



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

Aurelija Kelerytė

**PPROJEKTO DINAMINIO VALDYMO GALIMYBIŲ TYRIMAS
TAIKANT BIM TECHNOLOGIJAS**

**INVESTIGATION OF PROJECT DYNAMIC MANAGEMENT
POSSIBILITIES USING BIM TECHNOLOGIES**

Baigiamasis magistro darbas

Statybų technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 6211EX043

Statybų technologijų ir vadybos specializacija

Statybų inžinerijos kryptis

Vilnius, 2021

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)
Artūras Kaklauskas
(Vardas, pavardė)

(Data)

Aurelija Kelerytė

**PPROJEKTO DINAMINIO VALDYMO GALIMYBIŲ TYRIMAS
TAIKANT BIM TECHNOLOGIJAS**

**INVESTIGATION OF PROJECT DYNAMIC MANAGEMENT
POSSIBILITIES USING BIM TECHNOLOGIES**

Baigiamasis magistro darbas

Statybų technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 6211EX043

Statybų technologijų ir vadybos specializacija

Statybų inžinerijos kryptis

Vadovas doc. dr. Tatjana Vilutienė

(Parašas)

(Data)

**Lietuvių kalbos
konsultantas**

lektorė Lina Rutkienė

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2021

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis
kodas: 6211EX043

Statybos technologijų ir vadybos specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas


(Parašas)

Artūras Kaklauskas
(Vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

2019-09-19 Nr.
Vilnius

Studentui (ei) Aurelijai Kelerytei

Baigiamojo darbo tema: Projekto dinaminio valdymo galimybių tyrimas taikant BIM technologijas

patvirtinta 2021 m. kovo 09 d. dekanų potvarkiu Nr. 81 st.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2021 m. gegužės 31 d.

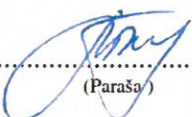
BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Apžvelgti statybos projektų valdymo, BIM darbo metodų ir BIM technologijų taikymo aktualijas. Aptarti dažniausiai dinaminiam statybos projektų valdymui taikomas BIM programines įrangas. Remiantis atlikta literatūros šaltinių analize parinkti rodiklius dinaminio projektų valdymo BIM programų palyginimui. Apklausti BIM specialistus taikančius BIM įrankius projektų valdymui ir, remiantis apklausos rezultatais, nustatyti rodiklių reikšmingumus. Suformuoti dinaminiam projektų valdymui taikomų BIM darbo metodais grįstų programos paketų alternatyvas ir palyginti jas taikant daugiakriterės analizės metodus. Vieną iš analizuotų alternatyvų pritaikyti atvejo tyrime.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

Lietuvių kalbos konsultantė: lekt. Lina Rutkienė

Vadovas


(Parašas)

Doc. dr. Tatjana Vilutienė

(Moksl. laipsnis/pedag.vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau


(Parašas)

Aurelija Kelerytė
(Vardas, pavardė)

.....

Vilniaus Gedimino technikos universiteto
egzaminų sesijų ir baigiamųjų darbų
rengimo bei gynimo organizavimo tvarkos
aprašo
2 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Aurelija Kelerytė, 20154693

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Statybos fakultetas

(Fakultetas)

Statybos technologijos ir valdymas, STVfm-19

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)

SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2021 m. gegužės 13 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Projekto dinaminio valdymo galimybių tyrimas taikant BIM technologijas“ patvirtintas 2021 m. kovo 09 d. dekanų potvarkiu Nr. 81st, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas docentas daktaras Tatjana Vilutienė.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parašas)

Aurelija Kelerytė

(Vardas ir pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos valdymo ir nekilnojamojo turto katedra

ISBN _____ ISSN _____
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Statybos technologijų ir valdymo** programos magistro baigiamasis darbas

Pavadinimas **Projekto dinaminio valdymo galimybių tyrimas taikant BIM technologijas**
Autorius **Aurelija Kelerytė**
Vadovas **Tatjana Vilutienė**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Projektai – nuolat kintantys, todėl jų valdymas tampa tikru iššūkiu visai projekto komandai. Šiais laikais sparčiai tobulėjant naujausioms technologijoms įvairūs projektai vis dažniau valdomi dinamiu būdu. Baigiamajame magistro darbe atliekamas tyrimas projekto dinaminio valdymo galimybės nustatyti, kai taikomos naujausios BIM (angl. Building Information Modelling) technologijos. Magistro darbas sudarytas iš trijų pagrindinių dalių: projektų valdymo, BIM metodologijos, programinių įrangų apžvalgos, tyrimo metodologijos parinkimo ir programinės įrangos paketų palyginimo kriterijų tyrimo, kriterijų reikšmių ir reikšmingumų nustatymo, alternatyvų palyginimo daugiakriteriais metodais. Pirmoje dalyje atliekama projektų valdymo ir BIM metodologijos taikymo aktualijų apžvalga: aptariamas BIM technologijų taikymas užsienio šalyse, BIM programinės įrangos taikymas statybos rangos versle, atliekamas programinės įrangos paketų kriterijų palyginimas remiantis įvairiais atliktais tyrimais. Antroje dalyje parenkama tyrimo metodologija – parenkamas metodas kriterijų reikšmingumui nustatyti ir parenkami keli metodai alternatyvoms palyginti. Trečioje dalyje atliekami tyrimai – pirma detalai aprašomi BIM programinės įrangos paketai, atliekamas jiems parinktų kriterijų reikšmių nustatymas, detalizuojami BIM taikymo atvejai statinio gyvavimo ciklo etapuose, kai rezultatai aiškūs, nustatomi kriterijų reikšmingumai ir atliekamas pasirinktų alternatyvų palyginimas daugiakriteriais metodais. Gavus rezultatus atliekamas racionalios alternatyvos pritaikymas atvejo tyrimui.

Darbą sudaro įvadas, trys pagrindinės dalys su poskyriais ir skyreliais, išvados ir siūlymai, literatūros sąrašas.
Darbo apimtis: 85 p. teksto be priedų, 40 iliustr., 25 lent., 54 šaltiniai.
Atskirai pridedami 2 (A ir B) priedai.

Prasminiai žodžiai: BIM metodologija, BIM technologija, dinaminis valdymas, kriterijus, metodas, programinė įranga, projektas, tyrimas.

Vilnius Gediminas Technical University Faculty of Civil Engineering Department of Construction Management and Real Estate	ISBN ISSN Copies No. Date-.....-.....
---	---

Master Degree Studies Construction Technologies and Management study programme Master's thesis Title Investigation of Project Dynamic Management Possibilities Using BIM Technologies Author Aurelija Kelerytė Academic supervisor Tatjana Vilutienė

Thesis language: Lithuanian

Annotation Projects are constantly changing, so managing them becomes a real challenge for the whole project team. Due to the rapid development of the latest technologies, more and more various projects are managed using dynamic approach. In the final master's thesis, the research is carried out to determine the possibilities of dynamic project management approach when the latest BIM (Building Information Modelling) technologies are applied. The master's thesis consists of three main parts: project management, BIM methodology, software review, selection of research methodology and research of software package comparison criteria and determination of their values, comparison of alternatives by multicriteria methods. The first part reviews the area of project management and application of BIM methodology: discusses the application of BIM technologies in foreign countries, the application of BIM software in the construction contract management, compares the software package criteria based on various studies. In the second part, the research methodology is chosen - the method for determining the significance of the criteria is selected, and several methods are selected for comparing alternatives. The third part examines the BIM software packages in detail, compares the selected criteria, specifies the application of BIM in the stages of the static life cycle and after the results are precise, determines the significance of the criteria and compares the selected alternatives using multicriteria methods. After the results are obtained, a rational alternative is applied to the case study. My Master thesis consists of an introduction, three main parts with subsections and sections, conclusions, references. Thesis consist of: 85 p. text without appendixes, 40 pictures, 25 tables, 54 entries. Appendixes included: A, B.
--

Keywords: BIM methodology, BIM technology, dynamic management, criteria, method, software, project, investigation.

Turinys

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	9
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	11
SANTRUMPOS	12
ĮVADAS	13
1. PASAULIO ŠALIŲ BIM TAIKYMO VALDANT STATYBOS PROJEKTUS PATIRTIES IR TYRIMŲ ANALIZĖ	15
1.1. Projekto valdymas	15
1.2. Tradicinis projekto valdymas	17
1.3. Dinaminis projekto valdymas.....	18
1.4. Projekto valdymo būdų palyginimas.....	19
1.5. Privalomas BIM metodų taikymas	20
1.6. BIM technologijos pasaulio šalyse.....	22
1.6.1. BIM reikšmė.....	22
1.6.2. BIM veikimo principas.....	23
1.6.3. BIM nauda.....	24
1.6.4. BIM pasaulyje	27
1.6.5. BIM programinės įrangos.....	30
1.6.6. Programinės įrangos paketų funkcijos ir kriterijai, naudojami jų palyginimui....	31
2. TYRIMO METODOLOGIJA	36
2.1. Tyrimo modelis	36
2.2. Tyrimo metodai	37
3. TIRIAMOJI DALIS	42
3.1. Programinės įrangos	42
3.1.1. „iTWO“ programinė įranga.....	42
3.1.2. „Bexel manager“	46
3.1.3. „Vico office“	49
3.1.4. BIM programinės įrangos palyginimas pagal dimensijas	53
3.1.5. Programų funkcijų palyginimas	53
3.1.6. Kriterijaus „BIM taikymo atvejai statinio gyvavimo ciklo etapuose“ reikšmių nustatymas	60

3.2.	Apklausa „BIM programinės įrangos kriterijų reikšmingumą vertinimas“	62
3.2.1.	Apklauso rezultatai	62
3.2.2.	Apklauso rezultatų kriterijų reikšmingumą nustatymas	69
3.3.	Alternatyvų palyginimas daugiakriteriais metodais	69
3.3.1.	Alternatyvų palyginimas SAW metodu	69
3.3.2.	Alternatyvų palyginimas ARAS metodu	71
3.3.3.	Racionalios alternatyvos pritaikymas atvejo tyrimui	74
	IŠVADOS.....	81
	LITERATŪRA IR ŠALTINIAI	82
	PRIEDAI	86

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. BIM – Building Information Modeling (liet. SIM – statinio informacinis modeliavimas) (Bimlink, 2013)	22
2 pav. BIM veikimo principas (VŠĮ "Skaitmeninės statybos almanachas", 2019).....	24
3 pav. Tyrimo modelis	36
4 pav. Skaičiavimas reikalingi rezultatai	37
5 pav. „iTWO“ veikimo principas	43
6 pav. „iTWO“ sprendimai	43
7 pav. „iTWO“ darbų eigos paskirstymas ir atsakingi asmenys (adaptuota pagal YIT Lietuva, 2020)	44
8 pav. „iTWO“ programos darbalaukis (YIT Lietuva, 2020).....	44
9 pav. „iTWO“ tipinio projekto dokumentų paketas (YIT Lietuva, 2020).....	45
10 pav. „Bixel manager“ modelių dimensijos (Bixel manager, 2020).....	46
11 pav. „Bixel manager“ sąmata sujungta su grafiku (Bixel manager, 2020).....	47
12 pav. „Bixel manager“ 3D modelyje statybų eiga (Bixel manager, 2020)	48
13 pav. „Bixel manager“ grafiko kontrolė laiko atžvilgiu 3D modelyje (Bixel manager, 2020).....	49
14 pav. „Vico office“ 3D projekto vaizdas (Vico office, 2020)	50
15 pav. „Vico office“ integruoto proceso apžvalga (Vico office, 2020)	50
16 pav. „Vico office“ grafiko kontrolė laiko atžvilgiu (Darni statyba, 2016)	51
17 pav. „Vico office“ pradžios vaizdas (Darni statyba, 2016)	52
18 pav. „Vico office“ 3D vaizdo sujungimas su sąmata (Darni statyba, 2016).....	52
19 pav. Apklauso rezultatai, įmonės veikla.....	63
20 pav. Apklauso rezultatai, darbo patirtis metais	63
21 pav. Apklauso rezultatai, BIM technologijų taikymas metais.....	64
22 pav. Apklauso rezultatai, projekto etapai	64
23 pav. Apklauso rezultatai, 1 kriterijus – Licencijos laikotarpis	65
24 pav. Apklauso rezultatai, 2 kriterijus – BIM taikymo atvejų skaičius	65
25 pav. Apklauso rezultatai, 3 kriterijus – Duomenų analizės funkcijos	65
26 pav. Apklauso rezultatai, 4 kriterijus – Ataskaitų ruošimas.....	66
27 pav. Apklauso rezultatai, 5 kriterijus – Eksportavimo parinktys	66
28 pav. Apklauso rezultatai, 6 kriterijus – Komandos bendradarbiavimo galimybės.....	66
29 pav. Apklauso rezultatai, 7 kriterijus – Programinės įrangos mokymai	67
30 pav. Apklauso rezultatai, 8 kriterijus – Demonstracinė versija.....	67
31 pav. Apklauso rezultatai, 9 kriterijus – Pagalbos pasiekiamumas	68

32 pav. Apklausos rezultatai, 10 kriterijus – Kalbų pasirinkimas	68
33 pav. „i TWO“ programinės įrangos darbalaukis.....	75
34 pav. Projekto dokumentų paketas (1).....	76
35 pav. Projekto dokumentų paketas (2).....	76
36 pav. Laiko grafikas.....	77
37 pav. Darbo sukūrimas laiko grafike	78
38 pav. Grafiko sąsaja su sąmata	78
39 pav. Medžiagų važtaraščių vedimas į sistemą	79
40 pav. Projekto valdymo struktūra	79

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Tradicinio ir dinaminio projektų valdymo palyginimas (LiquidPlanner, 2016).	20
2 lentelė. BIM technologijos galimybės Lietuvoje, SSGG analizė (Norvilaitė et al., 2015)	26
3 lentelė. Dažniausiai statybos dalyvių skirtingų projekto etapų naudojamos programinės įrangos (Skaitmeninė statyba, 2017)	30
4 lentelė. Projektų valdymo programinės įrangos palyginimų kriterijai šaltiniuose	32
5 lentelė. BIM programinės įrangos palyginimas	53
6 lentelė. Programų vertinimo duomenų palyginimas pagal parinktus kriterijus	54
7 lentelė. Kriterijaus – <i>demonstracinė versija</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	54
8 lentelė. Kriterijaus – <i>licencijos laikotarpis</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	55
9 lentelė. Kriterijaus – <i>pagalbos pasiekiamumas</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	55
10 lentelė. Kriterijaus – <i>kalbų pasirinkimas</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	56
11 lentelė. Kriterijaus – <i>duomenų analizės funkcijos</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	57
12 lentelė. Kriterijaus – <i>programinės įrangos mokymai</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	57
13 lentelė. Kriterijaus – <i>komandos bendradarbiavimo galimybės</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	58
14 lentelė. Kriterijaus – <i>ataskaitų ruošimas</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	59
15 lentelė. Kriterijaus – <i>BIM taikymo atvejų skaičius</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	60
16 lentelė. Kriterijaus – <i>eksportavimo parinktys</i> duomenų vertinimo paaiškinimas	60
17 lentelė. BIM taikymo atvejai statinio gyvavimo ciklo etapuose (Skaitmeninė statyba, 2017) (Darbo autorės pritaikyta)	61
18 lentelė. Kriterijų agreguoti reikšmingumų balai (r) ir perskaičiuoti reikšmingumai (q)	69
19 lentelė. Pagal SAW metodą sudaryta pradinė duomenų matrica	70
20 lentelė. Pagal SAW metodą sudaryta normalizuota matrica	70
21 lentelė. Pagal SAW metodą sudaryta įvertinta normalizuota matrica	71
22 lentelė. Pagal ARAS metodą sudaryta pradinė duomenų matrica	71
23 lentelė. Pagal ARAS metodą sudaryta optimalios reikšmės ir sumos matrica	72
24 lentelė. Pagal ARAS metodą sudaryta normalizuota matrica	73
25 lentelė. Pagal ARAS metodą sudaryta svertinė normalizuota matrica	73

SANTRUMPOS

BIM (angl. Building Information Modelling) – statinio informacinis modeliavimas.

BCA (angl. Building And Construction Authority) – statybos organizacija.

CAD (angl. Computer – Aided Design) – kompiuterinis projektavimas.

SSGG – stiprybės, silpnybės, galimybės, grėsmės.

LBMS (angl. Location Based Management System) – vietovės valdymo sistema.

MCDM (angl. Multiple Criteria Decision Making) – daugiakriteris sprendimų priėmimas.

MODM (angl. Multi-Objective Decision Making) – daugiakriteris sprendimų priėmimas.

MADM (angl. Multi-Attribute Decision Making) – kelių atributų sprendimų priėmimas.

SAW (angl. Simple Additive Weighting) – paprastas svorių sudėjimas.

ARAS (angl. An Additive Ratio Assessment Method) – suminis santykių įvertinimo metodas.

DMM (angl. Decision – Making Matrix) – sprendimų priėmimo matrica.

IVADAS

Vis dažniau statybų projektai valdomi dinaminiu būdu, nes yra nuolat kintantys ir keliantys iššūkių. Didelio masto projektus galima valdyti taikant naujausias technologijas, tik tam reikia turėti atitinkamą kompetenciją. Todėl svarbu išsiaiškinti, kaip įvykdyti projektą ir kartu padidinti darbo efektyvumą, išvengti klaidų kontroliuojant kaštus, planuojant darbus projekto vykdymo etapuose.

Statybos versle projektai valdomi taikant statinio informacinio modeliavimo (angl. *Building Information Modeling*, toliau BIM) technologijas, kurios automatizuoja darbo eigos procedūras darbų planavime, kaštų kontrolėje. Tokių procedūrų automatizavimas palengvina ir pagreitina darbą. Naujų technologijų taikymas projekte padeda išvengti pasikartojančių ar naujų klaidų, defektų atsiradimo, netikslių kiekių, darbų ir gaminių atvežimo vėlavimų, padeda laikytis saugos reikalavimų ir išvengti nelaimingų atsitikimų.

Tinkamas BIM technologijų taikymas padeda greičiau ir pigiau įvykdyti statybos projektą. Norint dirbti efektyviai taikant BIM technologijas reikia kvalifikuotos, patirties turinčios komandos, kuri geba ir spėja susisteminti informaciją, parengti periodines ataskaitas, kai nuolat keičiasi projekto sprendiniai. Tad išmanant statybos procesus ir nuolat tobulėjant projekto įvykdymas taikant BIM technologijas bus sėkmingas.

Magistro baigiamojo darbo **tikslas** – išanalizuoti projektų dinaminio valdymo taikant BIM technologijas galimybes.

Darbo **uždaviniai** tikslui pasiekti:

- Atlikti projektų valdymo, BIM metodologijos taikymo ir BIM technologijų pasaulio šalyse aktualijų apžvalgą.
- Apžvelgti BIM programinės įrangos taikymą statybos rangos verslui ir programinės įrangos paketų palyginimo kriterijus įvairiuose tyrimuose.
- Parinkti metodus kriterijų reikšmingumui nustatyti ir alternatyvoms palyginti.
- Aprašyti BIM programinės įrangos paketus.
- Atlikti programinės įrangos paketų palyginimo kriterijų tyrimą.
- Nustatyti kriterijų reikšmingumus ir atlikti alternatyvų palyginimą daugiakriteriais metodais.
- Racionalią alternatyvą pritaikyti atvejo tyrime.

Baigiamąjį darbą sudaro įvadas, trys dalys – mokslinių straipsnių apžvalga, tyrimo metodologijos parinkimas ir tyrimas, išvados. Pirmoje dalyje yra projektų valdymo apžvalga, aprašomi projektų valdymo būdai, BIM metodologijos taikymas ir kaip nagrinėjamos technologijos

taikomos užsienio šalyse. Apžvelgiamos BIM programinės įrangos taikymas statybos projektuose ir atliekamas programinės įrangos paketų kriterijų atranka ir palyginimas nagrinėjant įvairius tyrimus.

Antroje dalyje parenkama tyrimo metodologija – parenkamas metodas kriterijų reikšmingumui nustatyti ir parenkami bei aprašomi metodai alternatyvų palyginimui nustatyti.

Paskutinėje, tiriamojoje, dalyje aprašomos palyginimui pasirinktos BIM programinės įrangos, toliau palyginami programinės įrangos paketai pagal pasiūlytus kriterijus. Kai šios užduotys įvykdomos nustatomi kriterijų reikšmingumai ir atliekamas alternatyvų palyginimas daugiakriteriais metodais. Galiausiai racionali alternatyva pritaikoma atvejo tyrime.

Šis baigiamasis darbas padeda pagilinti su statybos projektų valdymu susijusias žinias, kai taikomos BIM technologijos. Taip pat padeda išsiaiškinti kaip skirtingos programos ir tinkamas jų naudojimas padeda dirbti efektyviau, taupyti laiką, užtikrinti kaštų kontrolę bei išvengti nenumatytų išlaidų ir netgi pagerinti projekto komandos bendradarbiavimą siekiant sėkmingai įgyvendinti projektą.

Tarpiniai baigiamojo darbo rezultatai buvo pristatyti 24-joje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje 2021 m. kovo 26 d. „Mokslas – Lietuvos ateitis“. Statyba (žr. A priedas).

1. PASAULIO ŠALIŲ BIM TAIKYMO VALDANT STATYBOS PROJEKTUS PATIRTIES IR TYRIMŲ ANALIZĖ

1.1. Projekto valdymas

Projekto valdymas – tam tikros veiklos valdymo forma, kuria siekiama įgyvendinti organizacijos tikslus. Projekto koncepciją galima apibūdinti, kad tai yra laikina veikla, kuri turi tikslią pradžią ir pabaigą, konkrečius tikslus.

Projekto valdymas tarsi dokumentas, finansiškai, techniškai bei socialiai pagrindžiantis ateities tikslus, kaip sistema, nurodanti suformuluotus tikslus, kuriems realizuoti sukuriama objektai, diegiami technologiniai procesai, nustatomi išteklių, numatomi valdymo sprendimai, priemonės įgyvendinimui (Zwikaël ir Smyrk, 2018).

Projektų valdymas lemia investavimo galimybes, leidžia efektyviai panaudoti išteklius, sudaryti vykdymo planą, kontroliuoti jo eigą ir įvertinti galimą riziką. Išskiriamos pagrindinės projektų valdymo dalys (Zwikaël ir Smyrk, 2018):

- planavimas;
- organizavimas;
- vadovavimas;
- kontrolė.

Vykdant statybos projektus, kiekvienam komandos nariui yra paskiriamas individualus darbas – architektai kuria projektus, konstruktoriai detalizuoja, rangovai stato ir užsakovas naudoja pastatą. Viso projekto įgyvendinimo laikotarpiu itin svarbus dalyvių bendradarbiavimas. Dirbant kartu, galima parengti optimalų projektą kainos, atlikimo laiko ir kokybės atžvilgiu.

Statybos projektų valdymas apibūdinamas kaip sisteminis procesas. Statybos projektų valdymas turi nemažai skirtingų apibrėžimų, kurie paprastai priklauso nuo projekte analizuojamos srities:

- Labai sudėtingas procesas, apimantis daug skirtingų dalyvių ir organizacijų, pavyzdžiui: klientai, projektuotojai, konsultantai, rangovai, ir kontrolieriai (Bureau Veritas, n.d.).
- Paslauga, kuri garantuoja statybos projekto užbaigimą laiku, neviršijant biudžeto ir pagal reikalavimus (Walker, 2007).
- Efektyviausio būdo nustatymas statybos procesui įgyvendinti, apimantis planavimą, koordinavimą ir darbo jėgos, medžiagų ir įrankių kontrolę (Beard, Loulakis, Wundram, 2001).
- Projekto procesų planavimas, organizavimas, vadovavimas ir kontrolė (Banaitienė, Banaitis, 2006).

- Pasinaudojant naujausiomis technologijomis, sugebėjimas koordinuoti žmones ir materialiuosius išteklius visą projekto įgyvendinimo laikotarpį taip, kad užtikrintų numatytus apimties tikslus: kainą, laiką ir kokybę (Levy, 2006).

Apibendrinus termino *statybos projektų valdymas* apibrėžtyse išskeltus požymius, galima formuluoti vieną bendrą apibrėžimą: statybos projektų valdymas – tai įgūdžių, naujausių priemonių ir technologijų taikymas, įgyvendinant projektą, kad šis būtų atliktas laiku, kokybiškai ir už gerą kainą, kad būtų patenkinti visi projekto dalyviai.

Projekto valdymo svarbiausi aspektai priklauso nuo užsakovo specifinių tikslų. Kiekvienas užsakovas prioritetu pasirenka vieną faktorių kaip reikšmingesnį už kitus.

Pagal Morrisą ir Semberą, jei svarbiausia yra kaina, reikia pagal ją derinti kokybę ir laiką. Dažniausiai dėmesys kainai skiriamas esant ribotam biudžetui, kai gali tekti imtis specialių priemonių. Galbūt atsisakyti aukštą kvalifikaciją turinčių specialistų, kokybiškų medžiagų ar papildomų patikrų.

Jei didžiausią reikšmę turi laikas, tuomet prie jo reikės derinti kainą ir kokybę. Norint atlikti projektą per tam tikrą laiko tarpą, gali tekti samdyti daugiau arba aukštesnės kvalifikacijos darbuotojų, kartu keičiant ir projekto kainą. Galima sumažinti projekto kokybę, norint atlikti darbus laiku. Galimi ir abiejų kintamųjų (kainos ir kokybės) deriniai.

Kai svarbiausia yra kokybė, tuomet prie jos reikės derinti laiką ir kainą. Kokybei esant svarbiausiai, dažniausiai tenka derinti abu papildomus kintamuosius. Mat, norint garantuoti kokybę, dažniausiai reikalingas ilgesnis laiko tarpas darbams atlikti ir tai automatiškai koreguoja kainą (Morris, Sember, 2010).

Pagal Banaitienę ir Banaitį, projektų valdymas susideda iš planavimo, organizavimo ir kontrolės. Planavimas – tai tikslų nustatymas ir priemonių tikslams pasiekti parinkimas. Planavimas priklauso nuo projekto tikslo ir priemonių projektui įgyvendinti. Planavimas skirtas visam projekto vykdymo etapui ir orientuotas į darbų sekos numatymą. Parengtas planas yra pagrindinė priemonė projekto kontrolei atlikti.

Organizavimas neatskiriamas nuo planavimo. Pagrindinis tikslas – numatyti priemones, kuriomis bus pasiektas projekto vykdymo planas (Banaitienė, Banaitis, 2006). Taip yra detalizuojamas parengtas planas, numatant projekto dalyvių teises, pareigas, atsakomybę ir t.t. Nustatoma, kaip bus vykdoma kontrolė, kaip tarpusavyje komunikuos projekto dalyviai.

Kontrolė – procesas, turintis užtikrinti, kad vykdoma statybos projekto eiga atitiktų plane numatytus dalykus. Kontrolei atlikti pasitelkiamas statybos projekto vykdymo veiklos stebėjimas ir

lyginimas su sudarytu išankstiniu planu (Banaitienė, Banaitis, 2006). Taip nustatomi esami nukrypimai nuo plano, darbų vykdymo taisyklių, normatyvų ir kitos projekto vykdymo dokumentacijos. Analizuojant lyginimo duomenis, galima išsiaiškinti nukrypimo nuo projekto eigos priežastis ir rasti būdą, kaip ištaisyti klaidas ir grįžti prie projekto vykdymui numatyto plano.

Vykdant projektą, planuojama, valdoma ir kontroliuojama projekto eiga, įvykdymo terminai, kokybė, projekto finansų, medžiagų, įrangos, darbo jėgos ir kitų išteklių panaudojimas. Projekto valdymo principai, metodai priklauso ne tik nuo pagrindinio tikslo ir jam įgyvendinti sprendžiamų uždavinių, nuo projekto pobūdžio, projekto vadovo ir kitų dalyvių, bet ir nuo išorinės aplinkos, kurioje projektas vykdomas ir valdomas. Reikia pažymėti, kad projekto pokyčiai valdomi visą jo gyvavimo ciklą, todėl labai svarbu gerai suvokti projekto ir aplinkos tarpusavio sąveiką.

