



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Tadas Gužauskas

STATINIO INFORMACINIO MODELIO (BIM) TAIKYMAS
STATYBOS ETAPE

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Lekt. Odeta Viliūnienė

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

STATINIO INFORMACINIO MODELIO (BIM) TAIKYMAS
STATYBOS ETAPE

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (621J80001)

Vadovas

Lekt. Odeta Viliūnienė

Recenzentas

dr. Darius Pupeikis

Konsultantas

AB „YIT Kausta“ BIM koordinatorius
Audrius Leonavičius

Konsultantas

AB „YIT Kausta“ Plėtros vadovas
Darius Kvedaravičius

Projektą atliko

Tadas Gužauskas



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros

(Fakultetas)

Tadas Gužauskas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (621J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. 01 08 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Tado Gužausko**, baigiamasis projektas tema „Statinio informacinio modelio (BIM) taikymas statybos etape“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

Tadas Gužauskas

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Gužauskas, Tadas. Statinio Informacinio Modelio Taikymas Statybos Etape. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas lek. Odeta Viliūnienė; Kauno technologijos universitetas, statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: *BIM. 3D, 4D, 5D, statybos, elementas.*

Kaunas, 2018. 67 p.

SANTRAUKA

Problemos aktualumas ir darbo tikslas. Literatūros duomenimis naudojant BIM pastato gyvavimo ciklą valdymą, galima optimizuoti daugumą procesų, bet statybiniuose procesuose yra fiksuojamas našumo sumažėjimas. Neigiamą poveikį aiškinantys tyrimai rodo, kad tai yra susieta su sunkumais integruojant naujas technologijas, didele programinių paketų kaina, reikalingu dideliu kompiuteriniu raštingumu, bei BIM proceso suvokimo stoka. Darbo tikslas nustatyti pagrindines problemas, kurios mažina darbo našumą statybų aikštelėse, kuriose naudojamos BIM technologijos, pateikti rekomendacijas, bei išvadas.

Medžiaga ir metodai. Tyrimas buvo atliktas naudojant internetinę apklausą. Apklausoje buvo kviečiami dalyvauti BIM ekspertai. Ekspertai buvo atrinkti pagal VŠĮ „Skaitmeninė Statyba“ pateiktą BIM specialybių aprašą, kuriame nurodoma kokį išsilavinimą ir kiek profesinės praktikos turi turėti ekspertas. Respondentai buvo paprašyti užpildyti klausimyną, kuriame reikėjo nurodyti savo profesiją, išsilavinimą, profesinę praktiką su BIM. Respondentų taip pat buvo prašoma sureitinguoti, jų manymu, dažniausiai pasitaikančius trukdžius susijusius su informacinio modelio taikymu statybų aikštelėje. Buvo pateikti 8 trukdžiai, kuriuos reikėjo sureitinguoti. Skirtingų neadekvačių kiekybinių ir kokybinių lyginamųjų objektų charakteristikų palyginimas ir įvertinimas buvo atliktas ekspertinio vertinimo metodu.

Rezultatai. Buvo gauti 62 atsakymai į anketą. Pagal profesijas daugiausiai atsakymų buvo gauta iš architektų ir konstruktorių - beveik (40%), mažiausiai atsakymų buvo gauta iš specialiųjų darbų rangos atstovų (1,6%), beveik ketvirtadalis atsakymų neatitiko „eksperto“ kriterijų. Pagal gautų atsakymų pasiskirstymą, gautas Kendalo konkordacijos koeficientas yra 0,71, rezultatai laikomi patikimi. Ekspertai, beveik vieningai indikavo, kad pagrindiniai trukdžiai yra „Investicijos dydis“ 18% visų balų, „Maža patirtis projekto komandose“, 19% visų balų ir „maža patirtis organizacijose“ 19%. Palyginus visų trukdžių aukščiausius įvertinimus buvo gauta, kad trukdis „Maža patirtis organizacijose“ turėjo dvigubai mažiau aukštų įvertinimų, nei „Maža patirtis projekto komandose“. Rekomendacijos ir trukdžio analizavimas buvo pateiktas koncentruojantis į pastarąjį trukdį.

Išvados. Pagal atliktos apklausos rezultatus matoma, kad ekspertai mano, kad didžiausias trukdis, kodėl BIM statybų metu nesukuria didesnio našumo yra „Maža patirtis projekto komandose“. Tai indikuoja, lėtą technologijų integraciją, didelį investicijų kiekį, bei BIM proceso suvokimo stoka.

Darbo struktūra. Magistro baigiamąjį darbą sudaro įžanga, trys dalys (teorinė, metodologinė, praktinė), išvados, literatūros sąrašas (52 šaltiniai), 10 lentelių, 33 paveikslėliai, santrumpų, išsireiškimų sąrašai.

Gužauskas, Tadas. *Building Information Model Application In The Construction Phase. Master's thesis in Construction/ supervisor lecturer. Odeta Viliūnienė. The Faculty of architecture and construction engineering Kaunas University of Technology.*

Research area and field: Construction

Key words: *BIM, 3D, 4D, 5D, construction, element.*

Kaunas, 2018. 67 p.

SUMMARY

The relevance of the problem and the aim of work. Science literature regards that the use of BIM contributes to the optimization of building life cycle, although there is an observed decrease in productivity when using BIM in the construction phase. The negative effect is associated with difficulties with new technologies integration, high software prices, misunderstanding the process of BIM. The aim of the study is to determine the main problems that lower the productivity of work in construction sites when applying BIM, present recommendations and a conclusion.

Material and methods. This study was conducted using an online survey. BIM experts were invited to participate. Expertise of the participants was determined by BIM specialties description, provided by Lithuanian public institution in charge of BIM standardization „Skaitmeninė statyba“. The descriptions provide an insight of what qualifications the expert must have. Respondents were asked to answer a questionnaire, in which they had to state their education, profession, and practice with BIM. The respondents were also asked to rank 8 problems which in their opinion has the most impact on productivity with BIM in construction sites. The reliability of the results was verified with Kendall concordance factor, answers were used if the factor was higher than 0,6.

Results. 62 responses to the survey were received. By profession the most responses were by architects and structural engineers – almost 40%, the least responses were received from specialty contractors 1,6%, almost a quarter of the respondents were not qualified as an expert and were dismissed. According to the answer distribution the Kendall concordance factor is 0,71, the results are considered reliable. The experts, almost unanimously decided that the main problems for BIM in the construction site is „investment size“ 18%, “little experience in the corporation” 19% and “little experience in project teams” – 19%. After comparing the highest marks given to each of the problems “little experience in corporation” had less than half as “little experience in project teams”. Recommendations and the analysis were given considering the latter

Conclusion. According to the results of the survey, it is evident that the experts believe that the biggest cause of BIM not producing higher productivity in the construction site is "little experience

in project teams". It is indicative of slow technological integration, a large amount of investment, and a lack of understanding of BIM processes.

Thesis structure. Master's final thesis includes, preface, three parts (theoretical, methodological, practical), conclusion, Literature list (52 sources), 10 tables, 33 pictures, abbreviations, lists of accommodations.

TURINYS

PAVEIKSLIUKŲ SĄRAŠAS.....	9
LENTELIŲ SĄRAŠAS	11
SANTRUMPOS	12
PAGRINDINĖS SĄVOKOS	14
ĮVADAS.....	15
1. LITERATŪROS APŽVALGA	17
1.1 BIM projekto valdymo reikšmė statybose.....	17
1.1.1 Kokybiško 3D modeliavimo specifi­ka.	18
1.1.2 4D modeliavimo samprata	20
1.2 5D privalumai ir kliūtys.....	21
1.3 Modelio informacijos suderinamumas	23
1.4 Programos kurios palaiko 4D ir 5D modeliavimą.	24
1.5 BIM sampratos problematika.....	26
1.6 Pastato informacinio modelio taikymas statybose, patirtis, problemos ir galimybės.	29
1.7 BIM vystymosi naujovės.....	31
1.7.1 Virtuali realybė.....	31
1.7.2 Papildyta realybė	34
1.8 Darbo našumas naudojant BIM statybos etape.....	36
2 TYRIMO METODIKA.....	39
2.1 Programos analizavimas.....	39
2.1.1 3D modelio analizavimas ir elementų filtracija	40
2.1.2 Sąmatos ir grafiko sudarymas	46
2.1.3 Darbų aktavimas ir atliktų darbų finansinių ataskaitų sudarymas.....	49
2.2 Didžiausių BIM trikdžių statybos etape nustatymas.....	51
2.3 Kriterijų reikšmingumo nustatymas rangavimo metodu.	52
3 REZULTATŲ ANALIZĖ IR APTARIMAS	54

3.1 BIM statybos etapo algoritmas	54
3.2 Apklauso tyrimo rezultatai	55
3.2.1 Rezultatų aptarimas	57
IŠVADOS.....	60
Galimų problemų indentifikavimas	61
Rekomendacijos.....	61
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	63
PRIEDAI	67

PAVEIKSLIUKŲ SĄRAŠAS

Pav. 1 3D ir 4D modelio ryšys	20
Pav. 2 3D, 4D ir 5D modelių ryšiai	23
Pav. 3 RIB iTWO sąsaja(modifikuota iš (RIB Software AG, 2017)).....	24
Pav. 4 Vico office modulių darbas kartu (Vico Software, 2016b,).	25
Pav. 5 Nawisworks 4D ir 5D projekto planavimas (Autodesk, 2017).....	26
Pav. 6 Vartotojų BIM daugiareikšmingumo naudos vertinimas (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009).....	29
Pav. 7 Projektavimo paslaugų produktyvumas įdiegus BIM sistemą. (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009)	30
Pav. 8 (A) virtualus koridorius naudotas navigacijos užduotims tyrime. (B) aukšto planas 2D pavidale , (C) Įranga kurti buvo naudojama tyrime.....	32
Pav. 9 2D ir 3D EGG vertinimas balais (Semyon M. Slobounov, Wiliam Ray, Elena Slobounow, Karl M. Newell, 2014)	32
Pav. 10 Kosičiaus miesto teatro virtualizacija su 3D skeneriu. Viršuje dešinėje matoma nuotrauka originalo, o dešinėje gautas rezultatas. Apačioje matoma 3D skenavimo vaizdų sujungimas į bendrą modelį (František Hrozek; Branislav Sobota; Csaba Szabo, 2012).....	33
Pav. 11 Virtuali realybė pastato viduje. (Gobain, 2017).....	34
Pav. 12 Kairėje: "Google Glass", dešinėje: "Microsoft Hololens".....	35
Pav. 13 ŠVOK vamzdynų projekcija papildytoje realybėje. (Microsoft, 2017)	35
Pav. 14 Pastato aukščio įtaka statybos trukmei, nenaudojant BIM	37
Pav. 15 Pastato aukščio įtaka statybos trukmei, naudojant BIM.....	37
Pav. 16 Pastato aukštų skaičiaus įtaka statybos trukmei, nenaudojant.....	37
Pav. 17 Pastato aukštų skaičiaus įtaka statybos trukmei, naudojant BIM	38
Pav. 18 Pastato ploto įtaka statybos trukmei, nenaudojant BIM.....	38
Pav. 19 Pastato ploto įtaka statybos trukmei, naudojant BIM.....	39
Pav. 20 3D modelio patikrinimas	41
Pav. 21 dviejų elementų neleistina sandūra	41
Pav. 22 Namas Baršausko g. šilo namų projektas	42
Pav. 23 Modelio medžiagų kiekių skaičiavimo metodika	43
Pav. 24 sąmatos sudarymo langas	47
Pav. 25 Darbų kainų skaidymas	47
Pav. 26 5D sąmatos sandara.....	48
Pav. 27 4D projekto modelis	49

Pav. 28 Aktyvavimo metodika iTWO aplinkoje.....	50
Pav. 29 Darbai numatyti dabartiniame ir ateinančiame periode, pažymėti skirtingomis spalvomis.	51
Pav. 30 supaprastinta iTWO BIM projekto paruošimo ir gamybos schema.....	54
Pav. 31 Ekspertų nuomonių išsiskirstymas balais	58
Pav. 32 Ekspertų nuomonių išsiskirstymas	59
Pav. 33 Problemos, kurias ekspertai įvertino aukščiausiais balais	59

LENTELIŲ SĄRAŠAS

Lentelė Nr. 1 LOD specifikacija (Jan Reinhardt, 2015)	18
Lentelė Nr. 2 Nacionaliniai standartai ir jų publikavimo metai (modifikuota iš (Hakanen, 2014)...	20
Lentelė Nr. 3 5D BIM praktiškumas (Lee, X.S., Tsong, W. & Khamidi, M.F, 2016).....	21
Lentelė Nr. 4 Vartotojų BIM daugiareikšmingumo naudojimas (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009).....	27
Lentelė Nr. 5 Pakeitimų fiksavimo 3D modelyje analizė (Eadie B., 2013).....	31
Lentelė Nr. 6 Dangoraižių rodikliai (Reizgevičiūtė et al. 2013)	36
Lentelė Nr. 7 3D modelio tikrinančių programų palyginimas	40
Lentelė Nr. 8 Medžiagų sudarymo metodika	43
Lentelė Nr. 9 eksperto kompetencijos kriterijai (Skaitmeninė statyba, 2017)	53
Lentelė Nr. 10 reitinguojami trukdžiai ir jų ID	53
Lentelė Nr. 11 Ekspertų reitinguojami trukdžiai, naudojant BIM technologijas statybos etape.....	55

SANTRUMPOS

- ACWP** – faktinė atliktų darbų kaina (Actual Cost of Work Performed).
- AEC UK** – Anglijos, architektų, inžinierių ir statybų asociacija (Architects, Engineers, Construction, United Kingdom).
- AR** – papildyta realybė (Augmented reality).
- BA** – bakalauro laipsnis.
- BCWP** – numatytas biudžetas atliktiems darbams (Budgeted Cost of Work Performed).
- BCWS** - numatytas biudžetas suplanuotiems darbams (Budgeted Cost of Work Scheduled).
- BIM** – pastato informacijos modelis (Building Information Model).
- BP** – Atsiskaitymo periodas (Billing Period).
- CAD** – kompiuterizuotas braižymas (Computer Aided Design).
- CIMsteel** – kompiuterizuota plieno gamyba (Computer Integrated Manufacturing of Constructional Steelwork).
- CPI** – Statybos proceso informacijos saugojimo formatas (Construction Information Standard).
- DA** – Daktaro laipsnis.
- EEG**- Elektroencefalografija.
- ERP** – kompanijos išteklių planavimas (enterprise resource planning).
- ID** – identifikacija.
- IFC** – atviras mainų formatas pastato informacinio modelio platformai (Industry Foundation Classes).
- ISO** - tarptautinė standartizacijos organizacija (International Organization of Standardization).
- LEED** – energetiškai tvarių pastatų sertifikatas (Leadership in Energy and Environmental Design).
- ŠVOK** – Šildymas, vėdinimas, oro kondicionavimas.
- LOD** – modelio išsivystymo lygis (Level of Development).
- MA** – magistro laipsnis.
- OTA** – nuotoliniu būdu (Over the Air).
- PLCM** – produkto gyvavimo ciklo valdymas (Product Life Cycle Management).
- PMBOK** – Projekto valdymo žinynas (Project Management Body of Knowledge).
- POP** – produktas, organizavimas, procesas.
- PP** – profesinė praktika.
- ROI** – investicijos grąža (Return On Investment).

RP – ataskaitos laikotarpis (Report Period).

ST – sienos tipas.

VR – virtuali realybė.

VŠĮ – viešoji įstaiga.

PAGRINDINĖS SĄVOKOS

Atributas - esminis arba specifinis daikto, reiškinių požymis arba ženklas.

Darbų aktavimas – procesas, kai darbuotojas atsakingas už vykstančius statybas, tvirtina atliktus darbus pagal kuriuos yra tvirtinamos darbus atlikusių bendrovių sąskaitos.

Elementas – Tai mažiausia nedaloma 3D modelio sudedamoji dalis.

LEED įvertinimas - (energetikos ir aplinkosaugos įrenginių projektavimo sistema) yra tarptautinė pripažinta žaliosios statybos sertifikavimo sistema, užtikrinanti trečiosios šalies atliekamą patikrą, skirtą nustatyti, ar pastatas arba pastatų kompleksas buvo suprojektuotas ir pastatytas taikant strategijas, kurios padidina visų šių svarbiausių veiksnių veiksmingumą: energijos taupymo, veiksmingo vandens naudojimo, CO₂ išmetimo mažinimo, geresnės vidaus aplinkos kokybės, išteklių valdymo ir jautrumo jų poveikiui.

Parametrizacija – Skaitinių reikšmių suteikimas elemento charakteristikos.

Pastato erdvių valdymas – tai procesas, kai projektuojamame pastate yra numatomas mechanizmas kuris leis administruojančiai kompanijai nustatyti patalpų mikroklimatą, apšvieta, bei kitas patalpos charakteristikas susijusias su komfortu ir patalpos paskirtimi.

Pastato gyvavimo ciklas – Tai laikas nuo pastato idėjos iki jo nugriovimo.

Pastato informacinis modelis – tai informacijos visuma kuri yra reikalinga, projektuoti, statyti, valdyti ir administruoti pastatą.

IVADAS

Pastato informacinis modelis arba BIM (Building information model – angl. k.) yra glaudžiai siejamas su statybos valdymo ir organizavimo ateitimi. Pastato informacinis modelis pasižymi ryšiais, kurie tiesiogiai sujungia projektuojamą 3D detalę su jos instaliacijos susijusiais darbais, medžiagų kainomis, bei laiko grafiku. Todėl keičiant projektuojamą detalę, realiu laiku keičiasi ir su ja susiję įkainiai ir rodikliai. BIM gali apimti visus pastato gyvavimo ciklus, todėl prie jo informacinio modelio turi prisidėti nemažai žmonių. BIM integracija nėra lengva užduotis statybos ir projektavimo kompanijoms, kadangi reikia nemažų investicijų darbuotojų apmokymams, papildomai kompiuteriniai ir programinei įrangai.

(Dr. T. Grigorjeva, Dr. V. Popovas, 2016) teigia, kad aktyviausiai BIM technologijų diegimo efektyvumą stebi ir matuoja Prancūzija, Japonija, Vokietija, Australija ir Kinija. Autoriai teigia, kad šių regionų statybos sektoriaus dalyviai vertino BIM technologijų efektyvumą pagal ROI (Return on Investment). Naujausių apklausų duomenimis teigiamą investicijų grąžą vertina 27% respondentų, vidutiniškai – 47% ir neigiamai 26%. Taip pat autoriai teigia, kad 92% apklausoje dalyvavusių respondentų, kad jie neišvengiamai naudos BIM iki 2018. Pastebima, kad technologijas sunkiau priima mažos įmonės, nei didelės. Nieko nuostabaus, kad mažesnes galimybes turinčios kompanijos negali tiek pat investuoti į naujų technologijų vystymą, nei didelės. 3D BIM išsivystė į 4D, 5D ir net į 6D BIM. (Smith, 2014)

Pagal (Salman Azar, 2011) atliktas statybų analizės, pastebėtas teigiamas ROI, kai projekte yra naudojamas BIM nepertraukiamai, nuo prieš projektinių pasiūlymų iki statybų užbaigimo, nes taip yra naudojama nuolatinė projekto kontrolė ir sumažinama rizika. Didžiausios statybos darbų įkainių duomenų bazė Lietuvoje – „Sistela“ (Sistela, 2017) teigia, kad statybos projekto įvykdymui, projektavimo ir kitiems pasiruošimo darbams skiriama apie 15% visų statybos išlaidų, 5% yra projekto marža. 80% statybos projekto išlaidų yra skiriama statybos darbams, todėl natūralu, kad čia yra didžiausia rizika. Todėl ypatingai svarbu laiku numatyti visas kliūtis ir papildomas išlaidas.

Pagrindinis šio magistrinio darbo tikslas – išanalizuoti statybos darbų vykdymo procesą 3D, 4D ir 5D pastato informacinio modelio aplinkoje, nustatyti pagrindinius trukdžius, bei pateikti pasiūlymus ir rekomendacijas, kurių pagalba būtų galima efektyviau diegti BIM technologijas statybų aikštelėje.

Tyrimas yra atliekamas kompanijoje YIT „Kausta“ YIT „Kausta“ viena iš pirmųjų Lietuvoje pradėjo investuoti į BIM technologijas. (YIT Annual report, 2016) skelbiama, kad 2016 metais YIT „Kausta“ projektas Vilniuje „Naujoji Rivjera“ buvo išrinktas kaip geriausias BIM projektas. Kompanija sutiko suteikti konsultacijas ir pasiūlė analizuoti projektą, kuris tuo metu buvo statomas

„Šilo namų“ 5 etapo 12 namas. Taip pat tyrime atliktoje apklausoje, yra apklausiami BIM ekspertai, siekiant nustatyti pagrindines problemas BIM naudojimo statybų procese.

Tyrimo objektas – BIM proceso taikymas statybos aikštelėje.

Darbo tikslas. Šiame moksliniame darbe iškeltas tikslas išanalizuoti BIM technologijų taikymo efektyvumą statybos vykdymo etape, pateikti jo praktinio taikymo algoritmą.

Darbo uždaviniai. Šiame moksliniame darbe iškelti šie uždaviniai:

1. atlikti mokslinės literatūros analizę, kuri tiria BIM technologijų procesą statybose;
2. išanalizuoti tyrinėjamos problemos aktualumą.
3. aptarti statybų objektams vystomas BIM naujoves;
4. analizuoti BIM panaudojimo statybos projektuose pasirengimo lygį, bei parengti rekomendacijas spartesniam šių technologijų diegimui;
5. atlikti objekto statybos vykdymo etapo moduliavimą, pritaikant BIM programinę, bei pateikti praktinio taikymo algoritmą (procedūrų aprašymas statybos metu vykdymas pagal 3D, darbo našumo prizmę, informacijos pasidalinimas);
6. identifikuoti trukdžius naudojant BIM technologijas statybų aikštelėje bei parengti rekomendacijas.

