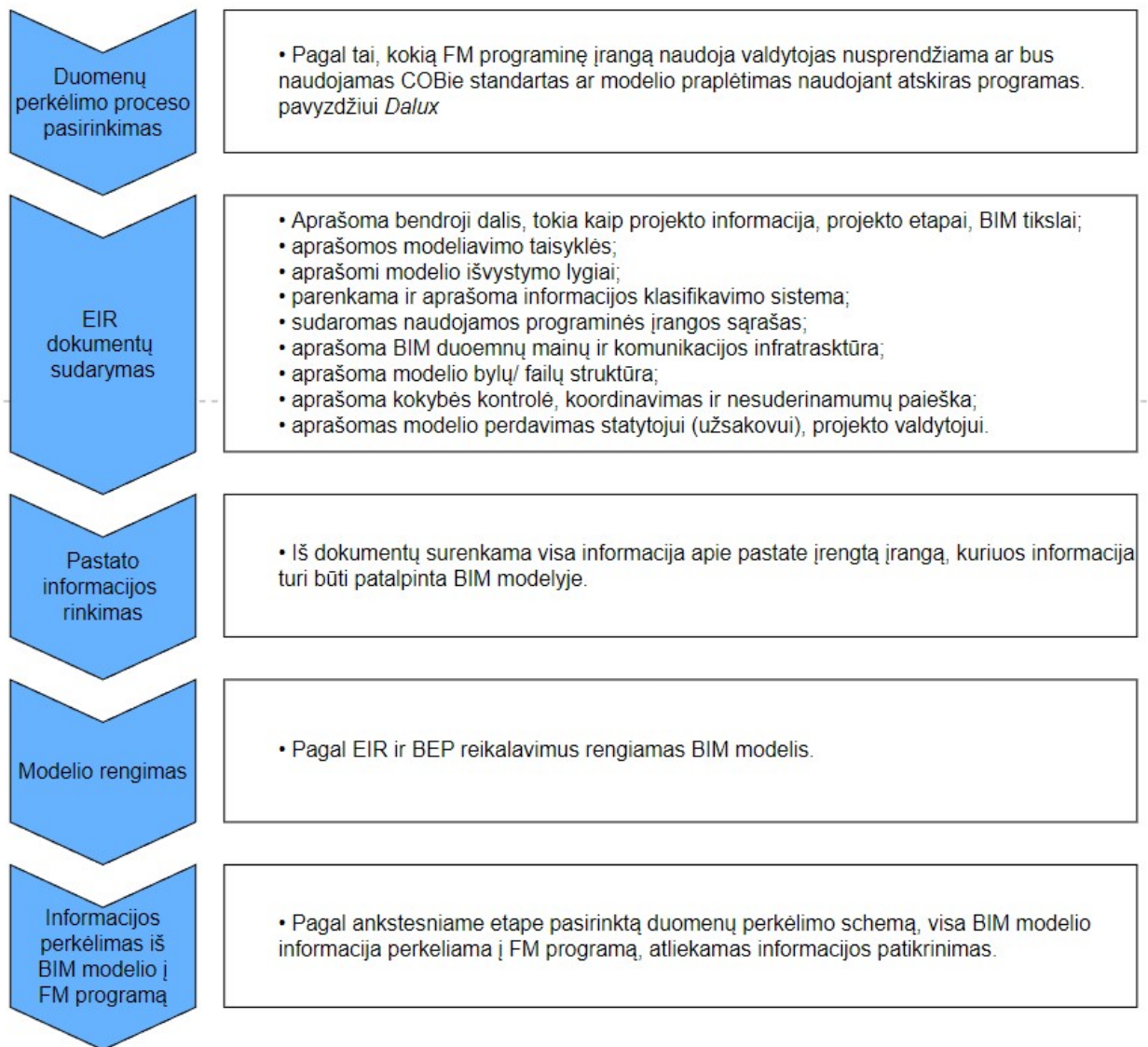
Ankstesniuose skyriuose jau buvo aptartos dvi pagrindinės BIM modelio pritaikymo pastatų valdymui kryptys:

- Kai naujos statybos metu nuo pat pradžių yra žinoma, kad modelis bus naudojamas pastatų valdymui;
- kai esamam statiniui yra kuriamas naujas BIM modelis specifiskai tik eksploatacijos etapui.

Priklausomai nuo krypties, kuriant modelį, susiduriama su skirtingais iššūkiais. Kaip pavyzdį būtų galima paminėti esamo pastato modelio sudarymą, kai neturima jokių skaitmeninių pastato brėžinių. Tokiu atveju visą pastatą reikia skenuoti su specialia įranga arba viską matuoti ir modeliuoti rankiniu būdu. Paveiksle Nr. 17 ir Nr. 18 pateikiamos loginės darbų schemos abiem atvejams.



17 pav. Darbų schema naujai statybai (sudaryta autoriaus)



18 pav. Darbų schema esamam statiniui (sudaryta autoriaus)

Abi schemas yra labai panašios. Esminis skirtumas yra tas, kad naujos statybos atveju labai svarbu spręsti modelio atnaujinimo statybos proceso metu klausimą, kitaip turimas modelis neatitiks realybės. Ruošiant modelį esamam statiniui, jis iškarto sudaromas pagal realius pastato duomenis, todėl ši problema lieka neaktuali. Tyrimo metu nagrinėjamas projektas su jau paruoštu BIM modeliu, todėl bus naudojama šiek tiek modifikuota antroji schema.

Tyrimo planas

Magistrinio darbo tiriamosios dalies metu praktiškai išbandomas pagal teorinę darbo dalį sudarytas teorinis BIM technologijų taikymo modelis pastato eksploataciniam etapui. Teorinis modelis išbandomas naudojant *Dalux handover* sistemą. Pirmoje tyrimo dalyje nedideliame BIM modeliui yra priskiriama atributinė informacija. Testuojama su kokiomis problemomis galima susidurti dirbant su *Dalux handover* programine įranga ir sudaromos rekomendacijos kitam tyrimo etapui. Antrojoje tyrimo dalyje išbandomas sudarytas teorinis modelis, atkreipiant dėmesį į visus nurodytus žingsnius ir nurodant pastebėjimus, kur modelį reiktų koreguoti.

Tyrimo aprašymas

Tyrimo metu nagrinėjami dviejų pastatų modeliai. Pirmasis iš jų – vaikų darželio-lopšelio (Bajorų kelias 10, Vilnius) projektas. Visa reikiama informacija, įskaitant IFC modelius, gauta iš Centrinio viešųjų pirkimo portalo. Kitas modelis – administracinės paskirties pastato, (T. Ševčenkos g. 13, Vilniuje) projektas Tyrimo metu abu modeliai bus apdorojami su *Dalux handover* programine įranga, kurią pasitelkiant turimiems modeliams bus pridėdama elementų atributinė informacija, reikalinga pastato valdytojui eksploatacijos etape.

Pirmosios tyrimo dalies tikslas yra ištirti sąsają tarp IFC modelio ir *Dalux handover* sistemos. Tyrimo metu bus nustatomos esminės problemos, su kuriomis susiduriama, pridėdant pastato atributinę informaciją modeliui, naudojant šį metodą. Taip pat sudaromos rekomendacijos modelio pasirinkimui kitai tyrimo daliai.

Pirmos tyrimo dalies planas:

- 2D planų sudarymas iš turimo modelio;
- modelio ir planų įkėlimas į sistemą;
- ne mažiau nei penkių elementų grupių sudarymas ir tų grupių priskyrimas modeliui;
- elementų informacijos priskyrimas grupėms;
- rezultatų aprašymas.

Dvimačiai pastato planai yra reikalingi paprastesnei navigacijai modelyje, todėl jie bus sukuriami iš turimo 3D modelio. Visas pastato valdymas yra sudarytas iš atskirų pastato elementų grupių priežiūros ir valdymo, todėl šio tyrimo metu bus sudaromos ne mažiau nei penkios elementų grupės ir joms priskiriami visi reikalingi parametrai. Kadangi nagrinėjamas modelis neturi detalios sumodeliuotos ŠVOK sistemos, tyrimo metu bus kuriamos paprastų elementų, tokių kaip langai, durys, viryklės, grupės. Kiekvienai iš jų bus priskirta atitinkama aktuali informacija, tokia kaip: gamintojo dokumentacija, priežiūros intervalas, identifikacijos numeris.

