

LEAN METODO NAUDOJIMO LIETUVOS STATYBOS SEKTORIAUS ĮMONĖSE ANALIZĖ

Aurimas ŠEPUTA*, Kęstutis PELECKIS

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,
Ekonomikos inžinerijos katedra, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva
El. paštas aurimas.seputa@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2022 m. sausio 26 d.; priimta 2022 m. birželio 5 d.

Santrauka. Gamybos išteklių efektyvus panaudojimas statybų sektoriuje yra labai svarbi užduotis norint konkurencingai suteikti paslaugą ar pagaminti galutinį produktą. Šią užduotį efektyviau įgyvendinti galima taikant Lean metodą, kartu pasinaudojant ir skaitmeninėmis technologijomis IPM (angl. *Building information modeling*). Taikant šiuos įrankius, galutinę paslaugą ar produktą galima pasiekti naudojant mažiau išteklių. Šio straipsnio tyrimo objektas – gamybos išteklių panaudojimo efektyvumas statybų sektoriuje. Šiame straipsnyje atlikus literatūros analizę identifikuojami gamybos procesų statybos sektoriuje etapai ir gamybos išteklių panaudojimas bei nagrinėjama išteklių švaistymo problematika statybos sektoriuje. Teorinėje dalyje ištyrus gamybos etapus statybos sektoriuje pastebima išteklių švaistymo problematika, kuri pagrindžiama ir iliustruojama atliktos ekspertų apklausos rezultatais. Tyrimo metodas – ekspertų apklausa, rezultatams gauti panaudojamas ekspertų vertinimo testas. Straipsnio išvadoje yra apibendrinami tyrimo rezultatai ir pateikiami atitinkami pasiūlymai, kurie padėtų optimizuoti turimų gamybos išteklių panaudojimą statybos sektoriuje, pasinaudojant skaitmeninėmis technologijomis ir Lean metodu.

Reikšminiai žodžiai: Lean metodas, skaitmeninės technologijos IPM, gamybos ištekliai, efektyvumas, optimizavimas, statybos sektorius.

Įvadas

Statinių statyba Lietuvoje yra svarbi ekonomikos dalis. Lietuvos statybininkų asociacijos duomenimis, 2020 metais statybų sektorius sudarė 7,6 % bendro vidaus produkto. Statybų sektoriaus rodikliai Lietuvoje kiekvienais metais auga, nesvarbu ar statomi pastatai gyvenamosios paskirties ar negyvenamosios (Oficialiosios Statistikos Portalas, n.d.). Norint konkuruoti šioje rinkoje reikalinga būti konkurencingam, klientams neužtenka tik geros kainos, jiems reikalinga kokybė, ilgaamžiškumas ir laikas per kurį bus atliekama paslauga (Kaziliūnas, 2009). Šias problemas galima spręsti naudojant Lean metodą. Pats Lean metodas susideda iš daugybės filosofijų, kurios priverčia įmonę vadovautis kitaip, tai reiškia, kad kiekviena įmonė šias filosofijas gali taikyti pagal savo poreikius (Zinkevičiūtė, 2013). Pastatų statybų procesas reikalauja daug įmonės išteklių. Tikslingas planavimas padeda efektyviai skirstyti darbus ir žaliavas. Planavimo uždaviniams spręsti panaudojamos skaitmeninių technologijų sistemos, kurios leidžia analizuoti duomenis ir priimti tinkamą sprendimą vadovui (Montiel-Santiago et al., 2020). Lean metodas kuriuo remiantis galima sumažinti sąnaudas ir padidinti gamybos procesų našumą efektyvinant išteklių panaudojimą.

Tyrimo objektas. Lean metodo panaudojimas statybos sektoriuje.

Tikslas – Gamybos išteklių panaudojimo efektyvumo didinimas pritaikant Lean metodą.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti literatūroje aprašomą Lean metodo sąsają su kitais vadybos metodais;
2. Išanalizuoti skaitmeninių technologijų svarbą efektyviam išteklių naudojimui;
3. Lietuvos įmonėse dirbančių ekspertų apklausos tyrimas skirtas nustatyti Lean metodų ir skaitmeninių technologijų taikymo aktualumą.
4. Išanalizuoti gautus ekspertų apklausos tyrimo rezultatus.