Taikomi metodai:

1. dokumentų turinio analizė;
2. mokslinės literatūros analizė;
3. programinių paketų naudojimo metodiniai nurodymai;
4. stebėjimas.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

Labai daug svarbių sprendimų priimami projektavimo etape, kurie vėliau pateikiami kitiems projekto dalyviams. Projektavimas idealiausiu būdu, yra atliekamas trijose dimensijose, čia koncentruojasi didžiausiais informacijos kiekis. Mokslinėje literatūroje ir straipsniuose yra atlikta keletas apklausų, kurios yra aptartos kituose šio darbo skyriuose, juose gauti rezultatai atskleidžia, kad daugelis statybos dalyvių BIM supranta kaip 3D modelio sukūrimą, bet pastaraisiais metais ši samprata kinta, kai vis daugiau kalbama apie 4D ir 5D pastato modeliavimą. Šis pokytis vyksta, nes norima optimizuoti statybos procesus ir geriau valdyti projektą.

1.1 BIM projekto valdymo reikšmė statybose.

BIM projektuose sudaryti grafiniai statinių modeliai turi turėti svarbų išskirtinumą, tai jo elementų ar dalių parametrizavimą. Tradicinis pastato elementų atributų klasifikavimas, tai brėžinio detalės parametrų nurodymas papildomose anotacijose ar legendose, kurios turi pastovią reikšmę ir kurių modifikacijos gali sukelti dideles laiko išteklių sąnaudas, didinti žmogiškųjų klaidų riziką (Hakanen, 2014). 3D BIM modelis, nors ir yra sunkiau paruošiamas, turi darbus palengvinančių privalumų: modelio tiesioginė parametrizacija, žiniaraščių tiesioginė integracija yra keletas iš jų (Lu, Q., Won, J. & Cheng, J.C.P., 2016). 5D etapas yra darbų pririšimas prie darbų įkainių, todėl keičiantis 3D modeliui matomi automatiniai pakeitimai projekto sąmatoje. 4 dimensija, tai darbų pririšimas prie laiko ir išlaidų grafiko. Vėlgi keičiant 3D modelį kinta darbų įkainiai, dėl ko keičiasi laiko grafiko terminai bei ištekliai.

Įvertinant visus šiuos informacinio pastato modelio privalumus galima pamatyti tiesioginę naudą projekto paruošime. (Eadie, 2013) teigia, kad darbų aktavimas BIM aplinkoje yra vienas iš patraukliausių atliktų darbų sekimo metodų, informacinėje statybų sistemoje. Kadangi darbus galima aktuoti pasitelkiant 3D modelį pažymint, kokie darbai yra įvykdyti, įkainiai tiesiogiai susieti su buhalterija, todėl matoma kiek ir kam reikia pervesti pinigų. Projektų vadovas gali realiu laiku sekti darbų eigą, lengviau nustatyti projekto etapų problemas jų eigoje, bei planuoti statybų išlaidas viso projekto metu.

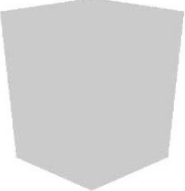
Pagrindinis įrankis BIM projekto valdyme yra kompiuterinės programos. Literatūroje yra apžvelgiami: gerosios patirties pavyzdžiai, programinių paketų palyginimai, bei jomis besinaudojančiųjų profesionalų nuomonė bei patirtis. BIM modelių standartai, klasifikatoriai ir formatai taip pat yra apžvelgiami šioje dalyje.

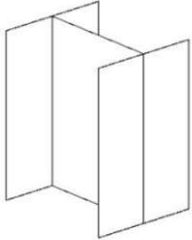

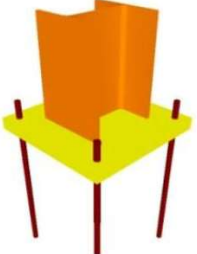

1.1.1 Kokybiško 3D modeliavimo specifika.

BIM projektavimas – labai dažnai analizuojama sritis su statybos pramone, bei projektų valdymu susijusiuose mokslo leidiniuose. BIM pirmtakas pasaulyje atsirado 1970 metais. 1987 metais kompanija „Graphisoft“ s ArchiCAD“ pirmą kartą pradėjo vykdyti virtualią statybą. Lietuvoje BIM samprata atsirado 2002 metais. BIM išvertus į lietuvių kalbą – tai pastato informacinis modeliavimas. BIM – tai naujos kartos projektavimo būdas. Projektuojama braižant ne linijomis, o jau elementais, kurie turi savo parametrus. (Reizgevičius, 2016). Kol kas nėra pasaulyje vienodos sampratos, kokius parametrus turėtų turėti modelis, dabar yra tik atskirų šalių standartai. (Jan Reinhardt, 2015) leidinyje „Išsivystymo lygio specifikacija“ (“Level of development” specification -angl. k.) elementų lygiai dalinami į LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400, kur kuo didesnis skaičius reiškia didesnę elemento parametrizaciją (lentelė Nr. 1). Šis LOD skirstymas sudarytas taip, kad kiekvienas aukštesnysis lygis papildo lygiu žemesnio specifikacijas. Vadinasi, jei elementas atitinka LOD 300 specifikacijas tai jis tuo pačiu turi atitikti ir LOD 200 ir LOD 100 specifikacijas. (Pellinen, 2016). Kiekvienas išsivystymo lygis turi savo reikšmę ir naudoja projekto vykdymo cikle. Paprastesni lygiai gali būti naudojami sudarant projekto koncepciją, o aukštesnieji yra reikalingi sudarant projekto modelį, kuris naudojamas skaičiuojant medžiagų kiekius žiniaraščiams ir darbų kiekius.

Planavimo ar projektavimo laikotarpiu priimti sprendimai atsispindi viso projekto rengimo ir įgyvendinimo metu, bei kituose statinio gyvavimo ciklo etapuose. (Chena, 2015). Todėl aukščiausias elemento detalumas yra pageidaujamas, kai norima gauti kuo tikslesnį atitikmenį pastatytam pastatui, kuriame BIM modelis bus naudojamas ir eksploataavimo metu. Siekiant sudaryti geresnį informacijos tarpusavio ryšį tarp skirtingų projekto dimensijų ir kokybiško valdymo, BIM projektuose reikia, kad pastatų modelio informacija būtų tiksliai daloma ir tikslingai pildoma.

Lentelė Nr. 1 LOD specifikacija (Jan Reinhardt, 2015)

Uniformatas	Grafinė reprezentacija	Specifikacija
LOD 100		Elementas modelyje grafiškai reprezentuojamas simboliu ar kitu supaprastintu žymėjimu. Elementas neatspindi jo geometrijos.

LOD 200		Elementas modelyje yra grafiškai reprezentuotas. Turi apytikslius kiekius, dydį, orientaciją ir poziciją. Negalima visiškai pasitikėti skaičiuojant elemento parametrus ir reikia remtis papildoma informacija iš kitos informacinės aplinkos – žiniaraščiai, detalės.
LOD 300		Elementas grafiškai reprezentuojamas modelyje. Elemento parametrai: tūris, ilgis plotis, paviršiaus plotis yra patikimi ir galima juos skaičiuoti iš modelio.
LOD 350		Elemento detalizavimas yra artimas LOD 300 specifikacijai, bet papildomai yra sudaryti elemento sujungimai su kitais elementais ir atramos.
LOD 400		Elementas turi pakankamai informacijos, kad būtų galima jį siūsti tiesiai į gamyklą. Be papildomų informacijos šaltinių galima siūsti į automatizuotas stakles ar daryti surinkimo brėžinius.

Produktas, organizavimas ir procesas (POP) - modeliavimo metodas, kuris papildo 3D modelį taip, kad būtų palengvintas statybų procesas. (LiJuan Chen, 2014). Įvairiems statybų elementams daugelis šalių susikuria nacionalinius klasifikatorius, kuriuose aiškiai yra išskirstyta, kokie elementai kokias klasifikacijas turi turėti. 3D modelio projektuotojui tokiu atveju reikia tik priskirti elementui atitinkamą kodą.

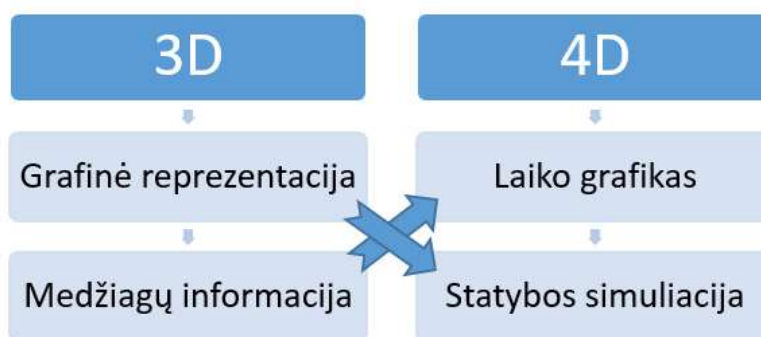
Atpažinimo kodas gali nulemti ir projektuotojo nepamėtus parametrus: elemento tipą, kategoriją, medžiagą. (Knopp-Trendafilova, 2012). Kai kurios šalys jau nuo 2007 metų pradėjo diegti harmonizuotus BIM standartus, kuriuose numatoma bendra modelio tvarka. Vienas iš pirmųjų priimtų standartų buvo „Sennati BIM standartai“ (HAKANEN, 2017). Pirmieji standartai pateikti lentelėje Nr. 2

Lentelė Nr. 2 Nacionaliniai standartai ir jų publikavimo metai (modifikuota iš (Hakanen, 2014))

Standartas	Paskelbimo metai
JAV Nacionalinis BIM standartas	2007
Sennatti parametrų BIM standartas	2007
Hong Kong BIM institutas	2009
AEC (UK) BIM standartas	2009
Nacionaliniai nurodymai skaitmeniniam modeliavimui, Australija	2009
Statsbygg BIM manual, Norvegija	2011
Bendri BIM reikalavimai, Suomija	2012

1.1.2 4D modeliavimo samprata

Daugiadimensinė BIM sandara reiškia, kad visi projektavimo ir pasirengimo statybai etapai yra surišti. Po sėkmingo 3D modeliavimo seka 4D modelio vystymas. 4D modeliai ir įrankiai buvo sukurti aštunto dešimtmečio metų gale didelių statybinių organizacijų, skirti supaprastinti ir padėti joms valdyti milžiniškus procesus. Devinto dešimtmečio pabaigoje šie komerciniai įrankiai prasiskverbė ir adaptavosi statybų rinkoje. 4D modeliai buvo sukuriami rankiniu būdu su automatiniais ryšiais į 3D geometriją, subjektai ir grupės buvo siejami su statybos subjektų veikla. (Eastman, 2011).



Pav. 1 3D ir 4D modelio ryšys

Pav. 1 matomi ryšiai tarp 4D ir 5D BIM etapų. Ši schema remiasi teiginiu, kuris buvo vartojamas (S. Azhar, 2008) darbe. Jame teigiama, kad 3D ir 4D modelio ryšys yra „vienpusis sudėtinis“. Sudėtinis ryšys, nes 3D modelis susideda ir iš grafinio elementų atvaizdavimo ir jiems suteikiamos informacijos. Laiko grafikui sudaryti reikalinga 3D modelio medžiagų informacija

(medžiagų kiekiai ir įvairovė). 4D statybos simuliacijai reikalinga pastato grafinė reprezentacija ir laiko grafikas. Vienpusis ryšys, nes laiko grafikas negali įtakoti 3D modelio medžiagų informacijos, o statybos simuliacija negali įtakoti grafinės reprezentacijos.

1.2 5D privalumai ir kliūtys

Yra keletas mokslinių darbų apie 5D BIM modeliavimo privalumus ir trūkumus. Vieni darbai susikoncentravę į 5D diegimą, o kiti – į pačio 5D praktiškumą. Šis skyrius pristato privalumus ir trūkumus, kurie buvo aptariami šiuose darbuose.

(Lee, X.S., Tsong, W. & Khamidi, M.F, 2016) studijavo 5D praktiškumą ir surado trūkumus skirtingose BIM lygiuose. Rezultatus galima pamatyti lentelėje Nr. 3. Tyrimas atskleidžia, kad didelis kiekis informacijos gali nulemti aukštą sudėtingumo lygį ir projekto šalys, kurios nesuinteresuotos BIM vystymu, turės sunkumų išnaudoti 5D BIM.

Lentelė Nr. 3 5D BIM praktiškumas (Lee, X.S., Tsong, W. & Khamidi, M.F, 2016)

Stadija	Procesas	Kriterijus	Apžvalga
Modelis	Projekto informacijos sąranka ir diegimas į 3D modelį.	Modeliavimo lygis	Neutralus
		Modelio santvarkos harmonizacija	silpna
		Informacijos išeiga	Gera
		Trūkumai	Ne BIM projekto dalyviai turės sunkumų žengiant į tolimesnius projekto etapus
Kaštai	Informacijos sąranka skirta sąmatos sudarymui	Modeliavimo lygis	Geras
		Modelio santvarkos harmonizacija	Neutrali
		Informacijos išeiga	Gera
		Trūkumai	Elementų kainoraštis negali būti automatiškai atnaujintas tiekėjo
Laikikas	Informacijos sąranka skirta laiko grafikui	Modeliavimo lygis	Neutralus
		Modelio santvarkos harmonizacija	Gera
		Informacijos išeiga	Gera
		Trūkumai	Reikalauja gero technologinių procesų išmanymo ir patirties

			statybų aikštelėje norint turėti realų rezultatą.
Virtualizacija	5D informacijos medelio virtualizacija	Modeliavimo lygis	Neutralus
		Modelio santvarkos harmonizacija	Gera
		Informacijos išėiga	Gera
		Trūkumai	Modeliavimo procesas sudėtingas, kai dirbama su dideliais kiekiais informacijos

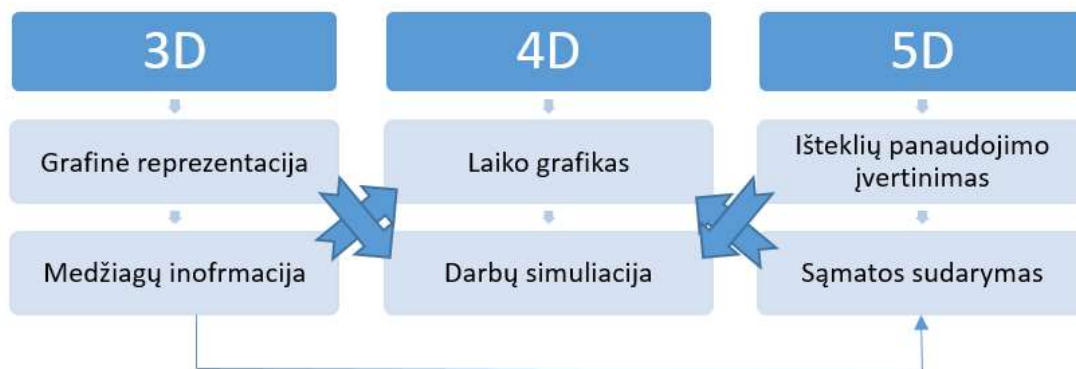
(Popov., 2010) Nagrinėjo virtualaus projekto vystymo panaudojimo koncepciją ir surado panaudojimo algoritmą projekto valdymui 5D aplinkoje. Autorius pristatė privalumus naudojant 5D BIM visų projekto gyvavimo ciklą metu. Keletas iš jų pristatomi žemiau:

1. abu, grafinis vaizdavimas ir informacija yra valdoma per BIM, tai leidžia vienu metu valdyti brėžinius, ataskaitas, projektavimo analizes, grafikų sudarymą, darbų organizavimą ir įrenginių ir infrastruktūros valdymą;
2. informacijos kūrimas ir dalinimasis viso projekto ciklą metu. Bendradarbiavimas tarp darbo grupių, kuriame yra eliminuotas informacijos persidengimas, informacijos praradimas, pakartotinis informacijos įvedimas, nesusikalbėjimo ir vertimo problemos;
3. vartotojas turi galimybę įvertinti išlaidas, bet kokioje projekto stadijoje;
4. produkto gyvavimo ciklo valdymas – PLCM (Product life cycle managment – ang k.) koncepcija leidžianti suskaičiuoti tikslų kiekį reikalingų išteklių, sudarant grafiką ir identifikuoja galimas alternatyvas pagal 3D modelį.

(Sattineni, A. & Macdonald, J.A., 2014) studijavo statybų kompanijos HOAR sunkumus diegiant 5D BIM į savo veiklą. Pastato virtualaus projektavimo komanda atsirado 2011 metais, bet pirma 5D sąmata buvo atlikta jau 2008 metais. Kompanija naudojo VICO programinį paketą. Atradimai ir kliūtys išvardinti žemiau:

1. tyrimo atlikimo metu nebuvo jokio programinio paketo, kuris leistų naudoti visas funkcijas susijusias su BIM laiko įvertinimu. Todėl projekto komanda turėjo papildyti projektą tik 3D ir 4D BIM;
2. trūkumas žmonių su atitinkamoms žiniomis ir įgūdžiais;
3. kompanijos valdybą buvo sunku įtikinti 5D BIM įdiegimo naudą, dėl didesnių išlaidų;

4. atsirado žmogiško pasipriešinimo pasikeitimams iš darbuotojų pusės. Naujų technologijų mokymasis užtrunka laiko ir reikia nemažai pastangų norint apmokinti darbuotojus, tuo pačiu metu išliekant pelningais;
5. taip pat buvo ir privalumų: kompanija dar niekad neturėjo tiek duomenų apie savo vidinius procesus, o pastato virtualaus dizaino komanda galėjo pateikti daug greitesnes ataskaitas kitiems projektavimo padaliniais išlaidų planavimo tikslams. Kompanija pareiškė didelį norą tęsti darbą su 5D (Sattineni, A. & Macdonald, J.A., 2014).



Pav. 2 3D, 4D ir 5D modelių ryšiai

Autorius (Smith, 2014) rašydamas apie 5D ir 4D ryšį, bei 5D ir 3D ryšį teigia: „laiko grafikas priklauso nuo 5D sąmatos sudarymo, o darbų simuliacija nuo išteklių panaudojimo įvertinimo, kadangi šiame etape nustatoma, kokie turimi ir galimi žmogiškieji, bei piniginiai išteklių“. Šis ryšys atvaizduotas pav. 2.

1.3 Modelio informacijos suderinamumas

Skirtingos modeliavimo aplikacijos turi viena kitą papildančios informacijos reikalavimus, kurios palaiko įvairias užduotis modeliavimui ir statybai. Modelio informacijos suderinamumas yra reikalinga tam, kad informacija galėtų keistis skirtingos programos. Du plačiai pripažinti tarptautiniai standartai skirti statybos produktų informacijai tvarkyti yra IFC (Industry Foundation Classes – ang. k.) ir CIMsteel integracijos standartas ver. 2 (CIS/2).

IFC yra skirtas pastatų planavimui, dizainui, statybai ir valdymui, o CIS/2 yra skirtas statybai ir projektavimui ir gamybai iš plieno. Visame pasaulyje vienoda informacijos harmonizacija, kurios informacijos vienodumas ir patikimumas yra svarbus sėkmingam statybų verslui. (Eastman, 2011).