Tyrimo rezultatus turi sudaryti tokia informacija:

- aiški elementų grupių sudarymo metodologija;
- aiškus parametrų sąrašas, kuriuos būtina priskirti visoms kuriamoms elementų grupėms;
- problemos, su kuriomis buvo susidurta, ir pastebėjimai į ką reikėtų atkreipti dėmesį, renkant modelį kitam tyrimo etapui.

Atlikus pirmąją, bandomąją, tyrimo dalį, pasirenkamas projektas pagrindinei tyrimo daliai, kurios metu bus išbandomas sudarytas teorinis BIM technologijų taikymo modelis pastatų eksploataciniam etapui. Pasirinktas projektas – Administracinės paskirties pastato T. Ševčenkos g. 13, Vilniuje, rekonstrukcijos projektas. Visa projekto dokumentacija gauta iš Centrinio viešųjų pirkimo portalo.

Šio tyrimo dalies tikslas yra išbandyti pagal literatūros analizę sudarytą teorinį BIM technologijų taikymo modelį pastatų eksploataciniam etapui, sudarant visas reikiamas EIR ir BEP dokumentų dalis, priskiriant atsakomybes skirtingiems projekto dalyviams ir papildant modelį visa EIR ir BEP dokumentuose nurodyta elementų atributine informacija.

Antros tyrimo dalies planas:

- EIR dokumento sudarymas;
- BEP dokumento sudarymas pagal EIR dokumente pateiktus reikalavimus;
- dvimačių brėžinių sudarymas ir brėžinių bei IFC modelio perkėlimas į *Dalux handover*;
- elementų grupių kūrimas pagal darbo pradžioje identifikuotus valdytojo poreikius;
- elementų informacijos pildymo paskirstymas skirtingiems statybos dalyviams pagal sudarytą BEP dokumentą;
- elementų informacijos suvedimas;
- modelyje esančios pastato valdymui reikalingos informacijos prieinamumo patikrinimas;
- rezultatų aprašymas;
- Sukurto teorinio modelio patvirtinimas arba paneigimas.

Paskutinėje dalyje, pagal praktinio tyrimo metu gautus rezultatus, patvirtinamas sudarytas teorinis BIM technologijų taikymo modelis pastatų eksploataciniam etapui arba, reikalui esant, jis koreguojamas ir aprašomas.

3.2. IFC modelio ir *Dalux handover* sąsaja

Pirmosios tyrimo dalies metu nagrinėjamas vaikų darželio- lopšelio (Bajorų kelias 10, Vilnius) projektas. Tyrimo metu naudojama *Dalux handover* programinė įranga, leidžianti į sistemą įkeltam BIM modeliui (IFC formatu) priskirti visus pastatų valdymui reikalingus parametrus ir visą elementų gamintojų dokumentaciją. Šia tyrimo dalimi siekiama ištirti IFC ir *Dalux handover* sąsają ir sukurti detalią pasirinktos programinės įrangos naudojimo metodologiją, kuri užtikrins ateities tyrimų sklandumą.

Pirmosios tyrimo dalies eiga

Iš Centrinio viešųjų pirkimo portalą gautas vaikų darželio- lopšelio projekto BIM modelis yra išskaidytas į atskirus IFC modelius pagal sritį. Vienas IFC modelis skirtas architektūrinei daliai, kitas – šildymo sistemai, trečias – vėdinimo sistemai ir t. t. Tokiu būdu išskaidyti modeliai yra daug lengviau apdorojami tiek kompiuterinėse programose, tiek pačiam vartotojui, nes nėra perpildyti neaktualia informacija. Tačiau tuo pat metu susiduriama su problema, kad, neturint pagrindinio modelio failo, sunku matyti realų pastato vaizdą. Atsidarius vieną iš IFC modelių, jame matoma tik dalis pastato elementų. Tyrimui pasirinkta *Dalux* programinė įranga geba sujungti atskirų sričių modelius į vieną visumą. 19 pav. kairėje pusėje vaizduojamas vaikų darželio- lopšelio rūšio planas *Dalux* sistemoje, kai į sistemą įkeltas tik architektūrinis modelis. Matyti, kad pagalbinė patalpa (paryškinta) yra tuščia. Dešinėje paveikslėlio pusėje yra matomas to paties aukšto planas, tik į sistemą įkėlus ir šildymo sistemos modelį. Kaip galima pastebėti, architektūriniame modelyje atsirado ir visa šildymo įranga.



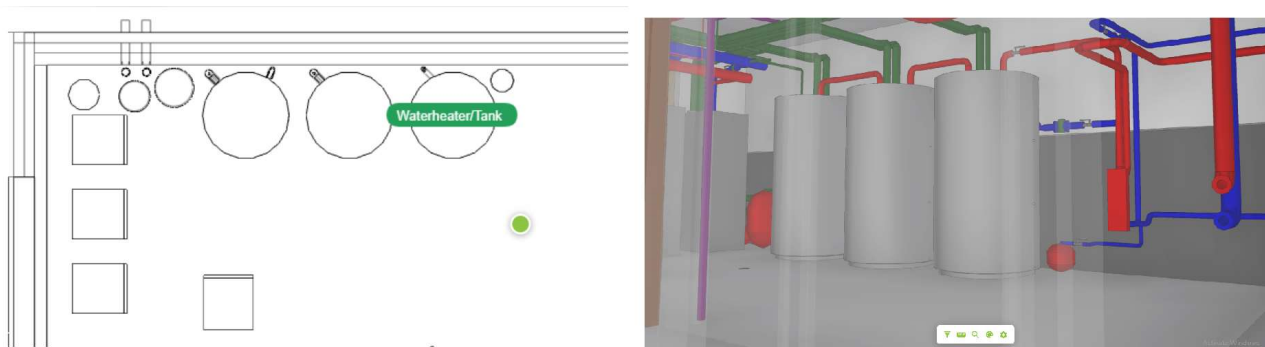
19 pav. Dviejų IFC modelių sujungimas į vieną (sudaryta autoriaus)

Viena vertus, toks metodas leidžia pastato valdytojui į sistemą įkelti tik jam aktualias pastato dalis. Kita vertus, visiems darbuotojams būtų patogiau sistemoje matyti pilną pastato modelį, kuriame netrūksta dalies elementų, todėl tyrimo metu į *Dalux* sistemą s keliami visų pastato sistemų modeliai. Programinėje įrangoje duomenys iš modelio į pastatų valdymo sistemas perduodami kitu būdu, nei daugumai geriau pažįstamos COBie lentelės.

Duomenis perkeliant COBie lentelėmis, modelio informacija turi būti atnaujinama pačiame modelyje. Prie projekto dirbanti komanda turi būti gerai susipažinusi su COBie veikimo principu. Taip pat turi būti užtikrintas aiškus atsakomybių paskirstymas. Privalu užtikrinti gerą komunikaciją tarp projektuotojų ir statytojų, nes visi statytojų atlikti pakeitimai ir sumontuota įranga, turi būti sumodeliuota ir aprašyta modelyje. Visa tai yra įmanoma, tačiau iš pradžių labai sunkiai įgyvendinama, nes dauguma savo srities specialistų turi jiems būdingas darbo rutinas, kurias sunku pakeisti. *Dalux* sistema šią problema sprendžia kitais būdais. Naudojant *Dalux handover* modelis nėra koreguojamas. Visa informacija yra priskiriama į sistemą įkeltam IFC modeliui. Projekto administratorius sukuria pastato valdymui reikalingas elementų grupes, toms grupėms priskiria pastato elementus ir rangovą, atsakingą už tų elementų įrengimą. Tuomet statybos metu rangovas, sumontavęs tuos elementus, mobilioje aplikacijoje užpildo visą reikalingą elementų informaciją, tokią kaip pavadinimas, gamintojas, garantinis laikotarpis, patalpos numeris ir prideda gautą gamintojo dokumentaciją. Tokiu būdu išvengiama įrengtų gaminių informacijos perdavimo projektuotojui proceso.

Šio bandomojo tyrimo metu sukurtos kelios atskiros elementų grupės, jų aprašai bei informacijos pildymo lentelių šablonai. Sukurtos elementų grupės priskiriamos rangovams, kurie yra atsakingi už jų montavimą. Priskirti rangovai yra atsakingi už visos montuojamos įrangos informacijos supildymą ir perdavimą projekto vadovui ar BIM koordinatoriui. Imituojant rangovo vaidmenį – supildoma visa nagrinėjamų elementų dokumentacija. Kaip pavyzdys bus nagrinėjamas vandens šildytuvo montavimas.

