

BIM POVEIKIO HIDROTECHNIKOS STATINIŲ STATYBAI ANALIZĖ

Arminas ANCERAVIČIUS Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: arminas.anceravicius@vdu.lt

Tatjana SANKAUSKIENĖ Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: tatjana.sankauskiene@vdu.lt

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjama statinių informacinio modeliavimo (BIM) įtaka hidrotechnikos statinių statybai, kuri didina efektyvumą ir tikslumą vykdant projektus, skatina geresnį projekto suinteresuotųjų šalių bendradarbiavimą ir taip suteikdama visapusišką hidrotechninių konstrukcijų statybos susistemimą. Tyrimų objektu pasirinkti du hidrotechnikos objektai (pirmoji ir antroji alternatyvos), panašūs savo technologiniais sprendiniais bei naudojimo paskirtimi, kurių statybos projektai įgyvendinti 2020 ir 2023 m. Tyrimo metodu pasirinktas daugiakriterinė analizės COPRAS metodas, skirtas vertinti ir lyginti alternatyvas, apskaičiuojant jų naudingumo lygį, remiantis kiekvieno kriterijaus svoriu bei rezultatais, taip suteikiant galimybę identifikuoti geriausią pasirinkimą. Pagal suformuotą išsamų kokybinių kriterijų sąrašą, atspindintį svarbiausius vertinimo aspektus, įvykdyta hidrotechnikos statinių statybos ekspertų apklausa. Aptariant aukščiausius kriterijams suteiktus balus, nustatytas kiekvieno kriterijaus reikšmingumas. Atlikta analizė lyginant projektus, įgyvendintus naudojant BIM ir tradicinius metodus. COPRAS metodu nustatyta, kad BIM projektas (pirmoji alternatyva) buvo pranašesnis pagal daugelį kriterijų: darbų našumas, sudėtingų konstrukcijų detalizavimas, projekto koregavimas. Tai ekspertų vertinimu svarbiausi kriterijai, lemiantys sėkmingą projekto įgyvendinimą.

Reikšminiai žodžiai: hidrotechnikos statiniai, BIM, daugiakriterinė analizė, privalumai.

Įvadas

Pastatų informacinio modeliavimo (BIM) įtaka hidrotechnikos statinių statybai buvo reikšmingai transformuojanti. BIM technologija pagerina hidrotechnikos ir melioracijos statinių hidraulinių ir melioracijos įrenginių projektavimo procesą, pagerindama bendradarbiavimą tarp įvairių inžinerinių disciplinų (Filipezyk et al., 2023). Tai leidžia integruoti sudėtingus analitinius įrankius, tokius kaip skysčių dinamikos skaičiavimus (CFD), kurie optimizuoja hidraulinių konstrukcijų veikimą. BIM taip pat leidžia išsamiai vizualizuoti ir tiksliai modeliuoti, palengvina efektyvesnę hidraulinę analizę ir skatina geresnį projekto suinteresuotųjų šalių bendravimą (Filipezyk et al., 2023).

BIM taikymas hidrotechnikoje suteikia didelę naudą projektavimo, statybos ir eksploatavimo etapuose. Mokslininkai W. Zhang ir kt. (2023) aprašo, kaip BIM gali pagerinti bendrus statybos procesus, ypač atliekant sklypo analizę ir projektinių pasiūlymų demonstravimą, suteikdamas visapusišką hidrotechninių konstrukcijų statybos susistemimą. Duomenų centralizavimas naudojant skaitmeninius modelius ne tik pagerina prieinamumą, bet ir optimizuoja projekto kokybę, nes leidžia analizuoti duomenis realiuoju laiku ir priimti sprendimus (Zhang et al., 2023).

Taip pat BIM suteikia galimybę atlikti tikslias modelių simuliacijas ir scenarijus, leidžiančius vizualizuoti galutinius rezultatus prieš pradedant statybą (Alnaser et al., 2023). Šis aspektas itin aktualus hidrotechnikos statinių projektavimui, kur naujų technologijų taikymas gali padėti užtikrinti didesnę tvarumą. BIM padeda aptikti konfliktinius atvejus ir nenumatytas situacijas ankstyvose projekto fazėse, o tai ypač naudinga dideliems infrastruktūros projektams.