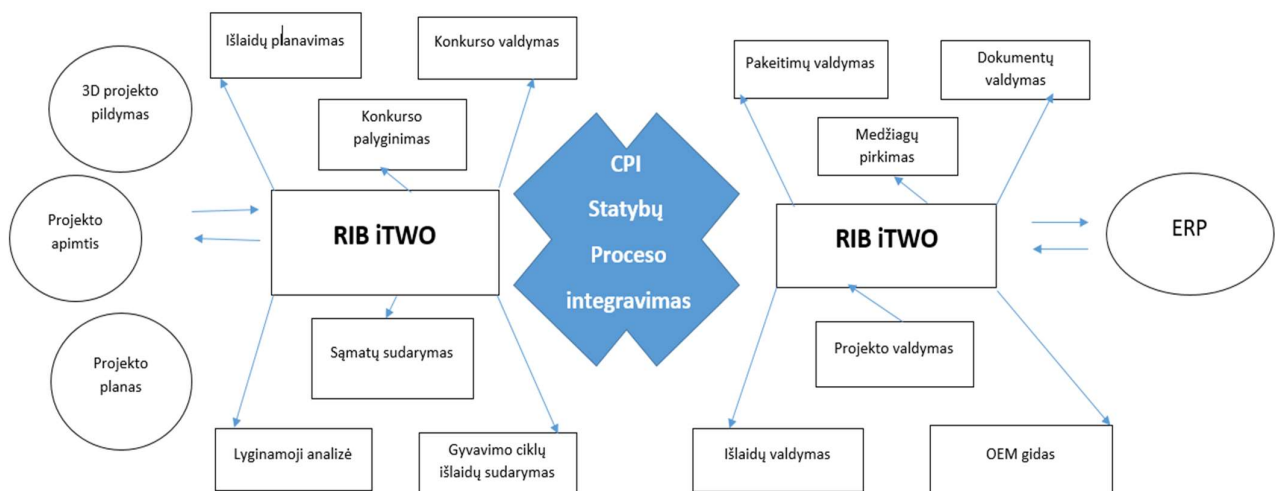
IFC naudoja ISO-STEP EXPRESS programavimo kalbą ir atkreipia dėmesį į informacijos struktūras, kurios susijusios su geometrija, tarpusavio ryšiais ir atributais (Eastman, 2011). Jis yra sukurtas „buildingSMART“ organizacijos. Plačiausiai naudojama IFC 2x3 versija, nors jau naujesnė versija IFC 4 yra publikuota. (Laakso, M. & Kiviniemi, 2012)

BIM vartotojai patiria sunkumų dirbant su IFC. Jis neperkelia, kai kurių veikiančių parametrinių objektų, o objektai, kurie buvo eksportuoti į IFC, jau nebegali būti modifikuoti, galima tik pridėti naujus parametrus. Tai yra nepatogu, kai reikia atlikti modelio geodezinę nutrauką. IFC formatas eksportuoja elemento dydžių matmenis, bet nežino ar elemento forma yra kontroliuojama geometrijos. (McPhee, 2017)

1.4 Programos kurios palaiko 4D ir 5D modeliavimą.

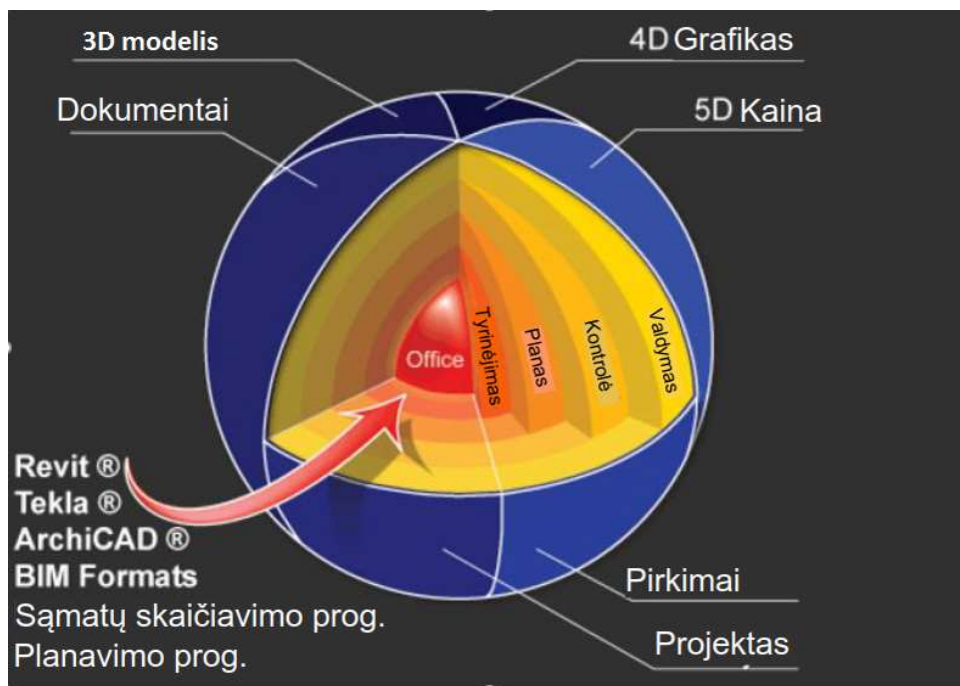
4D ir 5D modeliai gali būti sukurti su keliais programiniais paketais. (Lu, Q., Won, J. & Cheng, J.C.P., 2016) mokslinis darbas išvardina keletą iš jų. iTWO, VICO ofisas ir Autodesk Navisworks.

iTWO, tai vokiečių „RIB software AG“ gaminys. Kompanija dirba jau nuo 1961 metų, iTWO - tai 4D ir 5D sprendimas kompanijoms, kurių veikla susijusi su statybomis, nekilnojamo turto vystymu, pastatų administravimu ir investavimu. (RIB Software AG, 2017) iTWO naudoja „Statybos proceso informacija“ – CPI (Construction process information – ang. k.) tai technologija, kuri apjungia geometriją ir skaitinius/raidinius parametrus. Iš vienos pusės ji integruoja CAD programas, o iš kitos pusės - kompanijos resursų projektavimą – ERP (Enterprise resource planning – ang. k.). iTWO naudojimo detalizavimas pateikiamas sekančiuose skyriuose, programinio paketo sąsaja pav. 3.



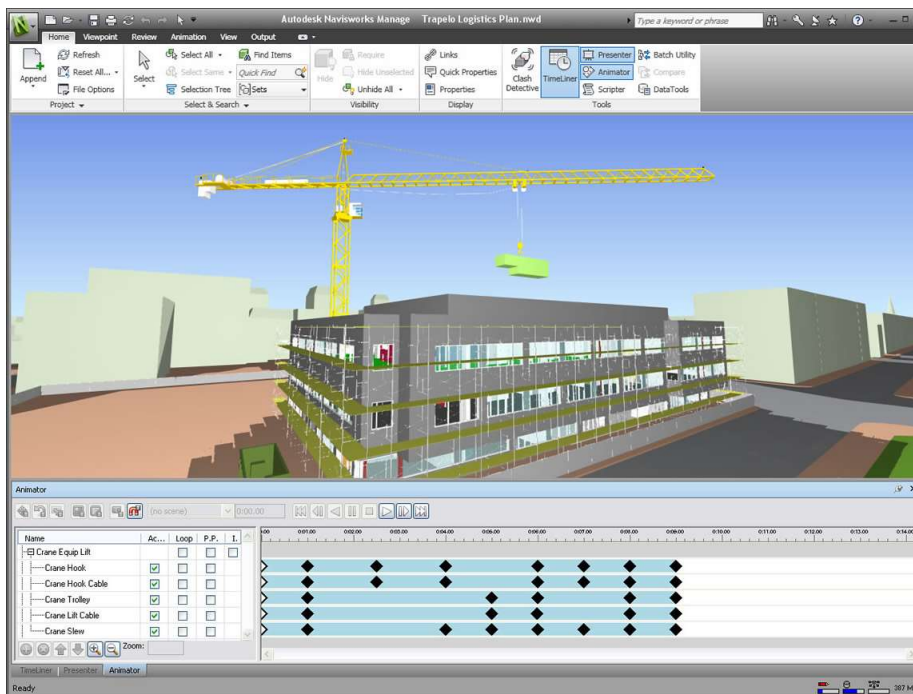
Pav. 3 RIB iTWO sąsaja(modifikuota iš (RIB Software AG, 2017))

VICO programinis paketas buvo sukurtas 2007 ir tapo „Tribble navigation Ltd“ dalimi 2012 metais. Vico programinis paketas, tai integruoto suderinamumo taikymas – medžiagų žiniaraščių sudarymui, sąmatų sudarymui, grafiko sudarymui ir gamybos valdymui. (Vico Software, 2016a, 2017). Programa naudoja keletą modulių skirtingiems darbams. Sąmatų sudarymui VICO office naudoja dvi, modeliu besiremiančius modulius: „VICO cost planner“, kuris yra naudojamas tikslinių kainų planavimui ir „VICO Cost Explorer“, kuri yra labiau biudžetinė aplikacija, kurioje galima pamatyti vizualiai kainos pokyčių priežastis. (Vico Software, 2016b, 2017) VICO Office moduliai yra reprezentuoti pav. 4.



Pav. 4 Vico office modulių darbas kartu (Vico Software, 2016b.).

Programa „Navisworks“ yra kompanijos „Autodesk“ produktas ir yra skirtas projekto peržiūrai architektams, inžinieriams, statybininkams. Vartotojai gali įkelti laiką, datą ir kitus uždavinius ir susieti juos dinamiškais ryšiais su projekto grafiku ir kitais projekto moduliais. (Autodesk, 2017). Nuotrauka iš „Navisworks“ darbalaukio pateikta pav. 5.



Pav. 5 Nawisworks 4D ir 5D projekto planavimas (Autodesk, 2017)

1.5 BIM sampratos problematika

Daugelis žmonių dar tiksliai nežino, kas yra BIM, ar tai tik programinė įranga? Ar nauja CAD technologija? Bet vis daugiau žmonių supranta, kad BIM tai procesų visuma, kurie leidžia valdyti pastato informaciją jo gyvavimo ciklo metu. (Wang, 2012). Statybų sektoriaus atstovų samprata pradėjo keistis, kai pradėjo kurtis tokios organizacijos kaip „Building smart“, kurių pradinis tikslas buvo siekti, kad įvairūs procesai, vykstantys statybose, turėtų tarpusavio sąveiką (1995m.), vėliau ši organizacija evoliucionavo į organizaciją, kuri savo tikslus pritaikė skaitmeniniam amžiui. Ši organizacija prisidėjo prie daugelio BIM standartų sukūrimo, vienas iš jų, IFC 3D modelio formatas (BUILDING SMART, 2017). Pastaroji organizacija yra tarptautinė ir siekia, kad jų plėtojama informacijos tvarkymo sistema būtų taikoma visame pasaulyje, Lietuvoje esanti organizacija „Skaitmeninė statyba“ yra susikoncentravusi į Lietuvos rinką, ir jos pagrindinis tikslas yra „jungti statybos sektoriuje egzistuojančias organizacijas ir koordinuoti Lietuvos statybos skaitmenizacijos procesą“ (Skaitmeninė statyba, 2017). Abiejų organizacijų veiklos potekstė yra populiarinti BIM procesą, o pagrindinė priemonė, tai bendravimo tarp statybos sektorių supaprastinimas. BIM supaprastinimas ir prieiga didesniai srautui žmonių, dėl tokių iniciatyvų kaip „Open Bim“, kuri vykdo „Building smart“ ir noro įdiegti standartus šalies ir pasaulio lygiu, verčia statybos sektorių

gilintis į BIM sampratą ne tik kaip į priemonę matyti pastato vaizdą 3D, bet suprasti kaip informacijos valdymas supaprastins pastato statybas ir eksploatavimą.

Pensilvanijos universitete atliktas tyrimas (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009) apie tai kaip dažnai ir kokią įtaką turi BIM taikymas įvairiuose projektuose. Buvo vykdoma apklausa, kur respondentai turėjo atsakyti kaip dažnai ir kokiam darbui naudojamas BIM ir kokią jų manymu naudą atneša tai projektui. Iš viso buvo gauti rezultatai iš daugiau, nei 1000 respondentų, kurie pagal profesiją išsiskirstė taip: daugiausiai atsakiusių buvo architektai (36%), mažiausiai atsakė personalo skyriaus atstovai (4%). Daugelis atsakiusių įvardino save, kaip BIM koordinatoriais (29%) ar projekto vadovais (15%).

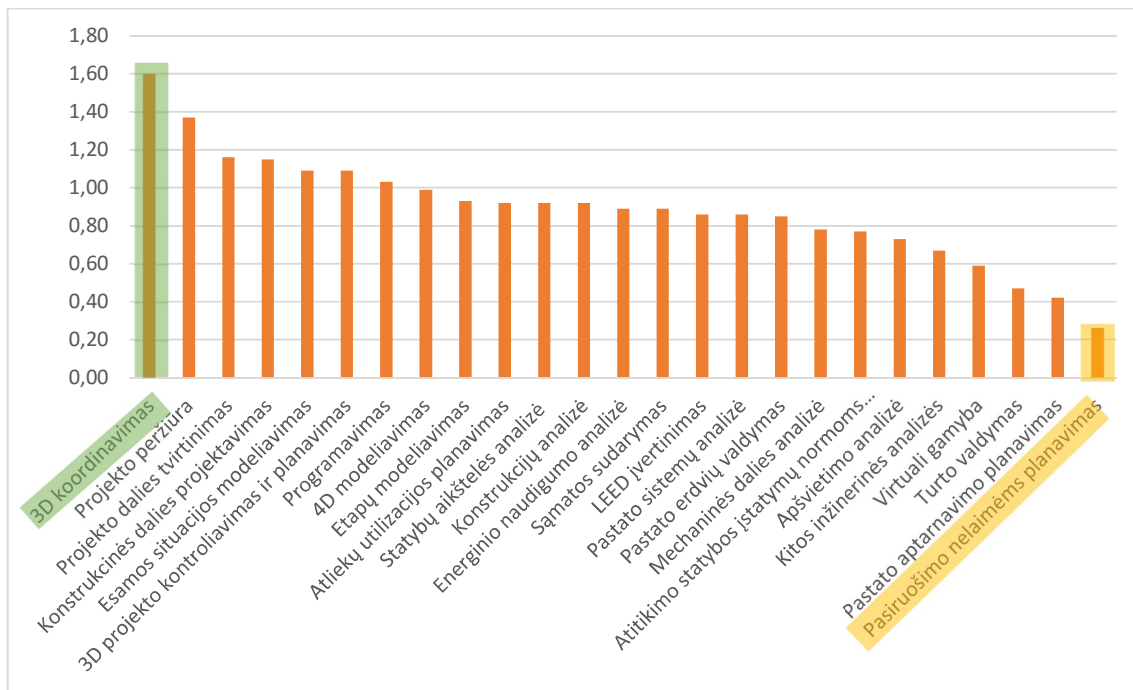
Respondentų atsakymai buvo sudėti į lentelę nr. 4, kurioje atsispindi BIM panaudojimo projektuose daugiareikšmingumas.

Lentelė Nr. 4 Vartotojų BIM daugiareikšmingumo naudojimas (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009)

BIM panaudojimas	0%	5%	25%	50%	75%	95%	100%	Respondentų skaičius	Atsakymų vidurkis	Atsakymų mediana
3D koordinavimas	14	16	17	24	30	22	35	158	60,4%	75,0%
Projekto peržiūra	22	17	25	23	22	19	33	161	53,5%	50,0%
Projekto dalies tvirtinimas	48	14	16	18	21	6	29	152	42,2%	25,0%
Konstruktinės dalies projektavimas	47	25	17	18	12	5	28	152	37,0%	25,0%
Esamos situacijos modeliavimas	32	34	26	23	17	6	16	154	35,2%	25,0%
3D projekto kontroliavimas ir planavimas	54	21	14	17	20	9	15	150	34,4%	15,0%
Programavimas	56	20	27	15	12	6	17	153	30,7%	25,0%
4D modeliavimas	55	25	18	15	20	3	13	149	29,6%	5,0%
Etapų modeliavimas	58	27	15	15	20	5	10	150	28,2%	5,0%
Atliekų utilizacijos planavimas	52	30	21	13	19	5	10	150	28,2%	5,0%
Statybų aikštelės analizė	51	24	28	18	15	3	10	149	27,7%	5,0%
Konstrukcijų analizė	74	19	10	13	11	6	16	149	26,8%	5,0%

Energinio naudingumo analizė	58	32	19	17	17	6	6	155	25,4%	5,0%
Sąmatos sudarymas	53	33	28	15	11	6	8	154	24,7%	5,0%
LEED įvertinimas	64	29	21	11	16	5	6	152	23,0%	5,0%
Pastato sistemų analizė	64	33	17	14	14	6	5	153	22,3%	5,0%
Pastato erdvių valdymas	77	25	15	13	9	5	10	154	21,4%	0,0%
Mechaninės dalies analizė	88	15	10	7	14	7	7	148	20,9%	0,0%
Atitikimo statybos įstatymų normoms tikrinimas	77	26	16	8	8	8	5	148	18,9%	0,0%
Apšvietimo analizė	74	32	16	12	8	4	4	150	16,9%	5,0%
Kitos inžinerinės analizės	90	21	10	9	10	3	3	146	14,7%	0,0%
Virtuali gamyba	87	26	13	8	8	3	4	149	14,4%	0,0%
Turto valdymas	104	17	13	8	3	1	3	149	9,6%	0,0%
Pastato aptarnavimo planavimas	118	26	8	2	4	0	0	158	4,6%	0,0%
Pasiruošimo nelaimėms planavimas	124	17	0	3	4	0	0	148	3,6%	0,0%

Respondentai taip pat buvo paprašyti įvertinti skalėje nuo -2 iki 2 kaip vertina BIM naudą projekte, naudojimo srityje pav.6.



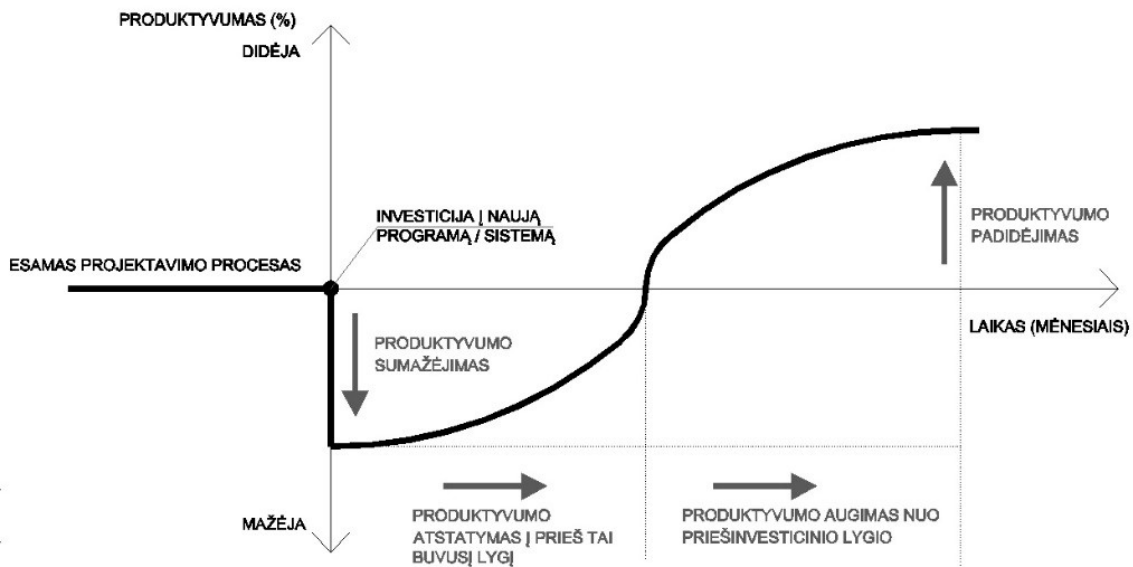
Pav. 6 Vartotojų BIM daugiareikšmingumo naudos vertinimas (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009)

Iš lentelės Nr. 4 ir pav. 6 galima matyti aiškią koreliaciją tarp labiausiai naudojamų ir labiausiai teigiamų atsiliepimų turinčias BIM panaudojimo sritis. Plačiausiai naudojami yra: 3D modeliavimas (pažymėtas pav. 6 žaliai), projekto peržiūra, projekto dalių tvirtinimas, mažiausiai: turto valdymas, pastato aptarnavimo planavimas, pasiruošimo nelaimėms planavimas (pažymėta pav. 6 geltonai). Trys dažniausiai naudojamos sritys ir trys geriausiai įvertintos sritys sutampa. Mažiausiai įvertintos ir rečiausiai naudojamais sritys taip pat sutampa, todėl galima formuoti dvi išvadas iš šių rezultatų. Pirma, mažiau įvertintos sritys neturi didelių naudojimo pranašumų, todėl ir yra įvertintos mažiausiai, o geriausiai įvertintos sritys yra dėl to, nes jos yra naudojamos dažniau. Antroji išvada, kad žmonės naudoja, kai kurias BIM sritis rečiau, nes vertinimai indikuoja, kad srities nauda bus mažesnė, nei kitų.

1.6 Pastato informacinio modelio taikymas statybose, patirtis, problemos ir galimybės.

BIM naudojimas statybos kompanijoje sumažina laiko ir turto išteklius, bet didelė kaina personalo apmokymui ir programinių paketų įsigijimui lemia, kad tik didelės kompanijos gali leisti sau tokią investiciją. Investicijos reikalingos ne tik mokymams ir programoms, bet įsivertinamas ir darbuotojų

produktyvumo sumažėjimas. Šis teiginys sutampa ir su Autodesk ROI skaičiavimais, kuriuose kompanija įvertina ar kaip greita investicijos grąža pajuntama kompanijoje, šie skaičiai reprezentuojami Pav 7.



Pav. 7 Projektavimo paslaugų produktyvumas įdiegus BIM sistemą. (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009)

Kompanijai norinčiai integruoti BIM savo darbe reikalinga nemaža finansinė investicija, taip pat reikia skirti apmokinti dalį žmoniškųjų išteklių arba samdytis naujus specialistus. Pagal (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009) atliktą tyrimą matoma, kad vartotojai didžiausią naudą ir tuo pačiu labiausiai naudojamą BIM sritį mato projektinėje pastato stadijoje. Bet labai svarbi ir projekto vykdymo stadija, kurioje yra fiksuojami padaryti darbai, projekto darbų apimčių, bei maržos pokyčiai. Statybos aikštelė turėtų nuolat siųsti projekto progreso duomenis, kad projekto vadovai galėtų atlikti tikslią analizę ir matyti, kada projektas tampa nuostolingas. BIM įsisavinimo kompanijoje greitis labiausiai priklauso nuo to su kokio sudėtingumo projektais tai yra taikoma. (Succar, 2008)

Turimos informacijos susistemimas ir jos pasiekiamumo, bei tvarumo išsaugojimas yra ir buvo taikomas nuolat, nuo pat informacijos išsaugojimo pradžios, bet jos nuolatinis pildymas teisingais duomenimis yra sunkiausia informacijos patikimumo išsaugojimo dalis. (S. Azhar, 2008). Teisinga informacija yra kritiškai svarbi, rizikingiausiame projekto etape, Didžiojoje Britanijoje atliktas tyrimas teigia, kad darbų vykdymo metu informacijos grąža yra maža lyginant su kitais projekto etapais. (Eadie, 2013). Tyrimas buvo atliktas analizuojant, kiek pakeitimų buvo fiksuota statybų metu ir kokių tikslumu buvo šie pakeitimai užfiksuoti 3D modelyje ir biudžetinėje sistemoje. Tyrimas parodė, kad projekto biudžetinėje sistemoje duomenys buvo fiksuojami panašiu

tempu, kaip ir būtų jie fiksuojami įprastu būdu, bet pakeitimai susiję su 3D atnaujinimu buvo prastesni. Tyrėjai matė, kad iki 20% pakeitimų įvykusių statybų aikštelėje buvo reprezentuoti su klaidomis, o iki 30% pakeitimų nebuvo fiksuoti visai (Eadie, 2013). Lentelėje Nr. 5. tyrėjas pateikė pakeitimų fiksavimą 3D modelyje.