Darbas pradedamas nuo reikiamų elementų radimo ir pažymėjimo modelyje (20 pav.) Tai padaryti yra keletas būdų. Pats paprasčiausias – 2D plane pasirinkti patalpą ir perėjus į 3D erdvę pasirinkti reikiamą elementą. Kitas būdas – filtracijos sistemoje pagal žinomus parametrus išfiltruoti visus elementus ir taip rasti norimą elementą.



20 pav. Vandens šildytuvas plane ir 3D erdvėje (sudaryta autoriaus)

Radus norimą elementą/-us sukuriama elementų grupė, kuri vėliau bus priskiriama kažkuriam rangovui į darbų sąrašą. Kiekvienai montuojamų elementų grupei projekto administratorius sukuria „perdavimo“ formą, kurioje parenka kokius elemento parametrus nori gauti iš tą elementą montuosiančios įmonės. Galimų parametrų sąrašas yra labai platus:

- gamintojas;
- modelio numeris;
- garantija metais;
- priežiūros intervalas;
- dalys, kurioms suteikiam garantija;
- darbai, kuriems suteikiama garantija
- produkto pavadinimas;
- pakeitimo išlaidos;
- tikėtinas naudojimo laikas;
- geometriniai matmenys;
- įdiegimo ir garantijos pradžios datos;
- brūkšninis kodas;
- etiketės numeris;
- serijos numeris ir kt.

Čia išvardinti tik keli svarbiausi parametrai. Be visų įprastų parametrų, galima sukurti ir papildomus, jeigu užsakovas to prašo. Taip pat galima reikalauti, kad rangovas pridėtų papildomus dokumentus, pavyzdžiui, gamintojo suteikiamą priežiūros vadovą. Dar galima nurodyti, kad privaloma pridėti sumontuoto elemento nuotraukas, kuriose užfiksuoti svarbiausi mazgai. Šią perdavimo formą gali matyti tik projekto perdavimo dalies administratorius ir rangovas, kuriam yra paskirta ši užduotis. Rangovas visą šią informaciją gali peržiūrėti ir redaguoti mobilioje aplikacijoje (21 pav.).

Statinio dalis

Nauja užduotis Užduotys 1 Spausdinti Baigta

vandens šildymo sistema

Aprašymas

SUmontuoti Vandens šildytuvą pagalbinėje patalpoje

Pagrindiniai duomenys

Šablonas [10.1] Vandens šildytuvas

Darbų paketas boilerio montavimas

Vieta

3D objektų grupė vandens šildytuvas

Elementų kiekis: 1

Vietos aprašymas Pagalbinė patalpa, rusys

Rodyti Redaguoti Panaikinti

Produktas

Produkto pavadin... BOLLY 1 ST

Gamintojas Cordivari

Produktas naudojamas tik šioje statinio dalyje

Garantija

Įdiegimo data 2021-09-25

Garantija (metais) 10

Garantijos pradžios... 2021-09-25

Parametrai

Modelio numeris 3103162321137

Dalys, kurioms suteikiama garantija Cordivari

Darbas, kuriam suteikiama garantija UAB "Šildymo sistemos"

Darbo garantijos trukmė (metais) 2

Pakeitimo išlaidos 3000

Serijos numeris

Brūkšninis kodas

box

prežiūros vadovas	Priežiūros vadovas_C...	2021-09-25
-------------------	-------------------------	------------

Kita

21 pav. Perdavimo informacijos pildymas (sudaryta autoriaus)

Visa ši rangovo supildyta informacija yra prieinama modelyje spustelėjus ant elemento. Turimą pastato valdymui reikalingą informaciją galima perkelti tiesiogiai į „Dalux“ pastatų valdymo sistemą arba eksportuoti į COBie lenteles ir tuomet importuoti į kitą norimą pastatų valdymo programą.

Rezultatai ir išvados

Bandomosios (pirmosios) tyrimo dalies metu buvo nuodugniai susipažinta su *Dalux* programine įranga, o tyrimo eigoje gana smulkiai aprašytas darbo eiliškumas. Pirmosios tyrimo dalies metu susidurta su problema, kai IFC modelyje elementų kategorijos priskirtos neteisingai. Pavyzdžiui, šiame modelyje tiek vėdinimo sistemos komponentai, tiek praustuvės ir unitazai buvo priskirti tai pačiai *IfcFlowTerminal* kategorijai. Toks neteisingas elementų priskyrimas smarkiai apsunkina darbą, kadangi programinėje įrangoje įdiegtos elementų filtravimo sistemos netenka prasmės. Renkantis projektą kitam tyrimui, reikėtų atkreipti dėmesį į IFC modelio struktūrą, tikrinant ar ji atitinka tokias sąlygas:

- projekto medyje yra išskirti pastato aukštai;
- skirtingos pastato sistemos priskirtos skirtingoms kategorijoms;
- esminiai pastato elementai turi detalius aprašymus padedančius orientuotis modelyje.

Šio bandomojo tyrimo išvados:

1. Atskirų sistemų IFC modeliai įkelti *Dalux* sistemą ir joje sujungti į vieną. IFC modelių sujungimo į vieną bendrą modelį funkcija veikia puikiai, todėl ateities tyrimams galima naudoti modelį išskaidytą atskiromis sistemomis.
2. Sukurtos penkios elementų grupės, joms priskirti reikalingi parametrai, paskirti rangovai, kurie turės atlikti darbus ir supildyta pastatų valdymui būtina elementų informacija. Naudota *Dalux* sistema yra ganėtinai nesudėtinga, tačiau gamintojas galėtų pateikti daugiau mokomosios vaizdo medžiagos, kad naujiems vartotojams būtų paprasčiau perprasti įrangos veikimo principus.

3.3. Teorinio BIM technologijų taikymo modelio pastato eksploataciniam etapui pritaikymas naudojant *Dalux handover*

Antros tyrimo dalies metu nagrinėjamas administracinės paskirties pastato, T. Ševčenkos g. 13, Vilniuje projektas. Visa projekto informacija įskaitant ir IFC modelius gauta iš centrinio viešųjų pirkimo portalo. Statinio statybos rūšis – statinio rekonstravimas.

Šios tyrimo dalies tikslas yra išbandyti pagal teorinę tyrimo dalį sudarytą teorinį BIM technologijų panaudojimo pastatų valdymui modelį. Projektas apdorojamas pagal teoriniame modelyje nurodytus etapus, praleidžiant dalis, kurios nepatenka į šio darbo mastus (modelio kūrimas).

Tyrimo eiliškumas:

- Pastato valdymui reikalingų pastato sistemų indentifikavimas ruošiant dalį EIR dokumento;
- BIM įgyvendinimo plano sudarymas pagal EIR dokumente numatytas dalis ir kriterijus;
- dvimačių brėžinių sudarymas ir brėžinių bei IFC modelio perkėlimas į *Dalux handover*;
- elementų grupių kūrimas pagal darbo pradžioje identifiкуotus valdytojo poreikius;
- elementų informacijos pildymo paskirstymas skirtingiems statybos dalyviams pagal sudaryta BEP dokumentą;
- elementų informacijos suvedimas;
- modelyje esančios pastato valdymui reikalingos informacijos prieinamumo patikrinimas;
- rezultatų aprašymas;
- Sukurto teorinio modelio patvirtinimas arba paneigimas.

Atlikus mokslinių darbų analizę tapo aišku, kad pastato valdytojas priešprojektinėje stadijoje turi sudaryti labai aiškų eksploataciniame etape svarbių pastato elementų sąrašą ir aiškiai nurodyti, kokia informacija jam yra reikalinga. Kaip pavyzdį galima nurodyti jau minėtą vandens siurblių ir ventiliacijos sistemos ortakį. Kalbant apie vandens siurblių, valdytojui bus daugiau reikalinga tokia informacija kaip priežiūros intervalas, priežiūros vadovas ir panašiai, o ortakio atveju, užtenka žinoti gaminio identifikacijos numerį, gamintoją ir geometrines charakteristikas. Todėl labai svarbu nuo pat projekto pradžios žinoti, kokio detalumo modelis yra reikalingas. Nėra jokios prasmės apkrauti

modelį niekam nereikalinga informacija. Taip pat analizės metu iškilusi aktuali problema yra darbų ir atsakomybių paskirstymas tarp statybos dalyvių – visų teisės ir pareigos turi būti apibrėžtos dar prieš darbų pradžių. Tam tikslui bus sudaromi EIR ir BEP dokumentai. Visas elementų grupių kūrimas ir informacijos suvedimas atliekamas pagal pirmame tyrime sudaryta metodologiją.

