



## BIM TECHNOLOGIJŲ ĮTAKA DARBO EFEKTYVUMUI

Laura Reizgevičiūtė<sup>1</sup>, Marius Reizgevičius<sup>1, 2</sup>, Leonas Ustinovičius<sup>2</sup>, Mykolas Pelikša<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Šiaulių universitetas, <sup>2</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas

### Anotacija

BIM (Building Information Modeling) projektavimas labai dažnai analizuojama sritis statybos inžinerijos ir vadybos moksliniuose leidiniuose. Užsienio autoriai pabrėžia pastato informacinio modelio panaudojimo galimybių svarbą statybos pramonėje. Projektuojama braižant ne linijomis, o jau elementais, kurie turi savo parametrus. BIM susieja įvairius pastato statybos proceso vykdymui, statiniui turinčius įtakos veiksnius: laiką, sąnaudas, apšvietimą, geografinę padėtį, statybos medžiagas, jų kiekius, kt. Straipsnyje aptariami pastato informacinio modeliavimo privalumai ir trūkumai. Vienas didžiausių BIM privalumų – tai lengvas klaidų šalinimas – visa informacija kaupiama viename modelyje, atsiradus klaidai, ją ištaisyti paprasta ir pakanka tai padaryti vienoje vietoje. Kita vertus, maža tikimybė, kad visi projekto dalyviai naudosis viena projektavimo sistema, nes dažniausiai tai ne vienos įmonės darbas. Be to, BIM programos sudėtingos ir labai apkrautos. Įvertinus visus kriterijus, aptariama įtaka darbo efektyvumui, kaip privalumai gali pagreitinti darbą. BIM technologijų įtakos darbo efektyvumo vertinimui buvo pasirinkti 100 daugiaaukščių pastatų (dangoraižių). Skaičiavimai parodo, kad pastato informacinis modelis ne visada pagreitina statybų procesą. Pastatai, statyti dar nenaudojant BIM buvo statyti greičiau nei pradėjus naudoti pastato informacinį modelį. BIM yra reikalingas projektavime, kai kuriamas pilnas kompleksinis projektas. Naudojant pastato informacinį modelį tik atskiroms dalims, nenaudojant centrinio failo, gaišamas laikas keičiant programų formatus, dažnai net perbraižant brėžinius.

PAGRINDINIAI ŽODŽIAI: BIM, 4D CAD, efektyvumas, 3D CAD, 2D CAD.

### Įvadas

BIM projektavimas – tai procesas, apimantis skaitmeninio projekto kūrimą ir tvarkymą. BIM – tai ne tik projektavimo, bet ir proceso simuliacija. Kymmell (2008) simuliacija vadina visą reikalingą informaciją statybos projektui suplanuoti ir įvykdyti. „Pastato informacinis modelis – tai projekto simuliacija, kurią sudaro pastato komponentų 3D modelis, surištas su visa reikalinga informacija projekto planavimui, statybai, vykdymui, eksploatavimo nutraukimui.“

Azhar, Hein ir Sketo (2010) nuomone, pastato informacinis modelis yra išsamus, informatyvus, jis gali

Smith (2007) nuomone, BIM palengvina rangovų ir subrangovų darbą. Statybų metu laikomasi modelio informacijos nuo jos nenukrypstant. Modelyje sukaupia informacija apie statybos produktus, sertifikatus, atitikties deklaracijas, serijos numerius, garantinį laikotarpį, medžiagų sandėliavimą, atgabenimą į statybos aikštelę. Be to, modelis suteikia informaciją apie pastato, jo atskirų dalių priežiūrą, pastatą eksploatuojant. Autoriaus teigimu, statybų aikštelės naudojant BIM yra saugesnės, medžiagos nekaupiamos aikštelėje, o atvežamos konkrečiai numatytu laiku, sumažinamas atliekų kiekis iki minimumo, nes užduotys optimizuojamos.

Manoma, kad BIM technologijos daugiausia taikomos sudėtingiems pastatams (dėl aukščio, konstrukcijų, technologijų, kt.). Lietuvoje daug neužstatytos teritorijos, todėl pastatų aukštinimas nėra labai aktualus, išskyrus didžiuosiuose miestuose. Be to, Lietuvoje vyrauja specializuotos projektavimo įmonės, atliekančios tam tikrą specifinę projekto dalį (architektūrinę, konstrukcinę, šildymo, vėdinimo, kondicionavimo). Anksčiau veikė

būti pritaikomas skirtingų sričių atstovų. Pagrindinis skirtumas tarp BIM ir 2D, autorių teigimu, yra tas, jog 2D – tai planai, pjūviai, fasadai, braižomi atskirai. Šių vaizdų redagavimas reikalauja, kad visi kiti brėžiniai būtų patikrinti ir atnaujinti, nes atsiranda klaidų tikimybė. Be to, duomenys 2D brėžiniuose yra grafiniai subjektai: linijos, arkos, apskritimai. Tuo tarpu BIM modelyje grafiniai subjektai apibūdinami kaip erdvės, sienos, sijos, kolonos, kaupiamos tiek fizinės, tiek funkcinės charakteristikos, gyvavimo ciklo informacija. Pavyzdžiui, modelyje pakeitus vieno lango parametrus, jis automatiškai pasikeičia visuose planuose, pjūviuose, fasaduose, specifikuose. dideli projektavimo institutai reorganizuoti, todėl nebėra visų projektų dalių specialistų vienoje vietoje.