Lentelė Nr. 5 Pakeitimų fiksavimo 3D modelyje analizė (Eadie B., 2013)

Etapai	Pakeitimų skaičius	Nepavaizduoti	Pavaizduoti su klaidomis
Architektūrinė dalis	138	28	31
Konstrukcinė dalis	34	8	9
ŠVOK	178	39	39
Vandentiekio dalis	78	2	15
Elektros dalis	38	10	11

Iš tyrimo akivaizdu, ŠVOK ir architektūrinėse dalyse įvyksta daugiausiai pakeitimų, tyrimo autorius toliau aiškina, kad šios dvi dalys yra artimai susijusios, kadangi įvykę pasikeitimai architektūroje dažnai bandomi atlikti taip, kad neįtakotų konstrukcinės dalies, bet ŠVOK dalis keičiasi, net, kai atliekami nežymūs architektūrinės dalies pakeitimai.

1.7 BIM vystymosi naujovės

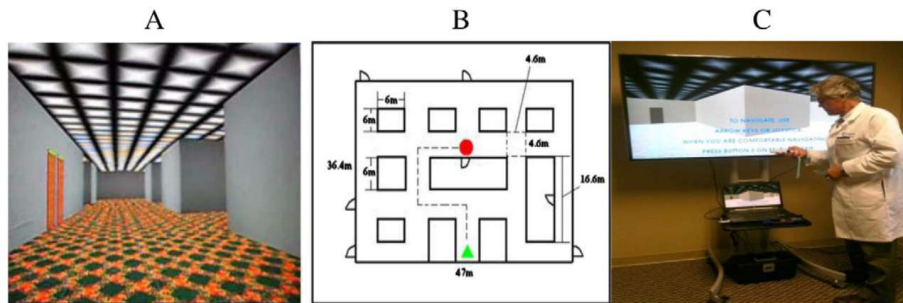
Kiekvienais metais pristatomi vis naujesni būdai kaip lengviau būtų valdyti ir pamatyti būsimą projektą. Vizualizacija labiausiai svarbi užsakovui ir projektuotojui, kadangi vienam ir kitam reikia kuo geriau suprasti ko vienas iš kito nori.

1.7.1 Virtuali realybė

Moksliniame straipsnyje (Yeliz Tulubas Gokuc & David Arditi, 2017), kuriame analizuoja BIM įsisavinimas architektūros firmose rašoma, kad vaizdingai pateiktame pastato modelyje užsakovas gali geriau įsivaizduoti kokias emocijas projektuotojas bando pateikti. Tie patys autoriai teigia, kad projekto sėkmę gali nulemti tai, ar buvo sėkmingai perkeltos užsakovo idėjos į projekto dizainą.

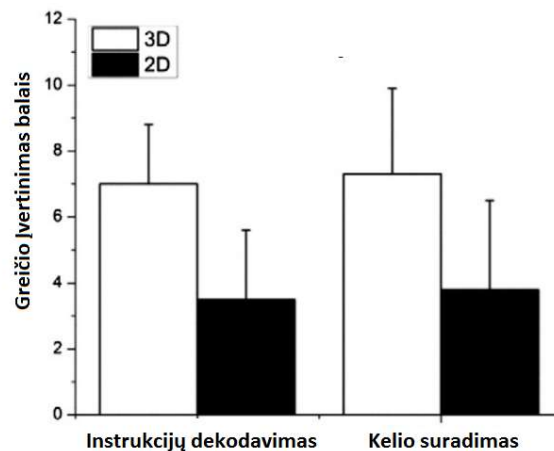
Matomas trijų dimensijų vaizdas padeda geriau suprasti objekto turinį, daug geriau nei 2D brėžinys ar piešinys. Su tuo sutinka ir būtent šiuo klausimu atliktas tyrimas (Semyon M. Slobounov,

Wiliam Ray, Elena Slobounow, Karl M. Newell, 2014), kurie matavo žmonių smegenų veiklą, kai buvo rodomi 2D ir 3D vaizdai.



Pav. 8 (A) virtualus koridorius naudotas navigacijos užduotims tyrime. (B) aukšto planas 2D pavidale, (C) Įranga kurti buvo naudojama tyrime.

Tyrimo metodologija buvo tokia, kad dalyviai turėjo surasti kelią tarp dviejų taškų, remdamiesi tik rašytiniais nurodymais. Tyrime dalyvavo 12 žmonių, kurie bandė eksperimentą atlikti 3D aplinkoje ir po 2 valandų pertraukos 2D aplinkoje. Kai eksperimento dalyviai atlikinėjo užduotis jiems buvo atliekama elektroencefalograma (EEG), su kuria buvo matuojamas smegenų elektros impulsų aktyvumas, skirtingose smegenų zonose. Buvo matuojama subjektų smegenų veikla, kai jie dekodavo jiems duotas instrukcijas, bei kai perteikdavo informaciją į 2D ar 3D aplinką.

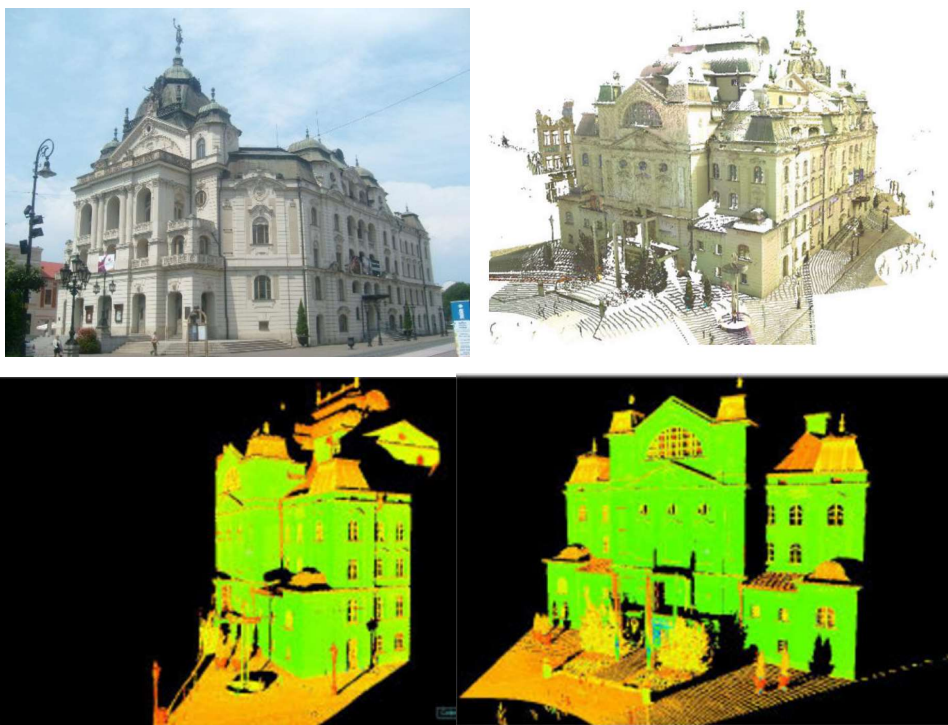


Pav. 9 2D ir 3D EEG vertinimas balais (Semyon M. Slobounov, Wiliam Ray, Elena Slobounow, Karl M. Newell, 2014)

Nustatyta, kad tyrime dalyvavę žmonės atlieka užduotis 56 % greičiau, kai naudoja 3D erdvę, lyginant su 2D planu. EEG smegenų elektros impulsų tyrimas atkleidė, kad žmonės jautė didesnę

buvimo situacijoje jausmą, t.y. geriau įsivaizdavo save patį tame kambaryje ir tai pasak tyrėjų leido greičiau surasti tinkamą kelią.

3D modelius pradėta kelti į virtualią realybę jau 1980 metais, atsiradus pirmiesiems 3D skeneriams. Šiuo metu 3D skeneriai naudojami naujausiomis lazerių technologijomis, kurie gali nustatyti paviršiaus poziciją su 0.01cm paklaida, savo darbe rašo (Jose Herraez; Jose Carlos Martinez; Eloina Coll; Maria Terresa Martin; Jaime Rodriguez, 2016). 3D skenavimas, ypač, pasitarnavo skaitmeninių istorinių pastatų išsaugojimui, teigia (František Hrozek; Branislav Sobota; Csaba Szabo, 2012). Atliktame tyrime perkelta Kosičiaus miesto bažnyčia į virtualią realybę.



Pav. 10 Kosičiaus miesto teatro virtulizacija su 3D skeneriu. Viršuje dešinėje matoma nuotrauka originalo, o dešinėje gautas rezultatas. Apačioje matoma 3D skenavimo vaizdų sujungimas į bendrą modelį (František Hrozek; Branislav Sobota; Csaba Szabo, 2012)

Autorius teigia, kad 3D objektų skenavimas turėtų gerokai padėti pastatų restauracijoms, ar sudėtingų plokštumų objektų geometrijos nustatymui. Objektų rekonstrukcijos irgi turi naudą su 3D skenavimu, kadangi nuskenuotą pastatą galima perkelti į modeliavimo programą ir ten sukurti jai papildomus darbus tokius kaip pastato apšiltinimas, griovimo planas ar priestato brėžiniai.

Virtuali realybė išpopuliarėjo, kai 2015 metais ją buvo galima pasiekti ir paprastiems vartotojams. „Oculus Rift“ ir „HTC Vive“ įrenginiai pakeitė vartotojų supratimą apie virtualią

realybę, nes tai buvo pirmoji gera įranga, kurios kaina siekė 450\$ (Oculus, 2017). Šiems įrenginiams reikalingas ir nemažus resursus turintis kompiuteris, kuris galėtų realiu laiku generuoti vaizdinius. Ši įranga taip pat turi ir galvos pozicijos sekimo įrangą, todėl objektų apžiūrėjimas gali būti atliktas naudojant tik galvos judesius. Analizuojant objektus žmonėms natūraliais būdais, galima pamatyti daugiau ir greičiau dizaino klaidų, kurios kartais gali būti neakivaizdžios 2D atvaizdavime (Semyon M. Slobounov, Wiliam Ray, Elena Slobounow, Karl M. Newell, 2014).



Pav. 11 Virtuali realybė pastato viduje. (Gobain, 2017)

Nauja technologija skinasi kelią ir į statybos kompanijas. Garsi Švedijos statybų kompanija „Skanska“ pradėjo naudoti virtualią realybę darbuotojų apmokymams ypatingiems darbams. Kompanijoje naudojamas 1:1 dydžio modelis, kuriame simuliuojama pastato aplinka. Šios praktikos tikslas kontroliuojamoje aplinkoje suteikti darbuotojui žinių apie darbo specifiką ir saugos reikalavimus (COUSINS, 2017).

1.7.2 Papildyta realybė

Virtuali realybė tapo ypač populiari per pastaruosius 5 metus, bet papildyta realybė turi daugiau potencialo taikant statybos darbuose. Papildyta realybė arba AR (augmented reality - angliškai), tai technologija, kurios pagalba su specialiais akiniais galima pamatyti tikrą vaizdą su papildomais kompiuterio sugeneruotais objektais ir juos galima apžiūrėti bei manipuluoti realiu laiku rašo autorės (Martina Koll-Schretzenmayr & Simona Casaulta-Meyer, 2016). Autorės pripažįsta, kad plataus susidomėjimo AR sulaukė pasirodžius populiariam žaidimui „Pokemon Go“ 2016 metais. Prieš tai didelį susidomėjimą sulaukusios technologijos pritaikymas buvo „Google Lens“ 2012, tai akiniai, kurie turėjo perkelti telefono naudojimo aplinką tiesiai prie vartotojo akių, bet daugiau nebuvo vystoma, kadangi susilaukė daug kritikos iš vartotojų dėl nepatogaus vartojimo ir didelės grėsmės, kad vartotojai gali patirti žalą ar susižaloti, kai naudojami prietaisais, teigia autorė.

Bet AR rado paskirtį statybose jau gerokai seniau, teigia (Hung-Lin Chi; Shih-Chung Kang; Xiangyu Wang, 2013). Statybų kompanijos pirmiausiai pritaikė šią technologiją gyvenamų butų įrengimui. Kai architektas ar užsakovas galėjo dar nepabaigtame name išdėstyti baldus ar kambarių pertvaras. Toks technologijos pritaikymas suteikia architektams daugiau kūrybinės laisvės ir padeda geriau sukommunikuoti su užsakovu.

Statybose rimtai pradėta žiūrėti į papildytą realybę, kai kompanija „Microsoft“ pristatė savo AR produktą „Hololens“ 2016 metais. Skirtingai, nei Google, Microsoft pristatė šį produktą kompanijoms, o ne kasdieniams vartotojams.



Pav. 12 Kairėje: "Google Glass", dešinėje: "Microsoft Hololens"

5000 Amerikos dolerių kainuojanti įranga, yra skirta architektūros, inžinerijos, statybos ir kitoms veikloms, kurios turi didelę, kai dideliu tikslumu yra sugeneruojami papildomos realybės objektai. 2016 vykęs produkto pristatymas žada, kad inžinieriams galima sukurti vaizdą, kuriame būtų generuojami suplanuoti ŠVOK vamzdynai, kaip pavaizduota pav. 13.



Pav. 13 ŠVOK vamzdynų projekcija papildytoje realybėje. (Microsoft, 2017)

Nuotraukoje matomas vaizdas, tai dalinę apdailą turinti patalpa, kurioje geltonai ir raudonai pažymėti vėdinimo, kondicionavimo, bei šildymo tinklai. Statybose ši technologija gali padėti statybininkams ar montuotojams greičiau surasti kliūtis, identifikuoti greičiausią darbo atlikimo kelią ir matyti iš anksto ar nebus vykdomiems darbams jokių kliūčių.

1.8 Darbo našumas naudojant BIM statybos etape

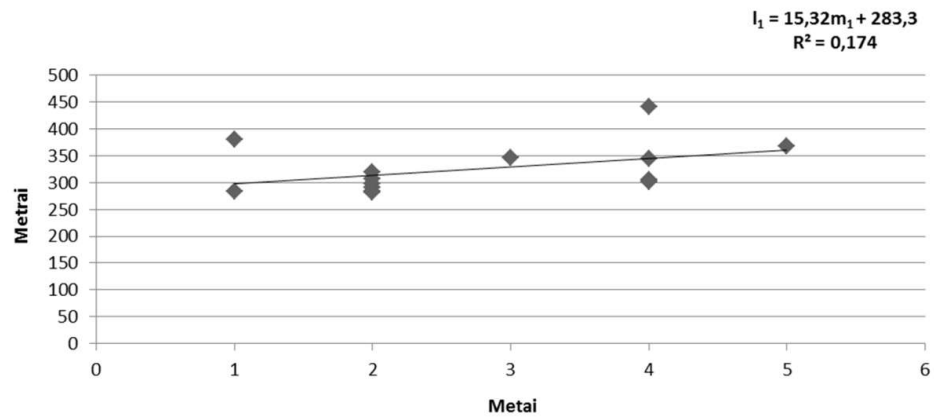
Išanalizavus BIM skirtas programas, bei atliktus tyrimus, kurie analizuoja BIM našumą, bei našumo trukdžius nuspręsta kategorizuoti ir įvertinti pagrindines kliūtis, kurios trukdo naudotis BIM, statybos procese.

Šiaulių universitete atlikta analizė (Reizgevičiūtė, Reizgevičius, Ustinovičius, & Pelikša, 2013) palygino dangoraižių aukštų statymo greičius naudojant BIM technologijas ir nenaudojant BIM technologijų. Netikus determinacijos koeficientui taip pat buvo palyginti ir aukštų plotai

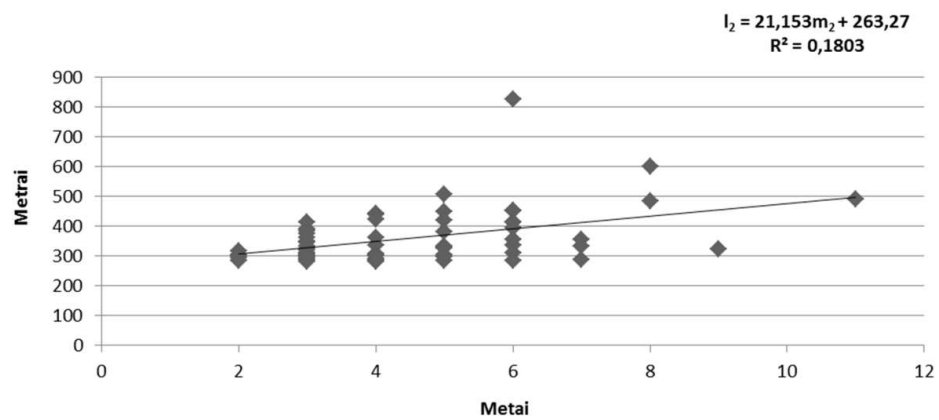
Lentelė Nr. 6 Dangoraižių rodikliai (Reizgevičiūtė et al. 2013)

Rodiklio pavadinimas	Pastatai kurių projektavimui nenaudotos BIM programos	Pastatai kurių projektavimui naudotos BIM programos
Nagrinėjamų pastatų skaičius, vnt.	14	63
Vid. pastatų aukštis, m.	324,93	358,29
Vid. aukštų skaičius, vnt.	79	75,86
Vid. bendras pastato plotas tūkst. m ²	192,79	234,85
Vid. statybų trukmė, m.	2,71	4,5
Statybos apimtys tūkst. m ² per metus	82,76	52,3

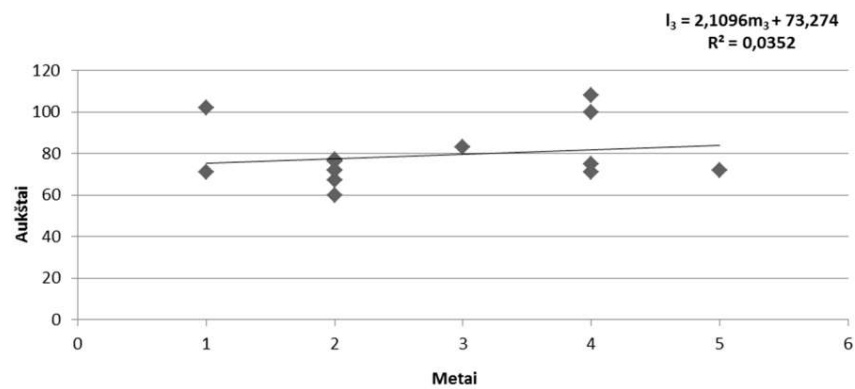
Darbe ieškoma priežasčių kodėl sumažėjo darbo našumas per pastaruosius 20 metų. Darbe manoma, kad našumo sumažėjimą įtakoja medžiagų ir gaminių pasirinkimas, tipinių mazgų nebuvimas, konstrukcinių sprendimų stoka, kvalifikuotų darbuotojų stoka, sudėtingų technologijų diegimas. Autorė teigia, kad ryšys tarp pastato aukščio ir statybos trukmės yra tiesioginis, t.y. kad didesnius statinius pastatyti užtrunka ilgiau, nei mažesnius, o laiko skirtumas tiesiogiai priklauso nuo aukščio. Autorė analizuojamuose atvejuose gavo determinacijos koeficientus ($R^2 = 0,17$; $R^2 = 0,18$), kurie rodo, kad aukščio ir pastatymo greičio ryšį galima pastebėti tik penktadalyje analizuotų atvejų.