Bendroji dalis

Nagrinėjamas administracinio pastato rekonstrukcijos projektas. Bendrieji statinio rodikliai pateikiami lentelėje Nr. 6.

lentelė 6. Bendrieji statinio rodikliai

Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis	Pastabos
1 Paskirties rodikliai	Žmonių sk.	Iki 200	
2 Pastato bendras plotas	m ²	6309,97	Iki rekonstravimo 5185,90
3 Pastato naudingas plotas	m ²	5020,05	Įskaitant šildomas patalpas rūsyje
4 Pastato tūris: Požeminės dalis Antžeminė dalis	m ³	249455 5882 23573	Iki rekonstravimo - 21209
5 Aukštų skaičius	Vnt.	5 + antstatas ir rūsys	
6 Pastato aukštis	m	23,90	23,90
7 Energetinio naudingumo klasė		A	Iki rekonstravimo E

BIM tikslai

BIM tikslai aprašo projekto valdytojo lūkesčius BIM projektui ir sritis, kurioms bus naudojamas BIM modelis. Šio projekto BIM tikslas yra informacijos kaupimas ir panaudojimas pastato eksploataciniame etape, siekiant užtikrinti efektyvesnį pastato valdymą. Visos kitos dokumento skiltys turi būti sudaromos atsižvelgiant į šį tikslą.

Modelio detalumo reikalavimai

Kadangi modelis apdorojimas naudojant „Dalux handover“ programinę įrangą, detalumo lygis turėtų būti ne mažesnis nei LOD 350, kuomet galima pasikliauti visa modelio geometrija ir elementų kiekiu žiniaraščiuose. Papildžius modelį visa elementų atributine informacija, bus pasiektas LOD 500 detalumas.

Projekto dalyvių rolės ir atsakomybės

Projekto dalyviai:

- užsakovas;
- užsakovo paskirtas BIM vadovas;
- užsakovo paskirtas BIM koordinatorius;
- projekto vadovas;
- projektuotojai;
- rangovai.

Visų projekto dalyvių atsakomybės pateiktos lentelėje Nr. 7

lentelė 7. Projekto dalyvių atsakomybės

Projekto dalyvis	atsakomybės
Užsakovas	Aiškiai pateikia savo reikalavimus priešprojektinėje stadijoje. Nurodo kam bus naudojamas BIM modelis ir, jeigu žinoma, nurodo pastato valdytoją
BIM vadovas	Kuruoja BIM modelio vystymą. Prižiūri, kad būtų laikomasi kokybės kontrolės reikalavimų pasiekiamas reikalaujamas detalumo lygis
BIM koordinatorius	Redaguoja modelį <i>Dalux handover</i> programoje. Kiekvienam elementui priskiria atsakingus rangovus, prižiūri informacijos pildymo procesą, reikalui esant, paskiria kokybės kontrolės patikrą
Projekto vadovas	Prižiūri, kad būtų laikomais EIR ir BEP dokumentų bei projekto vystymo procesą.
Projektuotojai	Kuria BIM modelį pagal EIR ir BEP dokumentus. Statybų proceso metu, reikalui esant, atnaujina modelį pagal projekto pakeitimus
Rangovai	Atsakingai ir laiku supildo įdiegtų įrenginių atributinių duomenų lenteles

Naudojama programinė įranga

Projekto metu naudojamos programinės įrangos sąrašas pateiktas lentelėje 8

lentelė 8. Naudojama programinė įranga

Pavadinimas	Paskirtis
Office paketas	Dokumentacijos ruošimas
MS Project	Kalendorinio grafiko sudarymas
Autodesk Revit ^[4]	BIM modelio rengimas
Autodesk AutoCAD	2D brėžinių patikra
Dalux handover ^[6]	Atributinių duomenų pridėjimas modeliui ir informacijos perkėlimas į pastatų valdymo sistemą.

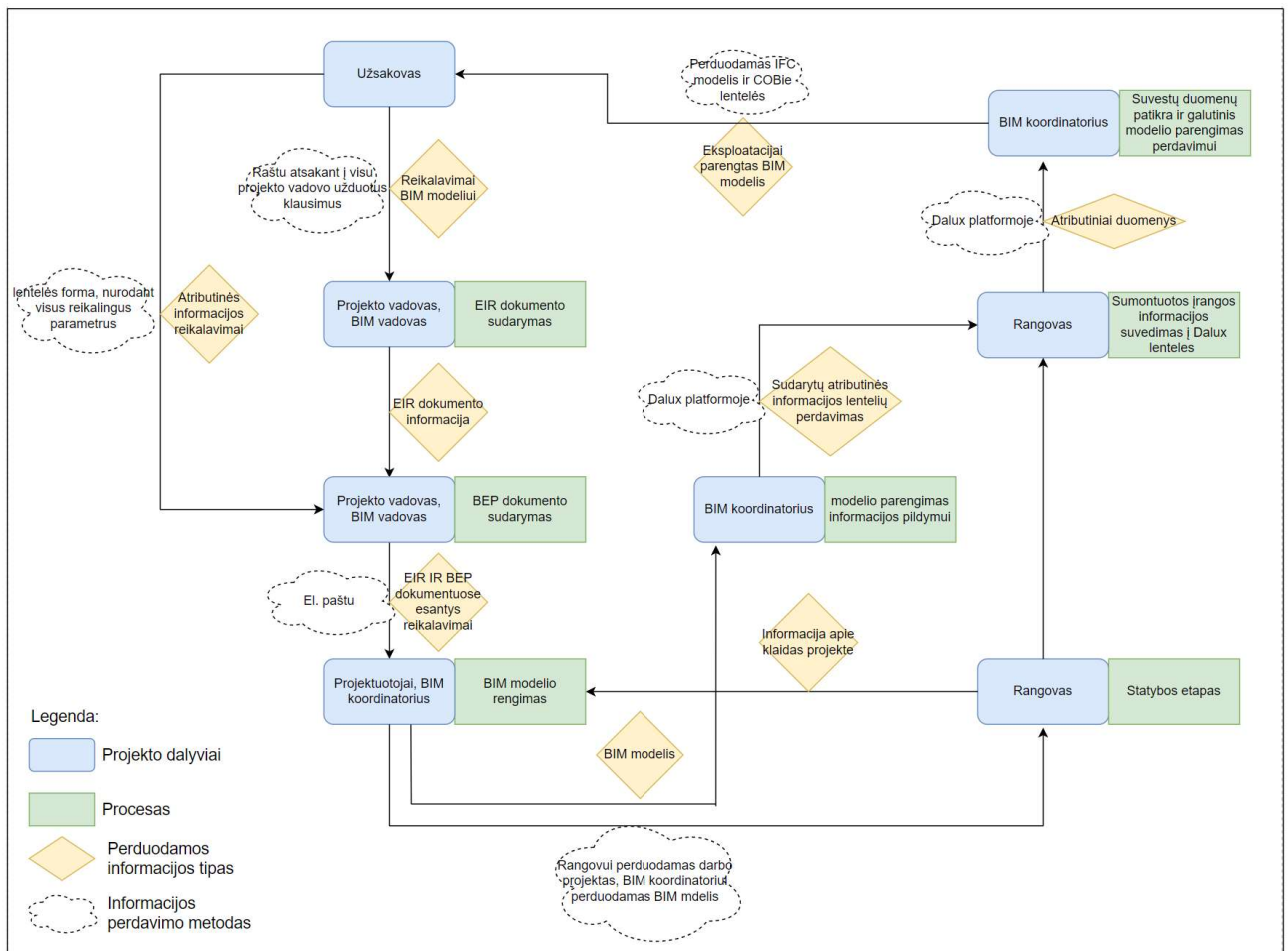
BIM duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūra

Pasirašius sutartį dėl projektavimo darbų, projektavimo įmonės BIM koordinatorius kartu su užsakovo paskirtu BIM vadovu arba projektu vadovu turi suderinti BIM duomenų mainų ir projekto komandos komunikacijos infrastruktūrą (CDE). Nutarimas turi būti aprašytas BIM įgyvendinimo plane. Siekiant užtikrinti sklandų komandos darbą, pasirinkta CDE turi apimti kuo daugiau esminių reikalavimų:

- saugumas ir kontrolė;
- duomenų bazė;
- dokumento versijų kūrimas;
- IFC failų peržiūra;
- prieiga per mobiliuosius įrenginius.

CDE gali būti išorinė programinė įranga arba debesies pagrindu sukurta duomenų saugykla. Svarbu, kad ji atitiktų kliento reikalavimus.

Šio projekto duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūros schema pateikta 22 paveiksle.