**Tikslas** – išanalizuoti BIM projektavimo įtaką darbo efektyvumui.

Uždaviniai:

Apibūdinti BIM sampratą ir taikymą Lietuvos ir užsienio mokslinėje literatūroje.

Įvertinti BIM modelio privalumus ir trūkumus.

Palyginti BIM technologijų efektyvumą daugiaaukščių pastatų statyboje naudojant ir nenaudojant BIM technologijų.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, sisteminimas, grafinis duomenų vaizdavimas. Regresinė analizė vertinant pastatų aukščio, aukštų skaičiaus, ploto įtaką statybos trukmei.

### BIM projektavimo samprata

BIM (Building Information Modeling) projektavimas – labai dažnai analizuojama sritis statybos

inžinerijos ir vadybos moksliniuose leidiniuose. BIM pirmą kartą atsirado 1970 metais. 1987 metais kompanija „Graphisoft“ ArchiCAD“ pirmą kartą pradėjo vykdyti virtualią statybą. Lietuvoje BIM samprata atsirado 2002 metais. BIM išvertus į lietuvių kalbą – tai pastato informacinis modelis. BIM – tai naujos kartos projektavimo būdas. Projektuojama braižant ne linijomis, o jau elementais, kurie turi savo parametrus.

Pastato informacinis modelis išplečia įprastą 2D sąvoką. Jis apima 3D brėžinius, laiką (4D), sąnaudas (5D). Taigi, pastato informacinį modeliavimą sudaro ne tik geometrija. BIM susieja įvairius pastato statybos procesus vykdymui, statiniui turinčius įtakos veiksnius: laiką, sąnaudas, apšvietimą, geografinę padėtį, statybos medžiagas, jų kiekius, kt. Pastato informacinis modeliavimas susitelkia skaitmeninės statybos projekto informacijos plėtojimui, naudojimui ir perdavimui tam, kad patobulintų dizainą, konstrukcijas ir projekto vykdymo procesus, įrangą (Messner, Anumba, Dubler, kt. 2011).

BIM koncepcija – pastatyti pastatą virtualiai prieš pastatant realų pastatą. Tokiu būdu išvengiama papildomų problemų, galima analizuoti potencialius veiksnius pastatui (Smith 2007). Visa informacija kaupiama centriniame faile. Kuriant pastato informacinį modelį, visi projekto aspektai, turi būti aiškūs ir lengvai prieinami visiems suinteresuotiems dalyviams. Smith (2007) teigimu, prieš imantis statybos įgyvendinimo, pastato informacinis modelis turi būti baigtas visais atžvilgiais, skirtingų sistemų poveikiai, prijungimai, turi būti išspręsti. Visos statybinės konstrukcijos, produktai, parinkti modelyje, yra tiksliai nurodyti, konstruktorių patikrinti, išspręsti sujungimo mazgai. Kai visos problemos modelyje yra išspręstos, jis „užrakinamas“. Optimalaus energijos panaudojimo, žemiausios kainos, gyvavimo ciklo analizės gali būti atliktos bet kurios stadijos metu. BIM padeda išspręsti sudėtingus konstrukcinius sprendimus, įvertina statybų trukmę, laiką, konstrukcijas, leidžia bendradarbiauti architektams, inžinieriams, konstruktoriams, užsakovams ir subrangovams viso statybų proceso metu.

## BIM naudojimo privalumai ir trūkumai

BIM panaudojimo galimybės yra labai plačios. Pastato informacinio modelio dėka statybos projektą galima sukurti virtualioje erdvėje. Jo pritaikymas pasaulyje atskleidžia pastato informacinio modeliavimo privalumus ir trūkumus.

Vienas didžiausių BIM privalumų – tai lengvas klaidų šalinimas. Taip yra todėl, kad pastato informacinis modelis – virtualioje erdvėje. Kadangi visa informacija kaupiama viename modelyje, atsiradus klaidai, ją ištaisyti nesudėtinga, konstrukcijų neatitikimai greitai pastebimi ir lengvai koreguojami, informacijos atnaujinimas automatiškas, greitas.

Howell ir Batcheler (2005) išskiria tokius BIM privalumus: 3D pastato modelio sukūrimas leidžia automatiškai gauti planų, pjūvių, fasadų vaizdus, lengvesnė statybos objekto priežiūra, dirbant su vienu modeliu, nebekyla nesutapimų tarp projektuojamų elementų, dirbant viename modelyje, informacija

programoje atnaujinama automatiškai, ją lengva generuoti.