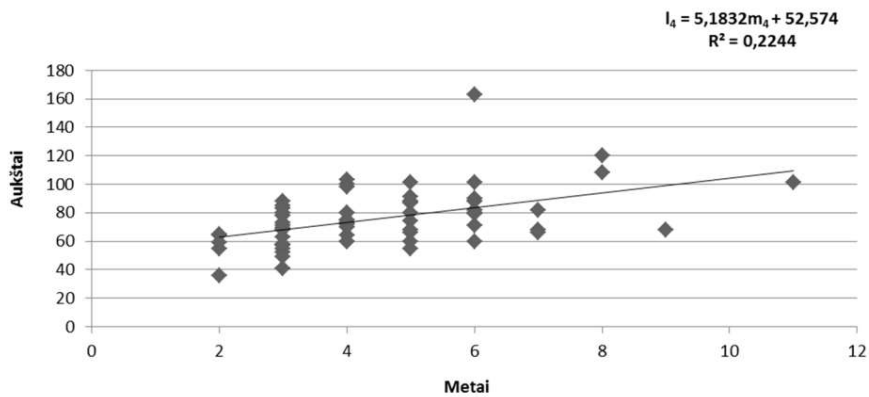
Pav. 14 Pastato aukščio įtaka statybos trukmei, nenaudojant BIM



Pav. 15 Pastato aukščio įtaka statybos trukmei, naudojant BIM

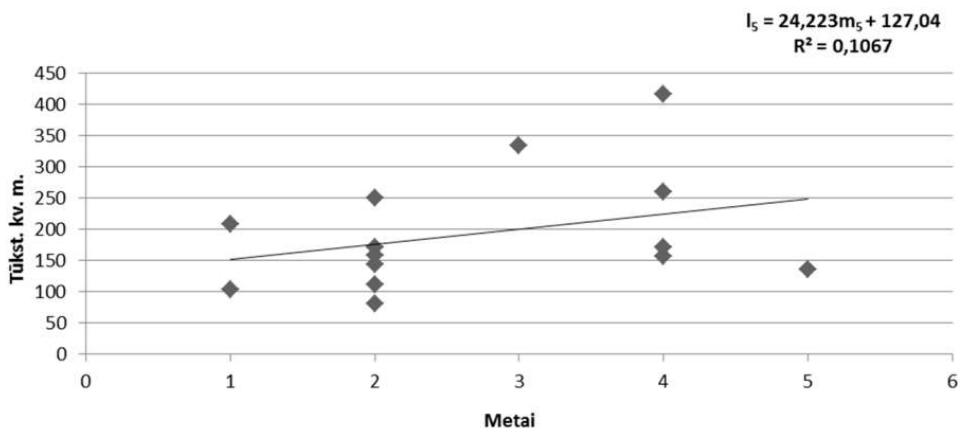


Pav. 16 Pastato aukštų skaičiaus įtaka statybos trukmei, nenaudojant



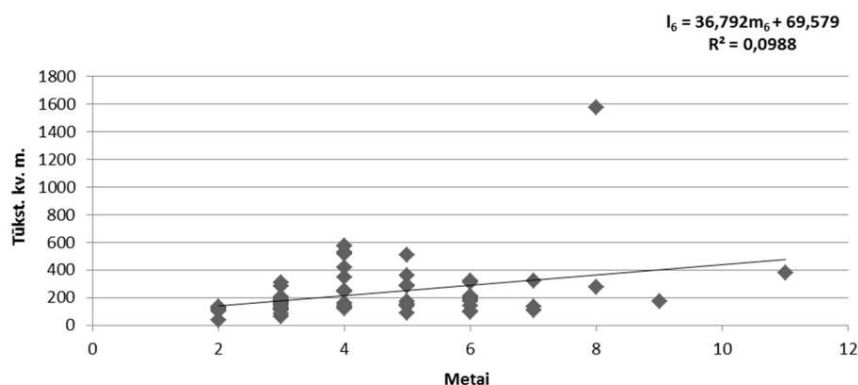
Pav. 17 Pastato aukštų skaičiaus įtaka statybos trukmei, naudojant BIM

Moksliniame darbe regresinės analizės lygtis tarp dangoraižio statymo trukmės naudojant BIM ir nenaudojant BIM, rodė tą pačią kryptį. Tačiau determinacijos koeficientai rodo, kad priklausomybės rezultatai patikimi tik BIM naudojimo atveju. O ne BIM naudojimo priklausomybės analizėje rezultatų patikimumas buvo randamas tik 4% atvejų. Todėl buvo panaudotas kitas būdas ieškant ryšio tarp statybos greičio ir pastato aukščio, kai nenaudojama BIM.



Pav. 18 Pastato ploto įtaka statybos trukmei, nenaudojant BIM

Buvo atlikta papildoma regresinė analizė pastato ploto ir statybos trukmės įtakos nustatymui. Regresijos lygtis abiem atvejais parodė vienodą pokyčių kryptį. Tai reiškia, kad kuo didesni statybos plotai tuo ilgesnė statybos trukmė. Determinacijos koeficientas rodo mažą patikimumą, ir tai, kad statybos plotas paaiškina trukmę tik viename iš dešimt atvejų.



Pav. 19 Pastato ploto įtaka statybos trukmei, naudojant BIM

Autorės rezultatai sutampa su (Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K, 2009) nuomone, kuri teigia, kad IT sprendimai daugelyje pramonės šakų lėmė produktyvumo šuolį į priekį beveik dvigubai. Statybos sektoriuje šis rodiklis kito priešinga linkme - sumažėjo apie penkis procentus. Ši nuomonė aiškina taip, kad BIM turi įtakos produktyvumo didėjimui statybos sektoriuje, bet šis didėjimas nepasireiškia statybos aikštelėje.

BIM nepanaudojimo statybų aikštelėje yra neišmatuojamos paprastomis metrikomis, šios priežastys galima pamatuoti tik ekspertų nuomonėmis ir vertinti svertinus problemas suteikiamus balus.

2 TYRIMO METODIKA

2.1 Programos analizavimas

Tyrimui atlikti pasitelkta „RIB iTwo“ programinis paketas, su tikslu geriau išanalizuoti programos privalumus ir trūkumus, dėl ko detalizuoti pagrindinius priežastis stabdančias BIM naudojama statybų vykdymo stadijoje. Identifikavus trukdžius, įvertinti jų svarbą projekte ir atlikti analizę.

Pavyzdžiuose demonstruojamas „12 namas“, kuris yra vystomas kaip projekto „Šilo namai“ penktasis etapas. Projekto architektai - kompanija „Kita kryptis“, užsakovas UAB „Kausta Būstas“ statytojai YIT „Kausta“. Projekto BIM koordinatoriai D. Kvedaravičius ir A. Leonavičius.

2.1.1 3D modelio analizavimas ir elementų filtracija

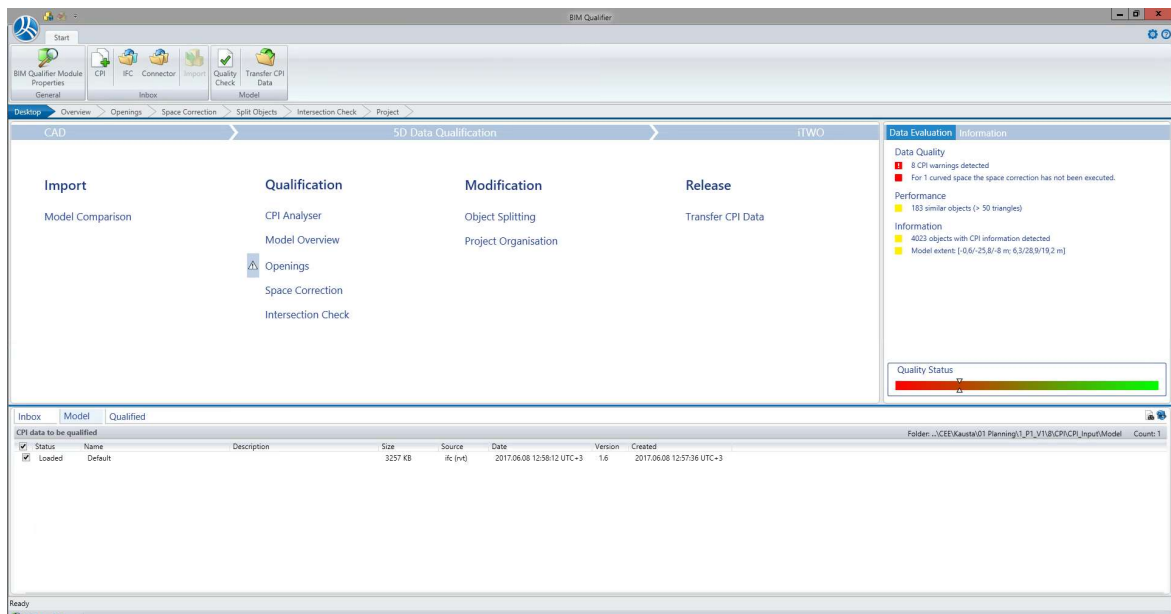
3D modelio peržiūrai yra sukurta nemažai programinių paketų, bet kiekvienas turi savų privalumų ir trūkumų. Vienas iš populiariausių programinių paketų skirtų patikrinti modelio kokybę ir surasti projektuotojų klaidas yra „Solibri Model Checker“ ir „Tekla BimSight“. Šių programų skirtumai ir panašumai pateikti lentelėje Nr. 7.

Lentelė Nr. 7 3D modelio tikrinančių programų palyginimas

	Tekla BimSight	Solibri Model checker	RIB iTWO
Sankirtų paieška	+	+	+
Taisyklių tikrinimas	-	+	-
OTA pastabų palikimas	+	-	-
Naujų atributų įvedimas	-	-	+
Tiesioginis surišimas su 4D ir 5D	-	-	+

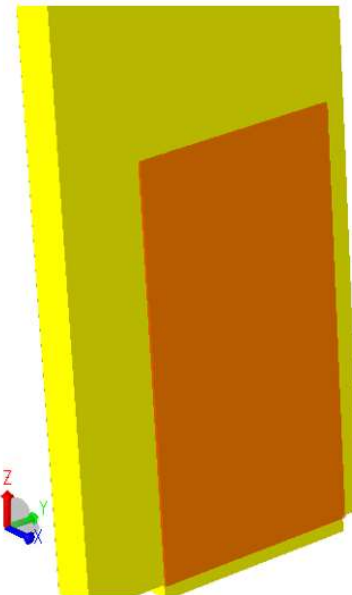
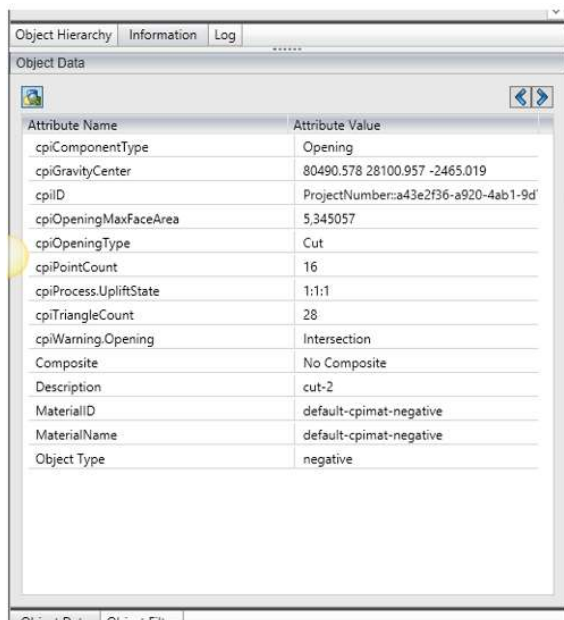
Į iTWO sistemą, brėžinius galima įkelti dviem formatais, tai IFC ir CPI, bet vertėtų paminėti, kad modelis, kuris įkeliamas IFC formatu po sistemos aplinkoje yra konvertuojamas į CPI formatą. Modelio formato konversija yra vienpusė ir į sistemą gražinamas modelis galimas tik CPI formatu. Visi 3D brėžiniai yra keliami per „BIM Qualifier“ programinį modulį, kuriame įkeltas failas pirmiausiai turi būti patikrinamas.

Taip vadinama „sankirtų paieška“ (clash detection – ang.k) ieško ar modelyje yra vietų, kurie elementai yra susikirtę. Prieš pradėdant bet kokius rimtesnius skaičiavimus verta ištaisyti visus susikirtimus, nors elementai modelyje tvarkingai atrodo, bet susikirtimo atvejų elementų tūriai gali būti didesni negu atrodo. Pavyzdys nurodomas pav. 20



Pav. 20 3D modelio patikrinimas

Informacijos kokybė (data quality – ang. k.) nurodo, kokiam lygyje yra brėžinys vertinant modelio susikirtimus. Kokybės įvertinimo vertės gali būti įvedamos vartotojo arba įvesti kompanijos, jei modelis nepasiekia pageidaujamo kokybės kiekio juo toliau naudotis negalima.

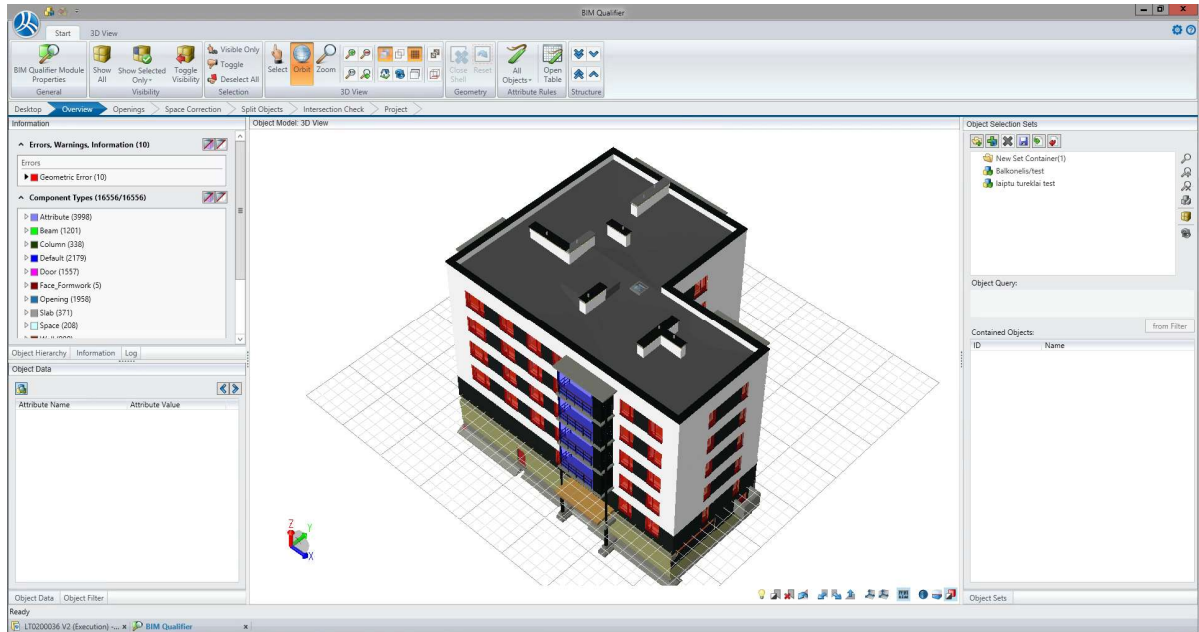


Pav. 21 dviejų elementų neleistina sandūra

Dėl paprastumo į sistemą galima įkelti modelius iš skirtingų programų, net jei vienas modelis buvo padarytas su skirtingomis programomis. Pavyzdžiui architektūrinė dalis atlikta su „Autodesk

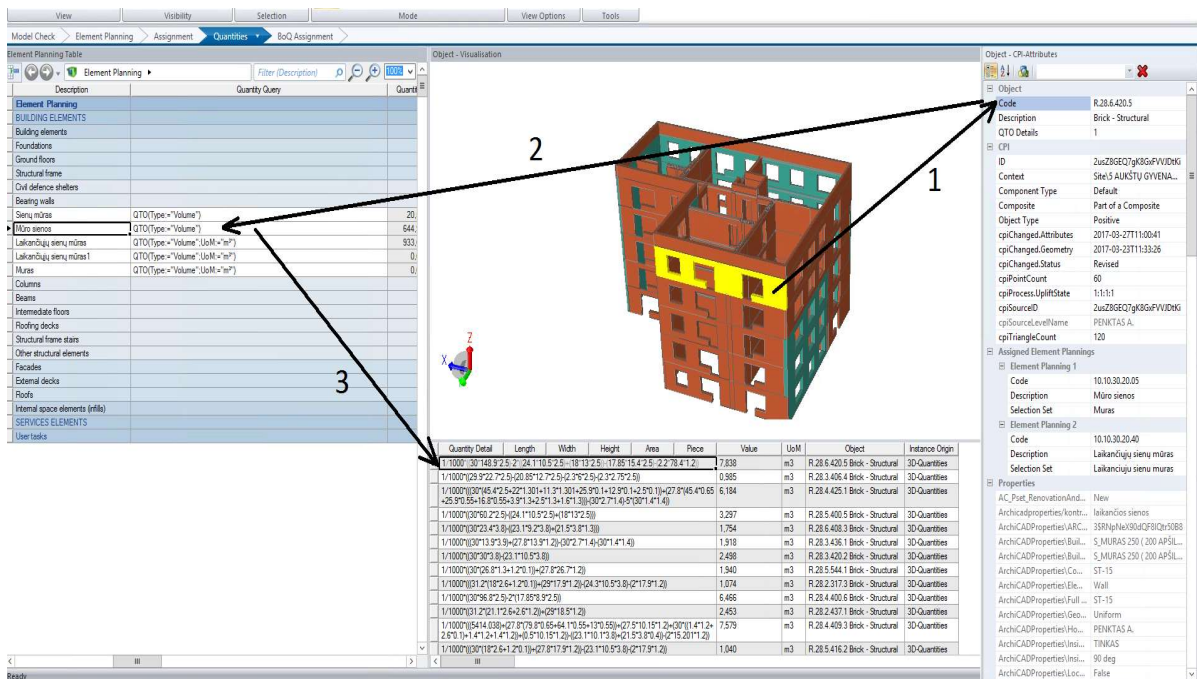
Revit”, o karkasas su „Tekla” jie sukelti į sistemą gali egzistuoti viename projekto modelyje. Vienintelė sąlyga turi būti suderintos brėžinių koordinacių sistemos.

Kai brėžinys pilnai įkeltas galima peržiūrėti ir prisiskirti papildomus parametrus, kurie modelio elementus dar labiau išskirs.



Pav. 22 Namas Baršausko g. šilo namų projektas

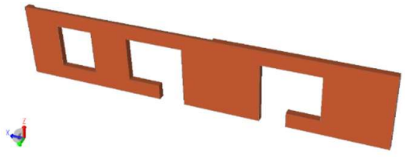
Paruoštas darbui brėžinys keliamas į kiekių skaičiavimų modulį iš ten vyksta pagrindiniai medžiagų žiniaraščių sudarymo skaičiavimai. Elemento geometrijos informacija yra priskiriama prie formulės, kuri yra priskirta prie darbų įkainio. Todėl keičiantis elementui, formulės išlieka tos pačios, bet rezultatai automatiškai pasikeičia.

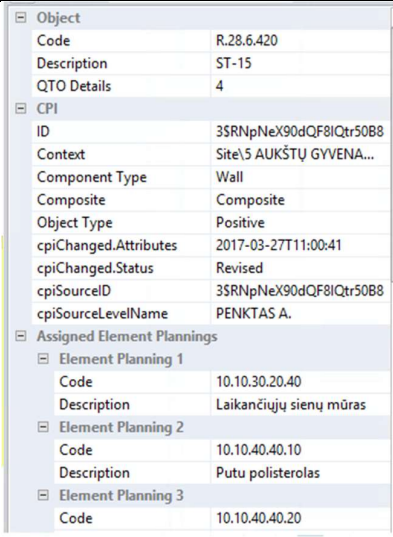
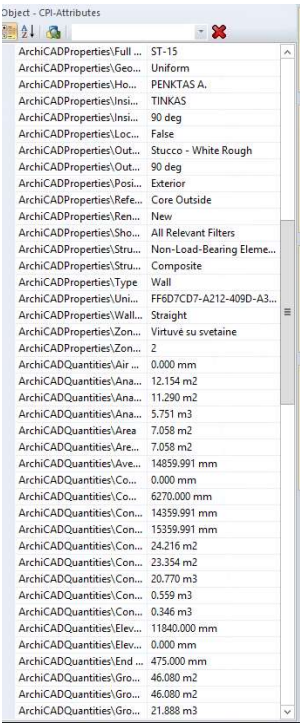


Pav. 23 Modelio medžiagų kiekių skaičiavimo metodika

Medžiagų suskaičiavimas yra kritinė pasirošimo projektui dalis, kurio kokybė tiesiogiai įtakoja ar bus teisingai aktuojami darbai. Nes po medžiagų skaičiavimo, gautos reikšmės yra pririšamos prie darbų įkainių, laiko grafiko, užklausų siunčiamų subrangovams, medžiagų pirkimo planavimo ir išlaidų ir pajamų grafiko sudarymo.

Lentelė Nr. 8 Medžiagų sudarymo metodika

Nr.	Elemento modeliavimo dalis	Žingsnio aprašymas
1.1		Elemento grafinis vaizdavimas 3D modelyje.

1.2		Elemento parametrizavimas, pagal pavadinimą, kategoriją ir kitais elementą apibūdinančiais parametrais.																		
1.3		Elemento geometrinis parametrizavimas, kurio registrą sukuria elemento forma.																		
2	<table border="1" data-bbox="358 1562 948 1703"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Description</th> <th>QTO (Type, UoM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.10.30.20.02</td> <td>Sienų mūras</td> <td>QTO (Type: "Volume")</td> </tr> <tr> <td>10.10.30.20.05</td> <td>Mūro sienos</td> <td>QTO (Type: "Volume")</td> </tr> <tr> <td>10.10.30.20.40</td> <td>Laikančiųjų sienų mūras</td> <td>QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")</td> </tr> <tr> <td>10.10.30.20.50</td> <td>Laikančiųjų sienų mūras1</td> <td>QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")</td> </tr> <tr> <td>10.10.30.20.60</td> <td>Mūras</td> <td>QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")</td> </tr> </tbody> </table>	Code	Description	QTO (Type, UoM)	10.10.30.20.02	Sienų mūras	QTO (Type: "Volume")	10.10.30.20.05	Mūro sienos	QTO (Type: "Volume")	10.10.30.20.40	Laikančiųjų sienų mūras	QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")	10.10.30.20.50	Laikančiųjų sienų mūras1	QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")	10.10.30.20.60	Mūras	QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")	Pageidaujamo elemento parametro apskaičiavimas.
Code	Description	QTO (Type, UoM)																		
10.10.30.20.02	Sienų mūras	QTO (Type: "Volume")																		
10.10.30.20.05	Mūro sienos	QTO (Type: "Volume")																		
10.10.30.20.40	Laikančiųjų sienų mūras	QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")																		
10.10.30.20.50	Laikančiųjų sienų mūras1	QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")																		
10.10.30.20.60	Mūras	QTO (Type: "Volume"; UoM: "m³")																		
3	<table border="1" data-bbox="358 1724 948 1799"> <thead> <tr> <th>Quantity Detail</th> <th>Length</th> <th>Width</th> <th>Height</th> <th>Area</th> <th>Piece</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/1000*((30*148.9*2.5)-2*((24.1*10.5*2.5)+(18*13*2.5)))-(17.85*15.4*2.5)-(2.2*78.4*1.2)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Quantity Detail	Length	Width	Height	Area	Piece	1/1000*((30*148.9*2.5)-2*((24.1*10.5*2.5)+(18*13*2.5)))-(17.85*15.4*2.5)-(2.2*78.4*1.2)						Elemento parametro detalizavimas.						
Quantity Detail	Length	Width	Height	Area	Piece															
1/1000*((30*148.9*2.5)-2*((24.1*10.5*2.5)+(18*13*2.5)))-(17.85*15.4*2.5)-(2.2*78.4*1.2)																				

Šie trys pagrindiniai žingsniai yra privalomi norint turėti patikimą elemento kiekių žiniaraštį (žr. 7 lentelę). 3D modelyje visi elementai turi turėti teisingą grafinį reprezentavimą (1.2). Elementas turi turėti bent tris jį išskiriančias charakteristikas :

1. component type == wall, - „component type“parametras nusako visus modelio elementus sudėtus į kategorijas, o juos į tipus. Parametras „wall“ išskiria visas sienas, bet nenusako, koks jų tipas;
2. description == ST 15 apibūdina, kokia tai siena ir yra dažnai susijusi su techninio projekto sienų tipais;
3. material Name == Mansonry, nusako elemento medžiagiškumą.