1.2. Tradicinis projekto valdymas

Tradiciiniu požiūriu pagrindinės projekto valdymo turinio dalys yra planavimas, organizavimas ir kontrolė (Kuster et al., 2015).

Projekto planavimo tikslas – numatyti, kokius darbus reikalinga atlikti, atsižvelgiant į jų tarpusavio ryšį, turimus išteklius bei nustatyti darbų atlikimo tvarką, įvertinti visas tikėtinas projekto išlaidas ir sudaryti projekto biudžetą. (Ayuso Munoz et al., 2015)

Tradicinis valdymas apima labai ribotą ir griežtą projekto valdymo požiūrio formą. Šis požiūris buvo projekto valdymo žemės plane pradžia ir buvo daroma prielaida, kad projekto apimtis ir tikslai išliko nepakitę per visą projekto gyvavimo ciklą. Inicijavimas ir planavimas buvo sukurti pagal šį mąstymo procesą. Buvo atlikti paskirstymai ir produktas buvo suplanuotas dvimatėje struktūroje be jokių variacijų ar net apsvarstymo galimybių.

Tradicinis projekto valdymas nustato terminus ir išteklius, darant prielaidą, kad projekto metu niekas nepasikeis ir plano bus laikomasi visada.

Projekto gyvavimo ciklas atrodo taip:

- projekto inicijavimas;
- projekto planavimas;
- projekto vykdymas;
- projekto stebėjimas ir kontrolė;
- projekto uždarymas.

Projekto gyvavimo ciklas turi būti sekamas paeiliui, o vienas etapas sekti kitą, tai yra, tik baigus projekto planavimą, visas projektas pereina prie projekto vykdymo.

1. Pakeitimai plane

Tradicinis projekto valdymas turi labai griežtą požiūrį į visą projekto valdymo erdvę, kurią sukuriame norėdami pakeisti ar judėti link užsibrėžto tikslo. Darant prielaidą, kad viskas liks taip, kaip yra, plane, kuris sudaromas pradėjus projektą, nėra lankstumo.

Turint mažiau vietos bet kokiems pakeitimams, net ir nedideliems pokyčiams, su kuriais susiduria projektas vykdymo etape arba pačiame plano kūrimo etape, projekto vadovui reikia perdaryti visą planą nuo nulio atsižvelgiant į įvykusį pasikeitimą.

Kaip žinia, kad įgyvendinant projektą galima padaryti daug pokyčių. Viso plano perrašymas ir pertvarkymas neturi būti keičiamas ir tai kainuotų organizacijai laiką, išteklius ir pastangas.

2. Vaidmenys ir atsakomybė

Tradiciiniame projekto valdyme atsakomybė prisiima projekto vadovas, kuris rūpinasi visu projekto funkcionavimu. Vadovas peržiūri visus projekto etapus ir yra atsakingas už sklandų jo veikimą.

Dėl dinamiškumo, kurį siūlo projektas, atsakomybė už plano atnaujinimą taip pat patenka projekto vadovui, taigi vienam asmeniui tenka valdyti užduotis, stumti projektą į priekį, todėl tai yra itin sudėtingas procesas.

3. Produktivumas ir našumas

Daug dėmesio skiriama grafiko sudarymui ir jo laikymuisi. Vienpusis požiūris į projekto tvarkaraščius gali sutrikdyti projekto eigą ir darbai gali vėluoti. Siekiant greičiau atlikti darbus, galima pakenkti kokybei. (Philips, 2004)

1.3. Dinaminis projekto valdymas

Dinaminio projektų valdymo filosofija – projektai yra kintantys, besivystantys. Todėl komandoms reikia projekto planavimo būdo, kuris atitiktų realų pasaulį. Dinaminis projektų valdymas yra reaguojantis projektų valdymo būdas, kuris geriau padeda atliepti projekto komandos poreikius.

Dinaminis projektų valdymas pagerina statybos procesą, padidina taikomais darbo valdymo įrankiais gautų rezultatų patikimumą ir padeda komandoms sėkmingai veikti konkurencinėje ir greitai kintančioje aplinkoje.

Kadangi yra pradedama nuo tikslų, tai prieš sudarant planą, dinaminė projekto valdymo sistema padeda projekto komandoms reikiamu metu dirbti pagal svarbiausius prioritetus. Tai taip pat

padeda pastebėti ir sumažinti riziką daug anksčiau, nei tai būtų daroma naudojant tradicinį projekto valdymo įrankį, skaičiuokles ar el. pašta.

Kad dinaminio projekto valdymo būdas būtų labiau suprantamas toliau pateikiami valdymo principai:

- **tvarkaraštis atspinti neapibrėžtumą** – projektai ir užduotys įvertinami intervalais, remiantis geriausios / blogiausios situacijos scenarijais, sukuriant numatomas pabaigos datas;
- **rizika pasirodo anksti** – preliminarūs tvarkaraščiai leidžia komandoms pamatyti pokyčius artėjant pikui, kad jos galėtų aktyviai reaguoti;
- **patikimi, realistiški tvarkaraščiai** – tvarkaraščiai yra pagrįsti komandos narių prieinamumu atsižvelgiant į išteklių galimybes, todėl darbo valandos yra pagrįstos, nustatytos pagal faktą ir itin realios;
- **planas visada yra realiu laiku** – tvarkaraštis atnaujinamas automatiškai kiekvieną kartą, kai prisidedantis komandos narys ar suinteresuotas asmuo įveda pakeitimus;
- **prioritetų aiškumas** – užduočių prioritetai lemia kaip bus atnaujintas tvarkaraštis ir juos lengva pakeisti, todėl visiems yra žinoma, kad jie visada dirba su svarbiausiomis užduotimis. Tad organizaciniai prioritetai yra integruoti į tvarkaraščius;
- **komandos bendradarbiavimas bendroje platformoje** – tai kiekvienam darbuotojui užtikrina reikiamos aktualios informacijos gavimą;
- **momentinė objekto apžvalga** – projekto informacija ir duomenys yra lengvai pasiekiami. Tai reiškia, kad vienu mygtuko paspaudimu reikiamame projekto aplanke galima surasti informaciją, kur darbuotojas galės sekti projekto rodiklius bet kokioje stadijoje. (LiquidPlanner, 2016).

Dinaminis projekto valdymas vis dažniau taikomas šiomis dienomis. Pirmiausiai tai toks valdymo būdas supaprastina darbą, padeda sutaupyti laiko ir itin pagerina komandinį darbą, kai vienoje platformoje visi gali sekti projekto būseną, kokie darbai suplanuoti, kurie jau vykdomi, kokie galimi pavojai ir svarbiausia juos numatyti gerokai anksčiau, kol dar tai nepakenkia projektui. Taip pat dinaminis projekto valdymas suteikia galimybę dirbti nuotoliniu būdu, kadangi viskas valdoma vienoje platformoje, patogų sekti ir valdyti informaciją. Taigi BIM metodologija ir technologijos užtikrina, kad ateityje vyraus vien tik dinaminis projekto valdymas, kadangi toks valdymo būdas itin pagerina darbo kokybę, pagreitina darbą, o visa tai padeda sutaupyti projekto biudžetą.

1.4. Projekto valdymo būdų palyginimas

Projektų valdymo būdai yra itin skirtingi. Tam, kad būtų galima išsiaiškinti kiekvieno valdymo būdo privalumus ir trūkumus žemiau pateikta palyginamoji 1 lentelė.

1 lentelė. Tradicinio ir dinaminio projektų valdymo palyginimas (LiquidPlanner, 2016).

		Tradicinis projekto valdymas	Dinaminis projekto valdymas
1.	Pirmenybę teikiant darbui	Kai keičiasi tikslai, komanda neturi galimybės apie tai žinoti. Todėl žmonės dažnai atlieka neaktualias užduotis.	Prioritetai yra aiškūs, lengvai keičiami ir visada atspindi plane. Visi darbuotojai žino, ką daryti.
2.	Rizikos valdymas	Komandos nuolat reaguoja į netikėtą riziką, todėl vėluoja darbai.	Komandos gali pastebėti riziką iš anksto ir aktyviai reaguoti.
3.	Plano atnaujinimas	Kiekvienam pakeitimui reikia pakeisti visą tvarkaraštį (kalendorinį grafiką), todėl atnaujinti planą yra sudėtinga.	Kiekvienas pakeitimas automatiškai atnaujinamas naudojant tinkamą įrankį ir tai atspindi plane.
4.	Tvarkaraščio patikimumas	Tvarkaraščiai yra nepatikimi. Galutiniai terminai nustatomi atsižvelgiant į klientų reikalavimus.	Tvarkaraščiai yra patikimi. Darbų datos yra pagrįstos realiais darbų trukmių įvertinimais ir turimais ištekliais.
5.	Nuosavybė ir atskaitomybė	Vienas asmuo prižiūri ir vykdo visą projekto planą. Neįmanoma nuolat atnaujinti plano.	Komandos nariai bendradarbiauja ir nuolat atnaujina informaciją. Planas lengvai atnaujinamas.
6.	Produktyvumas ir dėmesys	Skiriama daug laiko projekto tvarkaraščio valdymui.	Galima sutaupyti daug laiko.

Pagal pateiktą lentelę galima daryti išvadą, kad dinaminis valdymas teikia daugiau privalumų nei tradicinis. Remiantis dinaminio valdymo principu darbas vyksta paprasčiau, greičiau, konkrečiau, vyksta ryšys tarp komandos narių, o tai lemia gerus rezultatus vykdant projektą. Tokiu valdymo principu yra pasiekiami kokybiškos statybos rezultatai bei finansiniu požiūriu objektas gali pasiekti didesnę pelną nei buvo numatyta projekto pradžioje. Dinaminis projekto valdymas vis dažniau taikomas įvairiuose projektuose ir kasdienėje statyboje, ypač didesniuose projektuose ir didesnių įmonių, o tai ir yra visos statybos ateitis.

1.5. Privalomas BIM metodų taikymas

Kasdien statyboje taikomas BIM lėmė, kad statyba vis dažniau tampa skaitmenizuota. Tai teikia naudą visoms įmonėms, kurios išmoko naudotis naujausiomis technologijomis ir sėkmingai jas pritaikyti statyboje. Pastebėjus tendenciją, kad BIM daro naudingą poveikį vertinant įvairiais kriterijais, nuspręsta, kad tai turi būti privalomas taikymas statybos projektams, atitinkantiems Vyriausybės iškeltiems reikalavimams, kurie toliau yra išdėstomi.

Vyriausybė priėmė tokius sprendimus:

Bendradarbiavimu pagrįsto statinio informacinio modeliavimo (BIM) metodų taikymą laikyti esmine priemone siekiant efektyvesnio išteklių planavimo ir naudojimo projektuojant ir statant statinius, geresnės viešųjų gėrybių, paslaugų kokybės naudojant pastatytus statinius ir pritarti Aplinkos ministerijos pasiūlymui šiuos metodus taikyti projektuojant, statant ir įrengiant viešojo sektoriaus statinius ir (ar) jiems pagal paskirtį artimus kilnojamosius daiktus (žemos ir vidutinės įtampos elektros tinklus, mažo ir vidutinio slėgio dujotiekius, ryšių linijų, ryšių kabelių, ryšių kabelių kanalų sistemas) (toliau – kilnojamieji daiktai).

Nustatyti, kad statinio informacinio modeliavimo (BIM) metodai nurodytuose norminiuose dokumentuose išdėstytus reikalavimus būtų privalomai taikomi nuo 2021 m. sausio 1 d. projektuojant, statant naujus, rekonstruojant ypatingųjų statinių kategorijai priskiriamus statinius, projektuojant, įrengiant, pertvarkant kilnojamosius daiktus, atitinkančius visus šiuos reikalavimus:

- projektavimo, statybos, įrengimo darbų užsakovas yra vienas šių subjektų: Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos, akcinė bendrovė „Lietuvos geležinkelių infrastruktūra“, valstybė įmonė Turto bankas, akcinė bendrovė „Litgrid“, akcinė bendrovė „Amber Grid“, akcinė bendrovė „Energijos skirstymo operatorius“;
- statinio techninio ar techninio darbo projekto, kilnojamojo daikto projekto rengimas trunka (skaičiuojant nuo projektavimo paslaugų teikimo sutarties pasirašymo datos iki statybą leidžiančio dokumento išdavimo datos ar kilnojamojo daikto projekto užbaigimo) 12 mėnesių arba ilgiau;
- statybos skaičiuojamoji kaina, nustatyta pagal valstybės įmonės Statybos produkcijos sertifikavimo centro registruotas ir paskelbtas rekomendacijas dėl statinių statybos skaičiuojamųjų kainų nustatymo, palyginamuosius ekonominius rodiklius, arba planuojama įrengimo, pertvarkymo investicijų suma yra lygi arba viršija:
 - pastatams – 5 000 000 Eur;
 - inžineriniams statiniams, kilnojamiesiems daiktams – 10 000 000 Eur;
- projektavimo, statybos, rekonstravimo, įrengimo, pertvarkymo darbai, numatyti įgyvendinti papunktyje minimų subjektų aktualiuose (strateginiuose) veiklos planuose;
- projektavimo paslaugų pirkimo dokumentai pradėti rengti po 2021 m. sausio 1 d. (Statyba40, 2020).

Sprendžiant pagal tai, kad BIM metodų taikymas vis dažniau yra taikomas statyboje ir nuo 2021 m. sausio 1 d. netgi yra privalomas, reikia detalizuoti, kas yra BIM, kaip tai veikia, kaip tai

taikoma užsienio šalyse, kokios programinės įrangos naudojamos ir kokią BIM metodą tikslingiausia naudoti.

1.6. BIM technologijos pasaulio šalyse

1.6.1. BIM reikšmė

Šiomis dienomis pastato informacinio modelio (BIM) projektavimas taikomas vis dažniau statybų srityje. BIM – tai funkcinis ir fizinis objekto atvaizdavimas skaitmeninėje erdvėje. Pastato informacijos modelis yra objekto informacija, kuri naudojama sprendimams priimti viso objekto egzistavimo metu. Egzistavimo ciklas prasideda nuo objekto ankstyvųjų koncepcijų iki jo griovimo. Kiekviena valstybė BIM koncepciją kuria bei apibrėžia savaip. Norvegijoje – SIM (angl. BIM) – 3D BIM modelis, kuris paremtas objektų parametrais ir ryšiais bei turi naudoti atvirus BIM formatus ir standartus (BIM instrukcija, 2013). Pagal Dr. B. Blackwellį Didžiojoje Britanijoje – SIM – bendradarbiavimo būdas, kuris paremtas skaitmeninėmis technologijomis. Tai plečia realizacijos, kūrybos bei taisymo produktyvumą (Blackwell, 2015). BIM – priemonė, kuri padeda suprasti ir valdyti pastatą per skaitmeninį modelį. Modelio informacija ir visa dokumentacija padeda optimizuoti veiksmus – gauti didesnę visumos vertę už tą pačią investiciją (NBS BIM Object Standard, 2015). BIM – pridėtinė vertė gaunama bendradarbiaujant specialistams visą objekto gyvavimo laikotarpį – objekto sukūrimas, patikrai ir pasikeitimas 3D modeliu, kuriame yra struktūruota pastato informacija (BIM Task Group, 2015).



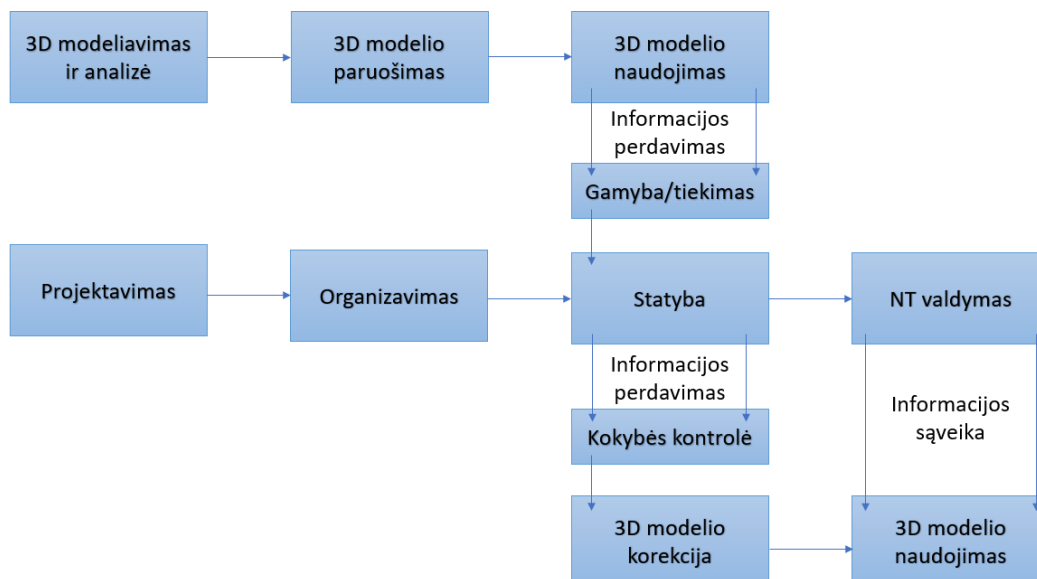
1 pav. BIM – Building Information Modeling (liet. SIM – statinio informacinis modeliavimas) (Bimlink, 2013)

Lietuvoje SIM (angl. BIM) apibrėžimas ir jo naudojimas nėra įstatymiškai reglamentuoti. Mūsų šalyje naudojama Lietuvos Respublikos statybos leidimų ir statybos valstybinės priežiūros informacinė sistema „Infostatyba“, kurioje pateikiami prašymai, projektiniai pasiūlymai ir kiti dokumentai. Šioje sistemoje galimi keli kėlimo būdai, tai spausdinta ir pasirašyta projekto versija nuskaityta, tada įkeliami į sistemą arba kitas būdas, tai pateikiama skaitmeninė projekto versija, patvirtinta atsakingų už projektą asmenų elektroniniais parašais. Taip pat siekiant įtvirtinti skaitmeninio modelio naudojimą yra viešoji įstaiga „Skaitmeninė statyba“ – organizacija, kurios

pagrindinis tikslas Lietuvos statybos skaitmenizacijos proceso koordinavimas. Ši organizacija rūpinasi dar: statinių informacinio modeliavimo (BIM) naudojimo projektuose standartizavimu bei jo išnaudojimo potencialo didinimo sprendimų paieška ir diegimu; IFC OPEN BIM (Atvirojo statinių informacijos modeliavimo) taikymo gerosios praktikos paieška, kūrimu bei reglamentavimu; nacionalinio statybos klasifikatoriaus kūrimu, diegimu bei plėtojimu (Skaitmeninė statyba, 2019).

1.6.2. BIM veikimo principas

BIM projekto procesas pradedamas nuo projektavimo, sukuriamas 3D modelis, kuris nuolat bus tobulinamas ir derinamas su visomis projekto dalimis, tokiomis kaip statinio architektūra, statinio konstrukcijos, vandentiekio ir nuotekų šalinimo tinklais, gaisrinio vandentiekio, šilumos punktu, šildymu ir vėdinimu, dūmų ir CO šalinimu, elektrotechnika, elektroniniais ryšiais, apsaugine signalizacija, gaisro aptikimo sistema, procesų valdymu ir automatizacija, gaisrine sauga bei kitomis projekto dalimis, kurios priklauso nuo projekto paskirties ir sudėtingumo. Projekto dalių organizavimas ir pritaikymas 3D modelyje yra susijęs su skirtingų projekto dalių projektuotojais, architektu, užsakovu, rangovu ir subrangovais. Kai projekto visos dalys yra suderintos tarp visų atsakingų asmenų ir išbaigtas projektas atspindi 3D modelyje, tai 3D modelis yra perduodamas gamybai ir tiekimui, tada jau galima užsakinėti reikalingas medžiagas. Tada sekantis projekto etapas – statyba. Statybos etape darbai vykdomi pagal parengtą projektą, remiantis 3D modeliu. Taip pat šiame etape taikomi 4D modelis – grafikų kontrolė laiko atžvilgiu (visos statybos grafikas yra sukuriamas dar prieš prasidedant statybai, jo turi būti laikomasi visos statybos metu), 5D modelis – sąnaudų kontrolė. Pasibaigus statybai objekto informacija yra perduodama kokybės kontrolei, tada 3D modelis yra pakoreguojamas pagal galimai įvykusius pakeitimus. Priklausomai nuo projekto paskirties jis gali būti perduotas nekilnojamo turto valdymui ar užsakovui. Pasibaigus visai projekto proceso eigai 3D modelis dar gali būti koreguojamas ir galiausiai išleidžiama paskutinė projekto 3D modelio versija. 2 pav. pateikiama BIM veikimo principas.



2 pav. BIM veikimo principas (VŠĮ "Skaitmeninės statybos almanachas", 2019)

1.6.3. BIM nauda

Gausioje literatūroje yra nemažai BIM naudos vertinimo ir valdymo priemonių. BIM naudos vertinimo įrankius galima suskirstyti į orientuotus į projektą (Barlish & Sullivan, 2012; Bryde, Broquetas ir Volm, 2013), taip pat į strateginius ir organizacinius (Love, Matthews, Simpson, Hill ir Olatunji, 2014). Nors iš karto galima numatyti projekcinę BIM naudą, tokią kaip susikirtimų aptikimas, visgi strateginę ir organizacinę BIM naudą gali užtrukti ilgiau nustatyti. Naudos valdymas apima etapų spektrą, pvz., identifikavimą, matavimą, realizavimą ir analizę. Tai leidžia BIM vadovams ir vadybininkams atskirti pridėtinės vertės ir pridėtinės vertės neturinčius procesus ir ištirti, kokių procesų srityse reikalingi tobulinimo veiksmai, siekiant maksimalios naudos. BIM naudos vertinimas gali daug greičiau padėti pasiekti ir kitų tikslų:

- skirtingų BIM mechanizmų ir naudos išaiškinimas, leidžiantis nustatyti verslo atvejus;
- gerinti suvokimą apie BIM taikymo naudą įvairių tiekimo grandinės šalių požiūriu (kuris ne tik suteikia įžvalgų apie jų lūkesčius, bet ir gali būti naudojamas kaip mechanizmas, siekiant sumažinti jų galimą atsparumą pokyčiams);
- sudaryti sąlygas palyginti BIM su kitomis prieinamomis priemonėmis ir pagrįsti bendrovių investicijas į BIM;
- kaip priemonė informuoti apie tai, kaip skirtingų BIM rezultatų derinys prisidės prie laukiamų rezultatų pasiekimo.

BIM naudos vertinimo metodas turėtų būti suderintas su organizacine BIM strategija, taip pat turi būti realus ir pagrįstas, papildytas visomis funkcijomis, kurios būtų susijusios su BIM

įgyvendinimo procesu. BIM įgyvendinimas reikalauja didelių investicijų, todėl ekonominiai aspektai išlieka itin svarbūs. Efektyvumo rodikliai turėtų būti naudojami kaip tikslo pasiekimo priemonės. Priemonės, susijusios su išteklių naudojimu, turėtų būti vertinamos kaip efektyvumo priemonės (sąnaudų / produkcijos arba produkcijos / sąnaudų santykis). (Abbasnejad et al., 2020)

Per visą BIM diegimo procesą būtina, kad įmonės atliktų lyginamąją analizę, nuolat matuodamos ir lygindamos savo verslo procesus su palyginamais procesais kitose pirmaujančiose organizacijose. Išoriniai palyginimo įrankiai ir metrika leidžia palyginti vienos įmonės BIM našumą su savo pramonės bendraamžiais (Du et al., 2014).

Nagrinėjant iš praktinės pusės į BIM modelį įeina skaitmeninis statinio modelis, erdvinis jo sąryšis su aplinka, geografinė informacija, visi pastato architektūrinių, konstrukcinių ir inžinerinių sistemų sprendimai, elementų bei medžiagų kiekiai ir jų kokybiniai parametrai, tame tarpe energetiniai rodikliai.

BIM apima ne tik 2D (dvimatis projektavimas, projekciniai brėžiniai), bet ir 3D (trimatis projektavimas, modelis), 4D (modelio atvaizdavimas laike), 5D (modelio kiekybinės išraiškos modeliavimams, dažniausiai išlaidos), nD (objekto gyvavimo ciklas, statinio valdymas ir priežiūra) dimensijas. T.y. BIM technologijos leidžia virtualiai laike statyti 3D modelį, jį analizuoti įvairiais pjūviais (konstrukcinė, energetinė, apšvietimo analizė ir kt.) bei gautus duomenis panaudoti statybos darbams organizuoti (3D + statybos darbų grafikas = 4D) ir statybai reikalingoms išlaidoms apskaičiuoti (5D).

Naudojant BIM ženkliai mažinamos statinio projektavimo laikas ir sąnaudos. BIM kūrimui naudojami parametriniai „protingi“ 3D elementai turintys savyje visą reikiamą informaciją. Duomenys yra apjungiami į duomenų bazines, o tai leidžia bet kuriuo momentu gauti elementų kiekių ir jų parametrų skaičiavimus, atlikti galimų kolizijų tarp skirtingų projektinių dalių patikrinimą, sukurti pjūvius ir vizualizacijas, kaip viso statinio taip ir atskirų jo elementų.

Atliekant projektavimo darbus ir naudojant šiuolaikinius IT įrankius, kaip „Graphisoft Archicad“, DDS-CAD (liet. kompiuterinis projektavimas), „Tekla“, „Dlubal“ ir kitas yra kuriamas vientisas BIM modelis įgalinantis lygiagrečiai dirbti skirtingų dalių projektuotojams (architektams, konstruktoriams, inžinieriams ir t.t.) nesibaiminant dėl vėluojančių pakeitimų ar derinimų.

BIM sistema leidžia visiems projekto dalyviams (užsakovams, projektuotojams, NT vystytojams ir rangovams) efektyviai bendradarbiauti: veiksmingai tikrinti, derinti, peržiūrėti ir perduoti visą projekto informaciją į vieną statinio modelį, tuo pačiu sumažina dokumentacijos bei atliekamų darbų kieki.

Naudojant BIM programas ženkliai mažėja projekto sąnaudos, t.y. BIM taupo laiką ir kaštus:

- suteikia neįtikėtinus informacijos kiekius, projekto bei pastatų ūkio valdymo metodus;
- leidžia prognozuoti statybos ir eksploataavimo sąnaudas;
- simuliuoja pastato būvį metams bėgant.

BIM suteikia galimybę tiksliai planuoti projekto išlaidas, greitai įvertinant visų projekte esančių elementų kainas, leidžia sėkmingai bendradarbiauti ir keistis informacija bei padeda sklandžiai organizuoti projektavimo, tiekimo ir statybos procesus. (Infostatyba, 2021).

2 lentelė. BIM technologijos galimybės Lietuvoje, SSGG analizė (Norvilaitė et al., 2015)

Stiprybės	Silpnybės	Galimybės	Grėsmės
1. Didesnė galimybė išvengti projektavimo klaidų.	1. Jaučiamas neaukštas BIM raidos lygis.	1. Projektavimo ir statybų paslaugų eksporto plėtra.	1. Programinės įrangos aukšta kaina gali daryti poveikį projektavimo kainą, todėl tai gali sukurti rinkos monopoliją.
2. Galimybė pagreitinti projektavimo procesą.	2. BIM procesams skirta programinė įranga yra brangesnė nei CAD procesams skirtos programos.	2. Projektavimo ir statybos kaštų mažinimas.	2. Darbuotojų mokymas, kuris gali lemti darbo laiką.
3. Pažangesnė nei CAD projekto koordinavimo sistema.	3. Lietuvos viešųjų pirkimų netobulumas. Mažiausios kainos principo taikymas dažnai stabdo technologinį progresą.		3. Skubus įstatyminės bazės keitimas gali sąlygoti jos netobulumą.
4. Išvystyta Lietuvos IT infrastruktūra palanki BIM procesų diegimui.	4. Jaučiamas BIM specialistų trūkumas.		
	5. Reglamentavimo ir standartų stoka.		
	6. Pasenusi įstatyminė bazė.		
	7. Reglamentavimo ir standartų stoka.		