1. Lean metodo sąsajos su kitais vadybos metodais

Lean formuluotė nėra tiksliai apibrėžta, kiekvienas autorius ją formuluoja skirtingai. Tačiau galima įžvelgti, visų autorių formuluotėse, jog Lean sistemos užduotis skirta įmonės veiklai ir procesams supaprastinti ir optimizuoti. Diegiant Lean sistemą kiekviena įmonė susiduria ne tik su teigiamu poveikiu, bet ir su iššūkiais bei problemomis. Šioje dalyje bus nustatyta Lean svarba įmonėje ir jos svarba statybų sektoriui. Kadangi mokslininkai yra atlikę daug tyrimų ir atskleidė skirtingus metodus, įgyvendinimo principai leis apžvelgti tyrimą. Literatūros apžvalgoje bus ieškoma įžvalgų, paaiškinančių sėkmingo Lean metodų diegimo įmonėje priežastis ir metodo diegimo proceso įtaką. Lean metodas suprantamas kaip siekis geriau valdyti žmogiškuosius išteklius, įrangą ir darbą siekiant sukurti daugiau vertės, mažinant švaistymą (Balle et al., 2017). Taip pat šio autoriaus supratimą galima papildyti, jog Lean filosofija teigia apie nuolatinę kovą su išteklių švaistymu, naudojant išteklius efektyviau didinant konkurencinį pranašumą ir sukuriant didesnę vertę klientui. Metodo esmę geriausiai nusako du pagrindiniai principai: nuolatinis tobulėjimas ir nuostolių šalinimas (Amaro et al., 2019; Zinkevičiūtė, 2013). Kalbant apie Lean metodą, nuostoliai vertinami kaip bet kokia veikla, kuri eikvoja laiką ir išteklius, tačiau nepadidina vartotojo išsilygiamo produkto ar paslaugos vertės. Statybų sektoriuje tai gali būti įvairūs nuostoliai, kai atsiradusius defektus reikia perdaryti, koreguoti, papildyti, taip ir tiekimo grandinės vėlavimai, prastovos, neefektyvus transportavimas, žaliavų judėjimas, perteklinės atsargos, dėl kurių juos sunkiau valdyti. Todėl žiūrint iš Lean sistemos perspektyvos, organizacijoje svarba tobulinti tik tas veiklas, už kurias vartotojas ketina mokėti (Foss et al., 2011a). Lean metodas nesivadovauja ir vienodais principais, nes pati sistema susideda iš daug filosofijų. Viena iš tokių filosofijų – *Kaizen* – teigianti, jog gamybos ištekliai turi būti panaudojami kuo taupiau, kad gautą paslaugą ar produktą būtų galima parduoti vartotojui (Amaro et al., 2019; Obara & Wilburn, 2012). Galima teigti, kad *Kaizen* metodo strategija yra orientuota į vartotoją (Zinkevičiūtė, 2013). Šis metodas apima visus su įmone susijusius darbuotojus nuo darbininko iki direktoriaus, visi darbuotojai, aukščiausio lygio vadovai turi nuolat komunikuoti ir dalyvauti procesuose drauge (Zinkevičiūtė, 2013). Taip pat reikia paminėti, kad *Kaizen* filosofijoje darbuotojai skatinami siūlyti idėjas, kurios galėtų optimizuoti įmonės naudojamus išteklius, o už jas jiems atsilyginama. Tai darbuotojams suteikia motyvacijos prisidėti prie įmonės gerovės, inicijuoja atliekamų darbų efektyvumą, o jų siūlomos idėjos, kurios nepriklauso nuo įgyvendinimo trukmės, gali tapti reikšmingos įmonei (Foss et al., 2011b). Išskiriami penki būdai, kurie leistų mažinti nuostolius:

- Daugiau darbuotojų;
- Daugiau įrangos;
- Ilgesnis darbo laikas;
- Darbuotojų pasiūlymai efektyviam darbui (Obara & Wilburn, 2012);
- Motyvacija kokybei.

Antrasis Lean metodas, kurio pavadinimas 5S, šis metodas orientuotas į paruoštą darbo vietą ir kokybę (Zinkevičiūtė, 2013). Pavadinimas kilęs nuo japonų kalbos žodžių, kurie ir apibūdina 5S metodo prasmę (žr. 1 lentelė):

- Seiri (liet. rūšiavimas);
- Seiton (liet. tvarkymas);
- Seiso (liet. valymas);
- Seikestsu (liet. standartizacija);
- Shitsuke (liet. drausmė).

1 lentelė. 5S reikšmė (sudaryta autoriaus, remiantis Zinkevičiūte, 2013)

Principas	Prasmė
Rūšiavimas – dėmesys naudojamai įrangai, daiktams, medžiagų rūšiavimas, tvarka.	Optimizuojamas darbo vietos išnaudojimas, atsargų mažinimas, procesų optimizavimas mažinant išteklius.
Tvarkymas – dėmesys darbo vietos tvarkos palaikyme, daiktai ar įranga tam skirtose vietose.	Darbo įrankiai pasiekiami įdedant mažiausiai pastangų, didinamas darbuotojų darbo efektyvumas bei veiksmingumas.
Valymas – švaros palaikymas savo darbo vietoje.	Mažinamas incidentų dažnumas, tvarkinga darbo vieta, lengviau pastebėti darbo vietos nusidėvėjimus.
Standartizavimas – švaros palaikymas įmonėje.	Produktyvumo ir klientų aptarnavimo skatinimas, mažesnis užterštumas.
Drausmė – standartų laikymasis ir įrangos priežiūra.	Tobulinama vidinė komunikacija, klaidų skaičiaus sumažėjimas.