Kiti atributai, kurie apibūdina elementą gali nusakyti jo poziciją, revizijos datą ir numerį, bei šilumines savybes. Tolimesniam elemento apibūdinimui nėra ribų. Pavyzdžiui: armavimo tinkle kiekis ir pozicija, ankeriai, mūro kiekis, galima parametrizuoti, net labai tikslų plytų kiekį, bet šie papildomi veiksmai gali apsunkinti 3D modelį ko pasėkoje sulėtinti darbą.

Lentelėje Nr. 7, 1.3 punkte - sąrašas, kuriame yra parametrizuoti daugelis elemento geometrijos atributų. Šie parametrai, kai jų daug, taip pat apsunkina modelį, todėl jų kiekį reikia pasirinkti apgalvotai. Daugeliu atvejų iš elemento parametruose turi būti pateiktas tūris ir paviršių plotas. Problematiškas yra elementų iškėlimas iš 3D projektavimo programų. Kadangi iškėlus IFC, CPI ar kitu BIM harmonizuotų failų apsikeitimo standartu prisiskiria vienodas reikšmes turinčių parametru. Šios problemos galima išvengti, jei yra sudaroma projektuotojui užduotis, kurioje nurodoma, kiek ir kurių parametru reikia.

Lentelės Nr.7 antrame punkte pavaizduotas norimo elemento geometrinio parametro suradimas. Šiam procesui pasitelkiamos formulės arba filtravimas (selection sets). Kiekių apskaičiavimą galima dalinti į dvi dalis:

1 – elemento kiekio apskaičiavimas naudojant elemento parametruose nurodytais kiekiais, kai yra formulėje nurodomas konkretus parametras ir skaičiavimo metu jis yra „ištraukiamas“ iš modelio parametru sąrašo. Šis būdas puikus, jei norima gauti tikslų kiekį, kuris buvo aprašytas projektuotojo. Problema su šiuo metodu yra ta, kad jei norima apskaičiuoti elemento dalis, kuri nėra nurodyta parametruose, pvz.: elemento angų plotis, šis parametras, jei nenurodoma kitaip, nėra nurodytas parametru sąrašė. Kita problema yra ta, kad skirtingi elementai turi skirtingus geometrinių parametru pavadinimus, todėl naudojant tą pačią formulę skirtingiems elementams gali būti, kad reikšmė bus nesuskaičiuota arba dar blogiau bus gaunama klaidinga reikšmė, kurią sunku bus pastebėti ar patikrinti.

2 – Kitas būdas, sudėtingesnis, bet labiau tinkamas automatizavimui, bei plačiau panaudojimas. Tai aprašyti formulę, kurioje nurodoma kokį geometrinį elemento aspektą apskaičiuos pati programa. Šis skaičiavimas nesinaudoja prie elemento pririštais parametrais, ir gali labiau išskirti bei suskaičiuoti elemento dalis, kurių nėra jo parametru sąrašė. Problema ta, kad

sudėtingiems elementams šis metodas nėra tinkamas, pvz.: langų blokams, kadangi pačio elemento paviršių sudaro daug tūrių, kurie yra sunkiai apskaičiuojami arba jei elementas suprojektuotas naudojant „shell“ elemento karkasą. „Shell“ - tai elemento grafinis atvaizdavimas, kai naudojamas tik išorinis paviršius, sudaryti elemento vaizdą.

Atlikus skaičiavimus vertėtų pasitikrinti ar teisingai buvo suskaičiuotas lentelės Nr. 7 3 punkte. Šis žingsnis naudingas labiau, kai yra naudojamas antras skaičiavimo būdas, kadangi matoma visas elemento skaičiavimo algoritmas. Skaičiuojant pirmuoju būdu šiame žingsnyje galima pasitikrinti ar visam elementų rinkiniui (selection set) buvo naudotas teisingas parametras.

Atlikus visus skaičiavimus, galima paminėti ir keletą patirtų sunkumų:

1. ilgas modelio įkėlimo laikas. Į „Rib I two“ programą keliamas brėžinys užtruko iki 9 kartų ilgiau, nei brėžinys keliamas į kitas populiarias BIM programas, „Solibri“, „Tekla BIM site“, „Navis works“;

2. sankirtų detekcijoje trūksta populiarių funkcijų, lyginant su kitomis „clash detection“ programomis, kuriomis galima filtruoti sankirtas;

3. ne visada suskaičiuojami elementų kiekiai. Sudėtingesnius elementus programa atsisako skaičiuoti iš geometrijos, reikia pasikliauti projektuotų kiekiais, kurie yra eksportuojami iš programos.

2.1.2 Sąmatos ir grafiko sudarymas

Po skaičiavimų visus rezultatus reikia perkelti į medžiagų žiniaraštį iš kurio toliau jau automatiškai kiekis pasiims sąmata, grafikas ir kiti moduliai. Pav.24 nurodytas sąmatos sudarymo

langas. Išskleidus darbo įkainį matoma į kokias kategorijas ir kokie papildomi kiekiai yra susiję su sąmatinio vieneto paskaičiavimu.

Structure	RIN	Short-info	Outline Specification	WO Quantity	AQ Quantity	UoM	Costs/Unit	Costs	Unit Rate	Total Amount	CUR
	3.1.10		Dekoratyvinio betono taikų (važiujamosios dalies įrengimas)	369,170	369,170	m2			61.91	22,855.31	EUR
	3.1.20		Hidroizoliacijos įrengimas	369,170	369,170	m2			0.81	299.93	EUR
	3.1.30		Skaldos pagrnidas 270mm	99,690	99,690	m3			57.74	5,756.52	EUR
	3.1.40		Smeilo-žvyro mišinys 600mm	221,500	221,500	m3			21.66	4,797.69	EUR
	3.1.50		Dekoratyvinio betono taikų (pėsčiųjų dalies įrengimas)	286,380	286,380	m2			50.65	14,505.15	EUR
	3.1.60		Hidroizoliacijos įrengimas	286,380	286,380	m2			0.81	231.97	EUR
	3.1.80		Smeilo-žvyro mišinys 300mm	171,830	171,830	m3			21.66	3,721.84	EUR
	3.2		Važiujamosios dalies sklype ir už sklypo ribos dangos su pagr.	0,000				3,412.63		4,130.36	EUR
	3.2.10		Dekoratyvinio betono taikų (važiujamosios dalies įrengimas)	51,600	51,600	m2			50.65	2,613.54	EUR
	3.2.20		Hidroizoliacijos įrengimas	51,600	51,600	m2			0.81	41.80	EUR
	3.2.30		Skaldos pagrnidas 270mm	13,932	13,932	m3			57.74	804.43	EUR
	3.2.40		Smeilo-žvyro mišinys 600mm	30,960	30,960	m3			21.66	670.59	EUR
	3.3		Terasos - akštelės žemės paviršiaus lygijai (su pagrindais)	0,000				17,951.08		21,730.32	EUR
	3.3.10		Plaukų įrengimo akmenų dangas	372,120	372,120	m2			40.35	15,015.04	EUR
	3.3.20		Betono pagrindas 100mm	37,212	37,212	m3			106.88	4,051.64	EUR
	3.3.25		Plevėle	372,120	372,120	m2			0.66	245.60	EUR
	3.3.30		Smeilo-žvyro mišinys 300mm	111,636	111,636	m3			21.66	2,418.04	EUR
	3.4		Betoninių tinklų dangas su pagrindais	0,000				1,809.64		2,189.99	EUR
	3.4.10		Betono tinklas C20/27 h=40mm	68,080	68,080	m2			22.11	1,505.25	EUR
	3.4.20		Dolomitinis skaldėlis paskuosms (30mm)	68,080	68,080	m2			3.56	242.36	EUR
	3.4.30		Smeilo-žvyro mišinys 300mm	20,424	20,424	m3			21.66	442.38	EUR

Sub	Code	Description	Quantity Detail	Quantity	UoM	Quantity Factor Detail	Quantity F...	Costs/Unit	CUR	Internal Quantity	Hrs/UoM It...	Costs/UoM Item	
		Hidroizoliacijos įrengimas	1,000	m2			1,000	0.67	EUR	1,000	0.063	0.67	
A	12.14	Hidroizoliacijos įrengimas		1,000	m2			1,000	0.32	EUR	1,000	0.060	0.32
A	111.3	Darbu vadovas	0,002	min		0.010		EUR	0,000	0,003		0.04	
M	1591	Izolacinė plevėle	1,100	m2			1,000	0.29	EUR	1,100		0.31	

Pav. 24 sąmatos sudarymo langas

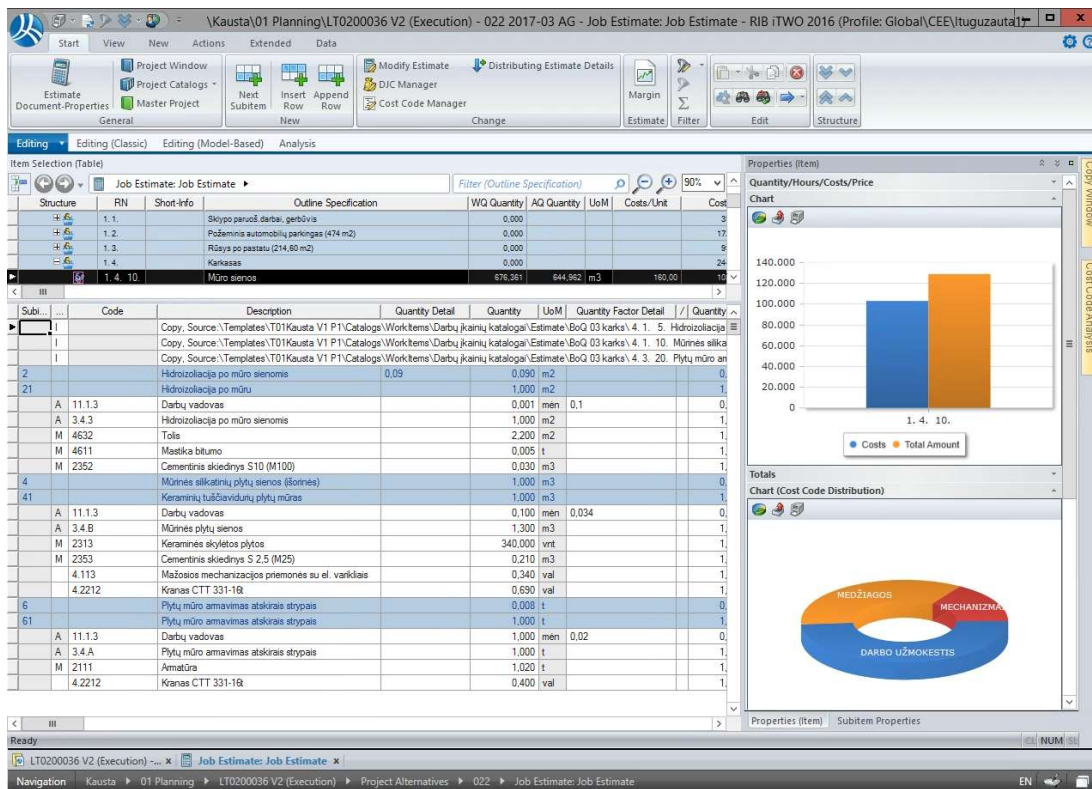
Kompanijos dažniausiai pagal savo patirtį priskiria kiekvienam kiekiui atitinkamų darbų sąrašą ir priskiria jiems koeficientą, kuris sudaugintas su pagrindiniu medžiagos kiekiu suteikia darbo kainą. Todėl labai patogu valdyti projekto įkainius, jei pasikeičia medžiagos kaina, darbuotojų atlyginimai arba atsiranda papildomų darbų (žr. Pav. 25)

	Plytų sienos (patikslinimus žiūrėti N8-194 - N8-199)							5,133.18			5,133.23	EUR
	Paduodant medžiagas bokštiniu kranu:							2,477.60			2,477.64	EUR
	Paprastas 250 mm storio sienų mūras (bokštiniu kranu), kai plyto	1,000	1,000	m3			122.72	122.72		122.72	122.72	EUR
	Paprastas 250 mm storio sienų mūras (bokštiniu kranu), kai plyto	1,000	1,000	m3			132.17	132.17		132.17	132.17	EUR
	Paprastas 380 mm storio sienų mūras (bokštiniu kranu), kai plyto	1,000	1,000	m3			116.41	116.41		116.41	116.41	EUR
	Paprastas 380 mm storio sienų mūras (bokštiniu kranu), kai plyto	1,000	1,000	m3			125.60	125.60		125.60	125.60	EUR

Description	Quantity Detail	Quantity	UoM	Quantity Factor Detail	Quantity F...	Costs/Unit	CUR	Internal Quantity	Hrs/UoM It...	Costs/UoM Item
Paprastas 250 mm storio sienų mūras (bokštiniu kranu)		1,000	m3			122.72	EUR	1,000	6.520	122.72
Darbo jėga su vidutine kategorija 3.00		6,100	žm. v			7.14	EUR	6,100	6,100	43.53
Keraminės skylėtos plytos 250x120x88mm		0,306	1000			181.46	EUR	0,306		55.53
Pjuvenų-betono blokėliai 250x120x80 mm		0,003	1000			0,00	EUR	0,003		0,00
Cemento-kalkių skiedinys S2.5 (M25)		0,237	m3			69.33	EUR	0,237		16.43
Bokštinis kranas 5-8t kėlimosios galios		0,420	maš.			17.22	EUR	0,420	0,420	7.23

Pav. 25 Darbų kainų skaidymas

Sąrankoje taip pat matome ir įkainių išskirstymą į grafiką, kuriame galima pamatyti, kurią kainos dalį sudaro daugiausia įkainių.

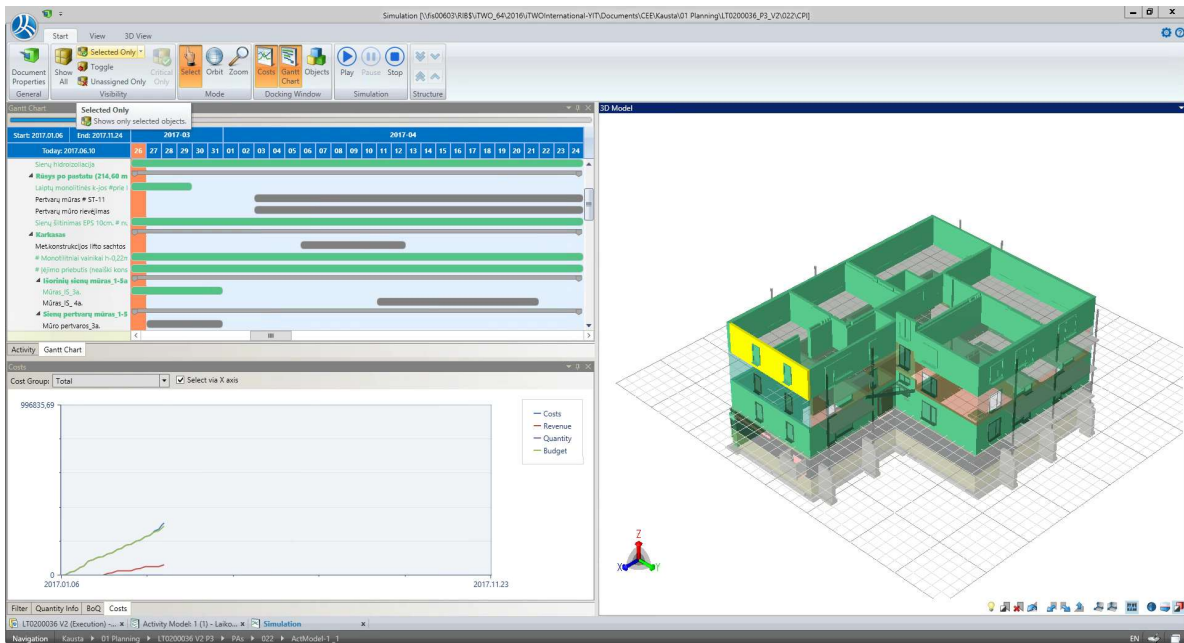


Pav. 26 5D sąmatos sandara

Kai atsiranda žiniaraštis galima sudarinėti laiko grafiką. Prie laiko grafiko pririšti kiekiai ir įkainiai, todėl sudėliojus darbų pradžias ir pabaigas galima iškart pamatyti pinigų reikalingumą viso projekto vykdymo metu.

Nors matematinė progresija verstų manyti, kad po 3D iškart seka darbas su 4D, bet praktikoje labiau vystomas 3D-5D-4D. Taip yra dėl kelių priežasčių:

1. projekto vadovas nori suderinti kainą pirmiau negu grafiką. Taip dažnai būna, nes laiko tarpas skirtas statyboms yra numatomas iš karto, t.y. pradžios ir pabaigos data, bet kaina turi būti pateikta tiksliai tiek ir iš karto. Todėl derybos su subrangovais tiekėjais ir statybos vadovais turi vykti dar iki darbo grafiko sudarymo;
2. mažas specialistų kiekis. Trūksta specialistų, kurie būti parengti dirbti su BIM technologijomis, šiuo metu egzistuoja tik vienas modulis Lietuvos ir Baltijos universitetuose, kurio pagrindinis tikslas parengti BIM specialistus, tai yra Vilniaus Gedimino technikos universitetas (Labutytė-Atkočaitienė, 2017). Su tokiomis programomis kaip iTWO gali prie vieno modulio dirbti daugiau negu vienas žmogus iš karto, todėl vienu metu tam pačiam darbui gali būti sukoncentruoti ir keli žmonės;
3. 4D modeliui trūksta tikslumo. Kad 4D modelis veiktų gerai reikia labai detaliam išskirstyti įkainius taip, kad darbo atlikimas statybos aikštelėje atitiktų statybos darbus grafike.



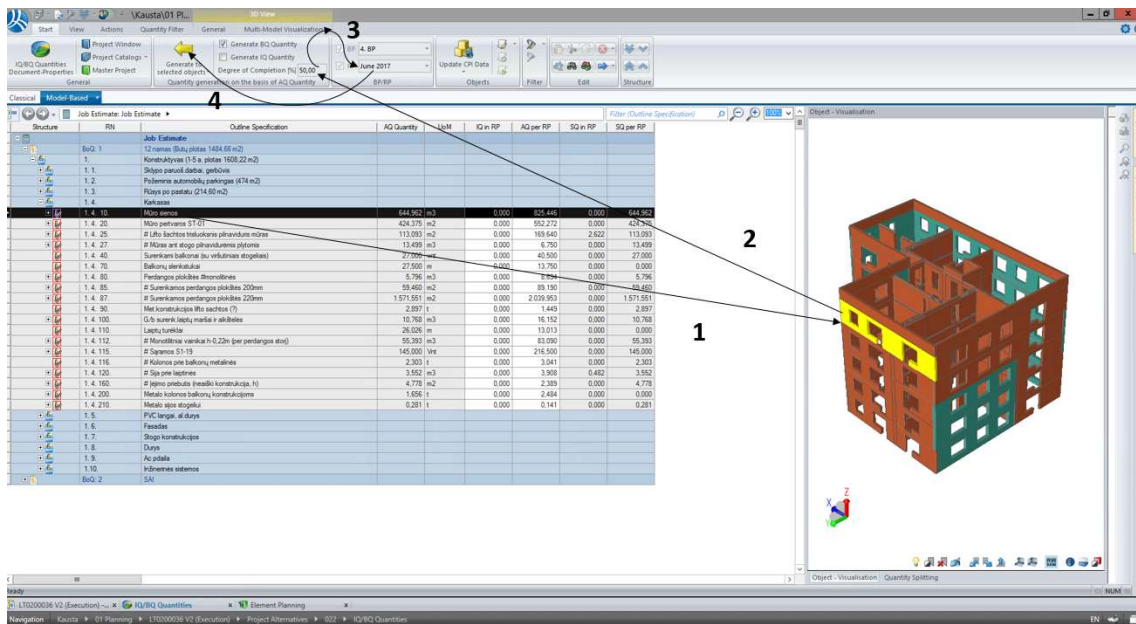
Pav. 27 4D projekto modelis

2.1.3 Darbų aktavimas ir atliktų darbų finansinių ataskaitų sudarymas

BIM technologijos supaprastina darbų aktavimo procesą, bet kartu leidžia vykdyti kontrolę, kurioje galima matyti:

1. kada buvo įvykdyti darbai;
2. kiek buvo padaryta darbų;
3. jei darbus atliko kelios subrangos komandos, tai kurie darbai, kuriai komandai priklausė;
4. darbų apimtis ir medžiagų poreikis darbui;
5. ar darbai atliekami laiku;
6. ar aktuojami teisingi kiekiai;
7. kas ir kada atliko aktavimą.