22 pav. Duomenų mainų ir komunikacijos infrastruktūros schema (sudaryta autoriaus)

Kokybės kontrolė, koordinavimas ir nesuderinamumų paieška

Projektavimo įmonės paskirtas BIM koordinatorius turi ne rečiau nei kartą per savaitę atlikti vizualinę, sankirtų ir modelio vientisumo patikrą. Šių patikrų metu peržiūrima, ar nėra netinkamų arba sudubliuotų modelio elementų, tikrinamos elementų ir pastato dalių sankirtos, įvairios jungtys ir siekiama užtikrinti modelio vientisumą.

Pastato IFC modelis naudojamas elementų atributinės informacijos rinkimui ir apdorojimui, todėl papildomai BIM koordinatorius turi užtikrinti tinkamą elementų IFC klasifikaciją. Reikalingas detalus elementų aprašymas. Kai tai įmanoma skirtingiems elementams negaliam naudoti tos pačios IFC elementų grupės. Šią patikrą būtina atlikti BIM įgyvendinimo plane nurodytoms pastato dalims ir pastato elementams, kurie papildomi atributine informacija. Patikra atliekama kartą į savaitę.

Būtina tikrinti ir suderinamumą su kliento naudojama pastatų valdymo sistema. Kadangi atributinė informacija perduodama naudojant COBie lenteles, reikia užtikrinti, kad COBie duomenys yra suderinami su FM programa. Patikros atliekamos po to, kai rangovas praneša apie supildytas atributinių duomenų lenteles, bet ne rečiau nei kartą per savaitę.

Modelio perdavimas užsakovui

Modelis perduodamas užsakovui IFC 2x3 formatu. Elementų atributinė informacija perduodama naudojant COBie lenteles.

BIM įgyvendinimo planas

Reikalavimai pastato elementų atributinės informacijos kiekiui

Dėl didelės projekto apimties, tyrimo metu analizuojama tik vandentiekio ir nuotekų šalinimo dalis (VN). Šią pastato projekto dalį sudaro tokie elementai:

- vandentiekio vamzdžiai;
- nuotekų vamzdžiai;
- praustuvai su sifonais, maišytuvais;
- unitazai, pisuarai, bidė, dušai;
- rutuliniai ventiliai;
- cirkuliaciniai siurbliai;
- automatiniai nuorintuvai;
- trapai – siurbliai;
- latakai;
- siurblinės;
- atskaitos taškai;
- slėgio matuokliai;
- smėliagaudės.

Daliai iš išvardintų elementų reikia tik mažo kiekio atributinės informacijos, tokios kaip gamintojas, medžiagiškumas, geometrinė informacija. Kitiems reikia didesnio kiekio – tikrinimo intervalai, gamintojas, modelio numeris ir panašiai. Siekiant užtikrinti kuo paprastesnį būdą nurodyti, kokios informacijos reikia visiems elementams, sudaryta lentelė Nr. 9, kurioje nesunkiai galima pažymėti kokiems elementams kokių duomenų reikia.

lentelė 9. Pastato elementų detalizavimo poreikis

	Vandentiekio vamzdžiai	Nuotekų vamzdžiai	Praustuvai su sifonais,	Unitazai, pisuarai, bidė, dušai	Rutuliniai ventiliai	Cirkuliaciniai siurbliai	Automatiniai nuorintuvai	Trapai – siurbliai	Latakai	Siurblinės	Atskaitos taškai	Slėgio matuokliai	Smėliagaudės
Gamintojas			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Modelio numeris			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Garantija metais					X	X		X		X	X	X	X
Priežiūros intervalas						X	X	X		X			X
Medžiagiškumas	X	X			X				X				
Dalys, kurioms suteikiam garantija			X	X		X		X		X			X
Darbai, kuriems suteikiama garantija			X	X		X		X		X			X
Produkto pavadinimas			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Pakeitimo išlaidos			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Tikėtinas naudojimo laikas						X		X		X	X	X	X
Geometriniai duomenys	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Įdiegimo ir garantijos pradžios datos						X		X		X			X
Brūkšninis kodas													
Etiketės numeris													
Serijos numeris			X	X		X		X	X	X			X
Priedamos dokumentų kopijos (Prežiūros vadovas)						X		X		X	X	X	X
Kiti parametrai (įrašyti patiems)													

Modelio atnaujinimas iki *as – built* detalumo lygio

As - built detalumo lygis yra pasiekiamas turimą projekto modelio IFC failą papildant visa BEP dokumente nurodyta atributine informacija.

Pirmiausia „Dalux handover“ sistemoje pagal BEP dokumente detalizuotus atributinių duomenų reikalavimus, sukuriama atributinių duomenų lentelių šablonai ir darbų paketai (23 pav.), kurie yra priskiriami atitinkamiems rangovams. Šie savo ruožtu įrengė elementus, turės supildyti visus reikalaujamus duomenis apie elementus ir pridėti visą reikalingą dokumentaciją.

Statusas	Darbų paketas	Šablonas	↓↑ Vardas
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN01] vandentiekio vamzdžiai	vandentiekio sistema
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN08] Trapai - siurbLIAI	trapai - siurbLIAI
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN13] Smėliagaudės	smėliagaudės
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN12] Slėgio matuokLIAI	Slėgio matuokLIAI
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN10] Siurblinės	SiurbLIAI
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN04] Unitazai, pisuarai, bidė, dušai	san mazgai
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN05] Rutuliniai ventiliai	rutuliniai ventiliai
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN03] Praustuvaisiu sifonais, maišytu...	Praustuvai su sifonais, maišytuv...
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN02] Nuotekų sistema	Nuotekų vamzdžiai
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN09] Latakai	Latakai
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN06] cirkuliaciniai siurbLIAI	cirkuliaciniai siurbLIAI
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN07] automatiniai nuorintuvai	automatiniai nuorintuvai
Naujas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pil...	[VN11] Atskaitos taškai	Atskaitos taškai

23 pav. Darbų paketai „Dalux handover“ aplinkoje (sudaryta autoriaus)

Visas paskirtas užduotis BIM koordinatorius ar kitas atsakingas asmuo gali sekti „vykdomų užduočių“ skiltyje, kurioje matoma, kada užduotis buvo paskirta, kas už ją atsakingas ir iki kada ji turi būti atlikta. Tokiu būdu, kas savaitę atliekant suvestų duomenų patikrą, galima greitai pamatyti kokie duomenys vėluoja, kuris rangovas atsainiai žiūri į paskirtą užduotį, ir imtis korekcinių veiksmų. Duomenų patikra atliekama tikrinant ar visi BEP dokumente nurodyti duomenys yra suvesti į sistemą. BEP dokumente nurodytų elementų atributinių duomenų lentelės pavyzdys pateiktas paveiksle Nr. 24

Turtas ×

+ Nauja užduotis
 🔗 Užduotys 1
🖨️ Spausdinti
 ➔ Naujas -

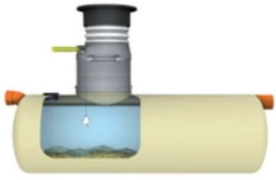
smėliagaudės

Aprašymas

Nėra aprašymo

Pagrindiniai duomenys

Šablonas	[VN13] Smėliagaudės
Darbų paketas	sistemų montavimas, atributinių duomenų pildymas



Sandtrap G

Vieta

3D objektų grupė Smėliagaudė

Elementų kiekis: 1

Vietos aprašymas

📍 Rodyti
 ✎ Redaguoti
 ✕ Panaikinti

Produktas

Produkto pavadin...	Pitumax-P
Produktas naudojamas tik šiame turte	
Gamintojas	ACO
Type name	
Garantija	

+ Pridėti
 ✎ Redaguoti
 ✕ Panaikinti

Garantija

Įdiegimo data	2021-10-20
Garantija (metais)	25
Garantijos pradžios...	2021-10-20

Parametrai

Modelio numeris	P-1500
Dalys, kurioms suteikiama garantija	plastikinis rėmas
Darbas, kuriam suteikiama garantija	
Darbo garantijos trukmė (metais)	10
Pakeitimo išlaidos	15000
Tikėtinas naudojimo laikas (metais)	50
Dydis	H=2129mm, D=110mm
Medžiaga	Plastikas
Serijos numeris	3900.10.14
Etiketės numeris	ACO.P1500.20210914

24 pav. Smėliagaudės atributinė informacija Dalux handover sistemoje (sudaryta autoriaus)