Pasak Messner ir kt. (2011), tinkamai įgyvendinus, BIM gali suteikti daug naudos projektui. BIM vertė atsiskleidžia didesne projekto kokybe atlikus efektyvią analizę, geresniu surenkamų elementų suprojektavimu ir parinkimu dėl nuspėjamų sąlygų turint virtualų modelį, tikslesniu darbų kiekio skaičiavimu, platesniu inovacijų panaudojimu. Baigus projektavimo etapą, vertinga informacija gali būti panaudojama tolesniam projekto įgyvendinimui.

Azhar ir kt. (2010) nagrinėja BIM privalumus, grėsmes ir iššūkius. Jų nuomone pastato informacinis modelis išskiria tokiais bruožais:

- greitesnis ir efektyvesnis procesas – informacija lengva dalintis, nesudėtingas atnaujinimas, daugkartinis panaudojimas;
- geresnis projektas – pastato pasiūlymai gali būti lengvai analizuojami, sukuriama simuliacijos, automatinis analizių palyginimas, panaudojami patobulinti inovaciniai sprendimai;
- kontroliuojami ir kaupiami duomenys apie aplinkos įtaką, gyvavimo ciklo sąnaudas;
- geresnė produkcijos kokybė – produkcijos dokumentacija yra lanksti ir naudojama automatizavimui;
- automatinis duomenų apdorojimas – skaitmeninė informacija gali būti panaudota tolesniems procesams vykdyti, konstrukcinių sistemų gamybai, montavimui;
- geresnis klientų aptarnavimas – projekto pasiūlymai aiškūs ir suprantami dėl tikslų vizualizacijų;
- gyvavimo ciklo duomenys – reikalavimai, konstrukcijos, operatyvinė informacija gali būti panaudota įrenginių valdyme.

BIM suteikia labai veiksmingą būdą žymiai pagerinti projektavimo ir dokumentacijos kokybę (CRC for Construction Innovation, 2007). Jungtinis inžinerinės materialinės bazės centras Stenfordo universitete remdamasis 32 dideliais projektais, naudojusiais BIM technologijas, išskyrė tokius BIM naudojimo privalumus (SUCIFE, 2007): sąnaudų skaičiavimo tikslumas < 3 %; 40 % panaikinta į biudžetą neįtraukta pinigų kaita; 80 % sumažintas sąmatos kūrimo laikas; 10 % sutarties vertės sutaupoma dėl išankstinio klaidų aptikimo; 7 % sumažintas projektavimo laikas; kai naudojamas 3D modelis investicijos grįžta po 5-10 kartų.

Vienas iš BIM modelio trūkumų, kad dažnai atsiradus lemiama klaidai taisyti turimą medžiagą gali užtrukti daugiau laiko, nei pradėti projektą iš naujo. Taip įvyksta dėl pastato informacinio modelio informacijos gausos viename faile. Kita vertus, procesas vykdant antrą kartą vyksta greičiau.

Miglinskas (2012) vertindamas pastato informacinį modelį, įvardija trūkumus: BIM neveikia automatiškai (jo technologija automatizuoja informacijos surinkimo, apdorojimo, sisteminimo, saugojimo ir naudojimo procesą), vieningo standarto ir klasifikatoriaus nebuvimas (turi būti sukurta lanksti ir vieninga klasifikacinė sistema vieningam, kokybiškam statybos projekto dalyvių darbui bei išlaidų valdymui), reikia valingo sprendimo ir įgyvendinimo centro bei juridinės – normatyvinės bazės, teisinė bazė turi užtikrinti, kad visi projekto įgyvendinimo komandos dalyviai (statytojas, projektuotojas,

valdytojas ir rangovai) turėtų lygiavertės sąlygas projekto kūrimo metu ir įgyvendinimo metu.

Užsienio autoriai vieningai teigia, kad viena didžiausių problemų – BIM duomenų nuosavybės teisės, autorių teisių apsauga, kiti įstatymai. Thompson (2001) kelia problemą – užsakovas mokėdamas už projektą, jaučia turįs teisę gauti visus projekto duomenis, tačiau architektų, inžinierių teisės taip pat turi būti apgintos. Todėl nėra vieningo atsakymo, kam priklauso duomenys. Be to, didelė problema, modelio duomenų valdymas ir atsakomybė prieš netikslumus. Prisiimti atsakomybę už atnaujinamus BIM duomenis ir užtikrinti jų tikslumą reiškia didelę riziką (Thompson, Miner, 2007).

Howell ir Batcheler (2005) įvertina pastato informacinio modelio panaudojimo potencialą, galimybes ir apribojimus. Autoriai įvardija nemažai panaudojimo minusų: BIM sukurtu modelio failų dydis ir sudėtingumas, informacijos vartotojai nevykdo išpareigojimų atnaujinti informaciją (brėžinius, atskirus modelio vaizdus), ja nuolat dalintis sinchronizuojant informaciją su centriniu failu, sudėtingas duomenų valdymas (pradėtas kurti naujo tipo serveris siekiant padėti spręsti klausimus, kad dideli informacijų srautai galėtų būti atnaujinami realiu laiku, failu galėtų naudotis daug vartotojų), maža tikimybė, jog visi projekto dalyviai (atsiėmus bendrovės) naudosis viena BIM sistema, vienoda programine įranga, viena technologija visiems projekto etapams.