Visi šie stebėjimo ir kontrolės punktai leidžia lengviau atpažinti atvejį, kai dėl vienos ar kitos priežasties yra patiriami nuostoliai arba vėluojama atlikti darbus. Aktavimo modulis pateikia kontrolės įrankius su kuriais statybose vykstančius mokėjimus galima prižiūrėti iš bet kokios pasaulio vietos. Pav. 28 pateiktas „iTWO“ langas atsakingas už darbų aktavimus.



Pav. 28 Aktyvavimo metodika iTWO aplinkoje.

Pav. 28 sužymėtas eiliškumas kaip turėtų būti atliekami darbai:

1. pasirenkama darbų kategorija iš žiniaraščio;
2. pasirenkamas elementas kurį norimą tvirtinti kaip padarytą;
3. jei elementas nėra galutinai padarytas, bet norima užskaityti kurią nors dalį kaip padarytą, tai galima įvesti užbaigtumo laipsnį;
4. pasirenkamas atsiskaitymo periodas ir ataskaitinis periodas, šie du moduliai skiriasi:
 - a. „RP“ - ataskaitinis laikotarpis (Report period – ang. k.), tai kokiam ataskaitiniam laikotarpiui priklauso šis darbas. Tai svarbu, kai darbų rangos kompanija ir užsakovas turi skirtingus ataskaitinius laikotarpius;
 - b. „BP“ atsiskaitymo laikotarpis (Billing period – ang. k.), šis laikotarpis nusako, kokiam periodui reikia priskirti darbus pagal rangovų ir subrangovų, bei tiekėjų sutartis;
5. galima generuoti visus pažymėtus darbus su atitinkamais procentais, arba visus matomos objektus.

Visi duomenys importuojami į jiems skirtus modulius. Kiekiai, kurie yra reikalingi mokėti pinigus subrangovams, medžiagas, darbuotojų, bei mechanizmų išlaidas, importuojami į finansines ataskaitas. O sumos, kurias reikės pristatyti užsakovui siunčiamos užsakovui ir projekto vadovui. Galima stebėti knygoje „PMBOK“ aprašyto „Earn value management“ metodo kintamųjų vertes: suplanuotų darbų kaina (BCWS), įvykdytų darbų kaina (BCWP), ir faktinė atliktų darbų kaina

pavyzdžiui „didelė investicijos kaina“ skirtingos įmonės supranta nevienodai, todėl nuomonių rangavimas išvengia tokių kintamųjų.

Būtina šio metodo sąlyga ta, kad visi ekspertai būtų savarankiški, t. y. nė vienas ekspertas negalėtų primesti savo nuomonės kolektyvui. Individualus ir kolektyviniai ekspertiniai įvertinimo metodai klasifikuojami pagal šiuos esminius požymius (Boguslauskas, 1999).:

1. mato skalės tipas, t. y. skalė kurioje pateikiamas ekspertinis įvertinimas;
2. eksperto nuomonės reiškimo metodas, t. y. gaunamos iš eksperto informacijos pateikimo forma;
3. ekspertizės apklausos rezultatų apdorojimo metodas, t. y. ekspertinių vertinimo metodų matematinio apdorojimo forma.

Pagal šį metodą buvo sudaryta anketa ekspertams, pasirinkti aštuoni svarbiausi trukdžiai stabdantys BIM naudojimą statybų procese. Identifikuotų trukdžių rezultatai yra prioretizuojami, bei patikrinamas ekspertų nuomonių suderinamumo lygis pagal Kendalo konkordacijos koeficientą. Gavus Kendalo konkordacijos koeficientą aukštesnį, nei 0,6 laikoma, kad rezultatai yra patikimi, žemesnė koeficiento reikšmė rodytų, kad ekspertų nuomonės išsiskyrė per daug ir rezultatai nėra patikimi. Pagal gautus rezultatus pateikiamos išvados, rekomendacijos.

2.3 Kriterijų reikšmingumo nustatymas rangavimo metodu.

Nustatome BIM trukdžių statybos vykdyme prioritetų eilutę, taikant ekspertinį rangavimo metodą bei patikriname Kendalo konkordacijos koeficientą. Remiantis ekspertų duomenimis yra nustatomas kiekvieno varianto svarbumas ir ekspertų nuomonių vieningumas. Buvo gauta 62 atsakymai į anketą. Pagal profesijas daugiausiai atsakymų buvo gauta iš architektų ir projektuotojų, beveik (40%), mažiausiai atsakymų buvo gauta iš specialiųjų darbų rangos atstovų (1,6%) beveik ketvirtadalis atsakymų neatitiko „eksperto“ kriterijaus pateikti lentelėje Nr. 9 ir remiasi VŠĮ „skaitmeninė statyba“ paskelbtomis rekomendacijoms, kuriose pateikti reikalavimai, kuriuos reikia turėti norint įgyti „BIM specialisto“, „BIM koordinatoriaus“ „BIM vadovo“ laipsnį (Skaitmeninė statyba, 2017).

Lentelė Nr. 9 eksperto kompetencijos kriterijai (Skaitmeninė statyba, 2017)

Reikalavimai	Kompetencija		
	Bim specialistas	BIM koordinatorius	BIM vadovas
Išsilavinimo laipsnis	BA + 2PP		
inžineriniuose arba architektūriniuose moksluose + patirtis.	MA+1PP	MA + 3 PP	MA + 5PP
		DA +1PP	DA + 2PP

Iš likusių anketų buvo pasirinkti 29 ekspertai, kurių patirtis buvo didžiausia. Jiems buvo pateikta reitinguoti lentelėje Nr. 10 pateiktas problemas.

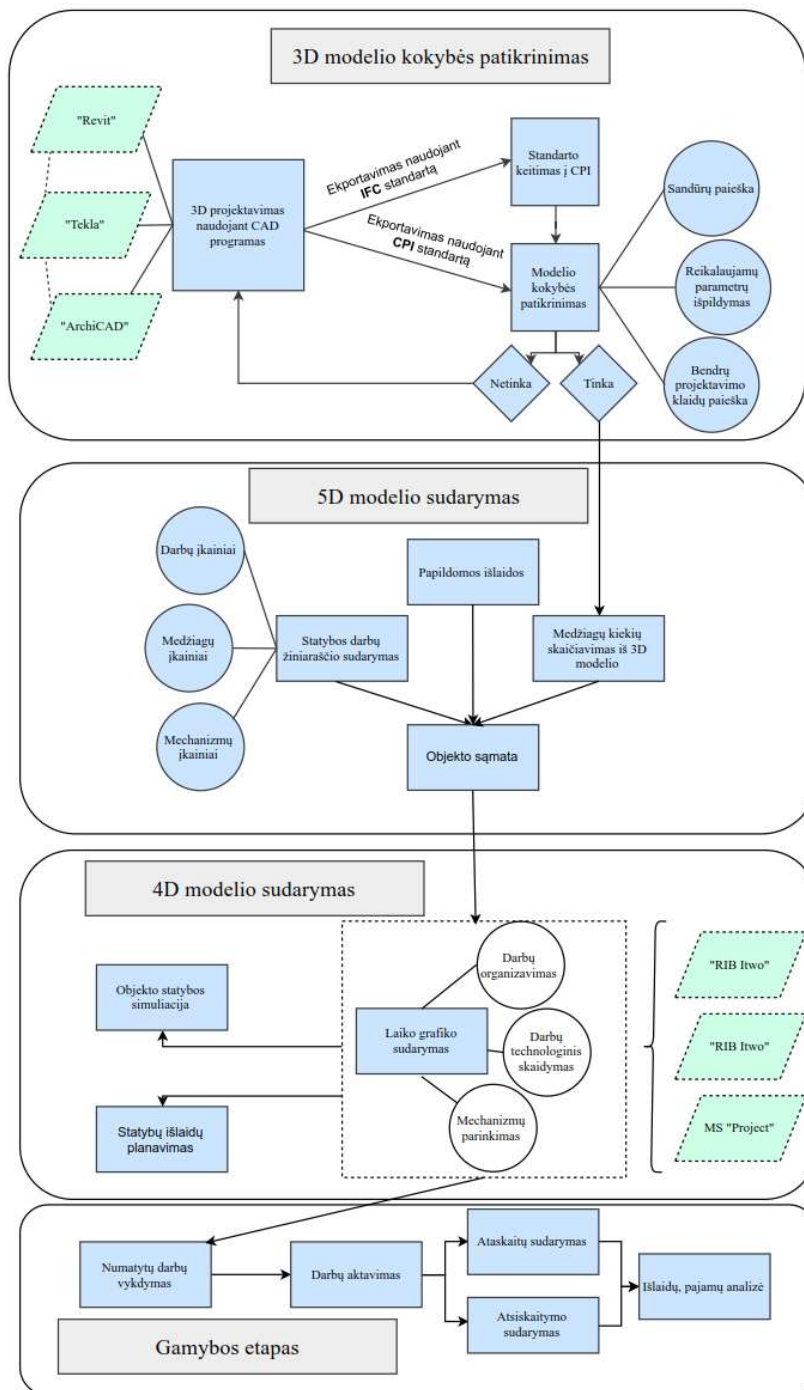
Lentelė Nr. 10 reitinguojami trukdžiai ir jų ID

ID	Trukdžiai
X ₁	Investicijos dydis
X ₂	Maža patirtis projekto komandose
X ₃	Maža patirtis organizacijose
X ₄	Žmonių pasipriešinimas
X ₅	Papildomų lėšų trūkumas projekte BIM palaikymui
X ₆	Pasipriešinimas gamybos stadijoje
X ₇	Projekto komandos narių nenoras dalintis informacija
X ₈	Lėta investicijos grąža vieno projekto laikotarpyje

3 REZULTATŲ ANALIZĖ IR APTARIMAS

3.1 BIM statybos etapo algoritmas

Pagal atliktą programinės įrangos analizę sudaromas algoritmas projekto paruošimas statybos etapui.



Pav. 30 supaprastinta iTWO BIM projekto paruošimo ir gamybos schema

Pav.30pateiktas algoritmas rodo, kad norint, kad sėkmingai būtų naudojamas BIM statybos etape turi būti teisingai paruoštas 3D modelis. Projektuojamam pastatui turi būti išskelti reikalavimai akstyvuosiuose jo stadijose. Tokie kaip LOD lygis, apimtis, parametrų gausa ir bendra modelio tvarka: suvienodinti pavadinimai, aukštų numeracija, bei kiti.

3.2 Apklausos tyrimo rezultatai

Ekspertų reitinguojami trukdžiai, naudojant BIM technologijas statybos etape pateikiami lentelėje 11.

Lentelė Nr. 11 Ekspertų reitinguojami trukdžiai, naudojant BIM technologijas statybos etape

Ekspertas	BIM trukdžių, projekto vykdymo stadijoje, priežastys							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
1	7	6	8	5	4	3	2	1
2	8	7	6	5	3	4	1	2
3	6	5	7	8	4	3	2	1
4	5	4	7	8	6	3	1	2
5	8	6	7	5	3	4	2	1
6	7	8	6	3	5	1	2	4
7	6	8	7	5	4	3	2	1
8	5	6	8	6	2	1	4	3
9	6	8	7	4	5	3	1	2
10	7	8	8	3	3	3	2	2
11	8	6	7	5	3	4	2	1
12	7	8	6	3	5	1	2	4
13	6	8	7	5	4	3	2	1
14	8	6	7	5	3	4	2	1
15	5	8	6	4	7	1	2	3
16	8	7	6	5	3	4	1	2
17	6	5	7	8	4	3	2	1
18	6	8	7	5	4	2	3	1
19	7	6	8	5	3	4	2	1
20	7	8	6	3	5	1	2	4
21	6	8	7	5	4	3	2	1
22	8	6	7	5	3	4	2	1
23	7	8	6	3	5	1	2	4
24	6	7	8	5	3	4	1	2
25	6	5	7	8	4	3	2	1
26	5	4	7	8	3	6	1	2
27	8	6	7	5	3	4	2	1
28	7	8	6	3	5	1	2	4
29	6	8	7	5	2	3	4	1
Rangų suma	192	196	200	147	112	84	57	55
Nukrypimas nuo rangų sumos vidurkio ΔS_i	61,6	65,6	69,6	16,6	-18,4	-46,4	-73,4	-75,4
Nuokrypių kvadratai ΔS_i^2	3797,6	4306,6	4847,6	276,4	337,6	2150,6	5383,9	5681,4

Turėdami rezultatus galime apskaičiuoti Kendalo konkordacijos koeficientą, kad galėtume patikrinti ar gauti rezultatai yra patikimi.

Turi aprašyti kad ekspertai vertinama kriterijus nuo 1 iki 8 geriausia reikšmė 1 blogiausia 8

Apskaičiuojame i-tojo varianto rangų sumą:

$$S_i = \sum_{j=1}^m X_{jm}$$

Čia: m – ekspertų skaičius;

X_{ji} – skaičius, parodantis kokį įvertinimą suteikia j-tasis ekspertas i-tajam variantui. Kuo S dydis yra mažesnis tuo variantas yra geresnis.

Pagal rangų sumą nustatoma priešasčių prioritetų eilutė. Toliau paskaičiuojamas nukrypimas nuo rangų sumos vidurkio, kuris yra lygus:

$$\Delta S_i = \sum S_i - S^*$$

Nuokrypių vidurkiai apskaičiuoti len XX

Čia: S^* - rangų sumos vidurkis;

Rangų sumos vidurkis:

$$S^* = \frac{\sum_i S_i}{n} = \frac{192+196+200+147+112+84+57+55}{8} = 130,4$$

Nuokrypių kvadratų suma:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta S_i^2 = 3793.6 + 4306.6 + 4847.6 + 276.4 + 337.6 + 2150.6 + 5383.9 + 5681.4 \\ = 26781,9$$

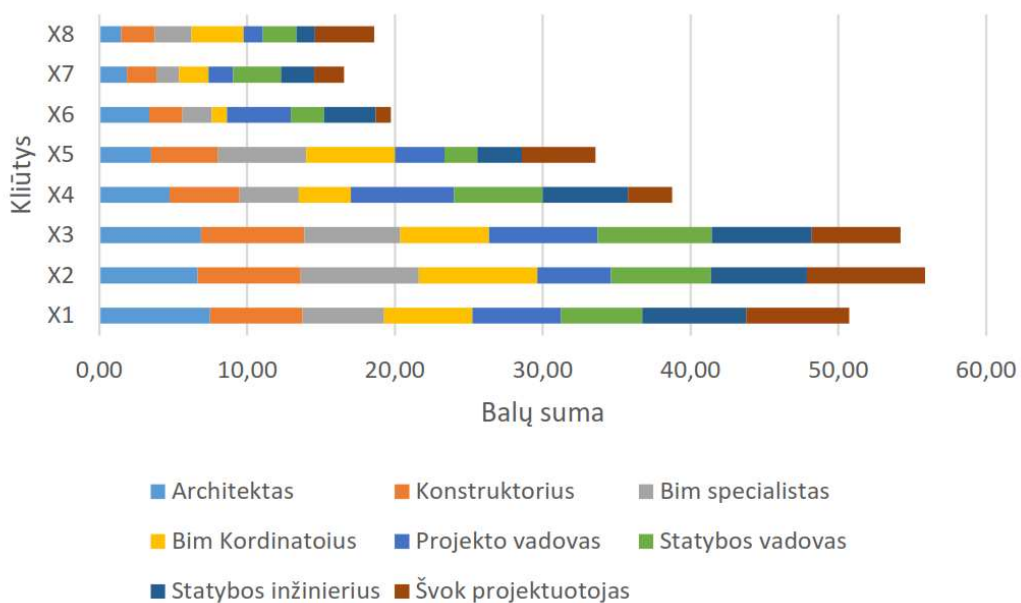
Ekspertų nuomonių vieningumas arba Kendalo konkordacijos koeficientas apskaičiuojamas:

$$W = \frac{12 * S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 * 26781,9}{29^2 * (8^3 - 8)} = 0.76$$

Kadangi Kendalo konkordacijos koeficientas yra didesnis už 0,6, tai ekspertizė yra laikoma patikima ir galima sakyti, kad ekspertų įvertinimas yra patikimas. Ekspertų duomenis galima naudoti tolimesniuose skaičiavimuose. Priešingu atveju reikėtų pakartoti ekspertų vertinimą.

3.2.1 Rezultatų aptarimas

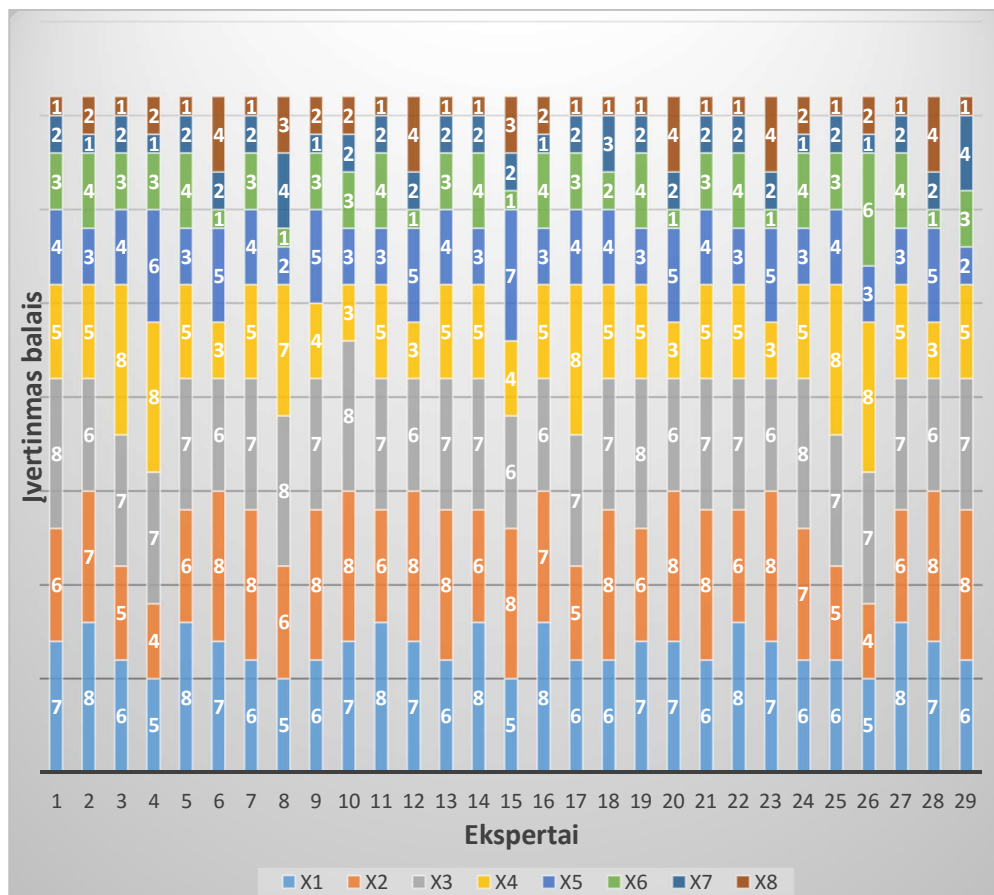
Daugiausiai atsakymų pateikė architektai ir konstruktoriai, šiuo rezultatus galima koreliacija su (Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler, 2009) atliktu tyrimu, kuriame nustatyta, kad 3D koordinacija yra viena iš populiariausių BIM naudojimo pasirinkimų, taip pat autoriai (Yeliz Tulubas Gokuc & David Arditi , 2017) teigia, kad programiniai paketai skirti 3D modelio projektavimo yra aukščiausiai išvystyti ir labiausiai įperkami, lyginant su kitais statybų sektoriuje egzistuojančiais įrankiais. Toks profesijų pasiskirstymas BIM sferoje lemia, kad projektuotojai turi sukaupią ilgiausią patirtį ir jų balas turi didžiausią „svorį“. Kiekvienos profesijos svertinas balų vidurkis pateikiamas pav. 30.



Pav. 30 Nuomonių pasiskirstymas pagal profesiją.