Duomenų perdavimas užsakovui

Baigus pildyti elementų atributinės informacijos lenteles ir patikrinus, ar jos atitinka BEP dokumento reikalavimus, visi duomenys iš *Dalux handover* eksportuojami į COBie formato lenteles, kurios gali būti importuojamos į užsakovo naudojamą pastatų valdymo sistemą. Dėl neturimos prieigos prie jokios COBie standartą palaikančios pastatų valdymo sistemos, šią dalį patikrinti nėra galimybių. COBie standarto lentelė su visa atributine informacija pateikta priede Nr. 1

3.4. Tyrimo rezultatai, išvados ir siūlymai ateities tyrėjams

Šios tyrimo dalies tikslas buvo išbandyti sudarytą teorinį BIM technologijų taikymo modelį pastato eksploataciniam etapui, jį pritaikant praktiškai pasinaudojus *Dalux handover* programine įranga. Tyrimas buvo atliekamas naudojant jau sukurtą BIM modelį ir pagal jau paruoštą darbo projektą, todėl atitinka darbų procesą esamam statiniui (17 pav.). Pastebima, kad naudojant teorinį modelį naujai statybai, priešprojektinėje stadijoje sudarant EIR ir BEP dokumentus, labai sudėtinga tiksliai nurodyti, kokių atributinių duomenų visiems elementams reikės. Kol nėra paruošto darbo projekto,

nėra žinomas visų sistemų ir įrenginių sąrašas. Todėl šioje vietoje užsakovo patirtis tampa labai svarbia, nes jis arba jo paskirtas pastato administratorius privalo nurodyti atributinių duomenų poreikį, remdamasis tik savo patirtimi ankstesniuose projektuose. Taip pat pastabėta, kad bazinė atributinė informacija, tokia kaip medžiagiškumas ir geometriniai duomenys, yra pateikiama pačiame IFC modelyje, todėl nėra reikalo ją papildomai aprašinėti *Dalux handover* sistemoje. Sukurtą teorinį BIM technologijų taikymo pastatų eksploataciniame etape modelį siūloma papildyti rekomendacija: Norint užtikrinti, kad EIR ir BEP dokumentuose, užsakovo nurodytas poreikis elementų atributinei informacijai yra pakankamai detalus pastato eksploataciniam etapui, reikėtų sudarytas informacijos poreikio lenteles sulygtinti su atliktais projektais ir patikrinti ar netrūksta svarbių statinio elementų. Patikros metu turėtų dalyvauti ir projektinių dalių vadovai, kurių patirtis vadovaujant projektavimo darbams smarkiai padėtų šiame etape.

Taip pat pastabėta, kad ne visi VN dalies medžiagų žiniaraštyje išvardinti įrenginiai yra sumodeliuoti modelyje. Tokių elementų kaip:

- cirkuliacinis siurblys,
- automatiniai nuorintuvai,
- atskaitos taškai,
- slėgio matuokliai

modelyje nėra arba jų neįmanoma rasti dėl neteisingo grupių priskyrimo, ar neteisingų pavadinimų. Todėl teorinį BIM panaudojimo pastatų valdyje modelį reikėtų atnaujinti, nurodant, kad kokybės kontrolės metu svarbu užtikrinti, kad visi BEP dokumente išvardinti elementai, kurių atributinė informacija yra svarbi eksploatacijos etape, būtų sumodeliuoti BIM modelyje.

Taigi, sukurtas teorinis modelis yra tinkamas naudojimui, tačiau reikėtų atlikti papildomą tyrimą, kurio metu būtų tiriamas modelio perkėlimas į pastatų valdymo programą naudojant COBie ir *Dalux* metodus. Tokiam tyrimui reikalingi keli dalykai:

- detalus BIM modelis RVT formatu;
- prieiga prie *Dalux handover* sistemos;
- prieiga prie COBie lenteles palaikančios pastatų valdymo programos.

Modelis RVT formatu reikalingas tam, kad naudojant *Autodesk Revit* programinę įrangą su COBie įskiepiu, būtų galima visiems pastato elementams priskirti COBie parametrus. Deja, bet Lietuvoje šiuo metu nėra lengva gauti prieigą prie tokio modelio, nes su BIM dirbančios įmonės arba neturi detalių BIM modelių RVT formatu, arba nenoriai dalinasi šakniniais modelio failais nenorėdami, kad viešai pasklidęs modelis sumažintų jų konkurencingumą. Gauti prieigą prie COBie lenteles palaikančios pastatų valdymo sistemos irgi yra gana sudėtinga, nes šiuo metu pastatų valdymas taikant BIM technologijas yra nauja sritis. Net ir didžiosios pastatų valdymo sistemos COBie lenteles palaiko tik iš dalies. Kaip pavyzdį galima imti *Granlund Manager*. Pasak jų atstovų Lietuvoje, šios programinės įrangos kūrėjai šiuo metu tik patys išbando aptariamą funkciją. Užsakovai jiems siunčia BIM modelį, kurį *Granlund* komanda papildo COBie parametrais ir visą informaciją per COBie lenteles perkelia į *Granlund Manager*. Gavus prieigą prie visos reikiamos įrangos ir informacijos, toks tyrimas galėtų būti atliekamas doktorantūros studijose, nes magistro baigiamajam tyrimui jo apimtis būtų per didelė.

4. Išvados ir pasiūlymai

Pasiūlymai

Literatūros analizės metu tapo aišku, kad viena iš problemų, trukdančių sklandžiai panaudoti BIM pastatų valdymui, yra sudėtingi informacijos mainai tarp rangovų, atliekančių statybos ir įrangos instaliacijos darbus, bei projektuotojų, kurie turi visą sumontuotos įrangos informaciją perkelti į modelį naudodami COBie parametrus. *Dalux* programinės įrangos naudojimas šią problemą sprendžia iš vis eliminuojant duomenų mainus tarp šių disciplinų ir siūlo, kad patys rangovai suvestų visus įrangos duomenis į sistemą, kurioje jie automatiškai bus priskirti modeliui. Tačiau „Dalux“ programinė įranga nėra *open BIM* standartas. Ją reikia pirkti, o ir visa informacija iš jos yra keliami per tas pačias COBie lenteles, todėl ji niekada nebus taip plačiai paplitusi, kaip pats COBie standartas. Sukurti tokią sistemą, kurioje rangovai galėtų patys suvesti visus įrangos duomenis ir šie atsidurtų BIM modelyje kaip COBie parametrai, būtų arba labai sudėtinga, arba neįmanoma, tačiau palengvinti patį duomenų mainų procesą nėra sunku. Šiais laikais beveik visi žmonės turi išmaniuosius telefonus su prieiga prie interneto, todėl informacijos mainams galima naudoti Google diską.

Google diske galima sukurti atributinių duomenų lenteles su prieiga tik reikiamiems asmenims. Taip pat lentelėse galima užrakinti visus langelius, kurių kiti asmenys keisti neturėtų ir palikti aktyvius tik aktualius žmonėms, turintiems suvesti įrangos informaciją. Tokiu būdu gali būti sukuriama sistema, kurioje projekto vadovas ar kitas atsakingas asmuo sukuria projekto aplanką Google diske, kuriame patalpinami atributinių duomenų lentelių šablonai, sukurti pagal BEP dokumente nurodytus atributinės informacijos reikalavimus. Lentelių failai būtų pasidalinami su atitinkama įrangą sumontavusių rangovų atstovais, kurie savo ruožtu supildytų informaciją ir sukeltų reikalingus dokumentus. Tuomet projektuotojai galėtų realiu laiku gauti tikslią elementų atributinę informaciją jiems patogiu formatu. Google diske sukurtos atributinių duomenų lentelės pavyzdys pateiktas paveiksle Nr. 25.