1.6.4. BIM pasaulyje

Šiomis dienomis sparčiai tobulėjant technologijoms visose srityse, sparčiai tobulėja ir statybų sektorius statybų skaitmenizavime, BIM technologijų valdyme. Pasaulyje BIM taikymo metodai yra žinomi ir naudojami itin plačiai bei taikomi kur kas seniau nei Lietuvoje. Platus BIM metodų taikymas užsienio šalyse palengvina statybos darbų planavimą, vykdymą, sutaupo daug laiko. Kadangi miestai plečiasi statybos vyksta ypač sparčiai, todėl norint suvaldyti projektą, įvykdyti per tam tikrą laikotarpį ir uždirbti pelną būtina remtis naujausiomis technologijomis – BIM. Tad spartus statybos BIM technologijų taikymas užsienio šalyse yra pavyzdys kitoms šalims, ruošiančioms ir vykdančioms naujus projektus.

Jungtinė Karalystė

Jungtinė Karalystė šiuo metu yra parengusi vieną radikaliausių BIM strategijų, kuria siekiama sustiprinti Didžiosios Britanijos statybos dalyvių įvaizdį globaliai. Nuo 2016 metų organizacijos negali dalyvauti jokiuose vyriausybinuose projektuose, jeigu nėra pasiekusios BIM valdymo 2-ojo brandos lygio. Antroje BIM brandos stadijoje pagrindiniai uždaviniai yra techninio ir organizacinio lygio informacijos valdymas.

Remiantis 2018 m. nacionalinės ataskaitos duomenimis, nuo 2016 metų įsakymo šalyje 20% padaugėjo įsidiegusių BIM technologijas statybos pramonėje. Beveik $\frac{3}{4}$ šiuo metu naudoja BIM, pokytis per praėjusius metus yra 12 %. Tai yra didžiausias pokytis nuo 2014 metų.

Metinėje ataskaitoje buvo paskelbta statistika, jog BIM įsidiegė 80% įmonių (kuriose yra 16-50 darbuotojų), o 78% didesnėse organizacijose (51+ darbuotojų). Mažos įmonės (iki 15 darbuotojų) yra įvardijusios, kad BIM naudoja 2/3 įmonių. Taigi galima teigti, kad nauda pagrindžiama įvairaus dydžio organizacijose.

BIM naudojimo praktika neapsiriboja tik sudėtinguose projektuose, praktika paplitusi visur (Shimonti, 2018).

Statybos pramonė yra pagrindinis Jungtinės Karalystės ekonomikos žaidėjas ir ją reikia nuolat tobulinti. Bandydama tai padaryti, 2011 m. Jungtinės Karalystės vyriausybė iki 2016 m. visiems viešiesiems projektams suteikė 2 lygio pastatų informacijos modeliavimo (BIM) įpareigojimą. Integruotas projekto pristatymas (IPD) yra projekto vykdymo metodas, glaudžiai susijęs su BIM. Tačiau neatrodo, kad JK būtų sulaukęs proporcingo dėmesio. BIM ir IPD abipusio poveikio tyrimų yra nedaug ar jų nėra išvis Jungtinės Karalystės statybų kontekste. Straipsnyje aptariamas tyrimas, kurio metu buvo tiriama, kaip IPD gali palengvinti BIM diegimą Jungtinėje Karalystėje, tyrime naudojama mišri metodika, siekiant įvertinti pramonės ekspertų suvokimą apie BIM diegimo ir įsisavinimo kliūtis, kas sudaro IPD principus, remiantis tuo, kas rasta literatūroje. Tyrimo išvados

patvirtina hipotezę, kad IPD iš tiesų padeda įveikti bendradarbiavimo kliūtis, pagerina ankstyvą pagrindinių dalyvių įsitraukimą ir padidina pagrindinių suinteresuotųjų šalių pasitikėjimo lygį; taip padedant pašalinti kliūtis BIM diegimui. Tyrimas taip pat nustatė pagrindines kliūtis įgyvendinant IPD, kurias įveikus Jungtinė Karalystė gali pagerinti statybos efektyvumą, kalbant apie sąnaudas, laiką, efektyvumą ir produktyvumą, šalis naudodamas daugiašalę susitarimų struktūrą, palengvindamas BIM, stiprindamas šalių galimybes. išankstinis įsitraukimas ir bendradarbiavimas pagal jam būdingus BIM sutarčių principus. Išvados rodo, kad IPD gali palengvinti geresnį ir platesnį BIM pritaikymą Jungtinės Karalystės statybų pramonėje. (Piroozfar et al., 2019)

Norvegija

Norvegija buvo viena iš pirmųjų BIM taikytojų. Norvegijoje jau galioja viešojo sektoriaus BIM standartai ir reikalavimai. Ši šalis buvo „openBIM“ standartų kūrimo partneris ir bent dešimtmetį dirbo su 3D BIM dalimi prie viešųjų projektų. Šiaurės šalys taip pat daro pažangą kurdami Singapūro stiliaus sistemas, siekdami automatizuoti pastatų patvirtinimus ir leidimus statyboms (Shimonti, 2018).

Atsakant į klausimą, kodėl BIM naudojimas yra toks pažangus Norvegijoje, paprasčiausias paaiškinimas būtų nustatyti išorinius veiksnius, sukeliančius ypatingą reakciją rinkoje – tai, be kita ko, yra valdžios institucijų reikalavimai. Žemiau pateikiamos pagrindinės valstybinės organizacijos, kurios prisidėjo prie tokios padėties.

1. „Statsbygg“, Norvegijos viešosios statybos ir turto direktoratas, jau 2005 m. atliko bandomąjį projektą „HiTOS“, patikrindamas .IFC formato naudojimo galimybes. Siekdama suvienodinti BIM projektų reikalavimus, „Statsbygg“ 2008 m. išleido pirmąją norvegų „BIM manual“ 1.0 versiją. Dabartinė versija, paremta ankstesniu 2013 m. leidimu, vadinama SIMBA. Visas vadovas bus atnaujintas 2021 m. sausio mėn. pavadinimu SIMBA 2.0. Nuo 2010 m. Visuose „Statsbygg“ projektuose reikia naudoti atvirą .IFC formatą visam statybos ir eksploataavimo ciklui.
2. „Statens vegvesen“ (trumpai tariant, SVV, Norvegijos atitikmuo Generaliniam kelių ir greitkelių direktoratui) pradėjo kurti „V770“ duomenų modelio išvedimo vadovą (norvegiškai: „Modellgrunnlag“) dar 2010 m., o pirmoji versija buvo išleista 2012 m. (vadinamas „138 Modellgrunnlag“). Šiuo metu jie stengiasi peržiūrėti dabartinę versiją nuo 2015 m., kuri bus pritaikyta besikeičiančiai technologijai ir rinkai. Įvedus naują pataisą, reikės laikytis ten aprašytų metodų. Praktiškai tai reiškia, kad 3D modeliavimas su duomenų išvesties valdymu bus norma visuose būsimuose kelių projektuose. Kalbant

apie tiltą ir konstrukcijos konstrukciją infrastruktūroje, yra N400 vadovas, išleistas 2015 m. Jis leidžia kurti modelius, kartu nustatant konkrečius reikalavimus, pvz .:

- būtina naudoti atvirus BIM formatus;
 - modelio tikslumas turėtų būti bent jau toks pat tikslus kaip ir tradicinių brėžinių;
 - tyrimo duomenys paimti iš 3D modelio;
 - reikėtų padaryti kai kuriuos 2D brėžinius, įskaitant, be kita ko, struktūros brėžinį.
3. „Nye Veier“ (organizacija, atsakinga už ilgų greitkelių ruožų statybų priežiūrą, paprastai projektavimo ir statybos sistemoje) nuo pat įkūrimo 2015 m. Buvo įsitikinusi, kad visi būsimi projektai turėtų būti grindžiami BIM modeliu. Todėl jis surengė daug konferencijų rangovams ir dizaineriams, pristatydamas savo BIM technologijos naudojimo strategijas. Naujausiuose „projektavimo ir konstravimo“ projektuose Nye Veier reikalauja naudoti „BIM 3 lygį“, kur, be kita ko, visa informacija yra viename modelyje, o duomenys saugomi integruotuose serveriuose, atvirų failų standartuose.
4. „BaneNOR“ (Norvegijos valstybiniai geležinkeliai) yra palyginti konservatyvesnis, kai kalbama apie BIM technologijos naudojimą. Tačiau organizacija taip pat išvelgė BIM technologijos naudojimo pranašumus ir reikalauja, kad BIM modeliavimu pagrįsti metodai ir priemonės būtų naudojami planuojant, projektuojant ir statant visus geležinkelio infrastruktūros projektus. Savo ruožtu, ne taip seniai, 2019 m. Rudenį, jie pradėjo kurti naują standartą - KIM projektą, kurio tikslas buvo apibrėžti bendrus informacinio modeliavimo reikalavimus, t. pagrįstas BIM technologija. (Naborczyk, 2020)

Singapūras

Skatinama BCA (angl. Building and Construction Authority, toliau BCA) ir „Building SMART“ (liet. protinga statyba) organizacijos 2010 metais Singapūro vyriausybė parengė planą su tikslu 2015 metais BIM taikyti 80 % visų statybos įmonių veikloje.

Pastaraisiais metais Singapūro vyriausybė iniciavo siekį didinti statybos pramonės produktyvumą. Vienas iš strateginių veiksmų, skatinti taikyti BIM. Singapūre, viešojo sektoriaus subjektams tai yra reikalavimas, o nuo 2015 metų statiniams > 5000 m² BIM taikymas yra privalomas visiems naujiems statiniams.

BCA pateikė dar vieną veiksmų planą, kurio tikslas nauja mokymo programa, skirta sukurti mokymąsi patirtimi. Pagrindinis dėmesys jau skiriamas pastatų valdymui ir išmaniesiems miestams (Shimonti, 2018).

Užsienio šalių praktika išmanioje statyboje, taikant BIM metodologiją yra pavyzdys kitoms šalims, kurios dar tik bando ar atlieka pirmuosius žingsnius projektuose, taikant statinio informacinio modeliavimo programines įrangas. Sukurta ir išbandyta kitų šalių tvarka bei standartai padeda greičiau ir veiksmingiau įsilieti į efektyvų BIM taikymą statybų projektuose.

1.6.5. BIM programinės įrangos

BIM programinės įrangos yra skirtos įvairiems projekto dalyviams, pradedant nuo projekto pradžios, kai užsakovas duoda užduotį architektams, projektuotojams, toliau jau projekto vykdymo metu rangovui – projektų vadovams, iki užbaigiant projektą ir perleidžiant garantinei priežiūrai.

3 lentelė. Dažniausiai statybos dalyvių skirtingų projekto etapų naudojamos programinės įrangos (Skaitmeninė statyba, 2017)

Architektai	Konstruktoriai/pr jektuotojai	Inžinieriai	Statybų/projektų vadovai	Garantinė priežiūra
„Lumion“;	„Autodesk Autocad“;	„Dds-cad Electrical“;	„Autodesk BIM 360“;	„Solibri“;
„Ies ve“;	„Autodesk Revit“;	„Dds-cad Mechanical and Plumbing“;	„Trimble connect“;	„Granlund Manager“;
„Autodesk Revit“;	„Tekla Structures“;	„Ies ve“;	„Solibri“;	„Marval Msm“;
„Allplan Architecture“;	„Tekla Structural designer“;	„Allplan Engineering“;	„Simplebim“;	„Scada“;
„Bricscad“;	„Tekla Model Sharing“;	„Solidworks“;	„BIMcollab“;	„Bexel Manager“.
„Bricscad“;	„Tekla Tedds“;	„Cadmatic“;	„Lod Planner“;	
„Elitecad“;	„Idea Statica BIM“;	„iTWO“.	„Allplan Bimplus“;	
„Graphisoft Archicad“.	„Idea Statica etail“;		„Dalux“;	
	„Idea Statica Steel“;		„Vico office“;	
	„IDEA Statica Prestressing“;		„Bexel Manager“;	
	„Dlubal RFEM“;		„iTWO“.	
	„Solidworks“;			
	„Geo5“;			
	„ProtaStructure“.			

Magistro darbe yra detalizuojamas rangos darbų etapas, todėl detaliau nagrinėti pasirenkamos rangos projektų vadovams bei inžinieriams skirtos programos – „iTWO“; „Bexel Manager“ ir „Vico office“.

1.6.6. Programinės įrangos paketų funkcijos ir kriterijai, naudojami jų palyginimui

Daug metų programinės įrangos, skirtos projektų valdymui itin padeda žmonėms planuoti, organizuoti užduotis, nusistatyti prioritetus. Gausi programų įrankių visuma paspartina darbo veiklą, tik reikia tinkamai mokėti pasirinkti, kurie įrankiai naudingi, tai priklauso nuo to, kokiam tikslui planuojama taikyti programinę įrangą.

Moksliniuose straipsniuose ir publikacijose, informacijos projekto valdymo tema yra daug. Nagrinėjant publikacijas parenkami kriterijai, pagal kuriuos galima išnagrinėti programinės įrangos privalumus ir trūkumus.

Vienas svarbiausių dalykų renkantis savo verslo projektų valdymo programinę įrangą – funkcijos. Toliau pateikiama keletas svarbių savybių, kurių nereikia išsamiai aprašyti:

- 1) **bendradarbiavimas realiuoju laiku:** šių dienų komandos yra itin didelės, o projektai yra vis sudėtingesni. Tai tampa prioritetu turėti projekto valdymo programą, leidžiančią komandos nariams susiburti į vieną platformą ir realiu laiku aptarti užduotis;
- 2) **failų valdymas ir bendrinimas dokumentais:** reikia ieškoti įrankio, kuris veiktų kaip efektyvi failų bendrinimo sistema ir veiktų kaip centrinė vieta visiems svarbiems failams laikyti, tvarkyti ir dalytis, kad būtų galima lengvai bendradarbiauti;
- 3) **laiko stebėjimas:** palyginkite projekto valdymo programą ir pasirinkite, kuri leis jums maksimaliai išnaudoti laiką. Be to, tai turėtų padėti nustatyti laiko įvertinimus, stebėti užduotims sugaištą laiką ir išsaugoti kiekvienos darbe praleistos minutės įrašą;
- 4) **ataskaitos:** projekto ataskaitų teikimo programinė įrangą, skirta aiškiai suprasti, kaip viskas vyksta ir kaip naudojami ištekliai, kad būtų galima atsikratyti rizikos ir neefektyvumo vykdant projektą;
- 5) **darbo eigos ir lentos:** darbo eigos ir lentos reiškia supaprastintą užduočių valdymo procesą, kai kiekviena projekto užduotis eina etapais, ir užtikrina geresnį užduočių matomumą. Tai taip pat suteikia daugiau lankstumo darbe;
- 6) **trečiųjų šalių integracija:** reikėtų įsitikinti, kad projekto valdymo įrankis lengvai integruojamas su kitais populiariais įrankiais. Šiais laikais prie kiekvieno kokybiško projekto valdymo įrankio pridedama daugybė trečiųjų šalių integracijų, tokių kaip „Google“ diskas, „Pocket“, „Box“, „Evernote“ ir daug daugiau („ProofHub“, 2021).

Projekto valdymas yra plati sritis, kuri apima daug skirtingų metodų ir aplinkų. Straipsnyje („The digital project manager“, 2021) nagrinėjamos programos buvo lyginamos pagal tokius kriterijus:

- 1) kaina;
- 2) išteklių ir projektų valdymo funkcijos;
- 3) laiko stebėjimo funkcijos;
- 4) užduočių valdymo funkcijos;
- 5) bendradarbiavimo funkcijos;
- 6) ataskaitų teikimo funkcijos;
- 7) projektų valdymo programų integracija.

Nors lyginamos profesinės sritys nesusijusios, bet projektų valdymo programinių įrangų lyginimų kriterijai yra tokie patys, būtent remiantis išvardintais kriterijais galima pasirinkti tinkamiausią programinę įrangą.

Kad būtų galima lyginti būtent statybos projektų valdymo programines įrangas ir jos būtų siejamos su BIM, 4 lentelėje pateikiama daugiau šaltinių, kuriuose išryškėja programų palyginimų kriterijai.

4 lentelė. Projektų valdymo programinės įrangos palyginimų kriterijai šaltiniuose

Šaltinis	Kas buvo lyginama? (kokie programinės įrangos paketai)	Ar programos susijusios su BIM? (Taip/Ne)	Kokie palyginimo kriterijai buvo taikyti
Cicibas et al, 2010	„Assambla“, „BaseCamp“, „DotProject“, „GanttProject“, „LiquidPlanner“, „Artemis View“, „Open Workbench“, „Open Proj“, „Primavera“, „Ms Project“.	Ne	Užduočių planavimas; resursų valdymas; bendradarbiavimas; laiko planavimas; įvertinimas (sąmata); rizikos vertinimas; pokyčių valdymas; projekto ataskaita; dokumentų valdymas; komunikacijos priemonės; aplankų valdymas; prieigos kontrolė; kokybės valdymas; atviras šaltinis/licencija; problemų stebėjimas.
„PCMag“, 2020	„LiquidPlanner“, „Teamwork“, „Zoho Projects“, „Celoxis“,	Ne	Kaina naudotojui per mėnesį; saugykla įtraukta už nurodytą kainą; nemokama versija;

	„GanttPro“, „ProofHub“, „Redmine“, „Smartsheet“, „TeamGantt“, „Wrike“.		saugojimo vietos nemokamoms paskyroms; galimas projektų skaičius nemokamai paskyrai; užduočių įvykdymo procentas; laiko įvertinimai; žymėjimo įrankiai; išteklų valdymas; biudžeto sudarymas; atsiskaitymas ir sąskaitų faktūrų išrašymas; svečio prieiga.
Santos, 2021	„Jira“, „Buildertrend“, „WorkflowMax“, „BuildTools“, „Caspio“, „Knack“, „Procore“.	Taip	Užduočių valdymas; komandos bendradarbiavimas (CDE); elektroninio pašto integravimas; dokumentų valdymas; mobilioji programos versija; ataskaitos; planavimas; laiko planavimas; pirkimo svarstymai mažoms įmonėms; vartotojų skaičius; vizualizacijos; laiko sekimas.
Venugalop, 2021	„Asana“, „Basecamp“, „ProProfs Project“, „Airtable“, „Teamwork“, „Projects“, „Hive“, „Smartsheet“, „Clarizen“, „Quire“.	Ne	Kaina; kodėl vartotojams patinka; biudžeto valdymas; laiko sekimas; sąskaitų faktūrų išrašymas; planavimas; nemokama versija.
Kennedy, 2020	„Airtable“, „Asana“, „Basecamp“, „ClickUp“, „Jira“, „MeisterTask“, „Podio“, „Quire“, „Teamwork“, „Wrike“.	Ne	Užduočių valdymas; bendradarbiavimas; ataskaitų teikimas / projekto stebėjimas; projekto planavimas; laiko sekimas; resursų valdymas; dalijimasis failais; diagramų sudarymas.
Wimmer, 2021	„Stackfield“, „Asana“, „Trello“, „Basecamp“, „MS Project“.	Taip	Pritaikomumas; naudotojų draugiškumas; pagalba; duomenų saugumas; funkcionalumas; užduočių valdymas; bendravimas; dokumentų ir bylų tvarkymas.

Instagantt, 2021	„Instagantt“, „TeamGantt“, „Asana“, „Click Up“, „Wrike“, „Smartsheet“, „Trello“, „Monday“, „ProofHub“, „Teamwork“.	Ne	Viešos momentinių nuotraukų dalijimosi parinktys, laiko juostos, keli projektai ir darbo vietos; kritinis kelias; komandos bendradarbiavimo galimybės; užduoties paskyrimas; analizės funkcijos (numatomos ir faktinės išlaidos); pasirinktinis rodinys ir pasirinktiniai laukai; įvairios duomenų eksportavimo galimybės: „Excel“, vaizdas ir PDF; resursų valdymas; dokumentų valdymas; portfelio valdymas; keli matomi vaizdai; komentavimo skiltis; aplankų hierarchija; komandos bendradarbiavimo galimybės.
Aston, 2021	„AutoCAD“, „Navisworks“, „SketchUp“, „Vectorworks“, „Architecture“, „Autodesk Revit“, „Autodesk BIM 360“, „Allplan“, „Tekla BIMsight“, „Trimble Connect“, „DataCAD“.	Taip	Architektūrinis modeliavimas; darbo eigos procesų valdymas; turinio ir dokumentų saugojimas; duomenų valdymas ir analizė; finansai ir apskaita; bendradarbiavimas.
Sirk, 2020	„Wrike“, „LiquidPlanner“, „Trello“, „Asana“, „Monday“, „Zoho Projects“, „Zenkit“, „Basecamp“, „Breeze“, „Redbooth“, „Jira“, „Podio“.	Ne	Bendradarbiavimas; planavimas; projektų portfelio valdymas; dokumentų valdymas; resursų valdymas.
Sun et al, 2015	„Nibs“, „Gsa“, „Harness“, „Autodesk“, „Tekla“.	Taip	Statinių modelio analizė; vizualizacijos; avarijos aptikimas (sistemų vizualinis tikrinimas visuose statybų etapuose); laiko ir sąnaudų valdymas; žaliasis pastatas (pastatų informacijos perkėlimas į kitas programines įrangas); komunikacijos gerinimas;

			koordinavimas; bendradarbiavimas; pastatų valdymas (BIM naudojimas erdvės valdymui ir priežiūrai).
--	--	--	---

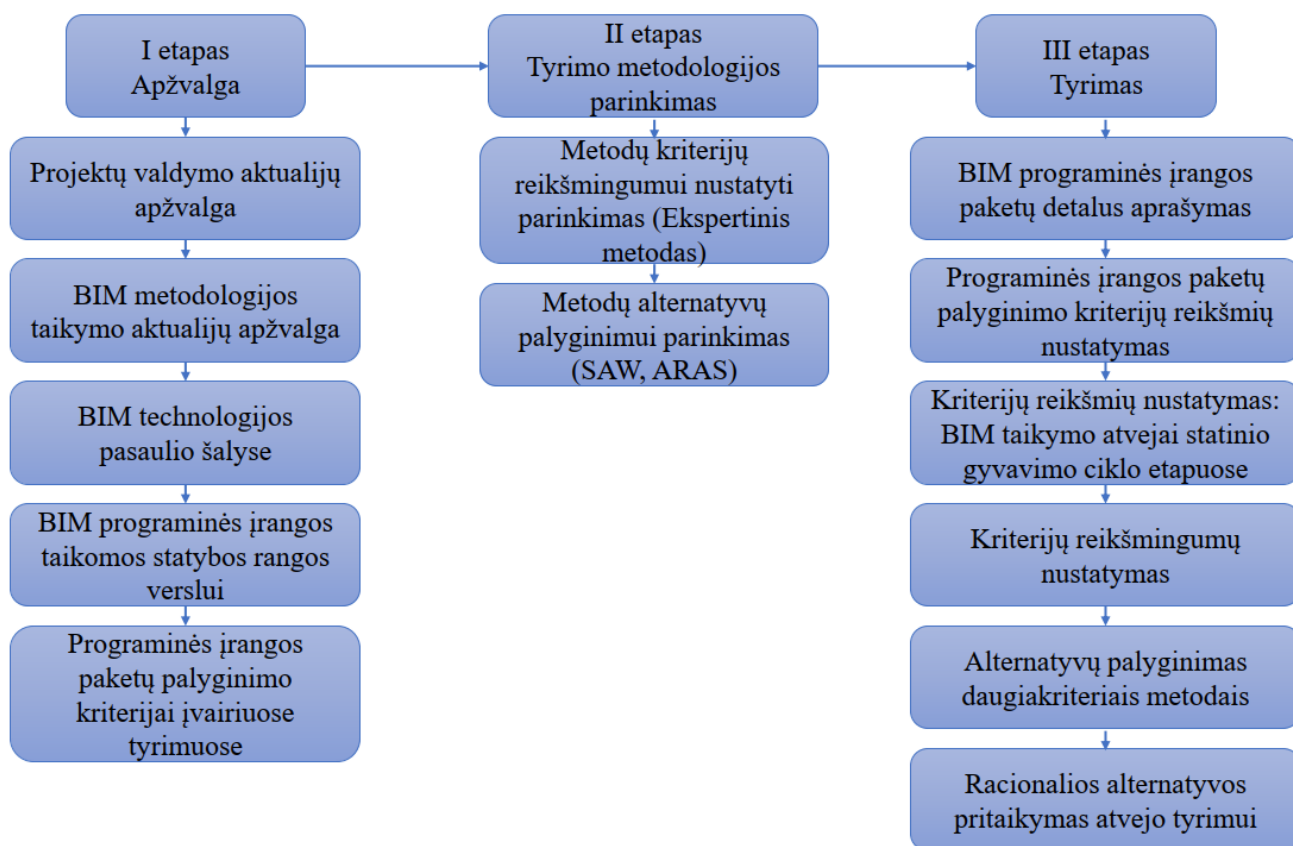
2. TYRIMO METODOLOGIJA

Tyrimo tikslas išanalizuoti programines įrangas, kurios taikomos statybos rangos versle dinaminiam projektų valdymui ir nustatyti, kuri yra efektyvi. Tiriamojoje dalyje buvo pasirinktos trys BIM programinės įrangos, kurios plačiai taikomos visame pasaulyje ir programinėms įrangoms analizuoti parinkti kriterijai, kurie nustatyti apžvelgus mokslinius straipsnius. Pritaikius metodus alternatyvoms palyginti, gauti rezultatai pagal kuriuos nustatoma racionali alternatyva – BIM programinė įranga.

Tikslesniam BIM programinės įrangos pažinimui ir supratimui, kaip projektas valdomas dinaminio būdu, racionali alternatyva pritaikoma atvejo tyrimui.

Igyvendinus tyrimų planą, aptariami gauti rezultatai ir parengiamos išvados.

2.1. Tyrimo modelis



3 pav. Tyrimo modelis

2.2. Tyrimo metodai

Šiame skyriuje aprašomi baigiamajame darbe taikyti tyrimų metodai.

Informacijai gauti buvo analizuojami ir renkami duomenys iš mokslinių straipsnių, tyrimų ir kitų šaltinių. Atrinktai informacijai analizuoti taikomi kokybiniai ir kiekybiniai metodai.

Pirmiausiai pagal šaltiniuose surinktą informaciją atliekamas programų vertinimo duomenų palyginimas pagal parinktus kriterijus. Kriterijai parinkti išnagrinėjus įvairius mokslinius straipsnius ir kitus šaltinius, kur lyginamos projektų valdymui skirtos programinės įrangos. Tiksliam kriterijų reikšmių nustatymui taikyta BIM atvejų statinio gyvavimo ciklo etapuose analizė, nustatytas kiekvienos programinės įrangos galimas taikymas.

Siekiant įvertinti kriterijų svarbą atliktas taikomasis tyrimas – ekspertinis vertinimas apklausiant statybų rangos verslo specialistus. Tyrimui paruošta apklausos forma ir siekiant išsaugoti asmenų konfidencialumą parengtas elektroninis klausimynas, kad ekspertai duomenys pateiktų anoniminiu būdu. Gavus apklausos rezultatus atliekamas kriterijų reikšmingumų nustatymas.

Kriterijų reikšmingumų skaičiavimo principas paaiškintas žemiau.

1 kriterijus – Licencijos laikotarpis:

Licencijos laikotarpis			
Visiškai nesvarbu (1)	1		4.8%
Nesvarbu (2)	0		0%
Nei svarbu, nei nesvarbu (3)	6		28.6%
Svarbu (4)	7		33.3%
Labai svarbu (5)	7		33.3%

4 pav. Skaičiavimas reikalingi rezultatai

Kiekvienam kriterijui balai nuo 1 iki 5 yra padauginami iš gauto įverčio, procentus paverčiant vieneto dalimis.