Kihong Ku ir Mojtaba Taiebat (2011) apklausė 31 kompaniją, naudojančią BIM. Šios kompanijos paminėjo tokius esamus pastato informacinio modeliavimo panaudojimo barjerus: kvalifikuotų darbuotojų trūkumas, įmonės investicijų stygius, inžinierių, architektų, subrangovų nenoras bendradarbiauti, darbo procesų ir modeliavimo standartų trūkumas, teisinių sutarčių trūkumas, reglamentuojantis informacijos dalijimąsi. Be to, kompanijos buvo apklaustos, kokie barjerai BIM panaudojimui gresia ateityje naujose srityse. Dažniausiai minėti aspektai buvo patirties ir informacijos stoka, kainos ir laiko apribojimai. Tokie barjerai išlieka, nes nors pažengę vartotojai jau investavo į tam tikrus programinius įrenginius ir procesus, naujos investicijos reikalingos tęsti mokymąsi ir įsitraukti į naujas sritis ir technologijas. Pažengusios BIM naudojančios kompanijos išskyrė, kad yra informacijos trūkumas apie investicijų į BIM grįžimą kompanijai, architektų, inžinierių, užsakovų bendravimo ypatumai, be to, nėra išleistų BIM modeliavimo standartų.

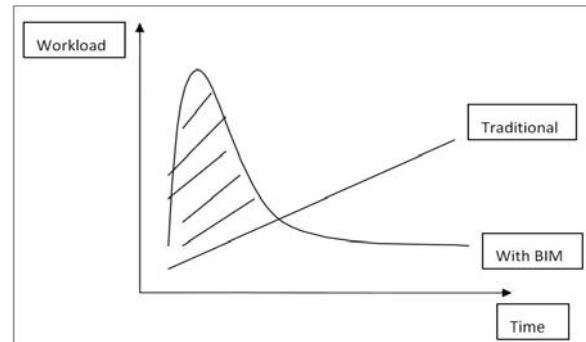
## BIM įtaka darbo efektyvumui

Kymmel (2008) teigimu, paskutinius dešimtmečius architektai ir inžinieriai pradėjo daugiau naudotis 3D erdve nei braižymu 2D. Vis dėlto, 2D atsisakymas nėra galimas dėl leidimų išėmimo ir bendravimo su kitais statybų procesų dalyviais. Tiems, kas „nemoka skaityti planų“ darbas palengvinamas, kai atitinkama informacija, brėžinių detalės yra vizualizuojamos. Be to, vizualizacijų kūrimas leidžia greičiau sulaukti atsako iš užsakovo.

Norint sėkmingai įgyvendinti pastato informacinį modelį, projekto komanda turėtų sudaryti detalų ir išsamų planą. Gerai paruoštas BIM projekto vykdymo planas

užtikrins, kad visi proceso dalyviai aiškiai suvoks galimybes ir atsakomybes, susijusias su jų darbu, bus nesudėtinga dirbti su projektu skirtingų sričių atstovams (Messner, Anumba, Dubler, 2011).

Wong, Fan (2012), pristatė pastato informacinio modelio (BIM) teikiamą efektyvumą kitu aspektu – darbo jėgos poreikio skirtumo statinio projektavimo procese (žr. 1 pav.). Autorius pristato, kad pradiniam projektavimo etape (iki pilno 3D modelio sukūrimo), BIM technologija reikalauja ženkliai didesnių darbo išteklių, nei tradicinio (2D) projektavimo modelis. Rengiant atskiras dalis, tokias kaip pjūviai, fasadai, specialiosios dalys (šildymas, vėdinimas, elektra) įvyksta lūžis darbo jėgos poreikyje.



1 pav. Darbo išteklių palyginimas, naudojant tradicinį ir BIM projektavimą  
Šaltinis: Wong, Fan (2012).

BIM technologijos yra tinkamos visiems statybos objektams, tačiau jų populiarumą lėmė panaudojimas sudėtingų statinių projektavimui ir statybai: dangoraižiai ir daugiaaukščiai pastatai, tiltai ir viadukai, keliai, magistralės ir kt. Praktiniam modelio efektyvumo vertinimui buvo pasirinkta 100 aukščiausių dangoraižių remiantis (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) „Auštybinių pastatų ir urbanizuotų teritorijų tarybos JAV“ duomenimis. Iš jų atrinkti statybos objektai apie kuriuos buvo pateikta informacija: statybos pradžia, statybos trukmė, aukštų skaičius, pastato aukštis metrais, pastato bendras plotas (tūkst. m<sup>2</sup>), pastato geografinė vietovė.