BIM įdiegimas hidrotechnikoje taip pat kelia iššūkių, kurie gali trukdyti plačiai taikyti ir efektyviai jį naudoti. Viena iš pagrindinių kliūčių yra visapusiškos statybos specialistų išsilavinimo ir mokymo BIM technologijų srityje trūkumas. V. Adam ir kt. (2021) pabrėžia disbalansą tarp sąmoningumo ir gebėjimo efektyviai naudoti BIM įrankius, kurį apsunkina nepakankama BIM aprėptis statybų personalo švietime ir kvalifikacijos kėlimo srityje (Adam et al., 2021).

Išoriniai veiksniai, įskaitant išteklių prieinamumą ir finansines investicijas, taip pat turi įtakos BIM pritaikymui. (Gamil, Rahman, 2019) aptaria dideles išlaidas, susijusias su BIM technologijos pritaikymu, pavyzdžiui, programinės įrangos pirkimas ir mokymo išlaidos, kurios gali atgrasyti daugelį įmonių, ypač mažesnes, nuo visiško BIM pritaikymo savo hidrotechnikos projektuose (Gamil, Rahman, 2019). Dėl šių kliūčių būtinos koordinuotos vyriausybės ir pramonės subjektų pastangos teikti paramą, mokymus ir išteklius, kad būtų lengviau veiksmingai integruoti BIM technologijas į hidrotechnikos praktiką.

Visi šie tyrimai pabrėžia, kad BIM pritaikymas hidrotechninėje statyboje ne tik skatina efektyvumą ir tikslumą įgyvendinant projektus, bet ir skatina naujos kartos inžinierius, išmanančius skaitmenines technologijas, taip atveriant kelią naujoviškesnei ir tvaresnei praktikai šioje srityje.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti BIM poveikį hidrotechnikos statinių statybai Lietuvoje.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Pagal suformuotą kokybinių kriterijų sąrašą atlikti Lietuvos hidrotechnikos statinių statybos ekspertų apklausą, kad būtų galima nustatyti kiekvieno kriterijaus reikšmingumą.

2. Atlikti daugiakriterinę analizę, tiriant panašių objektų statybas, įvykdytas naudojant ir nenaudojant BIM, ir nustatyti informacinio modeliavimo privalumus, o taip pat iššūkius hidrotechnikos statinių statyboje.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektu pasirinkti du objektai, panašūs savo technologiniais sprendiniais ir naudojimo paskirtimi.

Pirmasis, projektuotas naudojant BIM technologijas – paviršinių nuotekų tinklą Šiaurinėje g., Ukmergės g., Ozo g., Miglos g., Paribio g., Lūšių g., Elnių g. ir nuotekų valyklos bei kaupyklos Ozo g. Vilniaus m. sav. statyba (toliau – alternatyva Nr. 1). Kaupyklos tūris – 20000 m³, maksimalus pritekančio vandens debitas – 9 m³/s, maksimalus ištekančio vandens debitas – 1 m³/s. Šis projektas yra dalis Europos Sąjungos Sanglaudos fondo lėšomis finansuojamo projekto „Paviršinių nuotekų sistemų tvarkymas Vilniaus mieste“ Nr. Nr. 05.1.1-APVA-R-007-01-0002. Projektas įgyvendintas 2023 m.

Antrasis, projektuotas naudojant tradicinius projektavimo metodus – Dailidės ežero (Baseino Nr. 1) paviršinių nuotekų surinkimo ir valymo įrenginių statyba (toliau – alternatyva Nr. 2). Kaupyklos tūris – 10050 m³, didžiausias pritekantis debitas – 3,2 m³/s. Projektas įgyvendintas 2020 m. pabaigoje.

Tyrimo metodu buvo pasirinkta daugiakriterinė analizė naudojant COPRAS (Complex Proportional Assessment) metodą. COPRAS metodas yra daugiakriterinio sprendimų priėmimo metodas, skirtas vertinti ir lyginti alternatyvas, apskaičiuojant jų naudingumo lygį remiantis kiekvieno kriterijaus svoriu ir rezultatais, taip suteikiant galimybę identifikuoti geriausią pasirinkimą (Mulliner et al., 2016). Straipsnyje pateikta metodika galima tinkamai įvertinti BIM teikiamus privalumus ir trūkumus įgyvendinant projektus. Vertinimas atliekamas pagal 10 kriterijų, kuriems ekspertai apklausos būdu suteikia balus. Visi skaičiavimai atlikti „Microsoft Office Excel“ programa.