Skaičiavimai:

$$1 \times 0,048 = 0,048;$$

$$2 \times 0,00 = 0,00;$$

$$3 \times 0,286 = 0,858;$$

$$4 \times 0,333 = 1,332;$$

$$5 \times 0,333 = 1,665.$$

Gauti skaičiai sudedami ir gauta suma yra agreguotas kriterijaus reikšmingumo balas.

Agreguotas kriterijaus reikšmingumo balas: $0,048 + 0,00 + 0,858 + 1,332 + 1,665 = 3,903$.

Taikant šį principą buvo apskaičiuoti kitų kriterijų agreguoti reikšmingumų balai. Gauti agreguoti reikšmingumų balai perskaičiuojami taip, kad jų suma būtų lygi 1:

$$\sum q = 1, \quad (1)$$

Reikšmingumai nustatomi pagal šią formulę:

$$q_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^j r_i}. \quad (2)$$

Kur r_i yra i – ojo kriterijaus reikšmingumo balas, q_i yra i – ojo kriterijaus reikšmingumas, j – kriterijų skaičius.

Ekspertinio vertinimo rezultatai naudojami lyginant alternatyvas taikant daugiakriterės (angl. Multiple Criteria Decision Making, toliau – MCDM) analizės metodus.

Daugiakriterių metodų tikslas – nustatyti racionalią iš lyginamų alternatyvų arba suteikti joms rangus pagal svarbumą vertinimo tikslo atžvilgiu. Šie metodai skirstomi į dvi grupes: daugiakriterius sprendimo priėmimo metodus, pagrįstus kokybiniais matavimais (angl. Multi-Objective Decision Making, toliau – MODM), ir daugiakriterius sprendimų priėmimo metodus, pagrįstus kiekybiniais matavimais (angl. Multi-Attribute Decision Making, toliau MADM) (Zavadskas, Turskis 2011).

Magistro darbe integruojami kokybiniai ir kiekybiniai metodai. Pradiniai duomenys alternatyvų palyginimui pagrįsti alternatyvių programų funkcinio turinio analize, t.y. kokybinė analizė (kai žodžiu vertinamas programų funkcijos pagal iš anksto parinktus kriterijus), tačiau alternatyvos vertinamos taikant daugelį kriterijų ir atskirų kriterijų analizės rezultatai (vėliau naudojami kaip pradiniai duomenys alternatyvų palyginimui) išreiškiami skaičiais. Todėl reikia taikyti metodus, kurie priklauso MADM metodų grupei.

Pasirinkta taikyti SAW (angl. Simple Additive Weighting, toliau SAW) ir ARAS (angl. An Additive Ratio Assessment Method, toliau ARAS) metodus, nes tai daugiakriterių sprendimų priėmimo metodai, pagrįsti kiekybiniais matavimais.

SAW metodo pagrindas yra kriterijų reikšmių ir reikšmingumo sandaugų suma (Antuchevičienė et al., 2015; Tupėnaitė et al., 2010). Įvesties duomenys – sprendimo matrica ir kriterijų reikšmingumo reikšmės. SAW metodą aprašė MacCrimon (1968). Skaičiavimo eiga:

Normalizuojama sprendimo matrica. Visi sprendimo matricos nariai, kuriuos reikia maksimizuoti, normalizuojami pagal formulę:

$$\overline{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{max}}, \quad (3)$$

o tie, kuriuos reikia minimizuoti – pagal formulę:

$$\overline{x}_{ij} = \frac{x_j^{min}}{x_{ij}}, \quad (4)$$

Nustatant varianto racionalumą, atitinkami normalizuotos matricos nariai dauginami iš efektyvumo kriterijų reikšmingumo įverčių ir gautos sandaugos sumuojamos. Racionalaus varianto sandaugų suma bus maksimali:

$$A = \left\{ A_i \mid \max_i \sum_{j=1}^n w_j^* \overline{x}_{ij} \right\}. \quad (5)$$

ARAS metodas remiasi argumentu, kad reiškinius sudėtingame pasaulyje galima būtų suprasti naudojant paprastus santykinis palyginimus. Teigiama, kad nagrinėjamos alternatyvos svertinių normalizuotų kriterijų večių sumos santykis su optimalios alternatyvos svertinių normalizuotų kriterijų večių suma, yra optimalumo, kuri pasiekia palyginimoji alternatyva, laipsnis.

Tipinė sprendimo priėmimo problema yra susijusi su baigtinio skaičiaus sprendimo alternatyvų rangavimo užduotimi, kurių kiekviena yra aiškiai aprašyta pagal sprendimo kriterijus, į kuriuos turi būti atsižvelgiama sprendžiant uždavinį. Pagal ARAS metodą nustatant galimos alternatyvos kompleksinį santykinį efektyvumą, naudingumo funkcijos reikšmė yra tiesiogiai proporcinga santykiniam pagrindinių kriterijų reikšmių ir reikšmingumų poveikiui galutiniam rezultatui.

Pirmasis etapas yra sprendimų priėmimo matricos DMM (angl. Decision – Making Matrix, toliau DMM) sudarymas, kurią sudaro m įgyvendinamų alternatyvų (eilutėse) vertinamu pagal n kriterijų (stulpeliuose):

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \cdots & x_{0j} & \cdots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}; \quad i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

kur m – alternatyvų skaičius; n – kriterijų, aprašančių kiekvieną alternatyvą, skaičius; x_{ij} – i alternatyvos j kriterijaus vertė, x_{0j} – optimali j kriterijaus vertė.

Jeigu optimali j kriterijus vertė yra nežinoma, tuomet:

$$\begin{aligned} x_{0j} &= \max_i x_{ij}, & \text{if } \max_i x_{ij} \text{ is preferable, and} \\ x_{0j} &= \min_i x_{ij}^*, & \text{if } \min_i x_{ij}^* \text{ is preferable.} \end{aligned} \quad (7)$$

Paprastai kriterijų vertės x_{ij} ir kriterijų svoriai w_j yra įvesties duomenys. Kriterijų sistemą, taip pat jų vertės ir pradiniai svoriai nustatomi ekspertų. Informacija gali būti suinteresuotu šaliu pataisyta atsižvelgiant į jų tikslus ir galimybes.

Tada alternatyvų prioritetų nustatymas yra atliekamas keliais etapais.

Paprastai kriterijai turi skirtingus mato vienetus. Kito etapo tikslas yra gauti bemates svertinės kriterijų vertės. Tam taikomas santykis su optimalia verte. Normalizuotos kriterijų vertės kinta intervale $[0; 1]$.

Antrajame etape kriterijų pradinės normalizuotos reikšmės $\bar{x}_{ij}$ surašomi į sprendimų priėmimo matricą $\bar{X}$:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \cdots & \bar{x}_{0j} & \cdots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{i1} & \cdots & \bar{x}_{ij} & \cdots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \cdots & \bar{x}_{mj} & \cdots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}; \quad i = \overline{0, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Kriterijai, kurių optimalios vertės yra maksimalios, normalizuojami taip:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}. \quad (9)$$

Kriterijai, kurių optimalios vertės yra minimalios, normalizuojami dviem etapais:

$$\begin{aligned} x_{ij} &= \frac{1}{x_{ij}^*}; \\ \bar{x}_{ij} &= \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Kai turime kriterijų bedimensius dydžius, galima atlikti variantų palyginimą.

Sekantis etapas – normalizuotos pasvertos matricos nustatymas $\hat{X}$. Svių vertės kinta intervale $0 < w_j < 1$. Tik pagrįsti kriterijų svoriai gali būti naudojami palyginimo metu, nes įtakoja galutinį rezultatą. Kriterijų svoriai nustatomi apklausiant ekspertus. Svių w_j suma turi būti lygi vienetui:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1. \quad (11)$$

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \cdots & \hat{x}_{0j} & \cdots & \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{i1} & \cdots & \hat{x}_{ij} & \cdots & \hat{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \cdots & \hat{x}_{mj} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix}; \quad i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}. \quad (12)$$

Normalizuotos pasvertos kriterijų reikšmės skaičiuojamos pagal formulę:

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} w_j; \quad i = \overline{0, m}, \quad (13)$$

kur w_j - j kriterijaus svoris (svarba) ir $\bar{x}_{ij}$ j kriterijaus normalizuota vertė.

Sekanti užduotis – optimalumo funkcijos verčių nustatymas:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}; \quad i = \overline{0, m}, \quad (14)$$

kur S_i - i alternatyvos optimalumo funkcijos vertė.

Didžiausia gauta reikšmė – geriausia ir mažiausia gauta reikšmė – blogiausia. Optimalumo funkcija S_i tiesiogiai ir proporcingai susijusi su kriterijų reikšmėmis x_{ij} ir reikšmingumais w_j (svarbomis) ir jų tiesioginė įtaka galutiniam variantui. Todėl, kuo didesnė optimalumo funkcijos S_i vertė, tuo didesnis alternatyvos efektyvumas. Alternatyvų prioritetų eilutė sudaroma pagal optimalumo funkcijų vertes. Daroma išvada, kad šis metodas tinkamas įvertinti ir suranguoti sprendimo alternatyvas.

Alternatyvos naudingumo laipsnis K_i nustatomas lyginant analizuojamą variantą S_i su „idealiuoju“ S_0 .

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}; \quad i = \overline{0, m}, \quad (15)$$

kur S_i ir S_0 optimalumo kriterijų vertės nustatytos pagal 9 formulę.

Nustatytos K_i vertės kinta intervale $[0, 1]$ ir gali būti surašytos didėjančia tvarka pagal prioritetą. Kompleksinis santykinis galimos alternatyvos efektyvumas gali būti nustatytas pagal naudingumo funkcijos vertes. (Zavadskas ir Turskis, 2010).

Detaliau analizuojant kaip realiuose statybos projektuose taikomos programinės įrangos atliekamas vienos iš nagrinėtų alternatyvų pritaikymas atvejo tyrimui. Konkrečiam projektui paaiškinami programos naudojimo procesai, kaip juos galima automatizuoti ir kokios sąsajos tarp projekto valdymo darbų.

3. TIRIAMOJI DALIS

3.1. Programinės įrangos

3.1.1. „iTWO“ programinė įranga

„iTWO“ – tai galinga 4D/5D BIM technologinė platforma, kuri skirta valdyti statybos procesus ir jų kaštus dirbant komandinėje BIM modeliu grįstoje aplinkoje.

„iTWO“ taikymo etapai:

- 3D modelių tikrinimas;
- papildomų informacinių parametrų sukūrimas;
- kiekių ir sąmatų skaičiavimas;
- laiko grafiko ir planuojamų darbų susiejimas;
- statybos sąnaudų kontrolės struktūros sukūrimas.

Planavimo etapas.

Planavimo etape parengiamas kompleksinis 5D modelis (3D BIM, laiko grafikas, sąnaudų kontrolė), toliau perduodamas statybvietai.

Visa reikiama projekto informacija sujungta vienoje aplinkoje – darbų kiekių ir sąnaudų žiniaraščiai susieti su laiko grafiku. Darbų kiekiai ir laiko sąnaudos sekami ir fiksuojami elementų lygmenyje kiekvieną mėnesį.

Planavimo etape parengtas 5D modelio informacijos vientisumas užtikrina sklandų perėjimą į statybos darbų vykdymo etapą, taip sumažinant klaidų tikimybę ir nepadarant aktualios informacijos.

Statybos etapas.

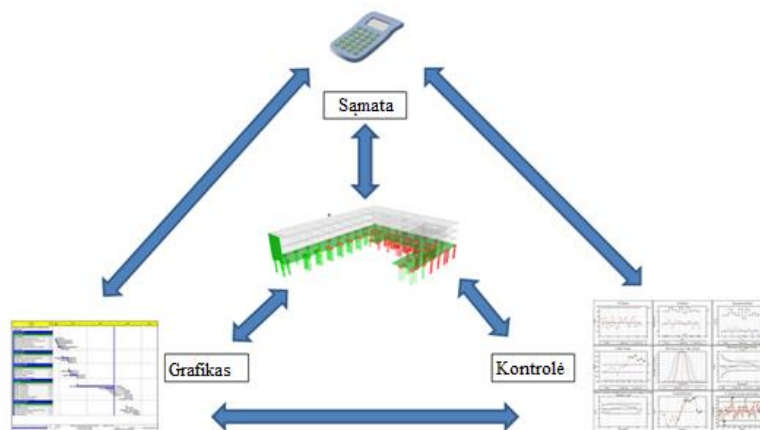
Statybos darbų vykdymo etape 3D modeliai ir laiko grafikas atnaujinami nuolat, taip pat 3D modeliai panaudojami tikslinant vykdomų darbų kiekius. Trimačiai modeliai nuolat atnaujinami ir įkeliami į „Itwo“ programą, kuri prieinama projekto vykdytojui ir generaliniam rangovui.

Naudojama programinė įranga su kuriomis integruota „iTWO“:

- Architektūrinei daliai – „Autodesk Revit“;
- Statybai – „Tekla“.

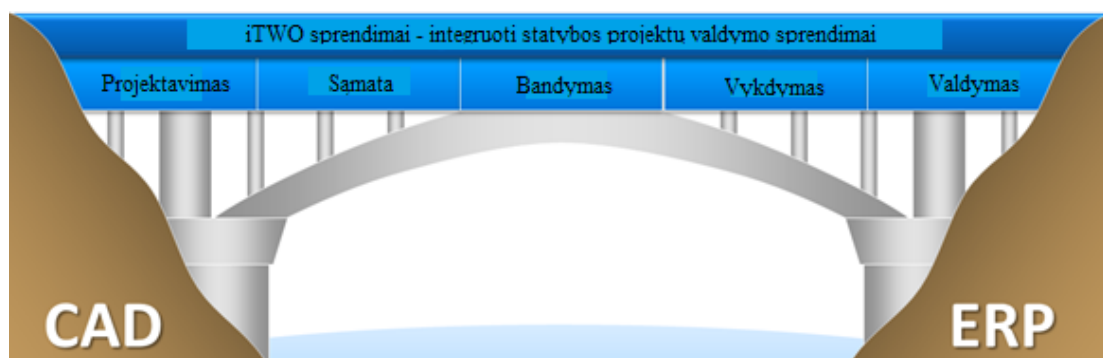
„Rib iTWO“ yra statybos pramonei skirtas daugiakomponentis, daugiafunkcis, integruotas išlaidų valdymo programinės įrangos sprendimas.

„iTWO“ apima dalį CAD sistemos ir įmonių apskaitos sistemų, leidžiantis pilnai apskaičiuoti ir kontroliuoti išlaidas. Sprendimo centre yra statybos projekto vizualizacija. Vizualizacija suteikia efektyvius duomenų integralumo, komandinio darbo, statybos darbų eigos, išteklių naudojimo ir kontrolės pradinių taškų įrodymus.



5 pav. „iTWO“ veikimo principas

Gero projekto rezultato galima pasiekti integruotame sprendime be brangaus, nepatikimo ir laiką užimančio duomenų perdavimo. Analizės laikas yra ženkliai pagreitintas, ypač atliekant automatizuotus statybos darbų apimčių skaičiavimus iš BIM modelio. Neplanuotų pokyčių ir netikslios valdymo informacijos galimybė yra sumažinta, dėl to sutrumpėja projekto trukmė, sumažėja išlaidos ir laikas. BIM procesas ir virtualus statybos procesas prieš fizinį, leidžia projekto komandai optimizuoti statybos procesą ir sumažina nuostolius. Kontroliuojamoje aplinkoje gali būti aptinkama daugiau netikslumų ar klaidų, dėl šios priežasties suvartojama mažiau energijos ir pagerėja projekto kokybė.

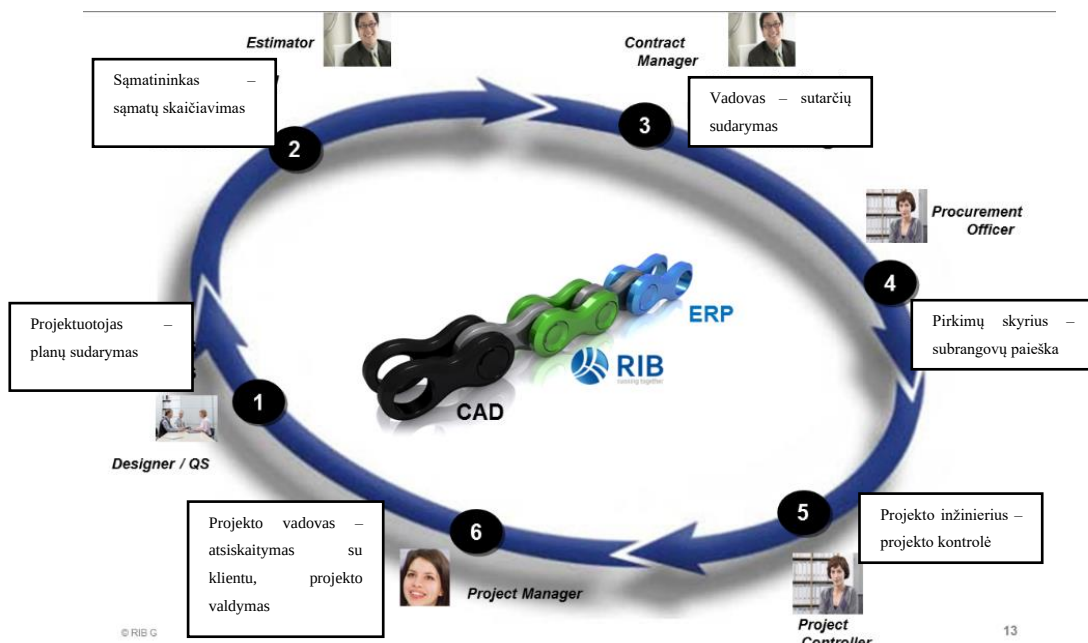


6 pav. „iTWO“ sprendimai

Pagal „iTWO“ programą darbų eigą sudaro 6 etapai:

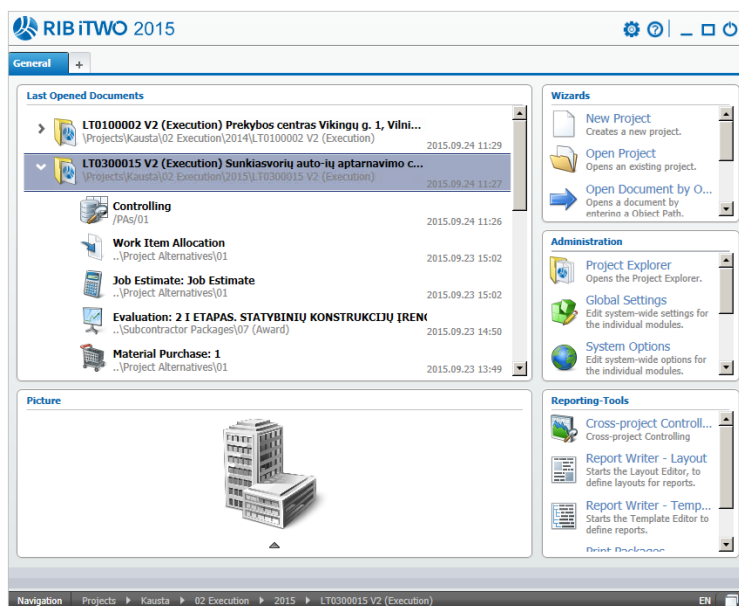
- 1) projektuotojai peržiūri 3D modelyje esančius planus;
- 2) sąmatininkas paruošia biudžetą, suveda darbų kiekius ir įkainius;
- 3) projekto vadovas veda derybas;

- 4) subrangos procesas – tai vykdoma subrangovų paieška pagal planuojamus darbus, suvedami subrangovų paketai;
- 5) suvedama sąmata su projekto grafiku, analizuojama situacija;
- 6) projekto vadovas vykdo atliktų darbų aktavimą – atsiskaitymas su subrangovais už atliktus darbus.



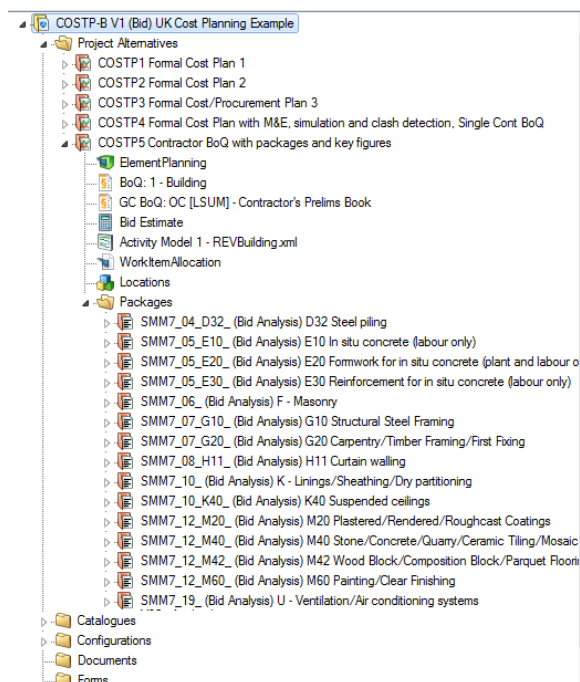
7 pav. „i2WO“ darbų eigos paskirstymas ir atsakingi asmenys (adaptuota pagal YIT Lietuva, 2020)

Programos darbalaukyje matomi aktualūs pasirinkti projektai, taip galima sukurti naujus projektus ar atsidaryti nenaudojamus projektus, surandant juos per paiešką.



8 pav. „i2WO“ programos darbalaukis (YIT Lietuva, 2020)

Pasirinkus objektą matomas tipiškas projektas, kuriame laikomi dokumentai:



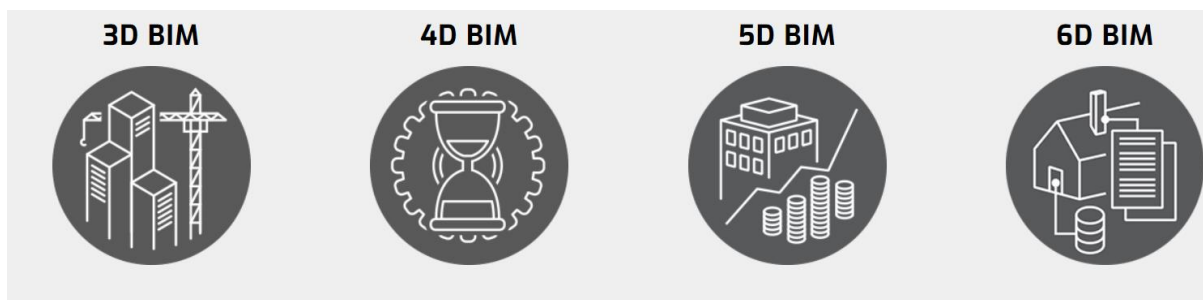
9 pav. „iTWO“ tipinio projekto dokumentų paketas (YIT Lietuva, 2020)

- projekto alternatyvos (angl. Project Alternatives) aplankas, kuriame yra viena ar daugiau projekto alternatyvų ar pasirinkimų;
- aplankas katalogai (angl. Catalogs), kuriame yra pagrindinių projekto skaičiavimų ir išlaidų kontrolės duomenų kopija;
- aplankus galima matyti, jei yra gautas sistemos leidimas;
- vienas ar daugiau darbų kiekių žiniaraščių (angl. BoQ), kuriuose yra darbo aprašymai, darbų apimtys ir įkainiai;
- elementų planavimo (angl. Element Planning) dokumentas, kur yra atliktas 3D skaičiavimas;
- sąmatos (angl. Estimate) dokumentas, kur iš išteklių kuriami įkainiai;
- veiklos modelis (angl. Activity Model), kuriame yra laiku pagrįstas grafikas;
- vietos, kurios yra savaime aiškos (YIT Lietuva, 2020).

3.1.2. „Bexel manager“

„Bexel manager“ – tai BIM valdymo programinė įranga, kurioje visa analizė yra integruota į vieną modelį ir vieną sprendimą.

„Bexel Manager“ sukūrė „Bexel Consulting“ ir remiasi pažangiomis technologijomis, skirtomis užtikrinti, kad projektas vyktų sklandžiai ir greitai.

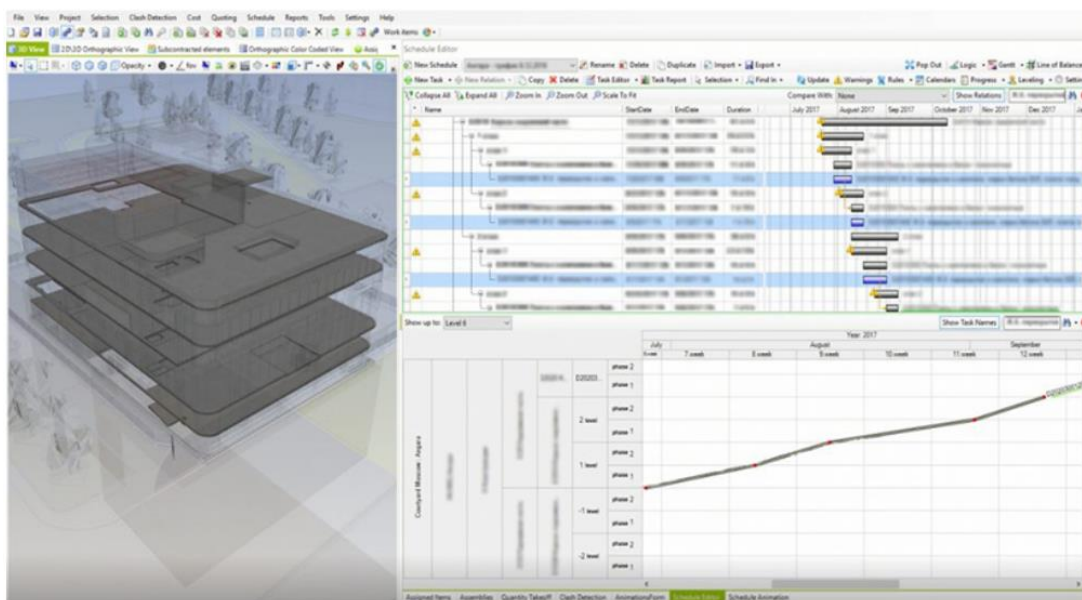


10 pav. „Bexel manager“ modelių dimensijos (Bexel manager, 2020)

- **3D BIM:**
 - projekto modelio kokybės ir susikirtimų kontrolė;
 - kiekių skaičiavimai;
 - konkursinių pasiūlymų ruošimas;
 - projekto pakeitimų kontrolė;
 - projekto vizualizacija ir animacija.
- **4D BIM:**
 - grafikų kontrolė ir planavimas;
 - statybų eigos simuliacija;
 - grafikų optimizavimas;
 - 4D progreso sekimas;
 - planuota VS. Realioji situacija.
- **5D BIM:**
 - išlaidų įvertinimas ir biudžetavimas;
 - 5D projekto planavimas;
 - 5D progreso sekimas;
 - automatinis ataskaitų kūrimas.
- **6D ir 7D:**
 - As-built BIM modelis ir išmani projekto dokumentacijos integracija;
 - pastatų valdymo bei įrangos priežiūros darbų planavimas;
 - efektyvus turto valdymas.

4D BIM

4D BIM – išmani 3D modelio elementų sąjasa su laiku. Skaitmeniniame – informaciniame modelyje įvedama papildoma dimensija – laikas. Kaip ir 3D BIM, laiko parametrų papildymas modelyje suteikia daug tiek apčiuopiamos, tiek ir nematerialios naudos.



11 pav. „Bexel manager“ sąmata sujungta su grafiku (Bexel manager, 2020)

Planavimas

Priskiriant laiko parametrus statinio elementams, jau ankstyvajame projekto įgyvendinimo etape sukuriami vizuali ir išsami projekto įgyvendinimo simuliacija. Taip sukuriamas statybos valdymo procesas, kai projekto komanda visada yra bent vienu žingsniu priekyje – išvengiama planavimo klaidų bei iš anksto pasiruošiama galimai rizikai.