Metodas 5S kituose šaltiniuose vadinamas ir 6S, nes jame atskirai įvardijamas ir saugumo aspektas. Jo prasmė – saugi darbo vieta (Zinkevičiūtė, 2013). Daugelis įmonių 5S apjungia su Kaizen metodu, taip siekdami ne tik mažinti išteklių švaistymo problematiką, bet kartu ir užtikrinant darbuotojų darbo kultūrą (Obara & Wilburn, 2012).

Trečiasis Lean metodas *Just in time* (YIT), kuris taikomas spręsti perprodukcijos ir žaliavų kaupimo problemas. Įmonės taikančios šia filosofiją stengiasi įgyvendinti kliento poreikius ir savo galutinį produktą pradeda gaminti tik gavus užsakymą (Zinkevičiūtė, 2013). Tačiau reikia pastebėti, jog labai svarbu tikslingai operuoti ištekliais, nes menkiausia kliūtis, gali prailginti galutinio produkto pagaminimo kaštus, o tai reiškia, kad kliento užsakymas nebus įvykdytas laiku (Benton, 2011). Galutinis produktas gaminamas tik tada, kada reikia ir kiek reikia, nors šiuo būdu ir mažinamas išteklių švaistymas, tačiau klientas produktą turi gauti laiku, todėl dažnu atveju įmonės turi pasiruošusios žaliavų nenumatytiems užsakymams (Bamana et al., 2017; Obara & Wilburn, 2012). Įtvirtinus YIT filosofiją, galima iš dailės nebesandėliuoti didelių kiekių žaliavų, kadangi visa produkcija atliekama pagal klientų užsakymus, ši sistema puiki rinkai kuri dažnai kinta, nes įmonė neinvestuoja į perteklines žaliavas ir neišleidžia pinigų sandėliavimo paslaugoms (Zinkevičiūtė, 2013).

Ketvirtas Lean metodas labai glaudžiai siejasi su YIT, jis vadinamas *Kanban*. Kanban filosofija iš Japonų kalbos reiškia signalą. Čia žaliavas siūloma vartoti ir iš kitos gamybos linijos, taip kontroliuojant visišką medžiagų sunaudojimą (Zinkevičiūtė, 2013). Iš vienos pusės tai leidžia dar labiau sumažinti nuostolius ir efektyviau valdyti žaliavas, tačiau reikalinga ir stebėti, kad medžiagų suvartojimas iš kitos linijos nesutrikdytų jos darbo. Įvyksta reakcija, kurioje iš visų gamybos linijų ištekliai paskirstomi išlaikant visų linijų nepertraukiamą darbą. Akcentuojama, jog žaliavos kurios skiriamos nuo kitos linijos negali būti brokuotos, todėl kokybė turi būti vienas iš prioritetų (Obara & Wilburn, 2012).

Penktas Lean metodas – *vertės kūrimo žemėlapis* (VSM), kuris skirtas procesus vaizduoti diagramomis. Iš gautų diagramų galima atlikti išsamią analizę taip išskiriant tuos procesus, kurie suteikia galutiniam produktui vertę, o kurie nesuteikia. Procesus, nesuteikiančius vertės, tikslinga šalinti, tai leidžia mažinti išteklių švaistymą. Šio metodo taikymas tinka įmonėms, kurios nori optimizuoti savo procesų planą, taip išgaunant didžiausią naudą (Tapping & Shuker, 2018). Aptartų metodų tikslai pavaizduoti 2 lentelėje:

2 lentelė. Lean metodų tikslų lyginimas (sudaryta autoriaus)