Žinodami, kad BIM modeliavimas pirmą kartą paminėtas 1987 metais, pastatai buvo suskirstyti į dvi grupes (žr. 1 lentelę). Pirmoji grupė, tai pastatai kurie suprojektuoti nenaudojant BIM programų. Tuo tarpu kitos grupės pastatams manoma, kad buvo naudojamos vienokios ar kitokios informacinės sistemos padedančios kurti ir planuoti pastato informacinį modelį ir statybas.

Idomus faktas, kad pastatų grupėje, kurie pradėti statyti iki 1987 metų patenka 14 pastatų iš kurių 13 pastatyta JAV.

Įvertinus gautus rezultatus pastebime, kad nors pastatų kuriems buvo naudojamos BIM programos vidutinis aukštis metrais didesnis, tačiau aukštų skaičius vidutiniškai net keturiais aukštais mažesnis. Tad galime teigti, kad šiandienos dangoraižiai statomi ne vien dėl efektyvaus žemės išnaudojimo, bet ir dėl reklamos. Stengiamasi aplenksti pastatus konkurentus iškeliant pastato elementą (stiebą, bokštelį ar kitą) kuo aukščiau.

1 lentelė. Dangoraižių rodikliai

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

Šaltinis: sudaryta darbo autorių, remiantis Council on Tall Buildings and Urban Habitat, prieiga per internetą: <http://www.skyscrapercenter.com/>

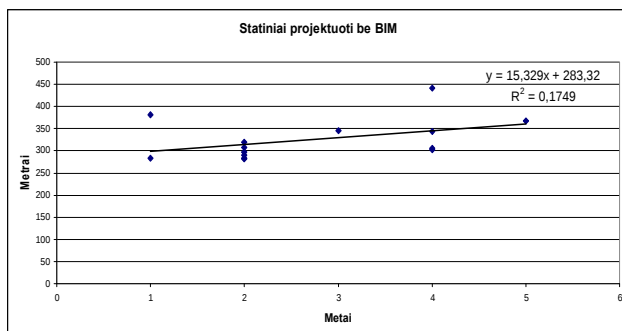
Įvertinus gautus rezultatus pastebime, kad nors pastatų kuriems buvo naudojamos BIM programos vidutinis aukštis metrais didesnis, tačiau aukštų skaičius vidutiniškai net keturiais aukštais mažesnis. Tad galime teigti, kad šiandienos dangoraižiai statomi ne vien dėl efektyvaus žemės išnaudojimo, bet ir dėl reklamos. Stengiamasi aplenkti pastatus konkurentus iškeliant pastato elementą (stiebą, bokštelį ar kitą) kuo aukščiau.

Nustatyta, kad naudojant inovatyvias kompiuterines priemones, statybų trukmė žymiai ilgesnė. Senesni daugiaaukščiai pastatai vidutiniškai statyti 2,7 metus, kai tuo tarpu pastatai naudojant BIM technologijas statybos trukmė siekia vidutiniškai 4,5 metus. Kadangi pastatai statyti skirtingų aukštų skaičiaus ir skirtingų plotų, bandyta skaičius palyginti su pastatyto bendrojo ploto rodikliu per metus. Gauti rezultatai nustebino, nustatyta, kad pastatai, kurių statybos pasibaigė iki 1990 ir prasidėjo ne vėliau nei 1987 metais, per metus vidutiniškai pastatė 82 760 m<sup>2</sup>, kai tuo tarpu naujosios statybos, kurioms naudojamos BIM technologijos statybos atsilieka vidutiniškai 30 000 m<sup>2</sup> per metus ir siekia tik 52 300 m<sup>2</sup>.

Buvo ieškota sprendimų, kas įtakoja tokį ženklų darbo našumo smukimą per paskutinius 20 metų.

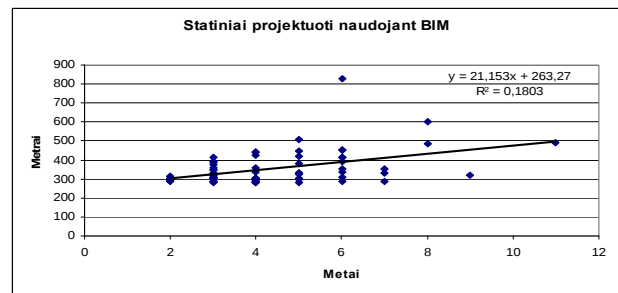
Manoma, kad šiandienos statybos pramonei didelę įtaką daro: didelis statybinių medžiagų ir gaminių pasirinkimas, ir specifiniai darbai; tipinių mazgų ir konstrukcinių sprendimų nebuvimas; kvalifikuotų specialistų stoka; perėjimas nuo vienos projektavimo programos prie kitos užima daug laiko ir dažnai neduoda tikėtosios naudos.

Toliau pateikiama regresinės analizė, vertinant statybos trukmės ir kitų kintamųjų (aukščio, aukštų skaičiaus, ploto) ryšius.