Kiekvieno iš kriterijų vertinimų suma apskaičiuojama pagal formulę:

$$S_i = \sum_{k=1}^m E_{ik}, \quad (1)$$

čia i – kriterijaus numeris ($i = \overline{1,10}$), m – ekspertų skaičius.

Apskaičiuojamas rango sumos vidurkis:

$$S_i^* = \frac{S_i}{10}. \quad (2)$$

Skaičiuojamas sumos vidurkio nuokrypis nuo rango:

$$\Delta S_i = S_i - S_i^*. \quad (3)$$

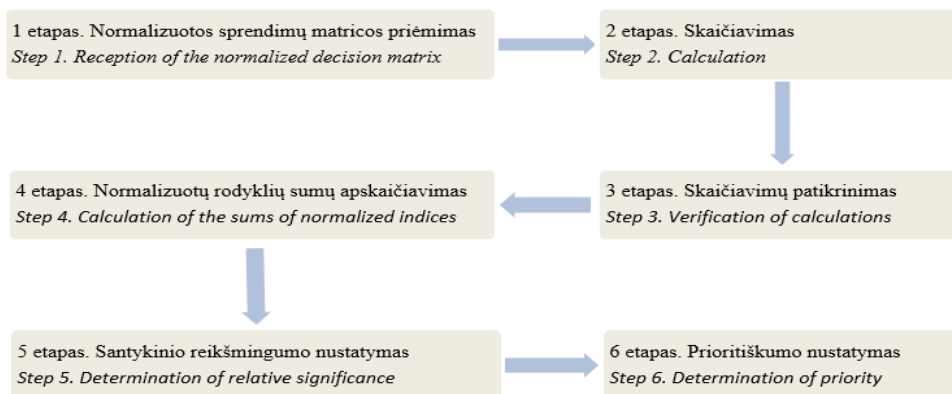
Kriterijaus svarba nustatoma pagal formulę:

$$q_i = S_i / \Sigma b. \quad (4)$$

čia $\Sigma b = 550$, visų ekspertų skiriamų balų suma

Įvertinus ekspertų apklausos duomenis ir nustačius kriterijų reikšmingumą, sudaroma kriterijų reikšmingumo diagrama.

Prieš atliekant skaičiavimus daugiakriterinio vertinimo rezultatams gauti sudaromas COPRAS metodo skaičiavimo algoritmas (žr. 1 pav.).



1 pav. COPRAS metodo skaičiavimo algoritmas (pagal Lombardi Netto ir kt., 2021)

Fig. 1. The calculation algorithm of the COPRAS method (by Lombardi Netto et al., 2021)

1 etape sudaroma normalizuota sprendimų matrica. Šio etapo sprendimams atlikti reikalingi abiejų alternatyvų duomenys. Kiekybiniais kriterijams nusakyti duomenys gaunami ekspertų apklausos būdu, apklausiant statybos dalyvius, turinčius patirties tiek vykdant BIM projektus, tiek projektus, parengtus be BIM.

2 etape atliekami skaičiavimai, siekiant normalizuoti kriterijaus reikšmes, padauginus balų skaičių iš koeficiento ir padalinus iš bendro abiejų alternatyvų balų skaičiaus.

3 etape patikrinamos susumtuos abiejų alternatyvų normalizuotos reikšmės. Jų suma turi būti lygi 0.

4 etape numatomos normalizuotų rodiklių minimizuojančios ir maksimizuojančios sumos.

5 etape nustatomas santykinis reikšmingumas.