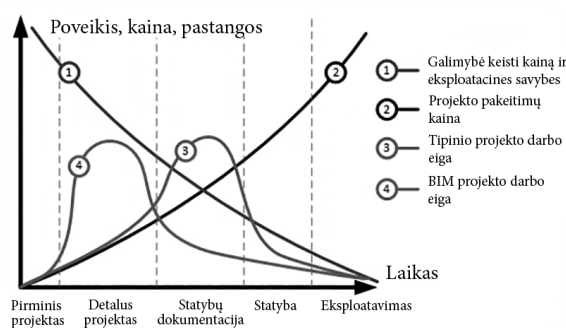
Metodas	Tikslas
Kaizen	Lean metodas, kuris orientuotas į vartotoją, įtakojami visi įmonės darbuotojai. Jo užduotis mažinti nuostolius, taupyti išteklius, skatinti darbuotojus siūlyti idėjas darbams optimizuoti, o už tai skirti premijas darbuotojams. Nuolatinis procesų optimizavimo tobulinimas (Foss et al., 2011b; Helmold, 2020; Obara & Wilburn, 2012; Zinkevičiūtė, 2013).
5S	Lean metodas, kuris orientuotas į darbo vietos tvarką, jos struktūrą. Pagrindinė užduotis formuoti darbo vietą taip, kad darbuotojas susidurtų su kuo mažiau kliūčių, taip didindamas savo produktyvumą (Obara & Wilburn, 2012; Omogbai & Salonitis, 2017; Zinkevičiūtė, 2013).
<i>Just in time</i> (liet. pačiu laiku)	Lean metodas, kuris orientuotas į kintančią rinką. Jo dėka įmonei nereikia sandėliuoti didelio kiekio žaliavų, nėra perprodukcijos, nes gamyba vyksta tik gavus užsakymus. Svarbus organizuotumas, kuris gali įtakoti, galutinio produkto pagaminimo trukmę ir pristatymo laiką (Bamana et al., 2017; Benton, 2011; Obara & Wilburn, 2012; Zinkevičiūtė, 2013).
Kanban	Lean metodas, kuris orientuotas į įmonės, kurios taiko JIT. Įmonės diegiančios šį metodą, siekia mažinti nuostolius, efektyviai ir tikslingai naudoti žaliavas, nemažinant jų atsargų, koordinuoti linijų darbą ir užimtumą. Papildomai trumpinti užsakymo vykdymo laiką, taip gerinant tiekimą (Obara & Wilburn, 2012; Zinkevičiūtė, 2013).
Vertės kūrimo žemėlapis (angl. <i>Value Stream Mapping</i> (VSM))	Lean metodas, kuris orientuotas į nereikalingų procesų šalinimą. Reikalinga visus procesus atvaizduoti grafiškai, juos išanalizavus išskirti į teikiančius ir neteikiančius vertę (Tapping & Shuker, 2018).

Ištyrus literatūrą ir apibrėžus metodų orientaciją, galima išsikelti teiginius ekspertų apklausai:

- Darbuotojų pasiūlymai procesams optimizuoti taupo išteklius;
- Darbuotojų darbo vietos tvarka didina produktyvumą;
- Žaliavų nesandėliavimas taupo išteklius;
- Turimų žaliavų paskirstymas pagal poreikį mažina švaistymą;
- Vertės neteikiančių procesų atsisakymas taupo išteklius.

2. Skaitmeninių technologijų svarba efektyviam išteklių naudojimui

Skaitmeninės technologijos statybų sektoriuje apima visus sektorius. Informacinis pastato modeliavimas – IPM – (angl. Building information modeling) – tai projektavimo ir skaitmeninio modeliavimo procesas, kurio pagalba sukurama ir valdoma visa pastato informacija, nuo užsakovo idėjos iki nugriovimo (Kensek & Noble, 2014). Informacinis pastato modeliavimas (toliau IPM) skirstomas nuo 2D iki 8D (Montiel-Santiago et al., 2020). Gamybos procesams reikalinga taikyti bent 5D IPM modelį. 5D modelis padeda stebėti medžiagų tiekimą, išlaidas ir darbų procesus, o tai leidžia lengviau planuoti ir priimti sprendimus vadovams matant realią situaciją (Vaičiulytė, 2020). Žinoma taip pat galima tiekti ir aukštesnės kategorijos IPM modelį, tačiau tai priklauso nuo uždavinių, kaip pavyzdys turint 8D IPM modelį, kai kuri informacija gali būti netikslinga vadovui, o tikslingesnė inžinieriui (Montiel-Santiago et al., 2020). IPM pagalba galima tiksliai apskaičiuoti reikalingas žaliavas, kurių reikės išmanaus pastato gamybai, taip taupant įmonės pinigus, neišsigyjant ir nesandėliuojant perteklinių žaliavų (Migilinskas ir Sadauskas, 2018). Taip pat autorius teigia, kad jo atveju lėšų sutaupymas dėl tikslingai skaičiuojamų medžiagų kiekių naudojant IPM siekia ~14%. Kitas autorius taip pat teigia, jog sutaupymas pastebimas, nes gamybos proceso metu mažinamas perteklinių medžiagų kiekis, kas leidžia sutaupyti, ir taip pasiūlyti geresnę paslaugos kainą (Montiel-Santiago et al., 2020).