Simuliacija

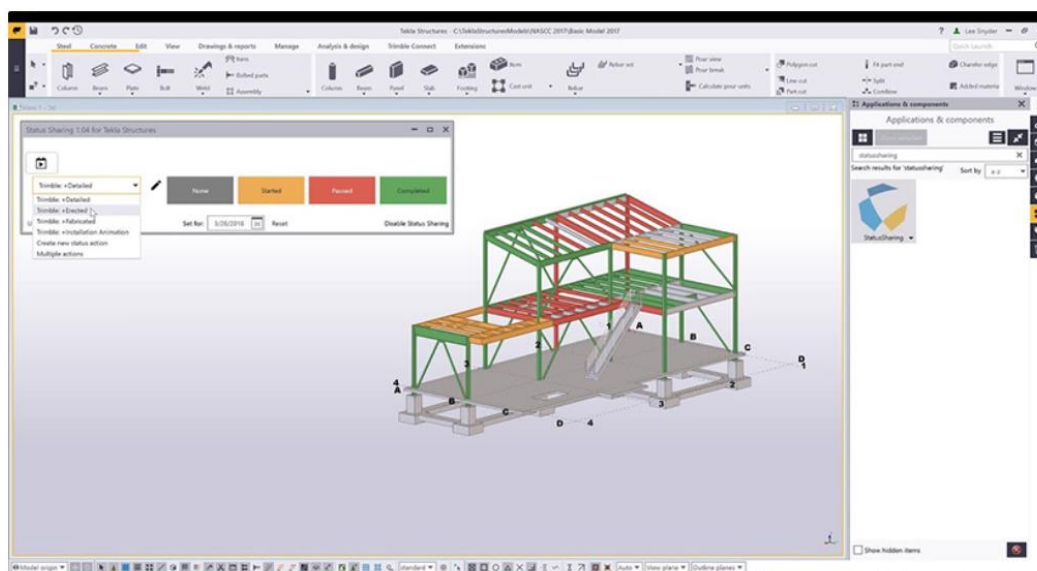
Užduočių kūrimo ir planavimo įrankiai (pavyzdžiui „Tekla Structures“, „Bexel Manager“ programinė įranga) leidžia analizuoti projekto grafiką vadovaujantis ne tik konstrukcinių elementų informacija, bet ir įmonės praktika. Galima kurti skirtingus scenarijus varijuojant įvairiais informaciniais parametrais, veikiančiais bendrą projekto trukmę. Vienas iš pagrindinių parametru, kuris paprastai turi esminės reikšmės projekto įgyvendinimo trukmei – statybos darbų išdirbis. Konkrečių įmonės išdirbių vidurkių bei kitų parametru variacijų analizė leidžia pasirinkti priimtinausią ir optimalų projekto įgyvendinimo scenarijų.

Projekto korekcijos

Vienas naudingiausių privalumų taikant programinę įrangą išryškėja atsiradus projektiniams pakeitimams. Pasikeitus elementų parametrams, nereikia rankiniu būdu atnaujinti jau sudaryto įgyvendinimo grafiko – „Tekla Structures“ programinėje įrangoje sukurtas grafikas atnaujinamas automatiškai, įvertindamas pasikeitusias elementų charakteristikas.

Kontrolė

Nepriklausomai nuo projekto dydžio ir tipo, gali būti ypač sudėtinga sekti visus vykstančius procesus statybos aikštelėje. Didelio masto statybose tai praktiškai neįmanoma, projekto vadovo turima informacija dažnai yra pasenusi. „Trimble Connect“ statuso valdymo įrankis leidžia turėti tiesioginį ryšį su statybos aikšte ir ten vykstančiais procesais. Tokiu būdu visi statybos valdymo dalyviai gali nuotoliniu būdu stebėti statybos procesų įgyvendinimą – lengva užtikrinti statybų proceso kontrolę.



12 pav. „Bexel manager“ 3D modelyje statybų eiga (Bexel manager, 2020)

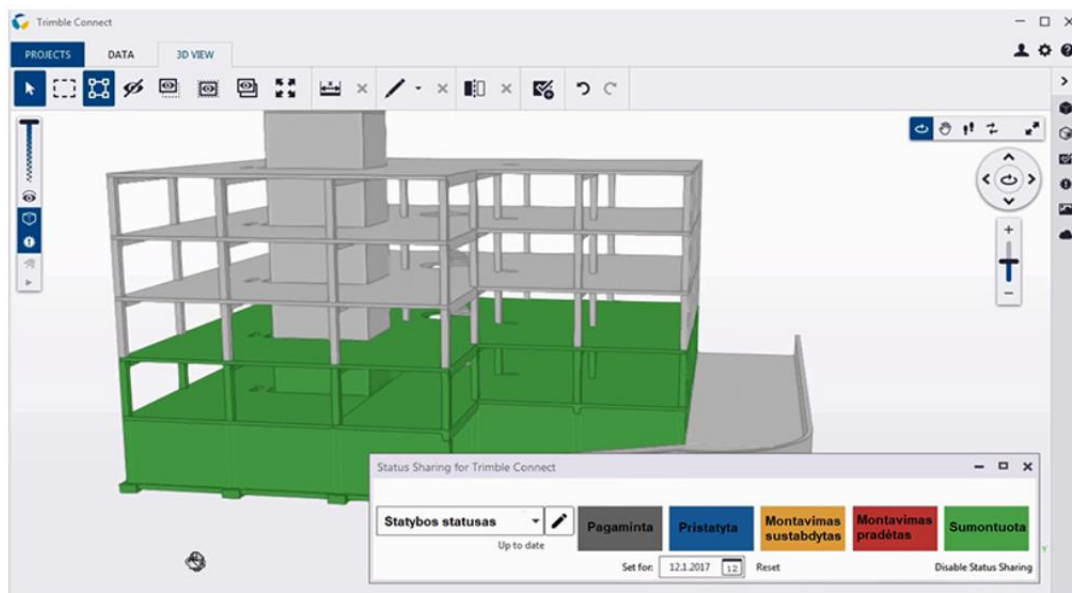
4D BIM vizualizacija

Elementų tiekimo bei montavimo terminai – ypač svarbūs viso projekto įgyvendinimui. Taip padeda išvengti rizikos ir nesusipratimų, kylančių tradiciškai planuojant statybos darbus.

Be to, 3D modelio elementų sąsaja su grafiku vizualiai ir suprantamai atvaizduoja:

- statybos procesų pobūdį. Periodinis veiklos sąnaudų vertinimas užtikrina efektyvų statybos proceso organizavimą;

- projekto įgyvendinimo stadiją bet kuriuo metu. Statinio elementų montavimo būseną ir įtaką projekto įgyvendinimo terminui – kritiškai svarbi informacija bet kurioje projekto įgyvendinimo stadijoje;
- savikontrolės stadiją, t.y. prieš atliekant elementų montavimo darbus, galime vizualizuoti elementus, kurie yra suprojektuoti/pagaminti/pristatyti.



13 pav. „Bexel manager“ grafiko kontrolė laiko atžvilgiu 3D modelyje (Bexel manager, 2020)

Analizė

Labai svarbi, tačiau dažnu atveju užmirštama projekto užbaigimo stadija – projekto analizė. Puikiai suprantama, kad naudojantis jau patikrintais parametrais, ateities projektų planavimas tampa ne tik tikslesnis, bet ir paprastesnis. Todėl ypač naudinga atlikti užbaigto projekto analizę įvairiais pjūviais ir stadijomis. Tokia duomenų bazė leidžia užtikrinti kokybišką ir realistišką planavimą ateities projektuose (Bexel Manager, 2020).

3.1.3. „Vico office“

Programinė įranga „Vico office“ yra skirta 4D ir 5D BIM technologijų panaudojimui statybos projektuose.

3D modelius statybos projektų valdymui į „Vico office“ galima įkelti iš „Archicad“, „Tekla“, „Revit“, „Autocad Architecture“, ar „Autocad mep“ programinės įrangos. Įkėlimui tinkami „Ifc“, „SketchUp“, „Cad-Duct“ ir net „3D dwg“ failai.

3D vizualizacijos ir ataskaitos

Didžiausias BIM technologijų privalumas – galimybė susipažinti ir įvertinti pastatą iki statybos pradžios.

„Vico office“ leidžia vizualizuoti visas statinio dalis: architektūrinę, konstrukcinę bei inžinerijos.

Modelio valdymas yra pagrindinis „Vico office“ uždavinys. Ataskaitų generavimas yra antroji svarbi programinės įrangos užduotis, apimanti:

- medžiagų panaudojimo ataskaitas;
- medžiagų panaudojimo ataskaitas pagal statybos vietas;
- projekto kaštų ataskaitas ir prognozes;
- vizualias biudžeto ataskaitas;
- projekto vykdymo efektyvumo ataskaitas;
- resursų akumuliacijos ataskaitos pagal statybos vietas;
- pinigų srauto ataskaitas.



14 pav. „Vico office“ 3D projekto vaizdas (Vico office, 2020)



15 pav. „Vico office“ integruoto proceso apžvalga (Vico office, 2020)

Location Based Management – vietos valdymas

Darbų atlikimo zonose planavimo metodas (LBMS – Location Based Management System, liet. vietovės valdymo sistema) buvo sukurtas siekiant pagerinti statybos projektų planavimą, grafikų sudarymą, darbų atlikimo kontrolę, įskaitant atlikimo terminus ir resursus.

LBMS metodika specialiai buvo sukurta statybos pramonei, kuri suteikia visiems projekto dalyviams galimybę projektus įgyvendinti greičiau, mažinant riziką, bei didinant produktyvumą.

Ši metodika leidžia planuoti ne tik projektui reikalingus resursus užduotims vykdyti, bet ir optimizuoti užduotis pagal darbų atlikimo zonas. Tai padeda sugretinti užduotis maksimaliai išnaudojant resursus.

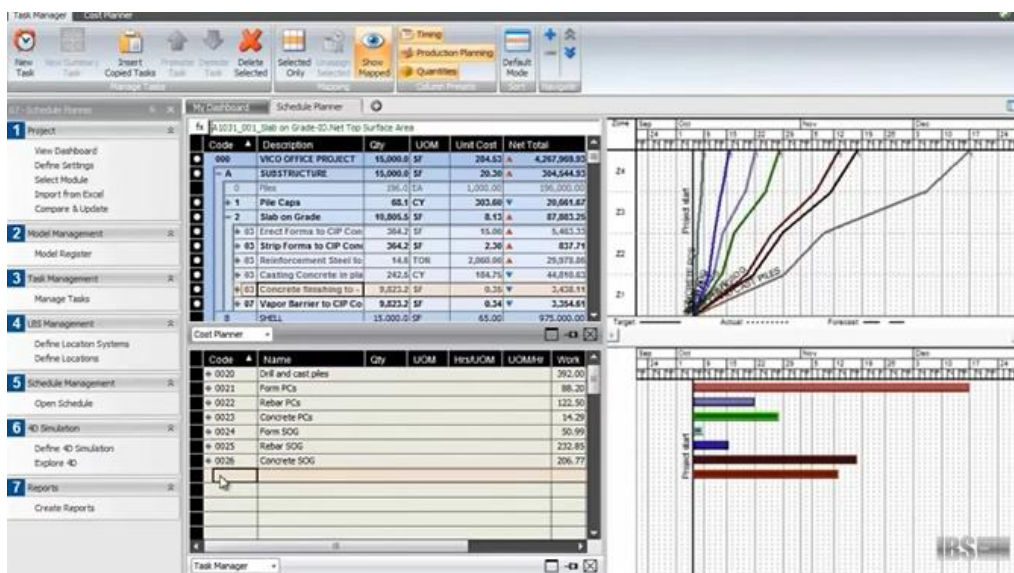
4D planavimas

Kiekiai pagal statybos vietą: „Vico lbs manager“ modulis leidžia padalinti statybos aikštelę į valdomas statybos dalis. Jeigu statybos darbams yra išskiriama atitinkama konkreti vieta, šių darbų produktyvumas turi būti maksimaliai efektyvus. Taip pat statybos darbai yra suskaidomi į nuoseklias darbų sekas, einančias viena po kitos.

Linijinis planavimas: šis planavimo metodas yra susietas su nepertraukiamo darbo sekomis, susietomis su darbų vykdymo vieta. „Vico Schedule Planner“ yra BIM modelio geometrinė darbų kiekių, kaštų bei efektyvumo rodiklių išvestinė, susieta su darbų vykdymo vieta. „Vico Schedule Planner“ taikoma planavimo metodika leidžia pagerinti darbų efektyvumą ne mažiau kaip 10%.

Kontrolė statybos aikštelėje: BIM technologijos pačios savaime neužtikrina statybos efektyvumo padidinimo, be kokybiškai paruošto statybos darbų plano, būtina vykdyti ir jo kontrolę. Kontrolei yra naudojamas modulis „Vico Production Controller“, leidžiantis iš anksto numatyti galimus nukrypimus nuo statybos darbų plano ir imtis priemonių.

Komunikacija: BIM 3D modelis leidžia projekto komandai vizualiai susipažinti su projektu. Modulis „Vico 4D Manager“ leidžia vizualizuoti pastato statybos eigą tiek statybos rangovams, tiek užsakovams.



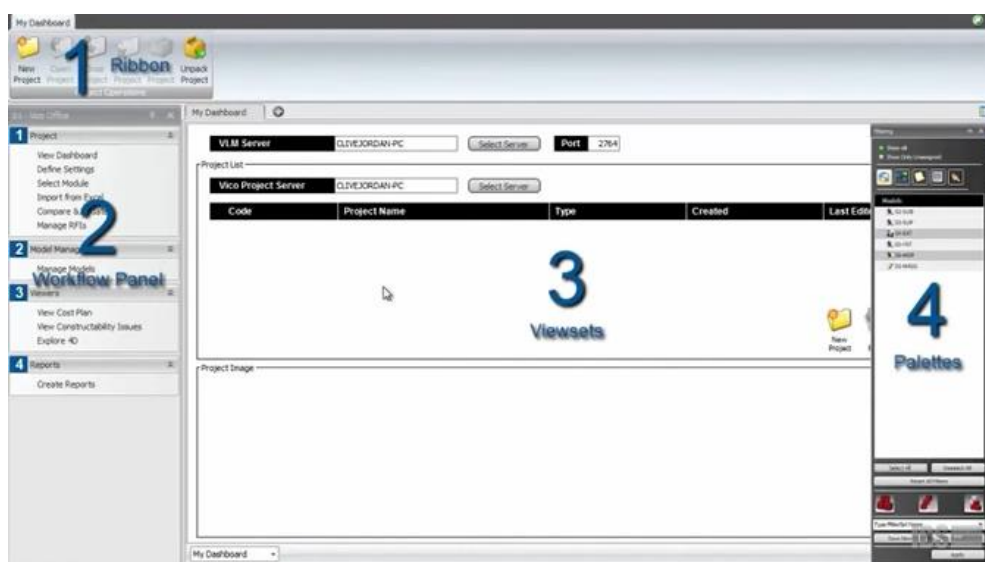
16 pav. „Vico office“ grafiko kontrolė laiko atžvilgiu (Darni statyba, 2016)

Statyba naudojant 5D BIM technologijas

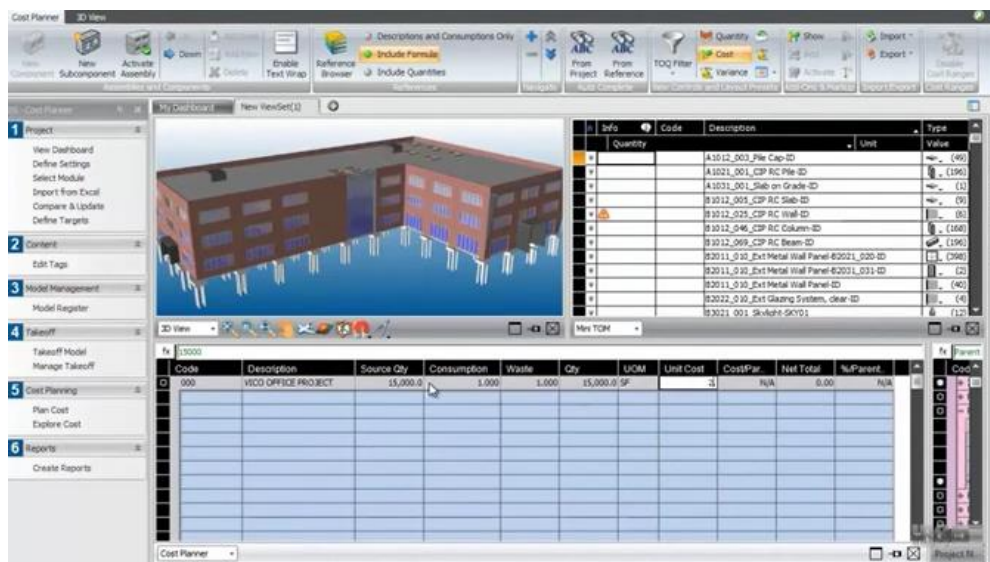
Didėjantis poreikis statybos projektus įgyvendinti efektyviai, per trumpą laiko tarpą ir neviršijant suplanuotų biudžetų verčia statybos užsakovus bei rangovus keisti verslo modelį ir naudoti naujas technologijas, galinčias suteikti konkurencinį pranašumą. Integruotas BIM projektavimo ir statybos procesas padeda išspręsti iškiliusius uždavinius.

„Vico Office“ 5D BIM technologija skirta projektavimo ir statybos proceso integracijai, leidžianti valdyti projektus, naudojant įvairią BIM projektavimo įrangą bei praturtinant ją projekto laiko bei finansinių sąnaudų duomenimis.

Užsakovai, statybos rangovai bei projektuotojai, naudodami „Vico Office“ gali efektyviai bendradarbiauti vykdant kompleksinius projektus, mažinant rizikas, valdant sąnaudas ir optimizuojant statybos vykdymo terminus.



17 pav. „Vico office“ pradžios vaizdas (Darni statyba, 2016)



18 pav. „Vico office“ 3D vaizdo sujungimas su sąmata (Darni statyba, 2016)

5D biudžeto rengimas

Teisingas statybos biudžeto rengimas yra vienas gen. rangos įmonių prioritetų. Biudžeto rengimo klaidos sukelia didžiausią riziką projektams.

5D BIM technologija leidžia vizualizuoti biudžeto rengimo procesą.

Medžiagų kiekių žiniaraščiai yra sudaromi tiesiai iš BIM modelio. Modulis „Vico Takeoff Manager“ analizuodamas statinio geometriją atlieka automatinius medžiagų kiekių skaičiavimus.

Modulis „Vico Cost Planner“ leidžia ne tik sudaryti statybų biudžetą, bet ir sekti jo pokyčius statybos eigos metu, bei padeda iš anksto numatyti nukrypimus nuo biudžeto ir priimti atitinkamus sprendimus.

Modulis „Vico Cost Explorer“ leidžia vizualizuoti statybos biudžetą parodant, kuriose tiksliai vietose jis pakito, ir kokios šių pokyčių priežastys.

3.1.4. BIM programinės įrangos palyginimas pagal dimensijas

Nagrinėjamos BIM programinės įrangos toliau lyginamos pagal dimensijas 5 lentelėje.

5 lentelė. BIM programinės įrangos palyginimas

Programos	3D	4D	5D	6D-7D
„iTwo“	+	+	+	
„Bexel manager“	+	+	+	+
„Vico office“	+	+	+	

Dimensijų paaiškinimai:

- 3D – trimatis vaizdavimas, kiekių skaičiavimai;
- 4D – grafikų kontrolė laiko atžvilgiu. Padeda stebėti darbų progresą iki pat objekto sukūrimo;
- 5D – modelio kiekybinės išraiškos modeliavimas (sąnaudų kontrolė);
- 6D-7D – išmani projekto dokumentacijos integracija, pastatų valdymo ir įrangos priežiūros darbų planavimas.

Lyginat programines įrangas pagal dimensijas akivaizdu, kad tik viena iš jų – Bexel Manager įgalina aukščiausią dimensiją – 6D-7D. Tai reiškia, kad būtent ši programa turi daugiausiai funkcijų ir ja gali naudotis visiškai visi projekto dalyviai, tai nuo pat pradinės projekto stadijos iki pat užbaigimo ir net pastato eksploatavimo metu. Tačiau tai nėra pagrindinis kriterijus, nustatantis, kad ši programa yra efektyviausia ir naudingiausia.

3.1.5. Programų funkcijų palyginimas

Šiame magistro darbe nagrinėjamos programos yra panašios, atlieka kai kurias tas pačias funkcijas, tačiau kiekviena iš jų turi tiek privalumų, tiek trūkumų. Kad būtų galima išsiaiškinti, kurią programinę įrangą visgi naudingiau ir patogiau naudoti statybų srityje galima remtis programų atliekamų funkcijų analizė 6 lentelėje. Lentelėje nurodyti kriterijai parinkti remiantis 4 lentele, kur pateikti įvairiuose šaltiniuose minimi programinės įrangos palyginimų kriterijai.

6 lentelė. Programų vertinimo duomenų palyginimas pagal parinktus kriterijus

Eil. Nr.	Kriterijai	„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
1.	Demonstracinė versija	1	3	2
2.	Licencijos laikotarpis	2	2	3
3.	Pagalbos pasiekiamumas	3	2	1
4.	Kalbų pasirinkimas	4	8	3
5.	Duomenų analizės funkcijos	1	3	2
6.	Programinės įrangos mokymai	3	1	2
7.	Komandos bendradarbiavimo galimybės	2	3	1
8.	Ataskaitų ruošimas	3	1	2
9.	BIM taikymo atvejų skaičius	16	23	13
10.	Eksportavimo parinktys	2	3	2

Kriterijų ir jų duomenų vertinimo paaiškinimai:

- **Demonstracinė versija** – vertinama, kiek svarbu, kad paslaugos tiekėjai prie programos paketo prideda demonstracinę versiją, kuri yra naudojama apmokymams.

7 lentelė. Kriterijaus – demonstracinė versija duomenų vertinimo paaiškinimas

	„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
Demonstracinė versija	Pateikia kartu su programa arba galima atskirai įsigyti demonstracinės versijos paketą	Pateikia kartu su programa, taip pat internete galima rasti nemokamas demonstracines versijas	Teikiama nemokama demonstracinė versija tik užsiregistravus ir pateikus duomenis pardavėjui
Balai	1	3	2

Balų paaiškinimai:

- 1 – mažiausiai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „demonstracinė versija“.
- 2 – vidutiniškai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „demonstracinė versija“.
- 3 – daugiausiai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „demonstracinė versija“.

- **Licencijos laikotarpis** – vertinama, kiek svarbu, kad programos pardavėjas suteiktų kuo ilgesnį licencijos laikotarpį.

8 lentelė. Kriterijaus – licencijos laikotarpis duomenų vertinimo paaiškinimas

	„i TWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
Licencijos laikotarpis	Pirmosios licencijos galiojimo laikas yra 12 mėnesių.	12 mėnesių	Naudotojui pirmam kartui suteikiama nemokama 30 dienų ®; įsigijus programinės įrangos paketą licencija suteikiama visam laikui
Balai	2	2	3

Balų paaiškinimai:

- 1 – mažiausiai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „licencijos laikotarpis“.
- 2 – vidutiniškai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „licencijos laikotarpis“.
- 3 – daugiausiai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „licencijos laikotarpis“.

- **Pagalbos pasiekiamumas** – vertinama, kiek svarbu, kad priėjimas prie pagalbos lengvas, aptarnavimas greitas, teikiamas visą parą.

9 lentelė. Kriterijaus – pagalbos pasiekiamumas duomenų vertinimo paaiškinimas

	„i TWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
Pagalbos pasiekiamumas	Darbo valandomis; prisijungiant internetu (online); galima skambinti kontaktiniais numeriais (kiekvienai šaliai skirtingas numeris)	Pagalba suteikiama el. paštu; pagalba teikiama 24val/para	Pagalbos galima kreiptis el. paštu; kontaktiniu numeriu; pagalba teikiama darbo valandomis
Balai	3	2	1

Balų paaiškinimai:

- 1 – mažiausiai privalumų teikianti programinė įranga ir mažiausiai naudinga, vertinat pagal kriterijų „pagalbos pasiekiamumas“.

2 – vidutiniškai privalumų teikianti programinė įranga ir vidutiniškai naudinga, vertinat pagal kriterijų „pagalbos pasiekiamumas“.

3 – daugiausiai privalumų teikianti programinė įranga ir labiausiai naudinga, vertinat pagal kriterijų „pagalbos pasiekiamumas“.

- **Kalbų pasirinkimas** – vertinama, kiek svarbu, kad programa turėtų kuo didesnę kalbų pasirinkimą. Dalis naudotojų vengia pradėti naudotis programomis vien dėl to, kad nežino kitų kalbų. Kuo didesnis kalbų pasirinkimas, tuo didesnė dalis vartotojų norės naudotis programa.

10 lentelė. Kriterijaus – kalbų pasirinkimas duomenų vertinimo paaiškinimas

	„i TWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
Kalbų pasirinkimas	Anglų, prancūzų, vokiečių, kiniečių	Anglų, vokiečių, ispanų, prancūzų, rusų, italų, korėjiečių, vengrų	Anglų, danų, vokiečių
Kalbų skaičius	4	8	3

- **Duomenų analizės funkcijos** – vertinama, kiek svarbu, kad programa turėtų duomenų analizės funkciją ir duomenų analizės rezultatus galėtų pateikti kokia nors forma (lentelė, diagrama ir kt.) Esant didelei duomenų apimčiai teisingai apskaičiuoti išlaidas yra sunku, todėl šiam procesui itin padeda tam skirtos programos:

- **„i TWO“** – išlaidos gali būti vedamos rankiniu būdu ar naudojantis 3D modeliu pažymint kiekius. Visos išlaidos sąmatoje turi būti susietos su išlaidų kodu, nes jos sudaro ataskaitinės struktūros dalį. Išlaidų kodai gali būti priskirti prie sąskaitos numerių taip, kad faktinės išlaidos (surinktos iki sąskaitų numerių) projekto vykdymo metu galėtų būti suderintos su sąmata.
- **„Bexel manager“** – programoje galima išplėstinė analizė ir optimizavimas, pinigų srautų analizė ir išteklių valdymas bei paskirstymas. Programos vartotojai gali naudoti konkretų išteklių išlyginimo įrankį, kuriuo vartotojas gali nustatyti maksimalų galimą tam tikrų išteklių skaičių, pritaikyti jį konkrečiai užduočiai ar visam tvarkaraščiui, o programa automatiškai pratęs tokių užduočių trukmę, kad kompensuotų ribotą turimų išteklių kiekį. Tai leis planuotojui sudaryti maksimalaus efektyvumo grafiką ir visiškai optimizuoti turimus išteklius bei sumažinti papildomas išlaidas ir sušvelninti projekto riziką.

- **„Vico office“** – naršymo išlaidų rodinyje yra pakopų 3D skaičiuoklė; grafinė schema, pabrėžianti hierarchinę išlaidų sąmatos struktūrą. Kiekvieną eilutės elementą galima toliau tobulinti, kad palaipsniui kurti savo išlaidų planą nuo pagrindinio abstraktaus lygio iki labai išsamaus išlaidų įvertinimo. Naršyti sąnaudų rodinį galima naudoti trimis būdais: 1. Kaip skaičiuoklę, rankiniu būdu įvedant informaciją apie kiekį ir kainą; 2. Rankiniu būdu įvestas kiekio paėmimas pagal vietą, naudojant „Formula in your cost“ eilutės elementus; 3. Naudojantis modeliu pagrįstu kiekio paėmimu, naudoti kiekius, ištrauktus iš BIM failų, kaip įvestį išlaidų eilutėms. Tris remiamus išlaidų planavimo metodus galima derinti pagal poreikį.