ĮRENGINIO PARAMETRAI			
	parametras	pildomi laukeliai	PASTABOS
ĮMONĖ	Įmonės pavadinimas	UAB šildymo sistemos	
SISTEMA	Sistemos pavadinimas	Šildymo sistema	
	Patalpos pavadinimas	katilinė	
	aukštas	-2a	patalpa NR.7
PRODUKTAS	Produkto pavadinimas	BOLLY 1 ST	
	Gamintojas	Cordivari	
	Serijos numeris	16576	
	Etiketės numeris	BOLLY 1 ST_20201001	
	Brūkšninis kodas		nenurodytas
	Garantijos trukmė metais	10	
ĮDIEGIMAS	Įdiegimo data	2021-09-25	
	Garantijos pradžios data	2021-09-25	
DOKUMENTAI	Priežiūros vadovas	document/d/1X9X9PImHF4Rtev	nuoroda į dokumentą
	garantinis talonas		
	kiti dokumentai		

25 pav. Pavyzdinė lentelė Google diske (sudaryta autoriaus)

Išvados

1. Atlikus 32 mokslinių straipsnių analizę nustatyta, kad kiekvienais metais rankiniam duomenų pervedimui iš projekto dokumentacijos į pastatų valdymo sistemas yra išleidžiama apytikriai 0,8% metinių statybų rinkos išlaidų.
2. Siekiant užtikrinti BIM modelio sąsają su pastatų valdymo sistemomis, reikia:
 - sudaryti užsakovo informacijos reikalavimų dokumentą;
 - priešprojektinėje stadijoje pasirinkti duomenų perkėlimo metodą;
 - kuriant modelį atlikti duomenų suderinamumo bandymus;
 - statybos proceso metu atnaujinti BIM modelį po kiekvieno projekcinio pakeitimo.
3. Sudarytas teorinis BIM technologijų taikymo modelis pastatų eksploataciniam etapui, kuris sprendžia visas teorinėje dalyje iškelto problemas:
 - užsakovo poreikių perdavimą projekto komandai;
 - projekto komandos komunikacijos ir duomenų mainų infrastruktūros sudarymą;
 - projekto komandos narių atsakomybių nustatymą;
 - informacijos rinkimą statybos darbų metu;
 - informacijos perkėlimą iš BIM modelio į pastatų valdymo sistemas.
4. Sudarytas teorinis modelis pritaikytas administracinės paskirties pastato T. Ševčenkos g. 13 Vilniuje projektui. Priimta, kad pritaikymas buvo sėkmingas ir modelis laikomas teisingu. Tačiau taikymas buvo vykdomas tik vienu iš informacijos perkėlimo metodų, todėl kitų tyrimų metu reikėtų sudarytą teorinį modelį išbandyti praktiškai naudojant COBie lentelių metodą.
5. Ateities tyrėjams rekomenduojama atlikti tyrimą, kurio metu teorinis BIM technologijų taikymo modelis pastatų eksploataciniam etapui būtų išbandytas vieno projekto informaciją aprašant COBie parametrais ir naudojant papildomą programinę įrangą, tokią kaip *Dalux*. Tokio tyrimo metu palyginus šiuos du duomenų perkėlimo metodus, būtų galima sukurti rekomendacijas, kaip pritaikyti *Dalux* ar kitos panašios sistemos privalus COBie lentelių standartui.

Literatūros sąrašas

1. A BUILDINGSMART ALLIANCE PROJECT [interaktyvus].2010 [žiūrėta 2021-10-01] .Prieiga per: <<http://www.buildingsmartalliance.org/nbims>>.
2. AKCAMETE, A. et al. Potential utilization of building information models for planning maintenance activities. In *EG-ICE 2010 - 17th International Workshop on Intelligent Computing in Engineering* . 2019. [žiūrėta 2021-03-22]. .
3. ANDRIAMAMONJY, A. et al. An auto-deployed model-based fault detection and diagnosis approach for Air Handling Units using BIM and Modelica. In *Automation in Construction* . 2018. Vol. 96, p. 508–526. [žiūrėta 2021-05-09]. . .
4. AUTODESK . Autodesk Revit 2020 [programinė įranga]. 2021 gruodžio 8 [žiūrėta 2021-12-08]. Prieiga per: <https://www.autodesk.com>
5. CHEN, W. et al. BIM-based framework for automatic scheduling of facility maintenance work orders. In *Automation in Construction* . 2018. Vol. 91, p. 15–30. .
6. DALUX. Dalux handover [programinė įranga]. 2021 gruodžio 8 [žiūrėta 2021-12-08]. Prieiga per: <http://www.dalux.com>
7. DEMIRDÖĞEN, G. et al. Lean management framework for healthcare facilities integrating BIM, BEPS and big data analytics. In *Sustainability (Switzerland)* . 2020. Vol. 12, no. 17. .
8. DURDYEV, S. et al. Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management. In *Journal of Building Engineering* [interaktyvus]. 2021. p. 103736. [žiūrėta 2021-12-05]. . Prieiga per: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352710221015941>>.
9. EAST, B. - CARRASQUILLO-MANGUAL, M. „The COBie Guide: A Commentary to the NBIMS-US COBie Standard“. In *Building SMART Alliance* . 2012. p. 1–125. .
10. EVJEN, T.Å. et al. Smart Facility Management: Future Healthcare Organization through Indoor Positioning Systems in the Light of Enterprise BIM. In *Smart Cities* [interaktyvus]. 2020. Vol. 3, no. 3, p. 793–805. Prieiga per internetą: <www.mdpi.com/journal/smartcities>.
11. GALLAHER, M.P. et al. Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. In *National Institute of Standards & Technology* [interaktyvus]. 2004. p. 1–210. [žiūrėta 2021-12-04]. . Prieiga per internetą: <<https://www.nist.gov/publications/cost-analysis-inadequate-interoperability-us-capital-facilities-industry>>.
12. GUZZETTI, F. et al. BIM for existing construction: A different logic scheme and an alternative semantic to enhance the interoperability. In *Applied Sciences (Switzerland)* . 2021. Vol. 11, no. 4, p. 1–13. .
13. HAMIL STEPHEN What is COBie? | NBS. In *NBS* [interaktyvus]. 2018. [žiūrėta 2021-12-04]. Prieiga per: <<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-cobie>>.
14. HEIJER, A. DEN - TZOVLAS, G. The European Campus - heritage and challenges, Information to support decision makers. In [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2021-04-25]. Prieiga per internetą: <<https://books.bk.tudelft.nl/press/catalog/book/isbn.9789081728324>>.
15. HSIEH, C.C. et al. Building information modeling services reuse for facility management for semiconductor fabrication plants. In *Automation in Construction* . 2019. Vol. 102, p. 270–287. [žiūrėta 2021-03-22]. . .
16. KASSEM, M. - PATACAS, J. [interaktyvus]. . [žiūrėta 2021-12-05]. Prieiga per: <https://www.academia.edu/11223994/EVALUATION_OF_IFC_AND_COBIE_AS_DATA_SOURCES_FOR_ASSET_REGISTER_CREATION_AND_SERVICE_LIFE_PLANNING>.
17. KIM, K. et al. Integration of ifc objects and facility management work information using Semantic Web. In *Automation in Construction* . 2018. Vol. 87, p. 173–187. .

18. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS [LST EN ISO 19650-1:2018] *Informacijos apie pastatus ir inžinerinius statinius rengimas ir skaitmeninimas, įskaitant statinio informacinį modeliavimą (BIM). Informacijos valdymas taikant statinio informacinį modeliavimą. 1 dalis. Savokos ir principai. Europos standartas EN ISO 19650-1-2018 turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2018.*
19. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS [LST EN ISO 19650-2:2018] *Informacijos apie pastatus ir inžinerinius statinius rengimas ir skaitmeninimas, įskaitant statinio informacinį modeliavimą (BIM). Informacijos valdymas taikant statinio informacinį modeliavimą. 2 dalis. Turto sukūrimo etapas. Europos standartas EN ISO 19650-2-2018 turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2018.*
20. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS [LST EN ISO 19650-3:2020] *Informacijos apie pastatus ir inžinerinius statinius rengimas ir skaitmeninimas, įskaitant statinio informacinį modeliavimą (BIM). Informacijos valdymas taikant statinio informacinį modeliavimą. 3 dalis. Turto eksploatavimo etapas. Europos standartas EN ISO 19650-3-2020 turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2020.*
21. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS [LST EN ISO 19650-4:2020] *Informacijos apie pastatus ir inžinerinius statinius rengimas ir skaitmeninimas, įskaitant statinio informacinį modeliavimą (BIM). Informacijos valdymas taikant statinio informacinį modeliavimą. 4 dalis. Informacijos mainai. Europos standartas EN ISO 19650-4-2020 turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2020.*
22. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS [LST EN ISO 19650-5:2020] *Informacijos apie pastatus ir inžinerinius statinius rengimas ir skaitmeninimas, įskaitant statinio informacinį modeliavimą (BIM). Informacijos valdymas taikant statinio informacinį modeliavimą. 5 dalis. Saugumo užtikrinimu grindžiamas informacijos valdymas. Europos standartas EN ISO 19650-5-2020 turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2020.*
23. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS [LST EN ISO 19650-6:2020] *Informacijos apie pastatus ir inžinerinius statinius rengimas ir skaitmeninimas, įskaitant statinio informacinį modeliavimą (BIM). Informacijos valdymas taikant statinio informacinį modeliavimą. 6 dalis. Sveikata ir saugumas. Europos standartas EN ISO 19650-6-2020 turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2020.*
24. MARMO, R. et al. A Methodology for a Performance Information Model to Support Facility Management. In *Sustainability 2019, Vol. 11, Page 7007* [interaktyvus]. 2019. Vol. 11, no. 24, p. 7007. [žiūrėta 2021-12-04]. . Prieiga per: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/24/7007/hfm>>.
25. MARMO, R. et al. A methodology for a performance information model to support facility management. In *Sustainability (Switzerland)* [interaktyvus]. 2019. Vol. 11, no. 24, p. 1–25. [žiūrėta 2021-03-22]. . Prieiga per internetą: <www.mdpi.com/journal/sustainability>.
26. MARMO, R. et al. Building performance and maintenance information model based on IFC schema. In *Automation in Construction* . 2020. Vol. 118, p. 103275. .
27. MATARNEH, S.T. et al. Building information modeling for facilities management: a literature review and future research directions. In *Journal of Building Engineering* [interaktyvus]. 2019. Vol. 24, p. 100755. [žiūrėta 2021-12-04]. . Prieiga per: <<https://researchportal.port.ac.uk/en/publications/building-information-modeling-for-facilities-management-a-literat>>.
28. MATARNEH, S.T. et al. Developing an interoperability framework for building information models and facilities management systems. In . [s.l.]: Periodica Polytechnica Budapest University of Technology and Economics, 2018. p. 1018–1024. [žiūrėta 2021-03-22]. .