1 paveikslas. BIM projekto eigos kreivė (Skaitmeninė statyba, 2022)

Naudojant IPM technologiją, daugiausia dėmesio skiriama projekto detalizavimo stadijai, kas leidžia sklandžiai atlikti statybų dokumentaciją taupant laiką. Tipinio projekto darbo eigoje nėra skiriama pastangų projekto detalizavimui, todėl didelės pastangos reikalingos statybų dokumentacijos metu, kas lemia laiko švaistymą (1 paveikslas). Dar vienas teigiamas dalykas naudojant IPM yra tas, kad komunikacinių trasų susikirtimų riziką galima sumažinti iki nulio, o tai reiškia, kad darbų metu nebus jokių pašalinių kliūčių, dėl kurių darbo jėga negalėtų dirbti. Dėl šios priežasties paslauga bus atliekama laiku, taip tikslingai panaudojant turimus resursus (Migilinskas ir Sadauskas, 2018; Reizgevičius et al., 2013; Vaičiulytė, 2020; Zhang et al., 2017). Išvengiant mazgų taip pat sprendžiamas paslaugos kokybės klausimas. Statybos proceso darbų metu nebereikia perdaryti ir ieškoti sprendinių, tai mažina medžiagų švaistymą ir darbo jėgos betikslį naudojimą (Montiel-Santiago et al., 2020; Zhang et al., 2017). Žaliavų stebėjimui IPM sistema taip pat turi vaizdinių analizės formatą (Koseoglu & Nurtan-Gunes, 2018; Migilinskas ir Sadauskas, 2018). Priklausomai nuo IPM D lygio, pastato statybos gamybos procese, galima realiu laiku matyti statybos procesą ir preliminariai nusakyti dar reikalingo kiekio medžiagų iki galutinio išbaigtumo, žinoma turint omenyje tai susiaurinant darbų specifiką (Vaičiulytė, 2020; Zhang et al., 2017). Galima prieiti prie išvados, kad skaitmeninių technologijų pagalba dar tiksliau pasitelkiant IPM, galima tikslingiau planuoti gamybos proceso uždavinius. Taip pat skaitmeninių technologijų pagalba galima išvengti statybos proceso metu iškylančių mazgų, taip panaudojant darbo jėgą tikslingai, didinant kokybės rodiklius, ir taupant įmonės lėšas tikslingai organizuojant žaliavų tiekimo operacijas (Tan et al., 2021). IPM sistema galima taikyti kartu su Lean metodais. Kanban ir JIT metodai puikiai prisitaikytų prie IPM sistemos, kadangi šiems metodams labai svarbus organizuotumas ir tikslumas, norint nesandėliuoti perteklinių žaliavų. Pastatų statybos procese dažnas reiškinys – pasikeitimai, kurie atsiranda dėl papildomų užsakovo norų, inžinerinių sistemų įtakos arba siekiant taupyti, todėl JIT filosofijos taikymas žaliavas ir įrangą užsakant tik kai yra aiškiai aptartos užduotys tarp užsakovo ir statytojo. Ištyrus skaitmeninių technologijų efektyvumo svarbą, iškeliama teiginiai ekspertų apklausai:

- BIM technologijos planavimo pagalba taupomi ištekliai;
- Susikirtimų sprendimas pasitelkus BIM technologiją projektavimo eigoje taupo išteklius;
- Sprendinių aiškumas pasinaudojant BIM technologija taupo išteklius.

3. Ekspertų apklausos tyrimas skirtas nustatyti Lean metodo ir skaitmeninių technologijų taikymo aktualumą

Siekiant ištirti gamybos išteklių optimizavimo sprendinius statybų sektoriuje, pasirenkamas ekspertų apklausos metodas. Apklausiai pasirenkami ekspertai įgiję aukštąjį išsilavinimą, kurie turi mažiausiai tris metus darbo patirties ir yra įgiję atestatus reikšmingus statybų sektoriui. Apklausiamieji užima ne žemesnes nei statybos darbų vadovų arba statybos projektų vadovų pareigas. Apklaustų ekspertų skaičius – 10.

Tyrimo metodas – anketa. Ši anketa sudaryta iš 8 teiginių. Ekspertai užkoduoti numeriais, E1...E10. Visi ekspertai turėjo į langelius įrašyti skaičius, nuo didžiausio skaičius iki mažiausio. Didžiausias skaičius reiškia, jog eksperto nuomone šis teiginys svarbiausias, o kur skaičius mažiausias – teiginys mažai svarbus.

Tyrimas atliktas Lietuvos įmonėje, kurios veikla statybų sektoriuje.

Gavus anketos rezultatus reikia atlikti ekspertų vertinimo testą, kuris padės sužinoti ekspertų sutarimą. Skaičiavimai atliekami pagal Kendall'o W testą, W konkordacijos koeficiento vertė gali turėti reikšmes intervale tarp nulio (nėra sutarimo) ir vieneto (visiškas sutarimas). Šiems skaičiavimams atlikti naudojama programinė įranga SPSS, kuri skirta darbui su duomenimis. Šiame tyrime bus naudojamos formulės:

Kendall'o konkordacijos koeficientas (Pukėnas, 2005)

$$W = \frac{12S^2}{m^2(k^3 - k)}, \quad (1)$$

čia: S – ekspertų skirtų balų teiginiui vidurkių suma; m – ekspertų skaičius; k – teiginių skaičius.