6 etape nustatomas prioritetiškumas.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Apklausta 10 ekspertų, kurie yra dalyvavę projektų vykdyme tiek naudojant BIM, tiek nenaudojant. Surinkti apklausos duomenys pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Apibendrinti apklausos duomenys

Table 1. Summary survey data

Eil. Nr.	Kriterijus Criterion	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Vidurkis Average
1.	Papildomų darbų atsiradimas Occurrence of additional work	5	3	5	1	7	8	5	7	2	1	4,4
2.	Darbų našumas Work productivity	10	10	6	7	8	5	3	8	10	7	7,4
3.	Statybos darbų planavimas Construction work planning	6	4	7	6	2	7	1	2	3	8	4,6
4.	Darbų trukmė Work duration	1	9	4	5	1	9	4	3	9	6	5,1
5.	Statybos aikštelės valdymas Construction site management	7	6	2	2	3	6	2	1	6	5	4,0
6.	Darbų kokybė Work quality	8	8	10	8	5	10	10	5	8	9	8,1
7.	Sudėtingų konstrukcijų, mazgų detalizavimas Detailing of complex structures and joints	9	7	9	3	6	2	9	6	7	10	6,8
8.	Medžiagų žiniaraščio tikslumas Accuracy of the material list	2	5	1	10	4	3	7	4	5	4	4,5
9.	Darbų grafiko sudarymo kokybė Quality of work schedule preparation	4	1	3	9	10	4	6	10	4	3	5,4
10.	Projekto koregavimas Project adjustment	3	2	8	4	9	1	8	9	1	2	4,7

Pagal aprašytą metodiką apskaičiuotas nuokrypis nuo rangų sumos vidurkio, nustatyta kriterijų svarba ir nurodyta kiekvieno kriterijaus vieta (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Kriterijų svarbos apskaičiavimas

Table 2. Calculating the importance of criteria

Eil. Nr.	Kriterijus Criterion	S_i	Vieta Rating	ΔS_i	Svarba Weight
1.	Papildomų darbų atsiradimas Occurrence of additional work	44	9	39,6	0,080
2.	Darbų našumas Work productivity	74	2	66,6	0,135
3.	Statybos darbų planavimas Construction work planning	46	7	41,4	0,084
4.	Darbų trukmė Work duration	51	5	45,9	0,093
5.	Statybos aikštelės valdymas Construction site management	40	10	36,0	0,073
6.	Darbų kokybė Work quality	81	1	72,9	0,147
7.	Sudėtingų konstrukcijų, mazgų detalizavimas Detailing of complex structures and joints	68	3	61,2	0,124
8.	Medžiagų žiniaraščio tikslumas Accuracy of the material list	45	8	40,5	0,082
9.	Darbų grafiko sudarymo kokybė Quality of work schedule preparation	54	4	48,6	0,098
10.	Projekto koregavimas Project adjustment	47	6	42,3	0,085

Įvertinus ekspertų apklausos duomenis ir nustatius kriterijų reikšmingumą sudaryta diagrama (žr. 2 pav.).

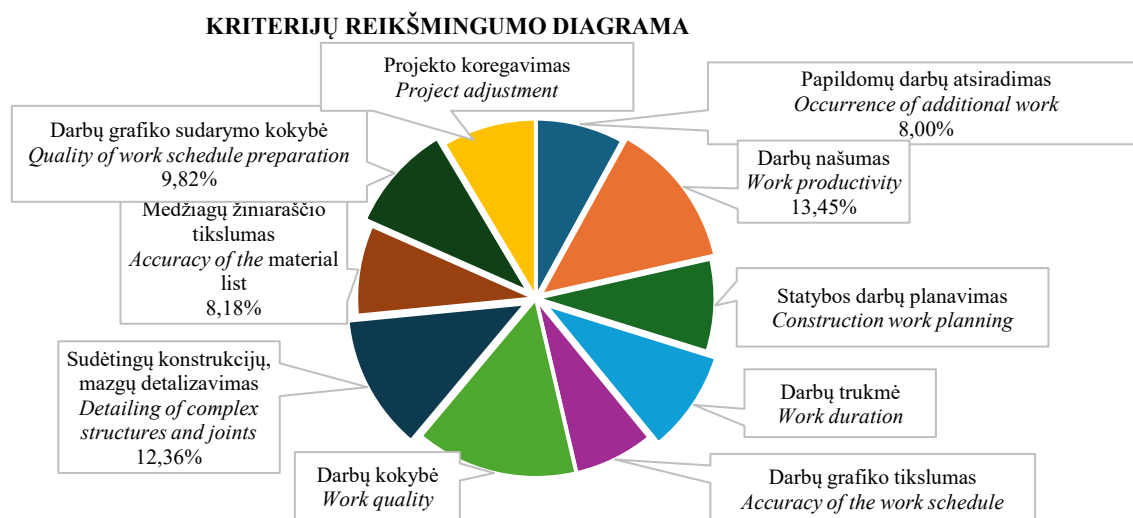
Apžvelgiant kriterijų įvertinimus atsižvelgiant į 2 lentelės duomenis aptarti aukščiausi kriterijui suteikti balai:

1. **Darbų kokybė.** Trys ekspertai šiam kriterijui skyrė po 10 balų, vienas 9, keturi po 8, bendras balų vidurkis siekė 8,1 balo. Darbų kokybė ekspertų vertinimu yra esminis veiksnys bet kuriame statybos projekte, nes ji tiesiogiai veikia pastato saugumą, ilgaamžiškumą, funkcionavimą ir estetinius aspektus. Kokybiškas darbas užtikrina, kad statinys atitiks visus normatyvinius reikalavimus ir standartus, sumažina defektų bei struktūrinių problemų atsiradimo riziką.

2. **Darbų našumas.** Šiam kriterijui net trys ekspertai skyrė 10 balų, du po 8 balus, bendras balų vidurkis 7,4 balo. Darbų našumas leidžia sumažinti statybos trukmę ir kaštus, pagerina projekto pelningumą, taip pat mažina riziką, susijusią su vėlavimais ir pertekliniais ištekliais, todėl šis kriterijus yra vienas svarbiausių atliekant statybos darbus.

3. **Sudėtingų mazgų, konstrukcijų detalizavimas.** Šiam kriterijui vienas ekspertas skyrė 10 balų, trys po 9 balus, bendras balų vidurkis siekė 6,8 balo. Sudėtingų mazgų ir konstrukcijų statyboje svarba yra labai didelė, nes jie atlieka

esminę rolę užtikrinant statinių stabilumą, funkcionalumą ir saugumą. Taip pat jeigu projekte detalizavimai aiškūs ir be klaidų nenukenčia darbų našumas.



2 pav. Kriterijų reikšmingumo diagrama
Fig. 2. Criteria Significance Diagram

4. **Darbų grafiko sudarymo kokybė.** Šiam kriterijui du ekspertai skyrė po 10 balų, vienas 9 balus, bendras balų vidurkis siekė 5,4 balo. Darbų grafiko sudarymo kokybė yra esminė projekto valdymo dalis, turinti didelę įtaką statybos proceso efektyvumui, biudžeto laikymuisi ir galutinio rezultato sėkmei. Aukštos kokybės grafikas padeda organizuoti darbus, užtikrinti tinkamą išteklių paskirstymą ir sumažinti riziką, susijusią su vėlavimais ir klaidomis.

5. **Darbų trukmė.** Šiam kriterijui 3 ekspertai skyrė po 9 balus, bendras balų vidurkis siekė 5,1 balo. Darbo trukmė objekte taip pat yra vienas svarbesnių kriterijų, leidžiančių tinkamai planuoti biudžetą, resursų paskirstymą, lengviau identifikuoti rizikas.

6. **Projekto koregavimas.** Šiam kriterijui 2 ekspertai skyrė po 9 balus, 2 – po 8, bendras balų vidurkis siekė 4,7 balo. Nors tai yra gana svarbus veiksnys statyboje, reikalaujantis papildomų laiko ir resursų, tačiau tobulėjant technologijoms reikšmingų projektų koregavimo pasitaiko vis rečiau.

Daugiakriterinio vertinimo COPRAS metodu rezultatai

Naudojant abiejų alternatyvų duomenis, ekspertų vertinimus, gautus kiekybiniais kriterijams nusakyti apklausos būdu, COPRAS metodu apskaičiuotos normalizuotų kriterijų reikšmės (žr. 3 lentelę). Kokybiniai kriterijai nusakomi balais skalėje nuo 1 iki 5, nes jų dimensiniais dydžiais nusakyti nėra įmanoma.