11 lentelė. Kriterijaus – duomenų analizės funkcijos duomenų vertinimo paaiškinimas

	„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
Balai	1	3	2

Balų paaiškinimai:

- 1 – mažiausiai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „analizės funkcijos“.
- 2 – vidutiniškai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „analizės funkcijos“.
- 3 – daugiausiai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „analizės funkcijos“.

- **Programinės įrangos mokymai** – vertinama, kiek svarbu, kad programinės įrangos platintojas siūlytų mokymus kartu su programos paketu. Apmokymus gali siūlyti įmonė, kuri parduoda programą arba juos galima susirasti iš kitų šaltinių. Todėl labai svarbus aspektas, ar mokymai yra kartu su programos paketu, ar juos reikia papildomai susirasti ir įsigyti.

12 lentelė. Kriterijaus – programinės įrangos mokymai duomenų vertinimo paaiškinimas

	„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
Apmokymai	Pardavėjas teikia individualiai informaciją; gyvai internete; pateikia dokumentaciją	Pardavėjas turi sukaupęs mokymus ir juos siūlo įmonei bei darbuotojams	Pardavėjas teikia individualiai informaciją; gyvai internete
Balai	3	1	2

Balų paaiškinimai:

- 1 – mažiausiai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „apmokymai“.
- 2 – vidutiniškai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „apmokymai“.
- 3 – daugiausiai privalumų teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „apmokymai“.

- **Komandos bendradarbiavimo galimybės** – vertinama, kiek svarbu, kad programos funkcijos užtikrintų komandinio bendradarbiavimo galimybes bendroje duomenų aplinkoje. Projekto komandos dažniausiai sudaromos iš įvairių sričių specialistų – projektuotojų, architektų, projekto vadovo, statybos vadovo, inžinierių, sąmatininkų ir kt. Todėl svarbu, kad nuolat vyktų komunikacija tarp komandos dalyvių ir jų darbo rezultatais būtų dalinamasi vienoje aplinkoje, duomenys būtų prieinami iš bet kokios darbo vietos ir realiuoju laiku koreguojami.

13 lentelė. Kriterijaus – komandos bendradarbiavimo galimybės duomenų vertinimo paaiškinimas

	„iTwo“	„Bexel manager“	„Vico office“
Komandos bendradarbiavimo galimybės	Projekto valdymas visos komandos, kuri gali matyti ir koreguoti kiekvienas iš komandos dalyvių; duomenų perdavimas realiu laiku; duomenų išsaugojimas	Yra debesų pagrindu sukurta platforma; galima bendradarbiauti ir valdyti projekto modelius; galima atlikti dokumentų pakeitimus; duomenimis gali dalintis realiu laiku	Projekto dalyviai gali realiu laiku įvesti duomenis; duomenimis gali tarpusavyje dalintis, tokiu būdu taupydami laiką
Balai	2	3	1

Balų paaiškinimai:

- 1 – mažiausiai privalumų (1 – 2 privalumai) teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „komandos bendradarbiavimo galimybės“.
- 2 – vidutiniškai privalumų (3 privalumai) teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „komandos bendradarbiavimo galimybės“.
- 3 – daugiausiai privalumų (4 – 5 privalumai) teikianti programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „komandos bendradarbiavimo galimybės“.

- **Ataskaitų ruošimas** – vertinama, kiek svarbu, kad programa turėtų ataskaitų ruošimo funkciją. Ataskaita, tai oficialus pranešimas apie nuveiktą darbą per tam tikrą laikotarpį, kuriame atsispindi svarbiausi veiklos rodikliai. Dažnu atveju ataskaitos ruošiamos periodiškai tam, kad stebėti veiklos rezultatus per tam tikrą laiko tarpą. Tačiau toks procesas užtrunka ir reikalauja didelio susikaupimo, tad automatinis ataskaitų ruošimas programoje yra didelis privalumas, nes sutaupo daug laiko ir rezultatai yra tikslūs nei ruošiant rankiniu būdu.

14 lentelė. Kriterijaus – ataskaitų ruošimas duomenų vertinimo paaiškinimas

	„iTwo“	„Bexel manager“	„Vico office“
Ataskaitų ruošimas	Programa automatiškai ruošia ataskaitas, kuriose matomi reikalingi rodikliai (planavimo ir įvykdymo datos, vėlavimai, faktinės išlaidos, numatomos išlaidos, faktinės pajamos, numatomos pajamos)	Suvedus tinkamai tam tikrus duomenis (kiekius, įkainius ir kt.) programa sugeneruoja ataskaitas automatiškai (sutarties data, planavimo datos, išlaidos)	Suvedus tinkamai tam tikrus duomenis (kiekius, įkainius ir kt.) yra galimybė sugeneruoti ataskaitą, kurioje matomi reikalingi duomenys (laikas – planavimas, išlaidos, pajamos)
Balai	3	1	2

Balų paaiškinimai:

- 1 – mažiausiai rodiklių galinti atvaizduoti ataskaitoje programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „ataskaitų ruošimas“.
- 2 – vidutiniškai rodiklių galinti atvaizduoti ataskaitoje programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „ataskaitų ruošimas“.
- 3 – daugiausiai rodiklių galinti atvaizduoti ataskaitoje programinė įranga, vertinat pagal kriterijų „ataskaitų ruošimas“.

- **BIM taikymo atvejų skaičius** – vertinama, kiek programos paketas turi galimybių realizuoti įvairius su projektų valdymu, statybos planavimu, darbų organizavimu susijusius analizės ir modeliavimo atvejus (pavyzdžiui, konstrukcijų skaičiavimas ir analizė, susikirtimų analizė, statybos aikštelės modeliavimas, logistikos variantų analizė ir imitacinis modeliavimas, technologinių schemų variantų analizė ir pan.) Programų vertinimas pagal šį kriterijų plačiau aprašytas 3.1.6. skyriuje.

15 lentelė. Kriterijaus – BIM taikymo atvejų skaičius duomenų vertinimo paaiškinimas

	„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
BIM taikymo atvejų skaičius	16	23	13

- **Eksportavimo parinktys** – vertinama, ar iš programos ir į programą duomenys gali būti perkeliama automatinio būdu. Eksportavimo įrankis leidžia eksportuoti iš vienos programos į kitą duomenis atviraiais formatais, nereikia duomenų kopijuoti ar suvesti rankiniu būdu.

16 lentelė. Kriterijaus – eksportavimo parinktys duomenų vertinimo paaiškinimas

	„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
Eksportavimo parinktys	Galima ataskaitas, dokumentus ar pažymėtas programoje vietas išsaugoti PDF failais, į Excel nėra funkcijos eksportuoti, tik rankiniu būdu perkelti duomenis.	Programa eksportuoja pasirinktus dokumentus į PDF ar Excel formatus.	Yra galimybė išsaugoti ataskaitas ar kitus dokumentus PDF formatu, į Excel nėra funkcijos eksportuoti, tik rankiniu būdu perkelti duomenis.
Balai	2	3	2

Balų paaiškinimas:

- 1 – mažiausiai privalumų turinti programa, vertinant pagal kriterijų „eksportavimo parinktys“.
- 2 – vidutiniškai privalumų turinti programa, vertinant pagal kriterijų „eksportavimo parinktys“.
- 3 – daugiausiai privalumų turinti programa, vertinant pagal kriterijų „eksportavimo parinktys“.

3.1.6. Kriterijaus „BIM taikymo atvejai statinio gyvavimo ciklo etapuose“ reikšmių nustatymas

Statybos projektai turi tam tikrus etapus. Pirma yra planavimo stadija, įvertinamos galimybės, įvardijama numatoma projekto programa. Po planavimo stadijos atliekami projektavimo darbai, kuriamos, rengiamos projekto dalys, detalūs sprendiniai ir kai projektavimo stadija yra užbaigta, prasideda statybos etapas. Šiame etape itin svarbūs grafikai, kurių griežtai laikomasi ir pagal juos vykdomi statybų darbai, taip pat labai svarbi darbų sauga, darbų kokybė, kurią prižiūri statybos vadovas ir techninė priežiūra. Kai statybos užbaigiamos vyksta objekto pridavimas užbaigimo

komisijai. Po pridavimo statinys yra naudojamas ir jam reikalingos nuolatinės, periodinės ar neeilinės apžiūros. Visuose šiuose etapuose taikomi BIM darbo metodai su tam skirtomis programinėmis įrangomis. Lentelėje pažymėtos programinės įrangos, kurias galima taikyti konkrečiam BIM taikymo būdui.

17 lentelė. BIM taikymo atvejai statinio gyvavimo ciklo etapuose (Skaitmeninė statyba, 2017) (Darbo autorės pritaikyta)

	Projekto etapai	PLANAVIMAS		PROJEKTAVIMAS			STATYBA		NAUDOJIMAS	Programinė įranga, kuria galima taikyti konkrečiam taikymo būdui
	SKST projekto vystymo stadijos	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	
	BIM taikymo būdai	GALIMYBIŲ STUDIJ A	PROJEKTO PROGRAM A	KONCEPCINIS PROJEKTAS	TECHNINIS PROJEKTAS	DARBO PROJEKTAS	STATYBA	STATYBOS UŽBAIGIMAS	PRIEŽIŪRA IR NAUDOJIMAS	
1	Ekonominiai/kiekių ir kainos skaičiavimai	S0.1	S1.1	S2.1	S3.1	S4.1	S5.1	S6.1	S7.1	„iTWO“, „Bexel manager“, „Vico office“.
2	Esamų sąlygų modeliavimas	S0.2	S1.2	S2.2	S3.2	S4.2	S5.2	S6.2	S7.2	„iTWO“, „Bexel manager“, „Vico office“.
3	Projekto etapų planavimas	S0.3	S1.3	S2.3	S3.3	S4.3	S5.3	S6.3	S7.3	„iTWO“, „Bexel manager“, „Vico office“.
4	Sklypo analizė	S0.4	S1.4	S2.4	S3.4	S4.4	S5.4	S6.4	S7.4	
5	Funkcinis, tūrinis, planinis vertinimas	S0.5	S1.5	S2.5	S3.5	S4.5	S5.5	S6.5	S7.5	„Bexel manager“.
6	Projekto vizualizavimas ir peržiūros	S0.6	S1.6	S2.6	S3.6	S4.6	S5.6	S6.6	S7.6	„Bexel manager“, „Vico office“.
7	Projektavimas / modeliavimas	S0.7	S1.7	S2.7	S3.7	S4.7	S5.7	S6.7	S7.7	„Bexel manager“, „Vico office“.
8	Inžineriniai skaičiavimai ir analizė	S0.8	S1.8	S2.8	S3.8	S4.8	S5.8	S6.8	S7.8	„iTWO“, „Bexel manager“, „Vico office“.
9	Energinė analizė	S0.9	S1.9	S2.9	S3.9	S4.9	S5.9	S6.9	S7.9	„iTWO“, „Bexel manager“, „Vico office“.
10	Tvarumo vertinimas	S0.10	S1.10	S2.10	S3.10	S4.10	S5.10	S6.10	S7.10	
11	Konstrukcijų analizė ir projektavimas	S0.11	S1.11	S2.11	S3.11	S4.11	S5.11	S6.11	S7.11	
12	Apšvietimo analizė	S0.12	S1.12	S2.12	S3.12	S4.12	S5.12	S6.12	S7.12	
13	Inžinerinių sistemų analizė	S0.13	S1.13	S2.13	S3.13	S4.13	S5.13	S6.13	S7.13	„iTWO“, „Bexel manager“, „Vico office“.
14	Kiti analizės atvejai	S0.14	S1.14	S2.14	S3.14	S4.14	S5.14	S6.14	S7.14	„iTWO“, „Bexel manager“.
15	Atitikties vertinimas / projekto ekspertizė	S0.15	S1.15	S2.15	S3.15	S4.15	S5.15	S6.15	S7.15	„iTWO“, „Bexel manager“.
16	3D koordinavimas	S0.16	S1.16	S2.16	S3.16	S4.16	S5.16	S6.16	S7.16	„iTWO“, „Bexel manager“, „Vico office“.
17	Statybvietės planavimas (statybvietės planas)	S0.17	S1.17	S2.17	S3.17	S4.17	S5.17	S6.17	S7.17	
18	Sveikatos ir saugos priemonių planavimas	S0.18	S1.18	S2.18	S3.18	S4.18	S5.18	S6.18	S7.18	

19	Konstruktinė-technologinė analizė	S0.19	S1.19	S2.19	S3.19	S4.19	S5.19	S6.19	S7.19	„Bexel manager“.
20	Statybos technologijos (technologinės schemas) ir montavimo eigos simuliacija	S0.20	S1.20	S2.20	S3.20	S4.20	S5.20	S6.20	S7.20	
21	Statybos logistikos planavimas	S0.21	S1.21	S2.21	S3.21	S4.21	S5.21	S6.21	S7.21	
22	Statybos procesų modeliavimas ir valdymas	S0.22	S1.22	S2.22	S3.22	S4.22	S5.22	S6.22	S7.22	„iTwo“, „Bexel manager“, „Vico office“.
23	Skaitmeninė gamyba	S0.23	S1.23	S2.23	S3.23	S4.23	S5.23	S6.23	S7.23	
24	Statybos darbų techninė priežiūra	S0.24	S1.24	S2.24	S3.24	S4.24	S5.24	S6.24	S7.24	
25	Išpildomasis modelis	S0.25	S1.25	S2.25	S3.25	S4.25	S5.25	S6.25	S7.25	„iTwo“, „Bexel manager“, „Vico office“.
26	Duomenų modelis	S0.26	S1.26	S2.26	S3.26	S4.26	S5.26	S6.26	S7.26	„iTwo“, „Bexel manager“, „Vico office“.
27	Statinio priežiūros planavimas	S0.27	S1.27	S2.27	S3.27	S4.27	S5.27	S6.27	S7.27	„iTwo“, „Bexel manager“, „Vico office“.
28	Statinio (inžinerinių) sistemų analizė	S0.28	S1.28	S2.28	S3.28	S4.28	S5.28	S6.28	S7.28	„iTwo“, „Bexel manager“.
29	Energijos sąnaudų analizė	S0.29	S1.29	S2.29	S3.29	S4.29	S5.29	S6.29	S7.29	„iTwo“, „Bexel manager“.
30	Turto valdymas	S0.30	S1.30	S2.30	S3.30	S4.30	S5.30	S6.30	S7.30	„iTwo“, „Bexel manager“, „Vico office“.
31	Erdvės valdymas ir stebėsena	S0.31	S1.31	S2.31	S3.31	S4.31	S5.31	S6.31	S7.31	„Bexel manager“.
32	Tvarumo stebėsena ir analizė	S0.32	S1.32	S2.32	S3.32	S4.32	S5.32	S6.32	S7.32	„Bexel manager“.
33	Avarių prevencija	S0.33	S1.33	S2.33	S3.33	S4.33	S5.33	S6.33	S7.33	„Bexel manager“.

3.2. Apklausa „BIM programinės įrangos kriterijų reikšmingumų vertinimas“

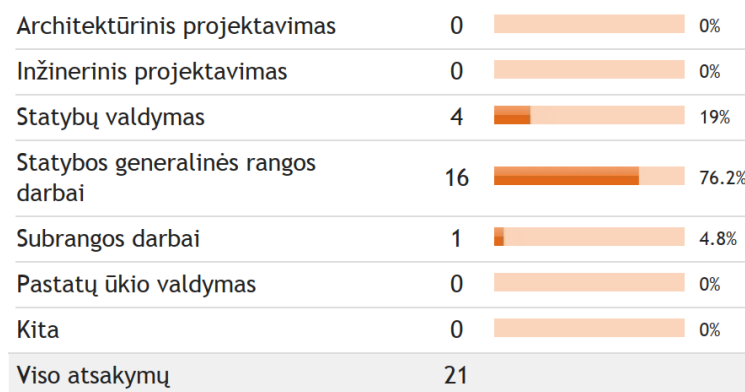
BIM programinės įrangos kriterijų reikšmingumų vertinimas yra itin atsakingas veiksmas. Kad kriterijų reikšmingumai būtų įvertinti teisingai ir rezultatai būtų patikimi atlikta ekspertų apklausa, kurioje kriterijus vertino patyrę, išsilavinę specialistai. Apklausoje dalyvavę ekspertai – žmonės, dirbantys statybų įmonėse ir savo darbe taikantys BIM technologijas.

Apklausoje dalyvavo 21 respondentas. Vidutinis respondentų amžius 30,2 metų. Klausimynas pateiktas B priede.

3.2.1. Apklausoje rezultatai

Pirmuoju klausimu buvo siekiama išsiaiškinti apklausoje dalyvaujančio eksperto įmonės veiklos pobūdį. Atsakymai į šį klausimą susisteminti 18 paveiksle.

1. Kokia yra pagrindinė įmonės veikla, kurioje Jūs dirbate?

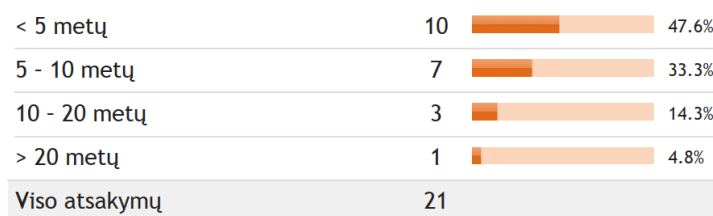


19 pav. Apklauso rezultatai, įmonės veikla

Pagal gautus apklausos rezultatus nustatyta, kad didžioji dalis ekspertų dirba statybos generalinės rangos versle, mažesnė dalis – statybų valdymo srityje ir vienas iš ekspertų – subrangos versle. Nors BIM technologijos daugiausiai taikomos projektavimo srityje, bet, pagal apklausos rezultatus, nebuvo nė vieno asmens, kuris dirbtų projektavimo veikloje. Toks rezultatas gautas todėl, kad apklausa siūsta įmonėms, kurių veiklos pagrindas yra statybos generalinės rangos darbai.

Antruoju klausimu buvo siekiama išsiaiškinti, kiek ilgai ekspertai dirba profesionaliai savo srityje. Atsakymai į klausimą susisteminti 19 paveiksle.

2. Kiek metų profesionaliai dirbate savo srityje?

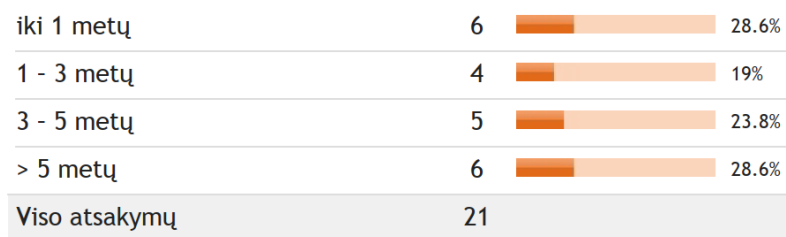


20 pav. Apklauso rezultatai, darbo patirtis metais

Iš gautų rezultatų matyti, kad daugiausiai apklaustųjų savo srityje dirba mažiau nei 5 m., taip pat ne mažai – tarp 5 – 10 m. ir tik 3 žmonės tarp 10 – 20 m., o 1 žmogus – virš 20 m. Iš gautų duomenų matyti, kad apklausoje dalyvavo mažiau patirties savo srityje turintys asmenys, tai gali būti dėl to, kad dalyvavo jauni žmonės ir dar nespėję sukaupti patirties arba labiau suinteresuoti užpildyti apklausą.

Trečiuoju klausimu buvo siekiama išsiaiškinti kiek laiko, tiksliau kiek metų, apklausos ekspertai BIM projektuose taiko BIM programinę įrangą. Atsakymai į klausimą susisteminti 20 paveiksle.

3. Kiek laiko taikote BIM technologijas, BIM projektams skirtą programinę įrangą?

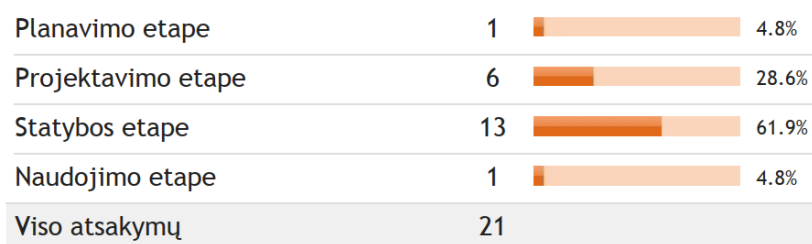


21 pav. Apklausoje rezultatai, BIM technologijų taikymas metais

Rezultatai pasiskirstė beveik tolygiai, tai reiškia, kad apklausoje dalyvavę ekspertai turi įvairios patirties taikant BIM technologijas, BIM projektams skirtą programinę įrangą, dėl to jų atsakymai vertinant kriterijus yra teisingesni negu būtų vertinę žmonės, kurie tiek pat laiko taiko BIM technologijas.

Ketvirtuoju klausimu buvo siekiama išsiaiškinti, kokiuose projekto etapuose apklausoje ekspertai taiko BIM technologijas. Atsakymai į klausimą susisteminti 21 paveiksle.

4. Jeigu taikote BIM technologijas, tai kokiuose projekto etapuose?

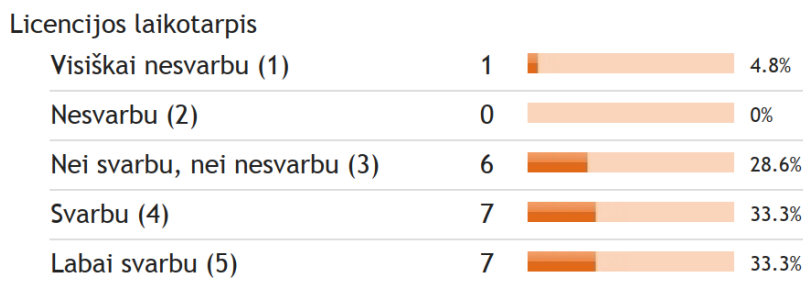


22 pav. Apklausoje rezultatai, projekto etapai

Daugiausiai apklausoje dalyvavusių ekspertų BIM technologijas taiko statybos bei projektavimo etapuose ir tik keli iš apklaustųjų – planavimo bei naudojimo etapuose. Nors BIM technologijos daugiausiai taikomos projektavimo etape, bet iš gautų rezultatų galima teigti, kad statybos sparčiai tobulėja ir BIM technologijos vis dažniau taikomos statybos etape.

Apklausoje BIM projektuose taikomų programų palyginimo kriterijų svarba vertinama 10 kriterijų balais nuo 1 (visiškai nesvarbu) iki 5 (labai svarbu).

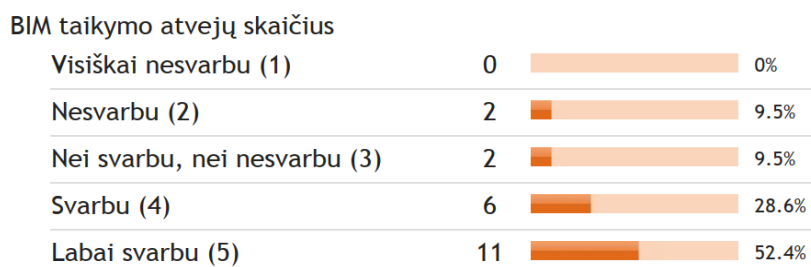
1 kriterijus „Licencijos laikotarpis“



23 pav. Apklauso rezultatai, 1 kriterijus – Licencijos laikotarpis

Ekspertai vertina, kad licencijos laikotarpis yra svarbus ar net labai svarbus kriterijus, tai reiškia, kad yra naudinga turėti kuo ilgesnį licencijos laikotarpį.

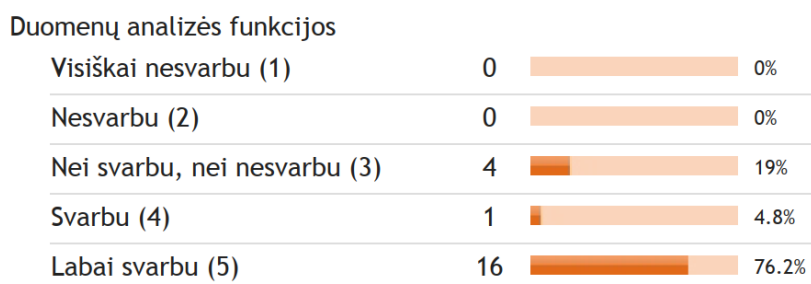
2 kriterijus „BIM taikymo atvejų skaičius“



24 pav. Apklauso rezultatai, 2 kriterijus – BIM taikymo atvejų skaičius

Pusė apklaustųjų ekspertų vertina, kad BIM taikymo atvejų skaičius yra labai svarbus kriterijus, tai reiškia, kad yra naudinga, jeigu programa įgalina atlikti analizes atitinkančias kuo daugiau BIM taikymo atvejų.

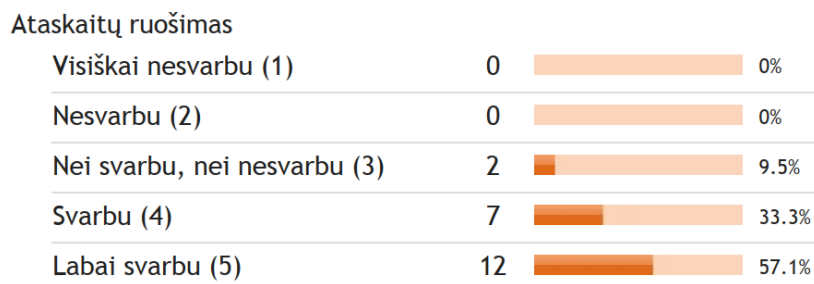
3 kriterijus „Duomenų analizės funkcijos“



25 pav. Apklauso rezultatai, 3 kriterijus – Duomenų analizės funkcijos

Ekspertų dauguma vertina, kad duomenų analizės funkcijos yra labai svarbus kriterijus, nes tai paspartina darbo procesą, daug veiksmų galima atlikti automatinio būdu ir vis mažiau dirbant rankiniu būdu.

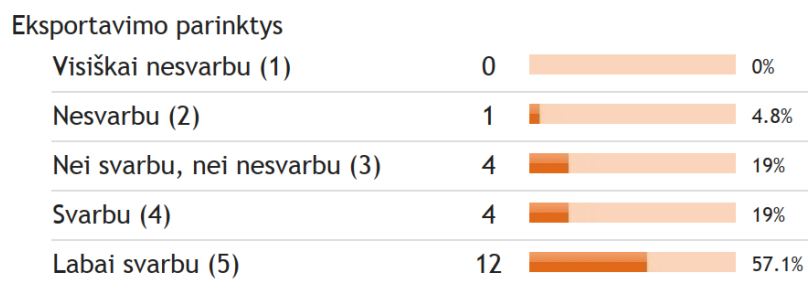
4 kriterijus „Ataskaitų ruošimas“



26 pav. Apklausos rezultatai, 4 kriterijus – Ataskaitų ruošimas

Daugiausiai ekspertų teigia, kad ataskaitų rengimas yra svarbus ar net labai svarbus kriterijus, tai reiškia, kad dirbant inžinerinį darbą, kur nuolat reikia suprasti ir sekti projekto rodiklių pokyčius, svarbu, kad visi duomenys būtų tikslūs ir juos greitai būtų galima pateikti visiems aiškia forma – ataskaita.

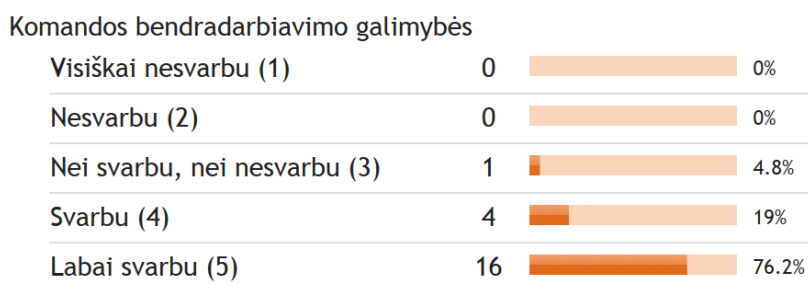
5 kriterijus „Eksportavimo parinktys“



27 pav. Apklausos rezultatai, 5 kriterijus – Eksportavimo parinktys

Kiek daugiau nei pusė ekspertų mano, kad eksportavimo parinktys yra labai svarbus kriterijus. Vadinasi, galima daryti išvadą, kad yra labai svarbu, jog iš programos būtų galima eksportuoti norimus dokumentus į kitus failus, tai naudinga užtikrinant sąveiką tarp skirtingų gamintojų programų, kai duomenis reikia perkelti į kitus programų paketus.