29. MCARTHUR, J.J. A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability. In *Procedia Engineering* . [s.l.]: Elsevier Ltd, 2015. p. 1104–1111. [žiūrėta 2021-03-22]. .
30. MORETTI, N. et al. An openbim approach to iot integration with incomplete as-built data. In *Applied Sciences (Switzerland)* . 2020. Vol. 10, no. 22, p. 1–17. .
31. PATACAS, J. et al. BIM for facilities management: A framework and a common data environment using open standards. In *Automation in Construction* . 2020. Vol. 120, p. 103366. [žiūrėta 2021-03-22]. . .
32. PAVÓN, R.M. et al. BIM-based educational and facility management of large university venues. In *Applied Sciences (Switzerland)* [interaktyvus]. 2020. Vol. 10, no. 22, p. 1–28. Prieiga per: <www.mdpi.com/journal/applsci>.
33. PISHDAD-BOZORGI, P. et al. Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). In *Automation in Construction* . 2018. Vol. 87, p. 22–38. [žiūrėta 2021-03-13]. . .
34. POPOV VLADIMIR et al. Skaitmeninė statyba » Tarptautiniai BIM standartai. In [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-04]. Prieiga per: <<https://skaitmeninestatyba.lt/aktualijos/tarptautiniai-bim-standartai/>>.
35. RICHARDS, M. et al. Pre-Contract Building Information Modelling (BIM) Execution Plan in *CPIc Incorporating Avanti*. 2013 [žiūrėta 2021-09-20]
36. RICHARDS, M. et al. Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan in *CPIc Incorporating Avanti*. 2013 [žiūrėta 2021-09-20]
37. SHALABI, F. - TURKAN, Y. IFC BIM-Based Facility Management Approach to Optimize Data Collection for Corrective Maintenance. In *Journal of Performance of Constructed Facilities* . 2017. Vol. 31, no. 1, p. 04016081. [žiūrėta 2021-12-04]. . .
38. UAB VILNIAUS VYSTYMO KOMPANIJA (LT) Projekto aiškinamasis raštas. Bajorų kelias 10, Vilnius. In . .
39. UNIVERSITY OF SOUTH FLORIDA BIM Project Execution Plan Template. [interaktyvus]. 2021 [žiūrėta 2021-10-05d] Prieiga per: <https://www.usf.edu/administrative-services/facilities/documents/design-construction/guide-bim-standards.pdf>
40. VALDEPEÑAS, P. et al. Application of the BIM method in the management of the maintenance in port infrastructures. In *Journal of Marine Science and Engineering* . 2020. Vol. 8, no. 12, p. 1–22. .
41. VOLK, R. et al. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs in *Automation in Construction* 109-127,38 [žiūrėta 2021-30-20]
42. WAN, C. et al. Development of a Bridge Management System Based on the Building Information Modeling Technology. In *Sustainability 2019, Vol. 11, Page 4583* [interaktyvus]. 2019. Vol. 11, no. 17, p. 4583. [žiūrėta 2021-12-04]. . Prieiga per internetą: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/17/4583/htm>>.
43. XIE, X. et al. Digital Twin Enabled Asset Anomaly Detection for Building Facility Management. In *IFAC-PapersOnLine* . 2020. Vol. 53, no. 3, p. 380–385. [žiūrėta 2021-03-22]

Priedai

1 priedas. Atributinė informacija COBie lentelėje

Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	SheetName	RowName	Value	Unit
Forma	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	vantentiekio sistema	D50-2.5	n/a
Medžiaga	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	vantentiekio sistema	Plienai	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	san mazgai	Duravit White	n/a
Pakeitimo išlaidos	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	san mazgai	800	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	san mazgai	SH2013G	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	rutuliniai ventiliai	ARCO SENA	n/a
Pakeitimo išlaidos	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	rutuliniai ventiliai	100	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	rutuliniai ventiliai	ARCO SENA 1/2	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	cirkuliaciniai siurbliai	PT50	n/a
Dalys, kurioms suteikiama garantija	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	cirkuliaciniai siurbliai	6236	n/a
Darbas, kuriam suteikiama garantija	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	cirkuliaciniai siurbliai	6237	n/a
Darbo garantijos trukmė (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	cirkuliaciniai siurbliai	5	n/a
Pakeitimo išlaidos	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	cirkuliaciniai siurbliai	5000	n/a
Tikėtinas naudojimo laikas (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	cirkuliaciniai siurbliai	20	n/a
Forma	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	cirkuliaciniai siurbliai	800x600	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	cirkuliaciniai siurbliai	PT50-170/7	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	automatiniai nuorintuvai	1/2m	n/a
Pakeitimo išlaidos	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	automatiniai nuorintuvai	50	n/a
Tikėtinas naudojimo laikas (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	automatiniai nuorintuvai	10	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	automatiniai nuorintuvai	OR 0500.015	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	trapai - siurbliai	PUMPFIX S	n/a
Dalys, kurioms suteikiama garantija	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	trapai - siurbliai	6088	n/a
Darbo garantijos trukmė (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	trapai - siurbliai	10	n/a
Pakeitimo išlaidos	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	trapai - siurbliai	1000	n/a
Tikėtinas naudojimo laikas (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	trapai - siurbliai	15	n/a
Forma	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	trapai - siurbliai	400x500mm	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	trapai - siurbliai	S1734GH	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Latakai	Multiline seal in V 100	n/a
Forma	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Latakai	2000x100	n/a
Medžiaga	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Latakai	nerūdijantis plienas	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Latakai	132301	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Siurbliai	H-250	n/a
Dalys, kurioms suteikiama garantija	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Siurbliai	6088	n/a
Darbas, kuriam suteikiama garantija	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Siurbliai	6237	n/a
Darbo garantijos trukmė (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Siurbliai	5	n/a
Pakeitimo išlaidos	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Siurbliai	1200	n/a
Tikėtinas naudojimo laikas (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Siurbliai	15	n/a
Forma	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Siurbliai	2000x700mm	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Siurbliai	S147DT	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Slėgio matuokliai	1/2 WL-MAN-RO	n/a
Pakeitimo išlaidos	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Slėgio matuokliai	50	n/a
Forma	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Slėgio matuokliai	1/2 colio pajungimas	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	Slėgio matuokliai	WL-MAN-RO	n/a
Modelio numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	P-1500	n/a
Dalys, kurioms suteikiama garantija	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	6088	n/a
Darbo garantijos trukmė (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	10	n/a
Pakeitimo išlaidos	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	15000	n/a
Tikėtinas naudojimo laikas (metais)	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	50	n/a
Dydis	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	H=2129mm, D=110mm	n/a
Medžiaga	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	Plastikas	n/a
Serijos numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	3900.10.14	n/a
Etiketės numeris	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	ACO.P1500.20210914	n/a
Brūkšninis kodas	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	nesuteiktas	n/a
Priežiūros intervalas	Laimonas Ūselis	10/14/2021	Approved	Component	smėliagaudės	2 mėnesiai	n/a