3 lentelė. COPRAS metodo normalizuotų kriterijų reikšmės

Table 3. Values of normalized criteria of the COPRAS method

	Kriterijus Criterion	Kriterijų matavimo vienetas Unit of measurement for criteria	*	Kriterijų svarba Weight	Alternatyvos / Alternatives	
					Alternatyva Nr. 1	Alternatyva Nr.2
					Alternative 1 (P1)	Alternative 2 (P2)
1	Papildomų darbų atsiradimas Occurrence of additional work	Balai Points	min	0,080	24	26
2	Darbų našumas Work productivity	Balai Points	max	0,135	38	31
3	Statybos darbų planavimas Construction work planning	Balai Points	max	0,084	36	30
4	Darbų trukmė Work duration	Balai Points	min	0,093	39	28
5	Darbų grafiko tikslumas Accuracy of the work schedule	Balai Points	max	0,073	26	29
6	Darbų kokybė Work quality	Balai Points	max	0,147	39	42
7	Sudėtingų konstrukcijų, mazgų detalizavimas Detailing of complex structures and joints	Balai Points	max	0,124	46	19
8	Medžiagų žiniaraščio tikslumas Accuracy of the material list	Balai Points	max	0,082	41	32
9	Darbų grafiko sudarymo kokybė Quality of work schedule preparation	Balai Points	max	0,098	38	21
10	Projekto koregavimas Project adjustment	Balai Points	min	0,085	38	26

COPRAS metodo algoritmo 2–6 etapų skaičiavimų rezultatai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. COPRAS metodo daugiakriterinės analizės rezultatai

Table 4. COPRAS method multicriteria analysis results

	Kriterijus Criterion	Kriterijų matavimo vienetas Unit of measurement for criteria	*	Kriterijų svarba Weight	Įvertintų kriterijų skaitinės reikšmės Numerical values of the evaluated criteria	
					Alternatyva Nr. 1	Alternatyva Nr.2
					Alternative 1 (P1)	Alternative 2 (P2)
1	Papildomų darbų atsiradimas <i>Occurrence of additional work</i>	Balai Points	min	0,080	0,038	0,042
2	Darbų našumas <i>Work productivity</i>	Balai Points	max	0,135	0,074	0,060
3	Statybos darbų planavimas <i>Construction work planning</i>	Balai Points	max	0,084	0,046	0,038
4	Darbų trukmė <i>Work duration</i>	Balai Points	min	0,093	0,054	0,039
5	Darbų grafiko tikslumas <i>Accuracy of the work schedule</i>	Balai Points	max	0,073	0,034	0,038
6	Darbų kokybė <i>Work quality</i>	Balai Points	max	0,147	0,071	0,076
7	Sudėtingų konstrukcijų, mazgų detalizavimas <i>Detailing of complex structures and joints</i>	Balai Points	max	0,124	0,087	0,036
8	Medžiagų žiniaraščio tikslumas <i>Accuracy of the material list</i>	Balai Points	max	0,082	0,046	0,036
9	Darbų grafiko sudarymo kokybė <i>Quality of work schedule preparation</i>	Balai Points	max	0,098	0,063	0,035
10	Projekto koregavimas <i>Project adjustment</i>	Balai Points	min	0,085	0,051	0,035
11	Maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma <i>Sum of the maximizing normalized estimated indicators</i>				0,143	0,115
12	Minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma <i>Sum of minimizing normalized evaluated indicators</i>				0,422	0,320
13	Projekto alternatyvos reikšmingumas <i>Sum of the minimizing normalized estimated indicators</i>				23,33	23,34
14	Projekto alternatyvos prioritetiškumas <i>Priority of project alternative</i>				2,8	2,25

COPRAS metodu atlikta daugiakriterinė analizė parodė BIM metodo pranašumus ir iššūkius.

Hidrotechnikos statinys, kurio projektas įgyvendintas naudojant BIM (pirma alternatyva), gavo geresnes skaitines reikšmes keturiuose iš šešių svarbiausių kriterijų: darbų našumas, darbų trukmė, sudėtingų konstrukcijų, mazgų detalizavimas bei darbų grafiko sudarymo kokybė.

Nenaudojant BIM metodo statytas statinys (antra alternatyva) gavo geresnes skaitines reikšmes dviejuose iš šešių svarbiausių kriterijų: darbų kokybė ir projekto koregavimas. Dėl mažesnio technologinių ir konstrukcinių sprendimų sudėtingumo, projekto apimties, sklypo reljefo, jo savybių buvo lengviau įgyvendinti projekto reikalavimus. Tai patvirtino mokslininkų nuomonę, aptartą įvadinėje straipsnio dalyje, apie BIM iššūkius ir įdiegimo problemas.