2 pav. Pastato aukščio įtaka statybos trukmei, nenaudojant BIM

Šaltinis: sudaryta darbo autorių

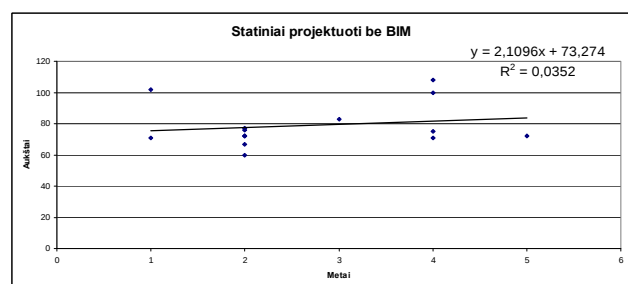


3 pav. Pastato aukščio įtaka statybos trukmei, naudojant BIM

Šaltinis: sudaryta darbo autorių

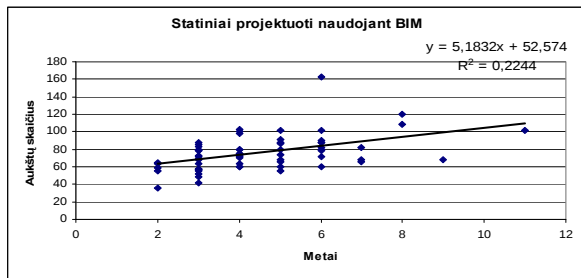
Regresinė analizė parodė, kad tiek naudojant BIM, tiek nenaudojant pastatų projektavime ryšys tarp statybos trukmės metais ir pastato aukščio metrais yra tiesioginis, t.y. kuo daugiau metrų siekia pastato aukštis, tuo ilgiau jis turėtų būti statomas. Determinacijos koeficientai [ $R^2 = 0,17$ ;  $R^2 = 0,18$ ] (žr. 2 ir 3 pav.) rodo, kad pastato aukščio įtaką statybos trukmei galima paaiškinti šiek tiek mažiau nei penktadalyje analizuotų atvejų.

Analizuojant pastato aukštų įtaką statybos trukmei nenaudojant BIM ir naudojant BIM, regresinės analizės lygtys abiem atvejais parodė tą pačią kryptį, t.y., kad esant didesniai aukštų skaičiui reikalingas ilgesnis laikotarpis statybos procesui (4 ir 5 pav.).



4 pav. Pastato aukštų skaičiaus įtaka statybos trukmei, nenaudojant BIM

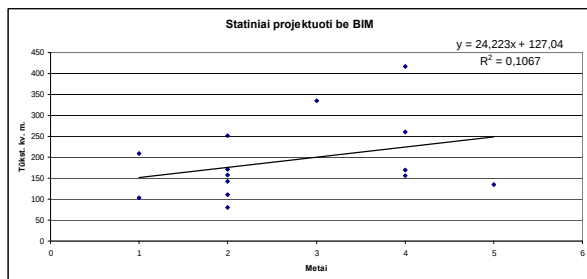
Šaltinis: sudaryta darbo autorių



5 pav. Pastato aukštų skaičiaus įtaka statybos trukmei, naudojant BIM

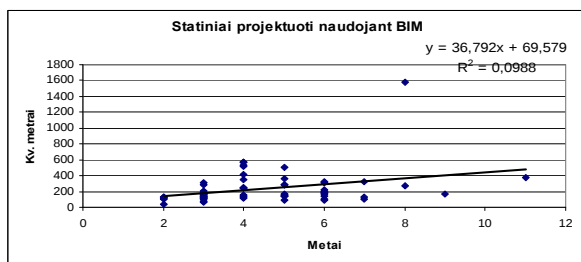
Šaltinis: sudaryta darbo autorių

Tačiau determinacijos koeficientas  $R^2 = 0,04$  (BIM nenaudojimo atveju) ir  $R^2 = 0,22$  (BIM naudojimo atveju) rodo, kad priklausomybė tarp analizuojamų rodiklių yra patikima tik BIM naudojimo atveju, o BIM nenaudojimo atveju nustatytas ryšys yra menko patikimumo ir rodiklių ryšį paaiškina tik 4 procentuose atvejų, kai tuo tarpu naudojant BIM, daugiau nei penktadalyje statytų objektų yra reikšmingas tiesioginis ryšys tarp pastato aukštų ir statybos trukmės. BIM nenaudojimo atveju reikia ieškoti kitų statybos trukmę lemiančių rodiklių.



6 pav. Pastato ploto įtaka statybos trukmei, nenaudojant BIM

Šaltinis: sudaryta darbo autorių



7 pav. Pastato ploto įtaka statybos trukmei, naudojant BIM

Šaltinis: sudaryta darbo autorių

Atlikus regresinę analizę vertinant pastato ploto įtaką statybos trukmei, regresijos lygtis abiem atvejais parodė vienodą pokyčių kryptį t.y. kuo didesnis statybos plotas, tuo ilgesnė turėtų būti statybos trukmė (6 ir 7 pav.). Determinacijos koeficientais  $R^2 = 0,11$  ir  $R^2 = 0,10$  rodo nedidelio patikimumo ryšį ir tai, kad statybos trukmę paaiškina pastato plotas, tik dešimtadalyje analizuotų atvejų.