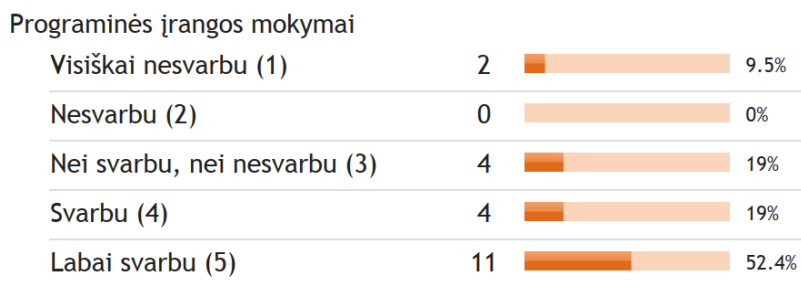
6 kriterijus „Komandos bendradarbiavimo galimybės“



28 pav. Apklausos rezultatai, 6 kriterijus – Komandos bendradarbiavimo galimybės

Daugumos ekspertų nuomone, komandos bendradarbiavimo galimybės yra labai svarbus kriterijus, kadangi informacija tarpusavyje pasiekama daug greičiau ir paprasčiau, o tai sutaupo daug laiko.

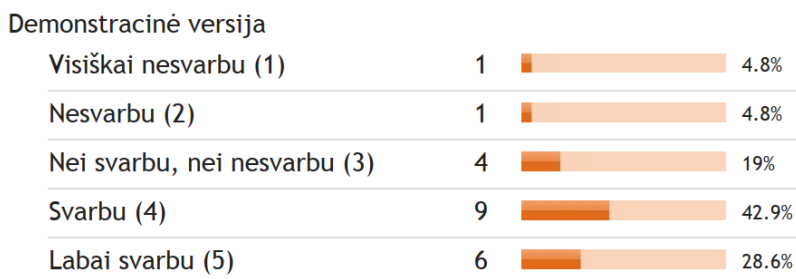
7 kriterijus „Programinės įrangos mokymai“



29 pav. Apklausos rezultatai, 7 kriterijus – Programinės įrangos mokymai

Pusė apklaustųjų ekspertų vertina, kad programinės įrangos mokymai labai svarbus aspektas. Likusios dalies nuomonė įvairuoja, keliems ekspertams tai net visiškai nesvarbu. Tokia skirtinga ekspertų vertinimas gali būti dėl skirtingo jų amžiaus, skirtingo kompetencijos lygio ir žinių įsisavinimo greičio. Kai kurie žmonės geba patys perprasti programas ir mokymai atrodo kaip laiko gaišimas, bet esama ir tokių, kurie pasikliauja specialistų mokymais ir tai jiems sutaupo laiko.

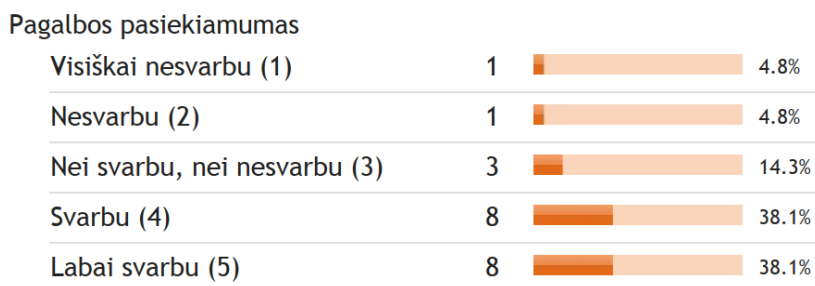
8 kriterijus „Demonstracinė versija“



30 pav. Apklausos rezultatai, 8 kriterijus – Demonstracinė versija

Ekspertų nuomonę vertinant demonstracinės versijos kriterijų pasiskirsto įvairiai, bet visgi didžiajai daliai apklaustųjų šis kriterijus yra svarbus. Demonstracinė versija aiškiai ir nuosekliai parodo programos įrankius, tai suteikia vartotojui supratimo. Vis dėlto reikia nemažai laiko visai demonstracinei versijai peržiūrėti, todėl tai paaiškina, kodėl ekspertų nuomonę vertinant šį kriterijų išsiskyrė.

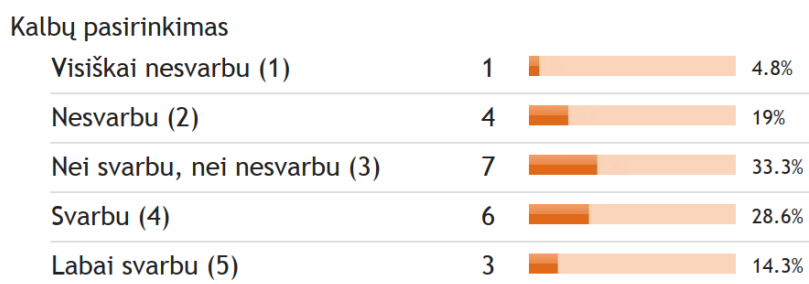
9 kriterijus „Pagalbos pasiekiamumas“



31 pav. Apklauso rezultatai, 9 kriterijus – Pagalbos pasiekiamumas

Vertinant pagalbos pasiekiamumo kriterijų ekspertų nuomonė išsiskiria. Žvelgiant į rezultatus, galima daryti išvadą, kad visgi ekspertams svarbu, kad pagalba būtų pasiekiamas ir kaip įmanoma greičiau, tai padeda išspręsti iškilius nesklandumus ir sutaupyti savo laiką ieškant sprendimo būdo.

10 kriterijus „Kalbų pasirinkimas“



32 pav. Apklauso rezultatai, 10 kriterijus – Kalbų pasirinkimas

Vertinant kalbų pasirinkimo kriterijų ekspertų nuomonė išsiskiria, daugiausiai apklauso dalyviams tai nei svarbu, nei nesvarbu. Toks apklauso rezultatas yra dėl to, kad ekspertai yra išsilavinę žmonės, savo srities specialistai ir tokie asmenys dažniausiai moka dvi ar daugiau kalbų, kita vertus, jie geba išmokyti pagrindinius terminus užsienio kalba, todėl jiems nėra labai svarbu, kokia kalba taikoma programoje. Atkreiptinas dėmesys, kad dažniausiai būna taikomos populiariausios kalbos – anglų, prancūzų ir kt.

3.2.2. Apklauso rezultatų kriterijų reikšmingumų nustatymas

Šiame skyrelyje pateikiamas agreguotų kriterijų reikšmingumų balų skaičiavimas.

Kriterijų agreguoti reikšmingumų balai (r) ir perskaičiuoti reikšmingumai (q) pateikti 18 lentelėje.

18 lentelė. Kriterijų agreguoti reikšmingumų balai (r) ir perskaičiuoti reikšmingumai (q)

Nr.	Kriterijai	1	2	3	4	5	Svarbos balas	Reikšmingumas (q)
1	Licencijos laikotarpis	0,048	0	0,286	0,333	0,333	3,903	0,094
2	BIM taikymo atvejų skaičius	0	0,095	0,095	0,286	0,524	4,239	0,102
3	Duomenų analizės funkcijos	0	0	0,19	0,048	0,762	4,572	0,111
4	Ataskaitų ruošimas	0	0	0,095	0,333	0,571	4,472	0,108
5	Eksportavimo parinktys	0	0,048	0,19	0,19	0,571	4,281	0,103
6	Komandos bendradarbiavimo galimybės	0	0	0,048	0,19	0,762	4,714	0,114
7	Programinės įrangos mokymai	0,095	0	0,19	0,19	0,524	4,045	0,098
8	Demonstracinė versija	0,048	0,048	0,19	0,429	0,286	3,86	0,093
9	Pagalbos pasiekiamumas	0,048	0,048	0,143	0,381	0,381	4,002	0,097
10	Kalbų pasirinkimas	0,048	0,19	0,333	0,286	0,143	3,286	0,079
Suma:							41,374	1,000

3.3. Alternatyvų palyginimas daugiakriteriais metodais

3.3.1. Alternatyvų palyginimas SAW metodu

Šiame skyriuje pateikiamas alternatyvų palyginimas taikant SAW metodą. Šio metodo matematinės išraiškos pateiktos 2.2. skyriuje.

Pirmiausia sudaroma pradinė duomenų matrica, kurioje yra pateikti kiekvienos programinės įrangos kriterijų reikšmės nustatytos 3.1.5. skyrelyje, parinkta optimizavimo kryptis, šiuo atveju visų kriterijų reikšmės turi būti kuo didesnės. Pradinių duomenų matrica, nustatytos optimizavimo kryptys ir reikšmingumai (q), pateikiami 19 lentelėje.

19 lentelė. Pagal SAW metodą sudaryta pradinė duomenų matrica

Eil. Nr.	Kriterijai	Alternatyvos			Optimizavimo kryptis	q
		„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“		
1	Licencijos laikotarpis	2	2	3	max	0,094
2	BIM taikymo atvejų skaičius	16	23	13	max	0,102
3	Duomenų analizės funkcijos	1	3	2	max	0,111
4	Ataskaitų ruošimas	3	1	2	max	0,108
5	Eksportavimo parinktys	2	3	2	max	0,103
6	Komandos bendradarbiavimo galimybės	2	3	1	max	0,114
7	Programinės įrangos mokymai	3	1	2	max	0,098
8	Demonstracinė versija	1	3	2	max	0,093
9	Pagalbos pasiekiamumas	3	2	1	max	0,097
10	Kalbų pasirinkimas	4	8	3	max	0,079

Sudaroma normalizuota matrica 20 lentelėje, kurioje kiekviena kriterijaus reikšmė yra maksimizuojama:

20 lentelė. Pagal SAW metodą sudaryta normalizuota matrica

Eil. Nr.	Kriterijai	Alternatyvos			Optimizavimo kryptis	q
		„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“		
1	Licencijos laikotarpis	0,667	0,667	1,000	max	0,094
2	BIM taikymo atvejų skaičius	0,696	1,000	0,565	max	0,102
3	Duomenų analizės funkcijos	0,333	1,000	0,667	max	0,111
4	Ataskaitų ruošimas	1,000	0,333	0,667	max	0,108
5	Eksportavimo parinktys	0,667	1,000	0,667	max	0,103
6	Komandos bendradarbiavimo galimybės	0,667	1,000	0,333	max	0,114
7	Programinės įrangos mokymai	1,000	0,333	0,667	max	0,098
8	Demonstracinė versija	0,333	1,000	0,667	max	0,093
9	Pagalbos pasiekiamumas	1,000	0,667	0,333	max	0,097
10	Kalbų pasirinkimas	0,500	1,000	0,375	max	0,079

Taikant (3) formulę kriterijų reikšmės normalizuojamos ir pateikiamos 21 lentelėje. Atitinkami normalizuotos matricos nariai dauginami iš kriterijų reikšmingumų įverčio, gautos sandaugos sumuojamos ir nustatoma prioritentinė eilutė:

21 lentelė. Pagal SAW metodą sudaryta įvertinta normalizuota matrica

Eil. Nr.	Kriterijai	Alternatyvos		
		„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“
1	Licencijos laikotarpis	0,063	0,063	0,094
2	BIM taikymo atvejų skaičius	0,071	0,102	0,058
3	Duomenų analizės funkcijos	0,037	0,111	0,074
4	Ataskaitų ruošimas	0,108	0,036	0,072
5	Eksportavimo parinktys	0,069	0,103	0,069
6	Komandos bendradarbiavimo galimybės	0,076	0,114	0,038
7	Programinės įrangos mokymai	0,098	0,033	0,065
8	Demonstracinė versija	0,031	0,093	0,062
9	Pagalbos pasiekiamumas	0,097	0,064	0,032
10	Kalbų pasirinkimas	0,040	0,079	0,030
Suma:		0,689	0,799	0,594
Prioritetas:		2	1	3

Atlikus skaičiavimus pagal SAW metodą gaunami rezultatai, kad racionali iš pasirinktų alternatyvų yra „Bexel manager“ programinė įranga, o prasčiausia – „Vico office“.

3.3.2. Alternatyvų palyginimas ARAS metodu

Šiame skyriuje pateikiamas alternatyvų palyginimas taikant ARAS metodą. Šio metodo matematinės išraiškos pateiktos 2.2. skyriuje.

Pirmiausia sudaroma pradinė matrica, kurioje yra alternatyvų reikšmės prie kiekvieno kriterijaus, įvertinama optimizavimo kryptis ir optimali reikšmė, q – reikšmingumas, kuris nustatytas 18 lentelėje, optimali reikšmė išrinkta pagal optimizavimo kryptį. Pradinių duomenų matrica pateikiama 22 lentelėje:

22 lentelė. Pagal ARAS metodą sudaryta pradinė duomenų matrica

Eil. Nr.	Kriterijai	Alternatyvos			Optimizavimo kryptis	q	Optimali reikšmė
		„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“			
1	Licencijos laikotarpis	2	2	3	max	0,094	3

2	BIM taikymo atvejų skaičius	16	23	13	max	0,102	23
3	Duomenų analizės funkcijos	1	3	2	max	0,111	3
4	Ataskaitų ruošimas	3	1	2	max	0,108	3
5	Eksportavimo parinktys	2	3	2	max	0,103	3
6	Komandos bendradarbiavimo galimybės	2	3	1	max	0,114	3
7	Programinės įrangos mokymai	3	1	2	max	0,098	3
8	Demonstracinė versija	1	3	2	max	0,093	3
9	Pagalbos pasiekiamumas	3	2	1	max	0,097	3
10	Kalbų pasirinkimas	4	8	3	max	0,079	8

Šiuo atveju minimizuojami kriterijai nėra pertvarkomi į maksimizuojamus, nes visi kriterijai yra maksimizuojami. Toliau apskaičiuojama suma kiekvieno kriterijaus alternatyvos ir optimalios reikšmės:

23 lentelė. Pagal ARAS metodą sudaryta optimalios reikšmės ir sumos matrica

Eil. Nr.	Kriterijai	Alternatyvos			Optimizavimo kryptis	q	Optimali reikšmė	Suma
		„iTWO“	„Bexel manager“	„Vico office“				
1	Licencijos laikotarpis	2	2	3	max	0,094	3	10
2	BIM taikymo atvejų skaičius	16	23	13	max	0,102	23	75
3	Duomenų analizės funkcijos	1	3	2	max	0,111	3	9
4	Ataskaitų ruošimas	3	1	2	max	0,108	3	9
5	Eksportavimo parinktys	2	3	2	max	0,103	3	10
6	Komandos bendradarbiavimo galimybės	2	3	1	max	0,114	3	9
7	Programinės įrangos mokymai	3	1	2	max	0,098	3	9
8	Demonstracinė versija	1	3	2	max	0,093	3	9
9	Pagalbos pasiekiamumas	3	2	1	max	0,097	3	9
10	Kalbų pasirinkimas	4	8	3	max	0,079	8	23

Normalizuojama matrica, kiekvieno kriterijaus alternatyvos reikšmė padauginama iš sumos:

24 lentelė. Pagal ARAS metodą sudaryta normalizuota matrica

Eil. Nr.	Kriterijai	Alternatyvos			Optimizavimo kryptis	q	Optimali reikšmė
		„iTwo“	„Bexel manager“	„Vico office“			
1	Licencijos laikotarpis	0,2000	0,2000	0,3000	max	0,094	0,3000
2	BIM taikymo atvejų skaičius	0,2133	0,3067	0,1733	max	0,102	0,3067
3	Duomenų analizės funkcijos	0,1111	0,3333	0,2222	max	0,111	0,3333
4	Ataskaitų ruošimas	0,3333	0,1111	0,2222	max	0,108	0,3333
5	Eksportavimo parinktys	0,2000	0,3000	0,2000	max	0,103	0,3000
6	Komandos bendradarbiavimo galimybės	0,2222	0,3333	0,1111	max	0,114	0,3333
7	Programinės įrangos mokymai	0,3333	0,1111	0,2222	max	0,098	0,3333
8	Demonstracinė versija	0,1111	0,3333	0,2222	max	0,093	0,3333
9	Pagalbos pasiekiamumas	0,3333	0,2222	0,1111	max	0,097	0,3333
10	Kalbų pasirinkimas	0,1739	0,3478	0,1304	max	0,079	0,3478

Sudaroma svertinė normalizuota matrica, gauta normalizuota kiekvieno kriterijaus alternatyvos reikšmė padauginama iš reikšmingumo (q). Ieškoma geriausios alternatyvos pagal optimalumo funkciją. S_i – santykinis reikšmingumas apskaičiuojamas susumavus kiekvienos alternatyvos gautas svertines normalizuotas reikšmes. Kuo S_i reikšmė yra didesnė, tuo reiškia, kad alternatyva yra geresnė, o jei reikšmė mažesnė – prastesnė alternatyva. K_i – alternatyvų naudingumo laipsnis apskaičiuojamas alternatyvos S_i padalinus iš optimalios reikšmės S_i . Pagal gautus rezultatus sudaroma prioritentinė eilutė:

25 lentelė. Pagal ARAS metodą sudaryta svertinė normalizuota matrica

Eil. Nr.	Kriterijai	Alternatyvos			Optimizavimo kryptis	q	Optimali reikšmė
		„iTwo“	„Bexel manager“	„Vico office“			
1	Licencijos laikotarpis	0,0189	0,0189	0,0283	max	0,094	0,0283
2	BIM taikymo atvejų skaičius	0,0219	0,0314	0,0178	max	0,102	0,0314
3	Duomenų analizės funkcijos	0,0123	0,0368	0,0246	max	0,111	0,0368
4	Ataskaitų ruošimas	0,0360	0,0120	0,0240	max	0,108	0,0360

5	Eksportavimo parinktys	0,0207	0,0310	0,0207	max	0,103	0,0310
6	Komandos bendradarbiavimo galimybės	0,0253	0,0380	0,0127	max	0,114	0,0380
7	Programinės įrangos mokymai	0,0326	0,0109	0,0217	max	0,098	0,0326
8	Demonstracinė versija	0,0104	0,0311	0,0207	max	0,093	0,0311
9	Pagalbos pasiekiamumas	0,0322	0,0215	0,0107	max	0,097	0,0322
10	Kalbų pasirinkimas	0,0138	0,0276	0,0104	max	0,079	0,0276
S _i		0,2241	0,2592	0,1916			0,3252
K _i		68,9063	79,7249	58,9109			100
Prioritetas:		2	1	3			

Atlikus skaičiavimus pagal ARAS metodą gaunama, kad racionaliausia iš pasirinktų alternatyvų yra „Bexel manager“ programinė įranga, o prasčiausia – „Vico office“.

3.3.3. Racionalios alternatyvos pritaikymas atvejo tyrimui

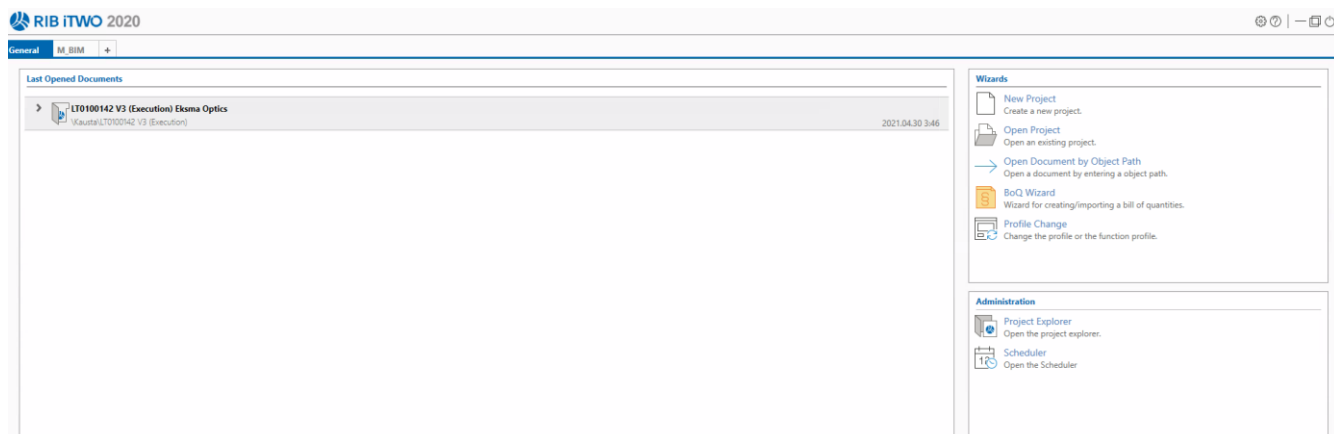
Nors pagal pritaikytus daugiakriterius SAW ir ARAS metodus gauti vieningi rezultatai, jog racionaliausia iš pasirinktų alternatyvų yra „Bexel manager“ programinė įranga, visgi atvejo tyrimui pasirinkta aptarti „iTWO“ programinę įrangą. Toks pasirinkimas priimtas dėl to, kad „iTWO“ taikoma Lietuvos rinkoje ir yra galimybė parodyti kaip konkrečiam projektui pritaikoma programinė įranga.

Pasirinktas projektas – gamybos, pramonės paskirties pastatas, Keramikų g. 2, Vilnius. Tai UAB „EKSMA Optics“ laboratorijų pastatas, kurį sudaro 4 aukštai. Pastato aukštis – 17,5 m, bendras plotas 7310,24 m², energinio naudingumo klasė – A+. Projekto trukmė 10 mėnesių ir pastato kategorija pagal STR 1.01.03:2007 – ypatingas. Statybų etape projekto valdymo komandą sudaro: projekto vadovas, du statybos vadovai, darbų vadovas, du inžinieriai, šildymo ir vėdinimo dalies vadovas bei elektros dalies vadovas. Šio projekto komandą sudaro daugiau darbuotojų nei įprastai, nes projektas itin sudėtingas, dažnai keičiasi projektavimo sprendiniai, dėl to nuolat reikia atnaujinti kiekius, darbo projekto sprendinius. Taip pat vienas didžiausių iššūkių šio projekto – Covid-19 pandemija, kuri riboja gamybos apimtį, darbininkų paskirstymą objekte, darbų organizavimą. Kad projektas būtų įgyvendintas pagal sutartą trukmę ir suskaičiuotą biudžetą, taikoma programinė įranga „iTWO“, kurią valdo projekto vadovas ir projekto inžinieriai.

Toliau aprašomos „iTWO“ programos funkcijos taikytos aprašyto projekto valdymui.

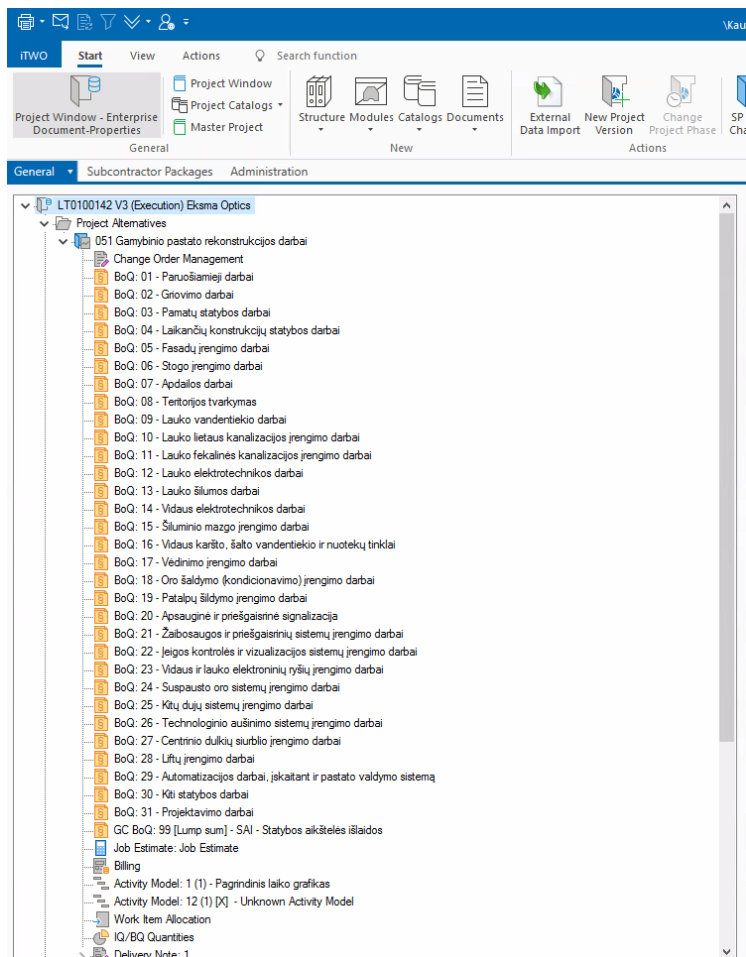
Pirmiausia atsidarius programą yra matomas darbinis laukas, kuriame reikia pasirinkti projektą – „EKSMA Optics“, kiekvienas projektas turi buhalterinį kodą ir būseną, kuri gali būti

pasiūlymo (angl. tender) arba vykdymo (angl. execution) stadijoje. Statybų etape yra naudojama vykdymo būseną.

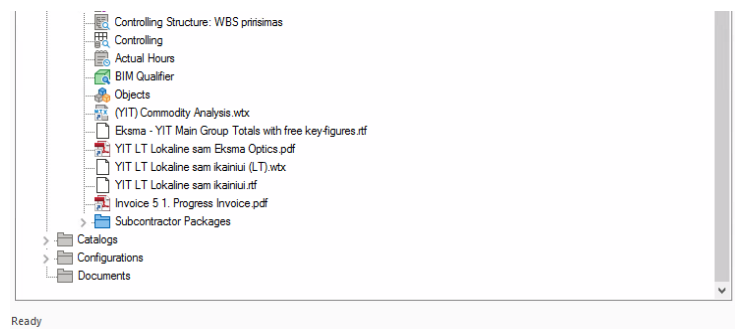


33 pav. „iTWO“ programinės įrangos darbalaukis

Atsidarius pasirinktą projektą matomos projekto alternatyvos, dažnu atveju tai būna viena alternatyva, kurią praskleidus matomi projektų valdymui reikalingi pagrindiniai įrankiai, sąmatos (angl. estimate) skyriai, laiko grafikas (angl. activity model), darbo elementų paskirstymas (angl. work item allocation), pagrindinių medžiagų važtaraščiai (angl. delivery note), valdymo struktūra (angl. controlling structure), valdymas (angl. controlling), subrangovų paketai (angl. subcontractor packages).