Pasiskirstymo vertė (Chi-kvadrato kriterijus) (Pukėnas, 2005)

$$\chi^2 = Wm(k-1), \quad (2)$$

čia: W – Kendall'o konkordacijos koeficientas; m – ekspertų skaičius; N – teiginių skaičius.

4. Tyrimo rezultatas

Apklausus ekspertus, jų rezultatai perkeliama į lentelę tolimesniai duomenų apdorojimui. Gauti rezultatai pavaizduojami 3 lentelėje:

3 lentelė. Ekspertų apklausos anketa (sudaryta autoriaus)

Teiginys	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E8	E9	E10
Darbuotojų pasiūlymai procesams optimizuoti taupo išteklius	7	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3
Darbuotojų darbo vietos tvarka didina produktyvumą	3	3	2	1	1	1	2	1	1	1	2
Žaliavų nesandėliavimas taupo išteklius	4	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1
Turimų žaliavų paskirstymas pagal poreikį mažina švaistymą	1	2	4	3	3	3	4	4	3	3	4
Vertės neteikiančių procesų atsisakymas taupo išteklius	2	6	5	6	6	7	5	7	5	5	6
IPM technologijos planavimo pagalba taupomi ištekliai	8	7	8	8	8	6	6	8	8	8	7
Susikirtimų sprendimas pasitelkus IPM technologiją projektavimo eigoje taupo išteklius	5	8	6	5	7	8	7	6	7	7	8
Sprendinių aiškumas pasinaudojant IPM technologija taupo išteklius	6	5	7	7	5	5	8	5	6	6	5

Gautus duomenis apdorojus SPSS programa, gautas teiginių išrangavimo statistikos sąrašas, kuo rango skaičius didesni tuo, jis reikšmingesnis. Apskaičiuoti nuokrypiai bei parodomi mažiausi ir didžiausi teiginio gauti įvertinimai. Prieš atliekant skaičiavimus galima pastebėti, jog didžiausi ekspertų vertinimai skirti teiginiui „IPM technologijos planavimo pagalba taupomi ištekliai pasirinkimui“. Kiti didelius įverčius gavę teiginiai taip pat sietini su IPM technologija. Toliau atliekami skaičiavimai pagal Kendall'o W testą (žr. 4 lentelę):

4 lentelė. Kendall'o W statistikos rezultatai (sudaryta autoriaus, 2021)

Kendall'o W statistikos rezultatai					
Teiginys	E. skaičius	Vid. rangas	Nuokrypis	Mažiausias įv.	Didžiausias įv.
Darbuotojų pasiūlymai procesams optimizuoti taupo išteklius	10	4.00	1.155	3	7
Darbuotojų darbo vietos tvarka didina produktyvumą	10	1.70	.823	1	3
Žaliavų nesandėliavimas taupo išteklius	10	1.80	.919	1	4
Turimų žaliavų paskirstymas pagal poreikį mažina švaistymą	10	3.00	.943	1	4
Vertės neteikiančių procesų atsisakymas taupo išteklius	10	5.30	1.337	2	7
IPM technologijos planavimo pagalba taupomi ištekliai	10	7.40	.843	6	8
Susikirtimų sprendimas pasitelkus IPM technologiją projektavimo eigoje taupo išteklius	10	6.80	1.135	5	8
Sprendinių aiškumas pasinaudojant IPM technologija taupo išteklius	10	6.00	1.054	5	8

Turint teiginių rangus, matomi vidutiniai rangai, kurių didžiausia vertė gauta teiginiui „IPM technologijos planavimo pagalba taupomi ištekliai“. Didžiausias nuokrypis matomas teiginiui „Vertės neteikiančių procesų atsisakymas taupo išteklius“. Tai reiškia, kad ekspertai Lean metodo teiginių vertina skirtingai. Toliau apskaičiuojama konkordacijos vertė ir pasiskirstymo vertė (žr. 5 lentelę).

5 lentelė. Konkordacijos statistikos rezultatai (sudaryta autoriaus, 2021)

Konkordacijos rezultatai	
Ekspertai	10
Kendall'o konkordacijos koef. W	.815
Chi-kvadrato kriterijus ⁽²⁾	57.033
df reikšmė	7
p reikšmė	.000