Gauti rezultatai sutampa su Teicholz, Goodrum ir Haas (2001) nuomone, kurie teigia, kad informacinės technologijos daugelyje pramonės šakų lėmė produkty-

vumo per pastaruosius 40 metų išaugimą daugiau nei dvigubai, tačiau šis rodiklis statybos sektoriuje kito priešinga kryptimi – sumažėjo apie 5 procentus. Dalinį gautų rezultatų paaiškinimą galima rasti Eastman ir Sacks (2008) požiūryje, kurie teigia, kad BIM vis dėlto turi įtakos produktyvumo didėjimui statybos sektoriuje, tačiau šis efektas pasireiškia procesuose vykstančiuose ne statybos aikštelėje.

## Išvados

Apibendrinta BIM technologijų samprata pagal užsienio ir Lietuvos mokslininkų darbus. BIM technologijos plačiai nagrinėjamos užsienyje, tačiau Lietuvoje tai pakankamai nauja sritis. Lietuvoje BIM pradėtas naudoti tik 2002 m, o pasaulyje jau nuo 1987 m. Pirmieji taikyti virtualią statybą pradėjo „Graphisoft“ kompanija. BIM metodą ši kompanija įdiegė „ArchiCAD“ grafinėje programoje. Užsienio autoriai pabrėžia pastato informacinio modelio panaudojimo galimybių svarbą statybos pramonėje.

Pastato informacinis modelis išsiskiria tokiais privalumais: greitesnis ir efektyvesnis procesas- projektavimo procesą galima pagreitinti net 7%; padidėja sąnaudų skaičiavimo tikslumas (< 3 %); vienas didžiausių ekonominės dalies privalumų- trumpesnis sąmatos kūrimo laikas net 80%; sumažėja nenumatytų išlaidų statybos procesui net 40 %. Be to, modelis pasižymi lengvu klaidų šalinimu – visa informacija kaupiama viename modelyje, atsiradus klaidai, ją ištaisyti paprasta ir pakanka tai padaryti vienoje vietoje.

Esant konfliktinei situacijai lengviau surandamas kompromisas pateikiant argumentuotus sprendimus. BIM modelio didžiausi trūkumai: brangios programos 5-10 kartų brangesnės už 2D programas; maža tikimybė, kad visi projekto dalyviai naudosis viena projektavimo sistema, nes dažniausiai tai ne vienos įmonės darbas; informacijos perteklius, BIM failų sudėtingumas ir dydis; kvalifikuotų darbuotojų trūkumas – programos yra sudėtingos ir veikia skirtingai, todėl reikalingi specialūs mokymai, kurie kainuoja didelius pinigus ir atima daug laiko; nėra vieningo standarto visoms programoms – sukūrus pastato informacinį modelį maža tikimybė, kad juo bus galima pilnavertiškai naudotis kita programa.

BIM technologijų įtakos darbo efektyvumo vertinimui buvo pasirinkti 100 daugiaaukščių pastatų (dangoraižių). Senesni pastatai, kurie pastatyti iki 1987 m (kai pasaulyje buvo pradėtos naudoti BIM technologijos) vidutinė statybų trukmė 2,7 metai, kai tuo tarpu pastatams naudojant BIM technologijas statybos trukmė siekia vidutiniškai 4,5 metų. Be to, gauti netikėti rezultatai, kad pastatų, kurių statybos pasibaigė iki 1990 ir prasidėjo ne vėliau nei 1987 metais, per metus vidutiniškai pastatyta 82 760 m<sup>2</sup>, kai tuo tarpu naujosios statybos, kurioms naudojamos BIM technologijos statybos atsilieka vidutiniškai 30 000 m<sup>2</sup> per metus ir siekia tik 52 300 m<sup>2</sup>. Statybų greitis per paskutinius metus sumažėjo daugiau nei 36 %. Atlikta regresinė analizė, kurios pagalba išsiaiškinta, kad visais nagrinėtais atvejais determinacijos koeficientas mažas ir rodo silpną priklausomybę (maksimalus determinacijos koeficientas – 0,2244, mažiausias – 0,0352, kurie rodo patikimą, tačiau silpną ryšį). Nagrinėtos priklausomybės tarp pastato aukštų

skaičiaus, aukščio (m), ploto (tūkst. m<sup>2</sup>) ir statybos trukmės (metais).