34 pav. Projekto dokumentų paketas (1)

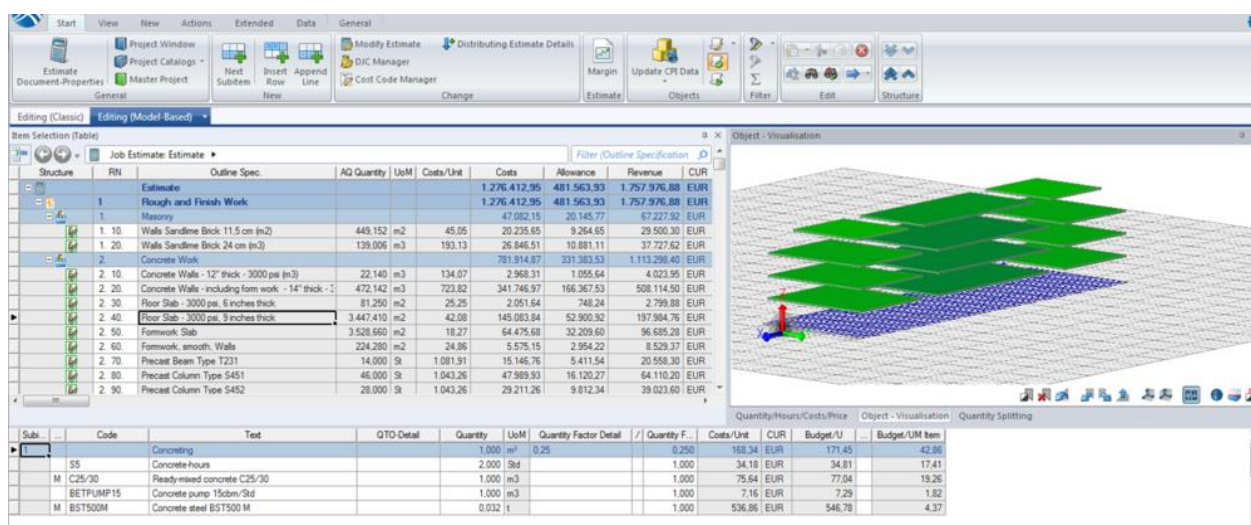


35 pav. Projekto dokumentų paketas (2)

Sąmatos dokumentas priklauso projekto alternatyvai (vienas visiems darbų kiekių žiniaraščiams). Sąmatos duomenis galima kopijuoti iš kito projekto ar darbo straipsnių katalogo kopijuojant/įklijuojant. Sąmatos dokumente yra išlaidos, kurios konvertuojamos į kainas, kurios gali būti perduodamos į darbų kiekių žiniaraščius, naudojant priemokų lentelę pakeltoms kainoms pridėti. Sąmatos duomenų parametrus galima nustatyti taip, kad dėl vietos greitai būtų galima pakeisti išsamius išteklių kiekius, našumus ir išlaidų faktorius.

Taip pat sąmatas galima importuoti iš (naudojant konverterį ar iš anksto užsakytus raštus) arba importuoti ir eksportuoti xml formatu. Importuojant sąmatą, pirmiausiai pagrindiniame projekte turi būti susijęs BoQ, išlaidų kodai, produktų kodai ir grupės.

Dažnai, daug laiko užimantys, skaičiavimai iš 2D brėžinių gali būti atliekami daug kartų greičiau – naudojant projekto 3D modelį, pvz.: pastato mūras. Taip suskaičiuoti kiekiai yra vėliau naudojami grafiko sudarymui, resursų planavimui ir darbų aktavimui, kuris vykdomas kiekvieno mėnesio pabaigoje. Žemiau pateiktame 36 pav. yra parodyta sąmata, kurios skaičiavimai atlikti naudojant 3D modelį.



Structure	RN	Outline Spec.	AQ	Quantity	UoM	Costs/Unit	Costs	Allowance	Revenue	CUR
1	Estimate						1,276,412.95	481,563.93	1,757,976.88	EUR
1	Rough and Finish Work						1,276,412.95	481,563.93	1,757,976.88	EUR
1.10	Masonry						47,052.15	20,145.77	67,227.92	EUR
1.10.1	Walls Sandline Brick 11.5 cm (m2)		443.152	m2	45.35		20,226.65	9,264.65	29,500.30	EUR
1.10.2	Walls Sandline Brick 24 cm (m2)		139.006	m2	193.13		26,846.51	10,881.11	37,727.62	EUR
2	Concrete Work						791,914.87	331,383.53	1,123,298.40	EUR
2.10	Concrete Walls - 12" thick - 3000 psi (m3)		22,140	m3	134.07		2,968.31	1,055.64	4,023.95	EUR
2.20	Concrete Walls - including form work - 14" thick -		472,142	m3	723.82		341,746.97	166,367.53	508,114.50	EUR
2.30	Floor Slab - 3000 psi, 6 inches thick		81,250	m2	25.25		2,051.64	748.24	2,799.88	EUR
2.40	Floor Slab - 3000 psi, 9 inches thick		3,447,410	m2	42.08		145,083.84	52,900.92	197,984.76	EUR
2.50	Formwork Slab		3,528,660	m2	18.27		64,475.68	32,209.60	96,685.28	EUR
2.60	Formwork, smooth, Walls		224,280	m2	24.86		5,575.15	2,954.22	8,529.37	EUR
2.70	Precast Beam Type T231		14,000	ft	1,081.91		15,146.76	5,411.54	20,558.30	EUR
2.80	Precast Column Type S451		46,000	ft	1,043.26		47,989.93	16,120.27	64,110.20	EUR
2.90	Precast Column Type S452		28,000	ft	1,043.26		29,211.26	9,812.34	39,023.60	EUR

Sub	Code	Text	QTO-Detail	Quantity	UoM	Quantity Factor Detail	Quantity F.	Costs/Unit	CUR	Budget/Unit	Budget/UM Item
		Concrete		1,000	m3	0.25	0.250	168.34	EUR	171.45	42.86
	55	Concrete Hours		2,000	Std		1,000	34.18	EUR	34.81	17.41
M	C25/30	Ready-mixed concrete C25/30		1,000	m3		1,000	75.64	EUR	77.04	19.26
	BETPUMP15	Concrete pump 15cbm/Std		1,000	m3		1,000	7.16	EUR	7.29	1.82
M	BST500M	Concrete steel BST500 M		0.032	t		1,000	536.86	EUR	546.78	4.37

36 pav. Laiko grafikas

Laiko grafikas yra nuolat atnaujinamas, tai priklauso nuo darbų pasikeitimo, darbų ar medžiagų vėlavimų bei kitų nenumatytų atvejų, ir tiesiogiai susijęs su sąmata. Pagrindiniai atvejai, susiję su darbų priskyrimu prie laiko grafiko pozicijų:

- 1) naujų laiko grafiko pozicijų sukūrimas;
- 2) naujas darbas priskiriamas vienai laiko grafiko pozicijai;
- 3) keletas naujų darbų priskiriami vienai laiko grafiko pozicijai;
- 4) naujo darbo priskyrimas kelioms laiko grafiko pozicijoms (skaidymas);
- 5) prie laiko grafiko priskirtų darbų priskyrimo naikinimas.

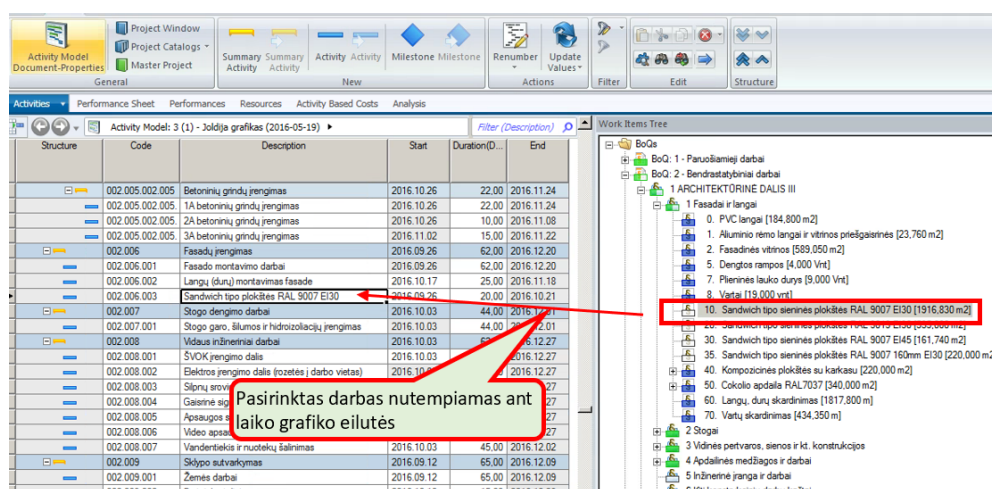
Prieš priskiriant naujus darbus esamoms arba naujoms laiko grafiko pozicijoms turi būti atlikti šie veiksmai:

- 1) naujam darbui turi būti priskirtas konstruktyvo kodas;
- 2) naujas darbas turi būti įkainotas;
- 3) pagal poreikį turi būti sukurtas subrangovo paketas.

Kiekvienai sukurtai naujai pozicijai:

-
- Activity Model Document-Properties
- Project Window
Project Catalogs
Master Project
- General
- Summary Activity
Summary Activity
Activity Activity
Milestone Milestone
- New
- Renumber
Update Value
- Actions
- Activities Performance Sheet Performances Resources Activity Based Costs Analysis
- Activity Model: 3 (1) - Joldija grafikas (2016-05-19)
- | Structure | Code | Description | Start | Duration(D... | End |
|------------------|------|--|------------|---------------|------------|
| 002.005.002.005. | | 3A betoninių grindų įrengimas | 2016.11.02 | 15.00 | 2016.11.22 |
| 002.006 | | Fasadų įrengimas | 2016.11.26 | 2.00 | 2016.12.20 |
| 002.006.001 | | Fasado montavimo darbai | 2016.11.26 | 2.00 | 2016.12.20 |
| 002.006.002 | | Langų (durių) montavimas fasade | 2016.10.17 | 25.00 | 2016.11.18 |
| 002.006.003 | | Sandwich tipo poklštės RAL 9007 E130 | 2016.09.26 | 20.00 | 2016.10.21 |
| 002.007 | | Stogo dengimo darbai | 2016.10.03 | 44.00 | 2016.12.01 |
| 002.007.001 | | Stogo garo, šilumos ir hidroizoliacijų įrengimas | 2016.10.03 | 44.00 | 2016.12.01 |
| 002.008 | | Vidaus inžineriniai darbai | 2016.10.03 | 62.00 | 2016.12.27 |
| 002.008.001 | | ŠVOK įrengimo dalis | 2016.10.03 | 62.00 | 2016.12.27 |

Kadangi grafikas yra tiesiogiai susijęs su sąmata, kiekvieno pasirinkto darbo apimtis yra priskiriama vienai grafiko pozicijai. Priskirtas darbas žymimas mėlyna spalva.



Visus šiuos žingsnius atlieka projekto inžinierius, priskirdamas darbus laiko grafikui, o darbų trukmę pagal faktą koreguoja projekto vadovas. Labai svarbu pabrėžti, kad projekto vadovas ir inžinierius privalo nuolat dalintis informacija, nes visi projekto valdymo procesai yra susiję ir jei bent viena proceso dalis bus netinkamai įgyvendinta, atsiras nesutapimai, klaidos. Šiame projekte „EKSMA Optics“ didelių klaidų neatsirado, nes nuolat vyksta bendravimas ir informacijos dalijimasis tarp komandos narių.

Programoje projekto inžinieriaus yra vedami pagrindinių medžiagų važtaraščiai, kokios yra pagrindinės medžiagos nustatomos individualiai, priklausomai nuo projekto sudėtingumo, dažniausiai tai būna stambios ir brangios medžiagos. Programoje reikia įvesti važtaraščio datą, numerį, medžiagų apibūdinimą, atsakingą asmenį, sumą ir tiekėją.

Structure	Type	Code	Delivery Date	Order No.	Description	Person in Charge	Net Amount	CUR	Supplier Company
Delivery Note	1				Medžiagos			EUR	
Group	11				2019 m lapkričio mėn.			EUR	
Delivery Note	111	2019.11.19	VA001212829		Medžiaginiai atraminių sienutei		516.91	EUR	Lemora UAB
Delivery Note	112	2019.11.22	KV-09581		Blokeliai		0.00	EUR	Ad limina UAB
Delivery Note	113	2019.11.22	LEM Nr. 0006990		Mūro mišinys		960.00	EUR	Lemora UAB
Delivery Note	114	2019.11.26	AD8008715		Blokeliai		1.133.27	EUR	Ad limina UAB
Group	12				2019 m gruodžio mėn.			EUR	

39 pav. Medžiagų važtaraščių vedimas į sistemą

Valdymo įrankyje yra matomi svarbiausi veiklos rodikliai, tai dažniausiai būna kiekiai, terminai, biudžetas, išlaidos, pajamos ir kiti svarbūs rodikliai, juos galima pasirinkti pagal poreikį.

Structure	Id	Description	UoM	Start Date	End Date	Contract	Budget	Work Scheduled to RP	Work Performed to RP	Actual Costs to RP
EOC-E1		EOC - Basic BoQ with Estimate				3,768,346.00	3,768,346.00	24,198.00	29,190.00	34,100.00
1		Piling				496,059.00	496,059.00	24,198.00	29,190.00	34,100.00
11		Piling Subcontract		25/07/2012	17/10/2012	291,994.00	291,994.00	24,198.00	29,190.00	34,100.00
12		Pile Caps		17/10/2012	04/12/2012	204,065.00	204,065.00	0.00	0.00	0.00
2		Superstructure				1,527,359.00	1,527,359.00	0.00	0.00	0.00
21		Frame		04/12/2012	01/01/2013	751,293.00	751,293.00	0.00	0.00	0.00
22		Floors		01/01/2013	29/01/2013	680,605.00	680,605.00	0.00	0.00	0.00
23		Walls		29/01/2013	23/04/2013	95,461.00	95,461.00	0.00	0.00	0.00
3		Interior				1,744,928.00	1,744,928.00	0.00	0.00	0.00
31		Internal Walls		23/04/2013	16/07/2013	524,358.00	524,358.00	0.00	0.00	0.00
32		Fit out		16/07/2013	14/02/2014	1,220,570.00	1,220,570.00	0.00	0.00	0.00

Structure	Id	Name	Contract	Budget	Work Scheduled to RP	Work Performed to RP	Actual Costs to RP	Costs to Complete
L		Labour	842.25	842.25	69.80	84.23	100.00	0.00
M		Materials	42,282.82	42,282.82	3,504.10	4,228.28	10,000.00	0.00
MC			0.00	0.00	0.00	0.00	10,000.00	0.00
P		Plant	1,428.72	1,428.72	118.40	142.87	0.00	0.00
S		Subcontract	247,439.75	247,439.75	20,506.05	24,734.37	24,000.00	0.00

40 pav. Projekto valdymo struktūra

Jei duomenys buvo įvesti teisingai, tai ir bendroje valdymo įrankio lentelėje duomenys yra teisingi, tačiau būna atvejų, kai galutinėje suvestinėje matomi biudžeto ar darbų kiekių neatitikimai, juos programa pažymi raudona spalva, todėl aiškiai matoma, kur padarytos klaidos.

Taikant „iTwo“ programinę įrangą „EKSMA Optics“ projektui valdyti, komanda neišvengia iššūkių. Vienas iš jų, tai kad sunku koreguoti laiko grafiką, jeigu keičiasi projekto sprendiniai – gaminiai, darbų kiekiai ir t.t. Kitas – sąmatos atnaujinamas, kurios koregavimas užima daug laiko, nes sąmatos yra itin didelės apimties ir lengva pasimesti tarp skaičių. Norint tinkamai

valdyti „iTWO“ programą reikia labai daug praktikos ir gebėti sudaryti sąmatas, tada projekto valdymas taikant programinę įrangą yra daug paprastesnis. Vienas didžiausių privalumų „iTWO“ programos tai, kad visi duomenys yra vienoje programoje, juos gali valdyti visa projekto komanda ir teisingai atliekant valdymo procesus galutinės ataskaitos automatiškai sugeneruojamos ir tampa akivaizdu, ar yra vėlavimai, ar telpama į projekto biudžetą.

Lietuvos statybų rinkai „iTWO“ programinė įranga yra tinkama naudoti, tai įrodo jau ne vienas įgyvendintas projektas naudojant šią programą. Vienas didžiausių iššūkių, tai kad reikia nuolat atnaujinti projekto sąmatą, nes dažniausiai projekto vykdymo metu projektavimo sprendiniai dar būna keičiami, todėl reikia koreguoti laiko grafiką, perskaičiuoti ir atnaujinti kiekius, atsiranda daug papildomo darbo. Užsienio statybų rinkoje pirma vyksta detalus projektavimo etapas ir tik vėliau statybos vykdymas, tokiu būdu dirbant ši programinė įranga yra daug naudingesnė ir patogesnė.

IŠVADOS

1. Atlikus literatūros analizę galima teigti, kad BIM metodologija ir technologijos užtikrina, jog ateityje vis dažniau bus taikomas dinaminis projekto valdymas, kadangi toks valdymo būdas sutrumpina projekto įgyvendinimo laiką, pagerina darbo kokybę ir sutaupo projekto biudžetą.
2. Atlikta literatūros analizė suteikia informaciją, kad ne tik Lietuvoje, bet ir visame pasaulyje projektų dinaminis valdymas statybos rangos versle sparčiai tobulėja, taikant naujausias statybos projektuose taikomas technologijas ir programinius įrankius.
3. BIM technologijų taikymo statybos projektuose didžiausias privalumas, kad visa projekto įgyvendinimo eiga nuo 3D modeliavimo, projektavimo iki statybų vykdymo ir pastato pridavimo yra valdoma taikant programines įrangas. Viso proceso eiga yra matoma vienoje programoje, kur galima atlikti lyginamąją analizę, nustatyti kas padaryta tinkamai, o ką reiktų pakeisti, tai padeda tobulėti įgyvendinant naujus projektus. Taip pat, kai visi projekto įgyvendinimo procesai matomi vienoje programoje yra didesnė tikimybė išvengti projektavimo klaidų ir netgi pagreitinti projektavimo procesą.
4. Atlikus BIM programinės įrangos paketų kriterijų palyginimą įvairiuose moksliniuose tyrimuose, atrinkta, kurie kriterijai yra tinkami taikyti ir lyginti pasirinktas statybos projektų valdymui tinkančias programinių įrangų alternatyvas.
5. Pagal parinktus kriterijus atliktas programų palyginimas.
6. Ekspertų vertinimo metodu nustatyti kriterijų reikšmingumai.
7. Pritaikius daugiakriterius SAW ir ARAS metodus nustatyta, kad racionaliausia iš trijų pasirinktų alternatyvų yra „Bexel manager“ programinė įranga, mažiau racionali „iTWO“ ir mažiausiai racionali „Vico office“.
8. Racionali programinės įrangos alternatyva „iTWO“ pritaikyta atvejo tyrimui padėjo detaliau išsiaiškinti, kad statybos projekto etapai yra labai susiję vienas su kitu ir bet kokios klaidos gali sukelti nuostolius. Taip pat nustatyta, kad nuoseklus projekto komandos bendradarbiavimas taikant programinę įrangą pagerina ir pagreitina darbą. Galima teigti, geriausiam projekto valdymo rezultatui pasiekti, naudojant programinę įrangą, pirma turi būti visiškai baigtas projektavimo etapas, kad statybos eigoje nebūtų keičiami esminiai projekto sprendiniai, kurie gali padidinti projekto išlaidas.

LITERATŪRA IR ŠALTINIAI

1. Zwikaël, O., Smyrk, J.R., 2018. Project management. A benefit realisation approach. Springer, 2018.
2. Bureau Veritas, n.d. Construction Project Management. Guiding construction projects to successfully meet quality, time and budget. Prieiga per internetą: <https://www.bureauveritas.lt>
3. Walker, A., 2007. Project Management in Construction. Singapore: Utopia Press Pte Ltd. P.6.
4. Beard, J. L., Loulakis M. C., Wundram, E. C., 2001. Design-build, planning through development. USA: R.R. Donnelley and Sons Company. Psl. 33-35.
5. Levy, S. M., 2006. Design-build project delivery, maging the building process from proposal through construction. USA: The McGraw-Hill Companies. Psl. 141-150.
6. Morris, R. A., Sember, B. MC., 2010. Sėkminga projektų vadyba. Vilnius: UAB Verslo žinios. Psl. 67-77.
7. Banaitienė, N., Banaitis, A., 2006. Statybos projektų valdymo pagrindai. Vilnius: Technika.
8. „Edcuba“, 2020. Prieiga per internetą: <https://www.educba.com/traditional-vs-dynamic-project-management/>
9. Kuster, J., Huber, E., Lippmann, R., Schmid, A., Schneider, E., Witschi, U., Wust, R., 2015. Project Management Handbook. Springer-Verlag Berlin Heideberg.
10. Ayuso Munoz, Jose, Luis, Yague, Blanco, Capuz, Rizo, Salvador, 2015. Project Management and Engineering. Springer International Publishing Switzerland.
11. Philips, J., 2004. PMP Project Management Professional Study Guide. McGraw-Hill.
12. „LiquidPlanner“, 2016. What Is Dynamic Project Management? Prieiga per internetą: <https://www.liquidplanner.com/blog/dynamic-project-management/>
13. „LiquidPlanner“, 2016. Traditional vs Dynamic Project Management. Prieiga per internetą: <https://www.liquidplanner.com/blog/traditional-vs-dynamic-project-management/>
14. „Statyba40“, 2020. 2021m. sausio 1d. privalomas BIM metodų taikymas. Prieiga per internetą: <https://statyba40.lt/titulinis/privalomas-bim-metodu-taikymas/>
15. BIM instrukcija, 2013. Statsbygg Building Information Modelling Manual. Prieiga per internetą: <https://www.statsbygg.no/files/publikasjoner/manualer/statsbyggbim-manual-ver1-2-1eng-2013-12-17.pdf>
16. Blackwell, Dr., B., 2015. Building Information Modelling. Prieiga per internetą: [Building information modelling \(publishing.service.gov.uk\)](https://www.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/431111/building-information-modelling.pdf)
17. NBS BIM Object Standard, 2015. Prieiga per internetą: https://www.nationalbimlibrary.com/Content/BIMStandard/NBS-BIM-Object-Standard-v1_2_1114.pdf

18. BIM Task Group „Dažnai užduodami klausimai“, 2015. Prieiga per internetą: [Centre for Digital Built Britain | \(cam.ac.uk\)](http://www.cam.ac.uk/centre-for-digital-built-britain)
19. „BimLink“, 2013. BIMLINK tinklaraštis – tiems, kurie daro BIM projektus. Prieiga per internetą: <http://blog.bimlink.lt/kas-yra-bim/>
20. VŠĮ „Skaitmeninė statyba“, 2019. Prieiga per internetą: https://issuu.com/lba8/docs/skaitmenine_statyba_2019_one
21. Broquetas, M., Bryde, D. J., Volm, J., M., 2013. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/261088155_The_project_benefits_of_Building_Information_Modelling_BIM
22. Love, P., E.D., Matthews., J., Simpson, L., Hill, A., 2014. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/258341658_A_benefits_realization_management_building_information_modeling_framework_for_asset_owners
23. Abbasnejad, B., Nepal, M. P., Nasirian, A., Drogemuller, R., 2020. Building Information Modelling (BIM) adoption and implementation enablers in AEC firms: a systematic literature review. Prieiga per internetą: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17452007.2020.1793721>
24. „Infostatyba“, 2021. Statinio informacinis modeliavimas BIM. Prieiga per internetą: <http://infostatyba.lt/statinio-informacinis-modeliavimas-bim/>
25. Norvilaitė, R., Galdikas, L., Žygaitis, M., 2015. LAS ataskaitinė konferencija. Prieiga per internetą: <http://www.architektusajunga.lt/anonsai/las-ataskaitine-konferencija>
26. Shimonti, P., 2018. Geospital World. BIM adoption around the world: how good are we. Prieiga per internetą: <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/>
27. Piroozfar, P., Farr, E., Zadeh, A. H.M., Inacio, S., Kilgallon, Jin, R., 2019. Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/334898530_Facilitating_Building_Information_Modelling_BIM_using_Integrated_Project_Delivery_IPD_A_UK_perspective
28. Naborczyk, K., 2020. Why Norway is the best in BIM? Prieiga per internetą: <https://bimcorner.com/9-reasons-why-norway-is-the-best-in-bim/>
29. VŠĮ „Skaitmeninė statyba“, 2017. Programinės įrangos pasiūlymai. Prieiga per internetą: <https://skaitmeninestatyba.lt/programine-iranga/>

30. „Bimsoft“, 2020. Programinė įranga – ProtaStructure. Prieiga per internetą: https://bimsoft.lt/protastructure/?utm_source=google&utm_medium=CPC&utm_campaign=Prota_LT&utm_term=tekla&gclid=EAIaIQobChMIkpG5kcve7AIVBiwYCh3GzwBAEAA_YAiAAEgKWp_D_BwE
31. „Marvalbaltic“, 2018. Programinė įranga – Marval MSM. Prieiga per internetą: www.marvalbaltic.lt/itsm-software/marval-msm-software/beyond-it
32. „NIT“, 2021. Programinė įranga – Scada. Prieiga per internetą - <https://nit.lt/produktai/automatika/pastatu-valdymo-sistemas/>
33. Building Information Modelling (BIM) adoption and implementation enablers in AEC firms: a systematic literature review (Abbasnejad, Behzad; Nepal, Madhav Prasad; Ahankoob, Alireza; et al., 2020)
34. JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING – Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective (Piroozfar, Poorang; Farr, Eric R. P.; Zadeh, Amir H. M.; et al., 2019).
35. „ProofHub“ (2021). 21 Best Project Management Apps Comparison and Reviews of 2021. Prieiga per internetą: <https://www.proofhub.com/articles/project-management-app-comparison>
36. „The digital project manager“, 2021. Compare The 15 Best Project Management Software Of 2021. Prieiga per internetą: <https://thedigitalprojectmanager.com/best-project-management-software/>
37. Cicibas, H., Unal, O., Demir, K.A., 2010. „A comparison of project management software tools“. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/221610417_A_Comparison_of_Project_Management_Software_Tools_PMST
38. „PCMag“ 2020. „The best project management software for 2021“. Prieiga per internetą: <https://www.pcmag.com/picks/the-best-project-management-software>
39. Santos, J., M., D., 2021. „Best project management software for 2021“. Prieiga per internetą: <https://project-management.com/top-10-project-management-software/>
40. Venugalop, R., 2021. „9 best project management software for 2021“. Prieiga per internetą: <https://www.simplilearn.com/best-project-management-software-for-teams-article>
41. Kennedy, A., 2020. 10 Best Free Project Management Software Tools. Prieiga per internetą: <https://blog.capterra.com/free-open-source-project-management-software/>
42. Wimmer, L., 2021. Project management software 2021 compared. Prieiga per internetą: <https://www.stackfield.com/blog/project-managementsoftware-compared-75>

43. „Instagantt“, 2021. Top 10 Free Project Management Software for 2021. Prieiga per internetą: https://instagantt.com/top-10-project-management-software?gclid=EAIaIQobChMI_JHs8vS37wIV1xB7Ch1vfw6EAMYAiAAEgLm_fD_BwE
44. Aston, B., 2021. 10 Best Building Information Modeling (BIM) Software. Prieiga per internetą: <https://projectmanagernews.com/tools/best-building-information-modeling-software/>
45. Sirk, Ch., 2020. 12 Best Project Management Software Tools (2021 Comparison). Prieiga per internetą: <https://crm.org/news/best-project-management-software>
46. Sun, Ch., Jiang, Sh., Skibniewski, M. J., Man, Q., Shen, L., 2015. A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. Technological and Economic Development of Economy. Psl. 766-777.
47. Zavadskas, E.K., Turskis, Z., 2011. Multiple criteria decision (MCDM) methods in economics: an overview.
48. Zavadskas, E.K., Turskis, Z., 2010. A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision – making. Technological and Economic Development of Economy. Psl. 159-172.
49. Antuchevičienė, J., Kala, Z., Marzouk, M., Vaidogas, E. R., 2015. Solving civil engineering problems by means of fuzzy and stochastic MCDM methods: Current state and future research, Mathematical Problems in Engineering.
50. Tupėnaitė, L., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Turskis, Z., Seniut, M., 2010. Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation, Journal of Civil Engineering and Management. Psl. 257-266.
51. UAB „YIT Lietuva“, 2020. Įmonės pateikta informacija.
52. „Bexel manager“, 2020. Programinė įranga. Prieiga per internetą: <https://bixelmanager.com/>
53. „Vico office“, 2020. Programinė įranga. Prieiga per internetą: <https://vicooffice.dk/en/>
54. Darni statyba, 2016. Statybos projektų planavimas su „Vico office“ moduliu „Schedule Planner“ sutaupo gamybos 17% gamybos laiko. Prieiga per internetą: www.darnistatyba.lt/planavimas-vico-office-schedule-planner/