Gauta Kendall'o konkordacijos koeficiento W reikšmė 0.815. Ši vertė teigia, kad 10 ekspertų sutartinai vertino teiginius. Apskaičiavus pasiskirstymo vertę, ir palyginus ją su kritine pasiskirstymo verte gaunama – $57.033 > 14.07$, tai reiškia, kad nulinė hipotezė atmetama (Pukėnas, 2005). Iš gautų rangų matyti, kad ekspertai pasirinko teiginius, kurie, jų nuomone, įmonei padėtų labiausiai optimizuoti išteklių panaudojimą: „IPM technologijos planavimo pagalba taupomi ištekliai; Susikirtimų sprendimas pasitelkus IPM technologiją projektavimo eigoje taupo išteklius; Sprendinių aiškumas pasinaudojant IPM technologija taupo išteklius“. Galima teigti, kad ekspertų nuomonė sutampa su anksčiau analizuotais literatūros šaltiniais – IPM technologijos taikymas leidžia sumažinti kaštus ir žmogiškuosius išteklius, nes projekto detalizavimo eigoje išsprendžiamos kylančios problemos. Dėl šios priežasties statybų dokumentacijos eigoje taupomas laikas lyginant su tipinio projekto darbo eiga. Ekspertai didžiausius vertinimus skyrė šioms Lean metodo taikymo teiginiais – „Vertės neteikiančių procesų atsisakymas taupo išteklius“ ir „Darbuotojų pasiūlymai procesams optimizuoti taupo išteklius“. Norint tikslinti rezultatus, reikalinga atlikti papildomą tyrimą, kuriame būtų atliktos atskiros apklausos iš IPM ir LEAN metodų. Taip būtų galima iškirti ekspertų nuomonę, kuriuos LEAN metodus geriausia taikyti su IPM technologijomis norint pasiekti didžiausią išteklių panaudojimo efektyvumą.

Išvados

Ištyrus literatūroje aprašomą Lean metodo sąsają su kitais vadybos metodais. Apsibrėžiami orientaciniai objektai kiekvieno Lean metodo. Sudaryta Lean metodų tikslų lyginimo lentelė. Iškelti teiginiai reikalingi ekspertų apklausos tyrimui atlikti: Darbuotojų pasiūlymai procesams optimizuoti taupo išteklius; Darbuotojų darbo vietos tvarka didina

produktyvumą; Žaliavų nesandėliavimas taupo išteklius; Turimų žaliavų paskirstymas pagal poreikį mažina švaistymą; Vertės neteikiančių procesų atsisakymas taupo išteklius.

Ištyrus literatūroje aprašomą skaitmeninių technologijų svarbą efektyviam išteklių naudojimui. IPM pagalbą galima tiksliai apskaičiuoti reikalingas žaliavas, lėšų sutaupymas dėl tikslingai skaičiuojamų medžiagų kiekių naudojant IPM siekia ~14%. Naudojant IPM technologiją mazgų riziką galima sumažinti iki nulio, o tai reiškia, kad darbų metų nebus jokių pašalinių kliūčių, dėl kurių darbo jėga negalėtų dirbti. Iškelti teiginiai reikalingi ekspertų apklausos tyrimui atlikti: IPM technologijos planavimo pagalba taupomi išteklių; Susikirtimų sprendimas pasitelkus IPM technologiją projektavimo eigoje taupo išteklius; Sprendinių aiškumas pasinaudojant IPM technologija taupo išteklius.

Atlikta ekspertų apklausa, kurios tikslas iširti gamybos išteklių optimizavimo sprendinius statybų sektoriuje. Apklausti 10 ekspertų, kurie atrinkti pagal kriterijus aprašytus tyrimo dalyje. Apklausos rezultatai parodė, kad ekspertai geriausiai įvertino šiuos teiginius: IPM technologijos planavimo pagalba taupomi išteklių; Susikirtimų sprendimas pasitelkus IPM technologiją projektavimo eigoje taupo išteklius; Sprendinių aiškumas pasinaudojant IPM technologija taupo išteklius.

Ekspertų apklausos rezultatai apdoroti SPSS duomenų apdorojimo programa. Gauta Kendall'o konkordacijos koeficiento W reikšmė 0,815. Ši vertė teigia, kad 10 ekspertų sutartinai vertino teiginius. Apskaičiavus pasiskirstymo vertę, ir palyginus ją su kritine pasiskirstymo verte ($57,033 > 14,07$) gaunama išraiška parodė nulinės hipotezės nebuvimą.