## Literatūra

- Azhar, S., Hein M., Sketo B. (2010). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges. Proceedings of the 44th ASC National Conference.
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Žiūrėta [2013 05 14] prieiga per internetą: <http://www.skyscrapercenter.com/>
- CRC for Construction Innovation. (2007). Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House.
- Eastman, C. and Sacks, R. (2008). Relative productivity in the AEC industries in the United States for on-site and off-site activities. Journal of Construction Engineering and Management. No. 134(7). P. 517–26.
- Howell I., Batcheler B. (2005). Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations. The Laiserin Letter 22.
- Kihong Ku DDes., Mojtaba Taiebat M.Sc. (2011). BIM Experiences and Expectations: The Constructors' Perspective. International Journal of Construction Education and Research. No. 7:3. P. 175-197.
- Kymmell W. (2008). Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations.
- Messner J., Anumba C., Dubler C., Goodman S., Kasprzak C., Kreider R., Leicht R., Saluja C., Zikic N. (2011). Computer Integrated Construction Research Program. BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1.
- Migilinskas, D. (2012). BIM technologijų taikymas virtualiam statybos projekto vystymui 5D projektavimo aplinkoje. Lietuvos statybų praktika ir problemos, taikant skaitmeninius modelius.
- Sydney Opera House. Žiūrėta [2013 05 14] prieiga per internetą: [www.construction-innovation.info](http://www.construction-innovation.info).
- Smith D.K. (2007). An Introduction to Building Information Modeling (BIM). Journal of Building Information Modeling. No. 1. P. 12-14.
- SUCIFE, 2007, GSA, BIM guide for spatial program validation. Stanford University Centre for Integrated Facility Engineering.
- Teicholz, P., Goodrum, P. and Haas, C. (2001). U.S. construction labor productivity trends, 1970–1998. Journal Construction Engineering Management. No. 127(5). P. 427–429.
- Thompson, D., B. (2001) e-Construction: Don't Get Soaked by the Next Wave. TheConstruction Law Briefing Paper..

Žiūrėta [2013 05 14] prieiga per internetą: [http://www.fwhtlaw.com/articles/e-construction\\_dont\\_get\\_soaked.cfm](http://www.fwhtlaw.com/articles/e-construction_dont_get_soaked.cfm).

Thompson, D.B., Miner, R.G. (2007). Building Information Modeling- BIM: Contractual Risks are Changing with Technology. Žiūrėta [2013 05 14] prieiga per internetą: [http://www.fwhtlaw.com/articles/building\\_information\\_modeling.cfm](http://www.fwhtlaw.com/articles/building_information_modeling.cfm).

Wong, K., Fan, Q. (2012) Building information modelling (BIM) for sustainable building design. Facilities, Vol. 31 Iss: 3/4.

## BIM TECHNOLOGIES INFLUENCE FOR JOB EFFICIENCY

### Summary

BIM (Building Information Modeling) is very often analyzed area in scientific articles of construction engineering and management. Foreign authors emphasize the importance of the Building Information Model for the construction industry. Designing with BIM means to create elements that have their own settings, not drawing separate lines. BIM connects various building construction influencing factors: time, cost, lighting, geographical location, building materials, quantities, etc.. This article discusses the building information modeling advantages and disadvantages. One of the biggest advantage of BIM is an easy error-disposal, because all information is stored in one model, and when an error occurs, it is easy to correct the mistake, and it is sufficient to do it in one place. On the other hand, there is a small probability that all project's participants will use one design system, because usually it is not one company's work. In addition, the BIM programs are complicated and highly loaded. When all criteria is analyzed, BIM technologies influence for job efficiency is discussed. 100 multi-storey buildings (skyscrapers) were selected to evaluate the efficiency. Calculations show that Building Information Modeling not always speeds up the construction process. Buildings that were constructed without using BIM were built faster than buildings in which BIM was used. BIM is required for design when there will be made a fully integrated project. Using the Building Information Model for the individual parts of the project without the use of the central file, there is a possibility to waste time for changing program formats, often even redrawing the drawings.

KEYWORDS: BIM, 4D CAD, efficiency, 3D CAD, 2D CAD.

---

**Laura Reizgevičiūtė**, bakalaurantė, Šiaulių universitetas Technologijos fakultetas, statybos inžinerijos katedra. Tyrimų kryptis– statybos inžinerijos mokslai. Adresas: Vilniaus g. 141, Šiauliai. Tel.: +37063073949, el.paštas: laurarei@hotmail.com.

**Marius Reizgevičius**, doktorantas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas; lektorius, Šiaulių universitetas Technologijos fakultetas, statybos inžinerijos katedra, Tyrimų kryptis– BIM, 4D, 5D projektavimas, inovatyvios technologijos statybos procesuose. Adresas: Vilniaus g. 141, Šiauliai. Tel.: +37061544690, el.paštas: marius.reizgevicius@su.lt

**Leonas Ustinovičius** profesorius, habil. dr. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Tyrimų kryptis– Technologinių sprendimų statyboje daugiatakslis įvertinimas ir automatizuotas programavimas, operacijų tyrimo metodai, statybos procesų technologija, pastatų statybos technologija ir organizavimas, kiekybiniai ir kokybiniai sprendimo metodai, statybos firmos organizavimas ir veikla. Adresas: Saulėtekio al. 11, Vilnius.

**Mykolas Pelikša** docentas, technologijos mokslų daktaras Šiaulių universitetas. Tyrimų kryptis – statybinės medžiagos ir jų kompozitai, inovatyvios technologijos statybos procesuose, darni plėtra. Vilniaus g. 141, Šiauliai.