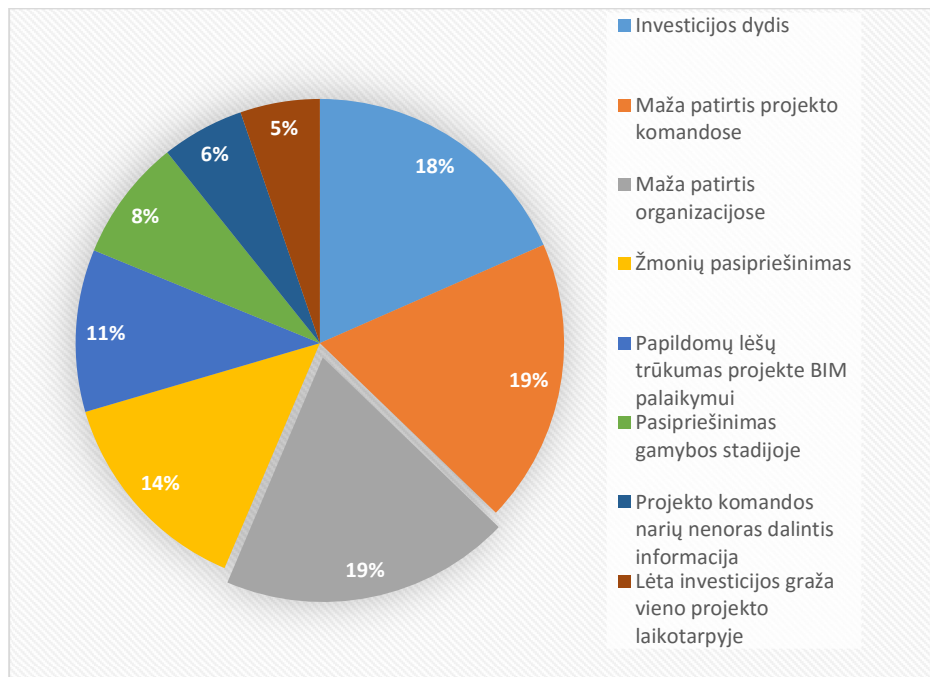
Nors didžiausias lemiamas balas yra skirtas projektuotojams, pagal balų pasiskirstymą tarp visų dalyvaujančių ekspertų matoma, kad ekspertų nuomonės neišsiskiria nepaisant profesijos. Pav. 31 galima matyti, kad daugelis (22 iš 29 ekspertų), skiria 3 aukščiausius balus trims pagrindinėms

problemoms. Galima spręsti, ekspertai tvirtai ir vienodai apsisprendę dėl pasirinkimo, ką patvirtina ir konkordancijos koeficiento.



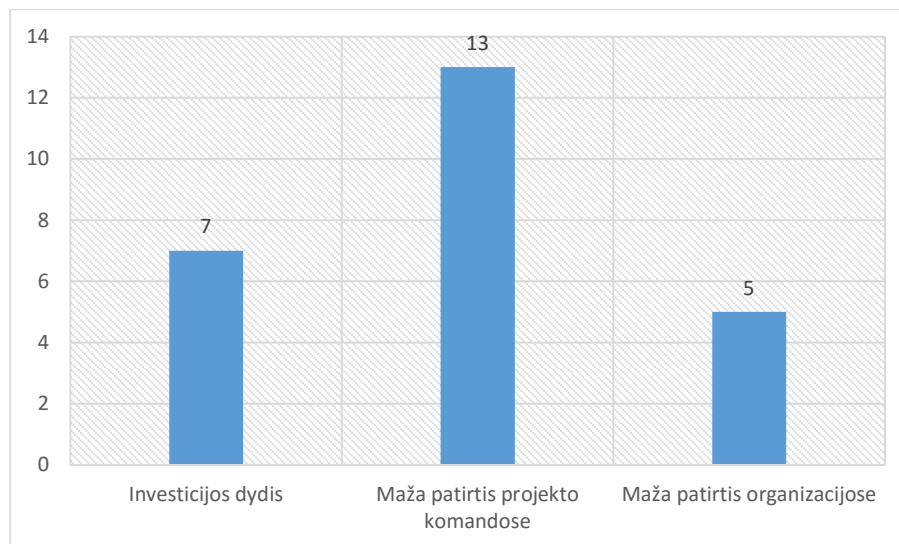
Pav. 31 Ekspertų nuomonių išsiskirstymas balais

Pav. 31 galima pamatyti kaip pirmiems trims pasirinkimais sudaro daugiau nei 50 % visų balų sumos. Pagal gautus rezultatus galima matyti ekspertų nustatyta aktualiausia problema yra „Maža patirtis organizacijoje“, bet nedaug atsilieka (1%) 2 ir 3 vietas: „Maža patirtis projekto komandose“, bei „Investicijos dydis“ grafinė reprezentacija pateikta pav. 32.



Pav. 32 Ekspertų nuomonių išsiskirstymas

Norėdami nustatyti, kuri problema vertinama kaip didesnė - reikia papildomai skaičiuoti kiek ekspertų skyrė problemai aukščiausią balą(8).



Pav. 33 Problemos, kurias ekspertai įvertino aukščiausiais balais

Grafikuose pateikti rezultatai indikuoja, kad ekspertai svarbiausią problemą įvardina mažą patirtį komandose. Nuomonių pasiskirstymo grafike, pagal profesijas, matoma, kad daugumos ekspertų nuomonė sutapo nepaisant profesijos, bet mažą patirtis organizacijose surinko 3 kartus mažiau aukščiausių rezultatų, nei mažą patirtis komandose tokią atskirtis tarp rezultatų galima paaikškinti keliais būdais:

1. BIM paskirties projekte neapibrėžtumai;
2. pasipriešinimas iš darbuotojų naujoms technologijoms;
3. kompanijai didelė investicija aprūpinti kiekvieną projektą priemonėmis, kad būtų sėkmingai naudojamos BIM programos;
4. tinkamai nepaskirstomos atsakomybės.

IŠVADOS

1. Literatūros analizėje nurodoma, kad BIM didina produktyvumo lygį visame pastato gyvavimo cikle išskyrus statybos procesą. Literatūroje aiškinama, kad tai susiję su lėta technologijų integracija, didėliu investicijų kiekiu, bei BIM proceso suvokimo stoka. Akcentuojama, kad technologijų vystytojai ir programuotojai bando naujoviškais būdais pagerinti situaciją didindami 3D imersiją ir darydami patogesnius BIM įrankius.
2. Pagal atliktą analizę galime teigti, kad modelio paruošimas gamybai užtrunka ilgai, kol yra susitvarkoma su visais modelio netikslumais ir reikalingų parametrų kiekiais. Tačiau labai tiksliai galima išanalizuoti projekto naudingumo lygį, apyvartines lėšas kiekvieno etapo metu, o statybos vadovas pradiniam statybos vykdymo etape gali daryti statybos simuliaciją įsivertinant ar nekils technologinių sutrikimų. Šiuos visus darbus rekomenduojam atlikti prieš projekto paleidimą į statybos darbų vykdymą
3. Naujausi įrankiai yra susieti su virtualia ir papildyta realybe, kadangi šios technologijos, darbo rašymo metu, yra labiau prieinamos, nei kada nors anksčiau. Tokių technologijų atsiradimas rodo, kad yra dar didelė atskirtis tarp projektuojamo 3D modelio ir jo panaudojimo suvokimo.
4. Statybos darbų vykdymo metu, su sąlyga, kad viskas pasiruošime buvo atlikta tvarkingai, papildomų darbų neturėtų kilti, vyksta tik darbų organizavimas, aktavimas ir priežiūra. Projekto pakeitimai darbų metu turėtų būti labai minimalūs, kadangi atlikta viso proceso simuliacija. Realias objekto išlaidas galima palyginti su numatytomis ir nusistatyti leidžiamus nukrypimus, kad atsiradus problemomis su jomis būtų tvarkomasi iš karto.
5. Darbe atliktas BIM pritaikymo statybos objekte algoritmas (žr. Pav 24). Kuriame pateiktos visos procedūros nuo 3 modelio priėmimo iki finansinių ataskaitų. Ypatingą svarbą turi reikalavimų nustatymas pradžioje projekto, kadangi tai įtakoje ateinančių etapų kokybę.
6. Atliktame tyrime buvo identifikuoti aštuoni pagrindiniai trukdžiai, kurie trukdo naudotis BIM technologijomis statybos etape: X1 - Investicijos dydis, X2 - Maža patirtis projekto komandose, X3 - Maža patirtis organizacijose, X4 - Žmonių pasipriešinimas, X5 - Papildomų lėšų trūkumas projekte BIM palaikymui, X6. - Pasipriešinimas gamybos

stadijoje, X7 - Projekto komandos narių nenoras dalintis informacija, X8 - Lėta investicijos grąža vieno projekto laikotarpyje. Ekspertai reitinguodami trukdžius pagal prioritetiškumą, pirmą vietą atidavė X2 - Maža patirtis projekto komandose, antroje vietoje, X1 - Investicijos dydis -, trečioje, X3 - Maža patirtis organizacijose, mažiausiai įtakos turi X8-Lėta investicijos grąža vieno projekto laikotarpyje.

Galimų problemų indentifikavimas

Naudojant BIM gamybos metu, gali atsirasti keletas problemų, dėl kurių nebus išnaudojamas pilnas BIM potencialas:

1. nenuoseklus aktavimas, gali reikšti, kad įvykdyti darbai nėra fiksuojami, kai yra padaromi. Nors tai nėra statybas stabdanti praktika, bet tai gali sudaryti problemų projekto išlaidų priežiūrai, kadangi nebus matomos išlaidos reliatyviai realiu laiku;
2. aukšta mokymosi kartelė norint įvaldyti BIM programą 4D ar 5D etape;
3. mažas specialistų skaičiu, šiuo metu kompanijos pačios apmoko darbuotojus kaip reikia dirbti su programomis, nes surasti darbuotojus su patirtimi rinkoje yra sunku;
4. nėra lietuviškų BIM standartų, tai reiškia, kad galutiniai modelio elementų parametrų struktūra, priklauso nuo projektuotojo.

Rekomendacijos

Šiame skyriuje pateikiamos rekomendacijos, kurios galėtų, padėti paspartinti kokybišką modelių paruošimą ir kokybiškam BIM technologijų diegimą statybos etapui:

1. aktavimas gali būti atliekamas nuosekliai, jei yra paskiriamas darbuotojas, kuris dirba būtent su BIM statybos aikštelėje;
2. supaprastinti mokymosi procesą:
 - a. į lietuvių kalbą išversti mokymosi literatūrą, kuri dažniausiai yra angliška;
 - b. skatinti darbuotojus mokytis užsienio kalbų;
3. verslui skatinti universitetus, kurie įtraukia BIM technologijas į savo studijų programas.

4. universitetams visada būti keliais žingsniais priekyje, tiek su technine pažanga, tiek su žmogiškaisiais resursais, kad ruošiamus specialistus galėtų iškart pasiūlyti rinkai.
5. būtini lietuviški BIM standartai, būtinas ir kuo sparčiau lietuviškų BIM standartų atsiradimas, bet kol jų nėra, įmonės gali sudaryti savo standartus, kurie bus įtraukti į projektavimo užduotį;
6. kompanija turi aiškiai išdėstyti savo poreikius projektuotojams jau projektiniuose pasiūlymuose;
7. diegti kompanijoje programinę įrangą kurios atitinka ne tik šiandienos poreikius, bet būti pasiruošusiems keistis. Kadangi pasirinkus programinį paketą, kuris atitinka poreikius dabar, kompanijai plečiantis ir atsiradus naujiems poreikiams gali tekti diegti naujus programinius paketus ir teks neišvengiamai-apmokyti visus darbuotojus iš naujo;
8. rengti žinių pasidalinimus tarp darbuotojų. Kur darbuotojai gali išdėstyti su kokia problema susidūrė ir kaip ją sprendė.
9. kūrybinės dirbtuvės. Darbuotojams būtų pateiktos praktinės užduotys ir kurios būtų sprendžiamos su instruktorių pagalba;
10. skatinti darbuotojus, kurie imasi iniciatyvos ir pasiekia gerų rezultatų su BIM.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Autodesk, 2. (2017 m. Birželio 10 d.). *5D project scheduling includes time and cost*. Nuskaityta iš <http://www.autodesk.com/products/navisworks/features/model-simulation-andanalysis/5d-project-scheduling-includes-time-and-cost>
- Boguslauskas, V. (1999). *Ekonometrija*. Kaunas: Technologija.
- BUILDING SMART*. (2017, Spalis 31). Retrieved from Buiding Smart official website.: <http://www.buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/history/>
- Chena, L. P. (2015). BIM-integrated Fuzzy Multi-criteria Decision Making Model for Selecting. *Procedia Engineering*.
- COUSINS, S. (2017, 12 13). *1:1 SCALE VIRTUAL REALITY FOR ONSITE TRAINING*. Retrieved from bimplus.co.uk: <http://www.bimplus.co.uk/technology/skan6ska-uses-sc7ale-vir9tual-reality-onsite-train/>
- Dr. T. Grigorjeva, Dr. V. Popovas. (2016). BIM sukuriama vertė - kaip ją išmatuoti. *Skaitmeninė statyba 2016*, 24-25.
- Duncan, W. R. (1996). *A guide to the project manegment body of knowledge*. Four Campus, Boulevard, Newtown square, USA: Project manegment institute.
- Eadie, R. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle.: *Automation in Construction*, pp. 50-62.
- Eastman, C. (2011). *IM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Manegers, Designers, Engineers and Contractors 2nd ed*. N.J.: John Wiley & Sons, Hoboken.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2009). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Forbes. (2014, 01 5). *Forbes žurnalas*. Retrieved from Forbes žinitinklio svetainė: <https://www.forbes.com/sites/johnnosta/2014/01/05/google-glass-meets-prescription-lenses-something-every-geek-will-love/#6e460b0b401b>
- František Hrozek; Branislav Sobota; Csaba Szabo. (2012). Digital preservation of historical buildings using virtual reality technologies. *Central European Journal of Computer Science*, 272-281.

- Gobain, S. (2017, 12 13). *How VR Is Helping Researchers Understand the Phenomenology Behind Light in Architecture*. Retrieved from Archdaily: https://www.archdaily.com/879817/how-vr-is-helping-researchers-understand-the-phenomenology-behind-light-in-architecture?ad_medium=widget&ad_name=navigation-next
- Hakanen, L. (2014). BIM-koordinaattorin tehtävät. Tampere University of Technology.
- HAKANEN, L. (2017). CLASSIFICATION OF COST DATA AND ITS USE IN 5D BUILDING INFORMATION MODELLING. Tampere university of technology.
- Hung-Lin Chi; Shih-Chung Kang; Xiangyu Wang. (2013). Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, 116-120.
- Yeliz Tulubas Gokuc & David Arditi . (2017). Adoption of BIM in architectural design firms. *Architectural Science Review*, 486-490.
- (2016). *YIT Annual report*. Finland: YITGROUP.
- Jan Reinhardt, J. B. (2015). Level of Development Specification. Aleksandrija, Virginija. Paimta 2017 m. 06 06 d. iš <http://bimforum.org/lod/>
- Jose Herraez; Jose Carlos Martinez; Eloina Coll; Maria Teresa Martin; Jaime Rodriguez. (2016). 3D modeling by means of videogrammetry and laser scanners for reverse engineering. *Measurment*, 217-225.
- Knopp-Trendafilova. (2012). Link between a structural model of buildings and. Aalto University of Science and Technology.
- Laakso, M. & Kiviniemi. (2012). The IFC standard - A review of history, development, and standardization. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 81-178.
- Labutytė-Atkočaitienė, I. (2017, 11 07). *Vilniaus gedimino technikos universitetas*. Retrieved from www.vgtu.lt: <http://www.vgtu.lt/universitetas/naujienos/bim-kur-ir-kodel-verta-tai-studijuoti/26671?nid=108419>
- Lee, X.S., Tsong, W. & Khamidi, M.F. (2016). D Building Information Modelling – A Practicability Review. MATEC Web of Conferences.
- LiJuan Chen, H. L. (2014). Automation in Construction. *Science Direct*, 73. Paimta 2017 m. 06 06 d. iš <http://ac.els-cdn.com.ezproxy.ktu.edu/S0926580514001204/1-s2.0->

S0926580514001204-main.pdf?_tid=56edd2d0-4adf-11e7-ab3c-00000aacb361&acdnat=1496771055_4461c3617613e1e95801c48b585a3098

Lu, Q., Won, J. & Cheng, J.C.P., (2016). A financial decision making framework for construction projects based on 5D Building Information Modeling (BIM). *International Journal of Project Management*. Nuskaityta iš <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.09.004>.

Martina Koll-Schretzenmayr & Simona Casaulta-Meyer. (2016). Augmented Reality. *disP - The Planning Review*, 2-5.

McPhee, A. (2017 m. Birželio 08 d.). *IFC, What is it good for?* Nuskaityta iš practical BIM blog: <http://practicalbim.blogspot.fi/2013/06/ifc-what-is-it-good-for.html>

Microsoft. (2017, 12 13). *HoloLens*. Retrieved from miscrosoft svetainė: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

Oculus. (2017, 12 13). *Oculus rift kompanija*. Retrieved from Oculus pagrindinė svetainė: <https://www.oculus.com/>

Pellinen, P. (2016). Developing design process management in BIM based project involving infrastructure and construction engineering. Helsinki: Finnish Transport Agency. Nuskaityta iš www.liikennevirasto.fi

Popov., V. (2010). The use of a virtual building design and construction model for developing an effective project concept in 5D environment. 357–367. *Automation in*. Nuskaityta iš <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.12.005>.

Ralph Kreider; John Messner; Craig Dubler. (2009). *CASE STUDY DETERMINING THE FREQUENCY AND IMPACT OF APPLYING FOR DIFFERENT PURPOSES ON PROJECTS*. Pensilvanija, USA: The Pennsylvania State University.

Reizgevičius, M. (2016). BIM TECHNOLOGIJŲ EFEKTYVUMO DAUGIAPAKOPIS VERTINIMAS. p. 161.

Reizgevičiūtė, L., Reizgevičius, M., Ustinovičius, L., & Pelikša. (2013). *BIM technologijų įtaka darbo efektyvumui*. Šiauliai: Leidiny yra įtrauktas į mokslinę elektroninę biblioteką eLIBRARY.LT bei Lietuvos mokslinių periodinių leidinių sąrašą, EBSCO, Index Copernicus, CEEOL tarptautines .

RIB Software AG, 2. (2017 m. Birželio 10 d.). *RIB - An Experienced Partne*. Nuskaityta iš <http://www.rib-software.com/en/main/about-rib/our-company.html>

- S. Azhar, M. H. (2008). *Building information modeling (BIM): benefits, risks and chalanges*. Retrieved from <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT182002008.pdf>
- Salman Azar, P. (2011). beLeadership and Management in Engineering. *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry*, 244-249.
- Sattineni, A. & Macdonald, J.A.,. (2014). 5D-BIM: A Case study of an implementation strategy in the construction industry. The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining: (ISARC 2014).
- Semyon M. Slobounov, Wiliam Ray, Elena Slobounow, Karl M. Newell. (2014). Modulation of cortical activity in 2D versus 3D virtual reality enviruoments: An EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, 255-260.
- Sistela. (2017, 12 04). Retrieved from Informacinė bazė: <http://www.sistela.lt/Informacine/baze>
- Skaitmeninė statyba. (2017, 10 31). Retrieved from Pagrindinis puslapis: <http://www.skaitmeninestatyba.lt/>
- Skaitmeninė statyba, V. (2017, 11 07). *BIM kompetencijų aprašai*. Retrieved from Skaitmeninė statyba: <http://www.skaitmeninestatyba.lt/bim-dokumentai/265-bim-kompetenciju-aprasai>
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*.
- Succar, B. (2008). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Journal Automation in Construction No. 18*, pp. 283-284.
- Vico Software, 2016a. (2017 m. Birželio 10 d.). Nuskaityta iš <http://www.vicosoftware.com/bim-construction-software/company>
- Vico Software, 2016b. (2017 m. Birželio 10 d.). Nuskaityta iš <http://www.vicosoftware.com/products/Vico-Office>
- Wang, M. (2012, Rugsėjis). Building Information Modeling (BIM): Site-Building Interoperability. *A Master Thesis*, pp. 9-10.

PRIEDAI

BIM nauda statybų aikštelėje

Ši trumpa, 3-5 min. apklausa yra skirta su BIM dirbantiems specialistams. Apklausos tikslas - nustatyti svarbiausias priežastis kurios trukdo BIM naudojimui statybų aikštelėje. Apklausos rezultatai bus naudojami magistrinio darbo tyrime, kuris bus pristatomas Kauno technologijų universitete. Apklausa yra anoniminė ir respondentų asmeniniai duomenys nebus viešinami.

1. Kokia yra Jūsų dabartinė profesija?

- Architektas
 Konstruktorius
 ŠVOK projektuotojas
 Vandentiekio ir nuotekų šalinimo projektuotojas
 Elektrotechnikos projektuotojas
 Statybos inžinierius / ekonomistas
 Projekto vadovas
 Statybos vadovas
 BIM specialistas
 BIM kordinatorius
 BIM vadovas
 Kita...

2. Koks yra Jūsų išsilavinimas

Question instructions: *Pasirinkite vieną atsakymą kiekvienoje eilutėje.*

	Turiu	Neturiu	Šiuo metu studijuoju
Bakalaurinis išsilavinimas architektūros ar inžinerijos moksluose?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Magistrinis išsilavinimas architektūros ar inžineriniuose moksluose?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Doktoranto laipsnis architektūros ar inžinerijos moksluose?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kitos specialybės aukštasis išsilavinimas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Kiek turite profesinės praktikos su BIM technologijomis?

Question instructions: *Pasirinkite vieną atsakymą iš sąrašo.*

- Mažiau nei 1 metus
 1 metus
 2 metus
 3 metus
 4 metus
 5 ir daugiau

4. Surikiuokite nuo labiausiai iki mažiausiai svarbios priežasties, kurios, Jūsų nuomone, lemia BIM naudojimo trukdžius statybų aikštelėse.

Question instructions: *Rikiuokite savo atsakymus tempdami juos į antrą stulpelį, jei apklausa atliekate telefonu ar planšetiniu kompiuteriu sureitinguokite atsakymus pagal svarbą - 1 vietoje svarbiausia priežastis.*

Papildomų lėšų trūkumas, projekto BIM palaikymui.

Investicijos dydis.

Lėta investicijos grąža, vieno projekto laikotarpyje.

Maža patirtis projekto komandose.

Maža patirtis organizacijose.

Darbuotojų pasipriešinimas statybos aikštelėje.

Projektuotojų pasipriešinimas.

Projekto komandos narių nenoras dalintis informacija.