Literatūra

- Amaro, P., Alves, A. C., & Sousa, R. M. (2019). Lean thinking: A transversal and global management philosophy to achieve sustainability benefits. In A. Alves, F. J. Kahlen, S. Flumerfelt, & A. Siriban-Manalang (Eds.), *Lean engineering for global development* (pp. 1–31). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13515-7_1
- Balle, M., Jones, D., Chaize, J., & Fiume, O. (2017). *The Lean strategy: Using Lean to create competitive advantage, unleash innovation, and deliver sustainable growth* (1st ed.). McGraw-Hill Education.
- Bamana, F., Lehoux, N., & Cloutier, C. (2017, 9–12 July). Just in time in construction: Description and implementation insights. In *Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 763–770). Heraklion, Greece. <https://doi.org/10.24928/2017/0064>
- Benton, W. C. (2011). Just-In-Time/Lean production systems. In *Wiley encyclopedia of operations research and management science*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470400531.eorms0441>
- Foss, M. L., Stubbs, J. R., & Jones, G. (2011a). Integrating quality, education, Lean, and performance management into a culture of continuous improvement. *Transfusion, Special Issue: Journal of Blood Services Management*, 51(7pt2), 1598–1603. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2011.03219.x>
- Foss, M. L., Stubbs, J. R., & Jones, G. (2011b). Integrating quality, education, Lean, and performance management into a culture of continuous improvement. *Transfusion, Special Issue: Journal of Blood Services Management*, 51(7pt2), 1598–1603. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2011.03219.x>
- Helmold, M. (2020). *Lean management and Kaizen*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-46981-8>
- Kaziliūnas, A. (2009). *Strateginis projektų valdymas: vadovėlis*. Mykolo Romerio universitetas.
- Kensek, K. M., & Noble, D. E. (2014). *Building information modeling*. Wiley. <https://doi.org/10.4324/9781315797076>
- Koseoglu, O., & Nurtan-Gunes, E. T. (2018). Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1298–1321. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0188>
- Migilinskas, D. ir Sadauskas, M. (2018). BIM metodologijos diegimo analizė kartotinių gyvenamųjų pastatų projekte: atvejo analizė. *Mokslas – Lietuvos ateitis / Science – Future of Lithuania*, 10, 1–6. <https://doi.org/10.3846/mla.2018.6338>
- Montiel-Santiago, F. J., Hermoso-Orzáez, M. J., & Terrados-Cepeda, J. (2020). Sustainability and energy efficiency: BIM 6D. Study of the BIM methodology applied to hospital buildings. Value of interior lighting and daylight in energy simulation. *Sustainability*, 12(14), 5731. <https://doi.org/10.3390/su12145731>
- Obara, S., & Wilburn, D. (2012). *Toyota by Toyota* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11902>
- Oficialiosios statistikos portalas. (n.d.). *Rodiklių duomenų bazė*. Prieiga per internetą, žiūrėta gruodžio 7, 2021, iš <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S8R044#/>
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean tool using system dynamics approach. *Procedia CIRP*, 60, 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- Pukėnas, K. (2005). *Sportinių tyrimų duomenų analizė SPSS programa*. Lietuvos kūno kultūros akademija.
- Reizgevičius, M., Reizgevičiūtė, L. ir Pelikša, M. (2013). Pastato informacinio modelio (BIM) panaudojimas statybos inžinerijos studijose. *Jaunųjų mokslininkų darbai*, 2, 154–160.
- Skaitmeninė statyba. (2022). *Skaitmeninė statyba ir BIM*. <https://skaitmeninestatyba.lt/bim/>
- Tan, T., Mills, G., Papadonikolaki, E., & Liu, Z. (2021). Combining multi-criteria decision making (MCDM) methods with building information modelling (BIM): A review. *Automation in Construction*, 121, 103451. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103451>

- Tapping, D., & Shuker, T. (2018). Value stream management for the Lean office. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b16934>
- Vaičiulytė, E. (2020). Building Information Model (BIM) use analysis in facilities management. *Mokslas – Lietuvos ateitis / Science – Future of Lithuania*, 13, 1–10. <https://doi.org/10.3846/mla.2021.13719>
- Zhang, X., Azhar, S., Nadeem, A., & Khalfan, M. (2017). Using Building Information Modelling to achieve Lean principles by improving efficiency of work teams. *International Journal of Construction Management*, 18(4), 293–300. <https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1382083>
- Zinkevičiūtė, V., Vasiliauskas, A. V. (2013). *Gamybos logistika, gamybos vadyba*. Viešoji įstaiga Socialinių mokslų kolegija.

OPTIMIZATION OF RECOURSES USE IN PRODUCTION PROCESS IN CONSTRUCTION SECTOR

Aurimas ŠEPUTA, Kęstutis PELECKIS

Abstract. The efficient use of production resources in the construction sector is a very important task for the competitive provision of a service or the production of a final product. This task can be implemented more efficiently using the Lean method, together with the use of digital technologies BIM (Building information modeling). With these tools, the end service or product can be achieved with fewer resources. The object of this article is the efficiency of the use of production resources in the construction sector. After analyzing the literature, this article identifies the stages of production processes, the use of production resources and examines the problem of resource waste in the construction sector. In the theoretical part, the research of production stages in the construction sector reveals the problem of resource waste, which is substantiated and illustrated by the results of an expert survey. The research method is an expert survey, and an expert evaluation test is used to obtain the results. The conclusions of the article summarize the results of the study and provide appropriate suggestions to help optimize the use of available production resources in the construction sector, using digital technologies and the Lean method.

Keywords: Lean method, Building information modeling BIM, production resources, efficiency, optimization, construction sector.