Išvados

1. Pagal suformuotą išsamių kokybinių kriterijų sąrašą, atspindintį svarbiausius vertinimo aspektus įvykdyta ekspertų apklausa. Remiantis ekspertų vertinimais, nustatytas kiekvieno kokybinio kriterijaus santykinis reikšmingumas. Gauti rezultatai suteikia pagrindą tolimesniam tyrimui ar praktiniam pritaikymui, atsižvelgiant į nustatytą kriterijų svarbą.

2. Atlikus daugiakriterinę analizę COPRAS metodu nustatyta, kad šiuo atveju BIM projektas buvo pranašesnis daugelyje kriterijų. Pirmoji alternatyva gavo aukštesnį vertinimą kriterijuose: darbų našumas, sudėtingų konstrukcijų detalizavimas, projekto koregavimas. Tai ekspertų vertinimu svarbiausi kriterijai, lemiantys sėkmingą projekto įgyvendinimą.

3. Antrosios alternatyvos (statyba tradiciniais metodais) geresnės skaitinės reikšmės pagal du kriterijus patvirtino mokslininkų nuomonę apie BIM keliamus iššūkius dėl kompetencijų stokos, nepakankamos BIM aprėpties, detalumo lygio.

Literatūra

1. Adam, V., Manu, P., Mahamadu, A. M., Dziekonski, K., Kissi, E., Emuze, F., & Lee, S. (2021). Building information modelling (BIM) readiness of construction professionals: the context of the Seychelles construction industry. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 20(3), 823-840. <https://doi.org/10.1108/JEDT-09-2020-0379>
2. Alnaser, A. A., Alsanabani, N. M., & Al-Gahtani, K. S. (2023). BIM impact on construction project time using system dynamics in Saudi Arabia's construction. *Buildings*, 13(9), 2267. <https://doi.org/10.3390/buildings13092267>
3. Filipczyk, J. M., Plesiński, K. K., Cedro, K. (2023). Utilizing BIM Technology in the Design Process of Hydrotechnical and Land Reclamation Facilities. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*, 22(3), 11-31. <https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2023.22.3.08>
4. Gamil, Y., & Rahman, I. A. R. (2019). Awareness and challenges of building information modelling (BIM) implementation in the Yemen construction industry. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 17(5), 1077-1084 <https://doi.org/10.1108/JEDT-03-2019-0063>
5. Lombardi Netto, A., Salomon, V. A. P., & Ortiz Barrios, M. A. (2021). Multi-criteria analysis of green bonds: hybrid multi-method applications. *Sustainability*, 13(19), 1–20. <https://doi.org/10.3390/SU131910512>
6. Mulliner, E., Malys, N., & Maliene, V. (2016). Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability. *Omega*, 59, 146-156. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.013>
7. Zhang, W., Liu, Y., Yu, S., Zhang, Y., Yang, L., & Qi, L. (2023). The Application Research of BIM Technology in the Construction Process of Yancheng Nanyang Airport. *Buildings*, 13(11), 2846.. <https://doi.org/10.3390/buildings13112846>

ANALYSIS OF THE IMPACT OF BIM ON HYDRAULIC STRUCTURE CONSTRUCTION

Abstract

This article examines the impact of Building Information Modeling (BIM) on the construction of hydraulic structures, highlighting its role in increasing efficiency and accuracy in project execution, fostering better collaboration among project stakeholders, and thus ensuring a comprehensive systematization of hydraulic structure construction. The study focuses on two hydraulic structures (the first and second alternatives) that share similar technological solutions and intended purposes, with their construction projects implemented in 2020 and 2023. The research method used is the multi-criteria analysis COPRAS method, which evaluates and compares alternatives by calculating their utility level based on the weight and results of each criterion, allowing for the identification of the optimal choice. A list of qualitative criteria was established based on key evaluation aspects, and a survey of hydraulic construction experts was conducted to determine the significance of each criterion by analyzing the highest assigned scores. The analysis compared projects executed using BIM and traditional methods. The COPRAS method determined that the BIM-based project (the first alternative) outperformed the other in several key criteria, including work efficiency, detailing of complex structures, and project modifications. According to expert evaluations, these are the most critical factors influencing the successful implementation of a project.

Keywords: hydraulic structure, BIM, multi-criteria analysis, advantages.