

OCENA TECHNOLOGICZNOŚCI PROJEKTÓW BUDOWLANYCH

Andrzej CZEMPLIK^{a*}, Michał IRZYK^b

^a Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
^b Eiffage Budownictwo Mitex SA, ul. Postępu 5a, 02-676 Warszawa

Streszczenie: W pracy przedstawiono propozycję oceny rozwiązań projektowych (dokumentacji projektowej) pod względem technologiczności realizacji zaprojektowanych obiektów, to jest pod względem możliwości sprawnego i efektywnego wykonania zaprojektowanych budynków, z uwzględnieniem podstawowych wymagań technologiczno-organizacyjnych. Zaproponowano model oceny punktowej, uwzględniający siedem zdefiniowanych kryteriów oceny i przeznaczony w szczególności dla oceny projektów wielorodzinnych budynków mieszkalnych.

Słowa kluczowe: projekty budowlane, technologiczność, ocena punktowa.

1. Wprowadzenie

Każdą decyzję inwestycyjną poprzedzają odpowiednie analizy. W budownictwie – oprócz analiz lokalizacyjnych – istotne są również analizy projektowych rozwiązań koncepcyjnych oraz analizy konkretnych rozwiązań projektowych w zakresie materiałów i technologii robót. Duży wybór dostępnych na rynku różnych rodzajów materiałów i wyrobów dla budownictwa mieszkaniowego sprzyja tworzeniu różnych wariantów projektowych. Ocena wariantów projektowych na ogół ogranicza się do porównania ich wartości kosztorysowych, czasów realizacji oraz ocen ekonomicznych (NPV, IRR). Tak ograniczony zakres analiz pomija co najmniej kilka istotnych czynników stanowiących o danym rozwiązaniu projektowym z wykonawczego punktu widzenia. Przedstawiony w dalszej części niniejszej pracy model oceny punktowej służy do oceny rozwiązań projektowych pod względem jakości technologicznej przedstawionych w danym opracowaniu projektowym rozwiązań materiałowo-technologicznych.

Warto tu zaznaczyć, że pojęcie technologii jest tu stosowane w znaczeniu szeroko wyjaśnionym przez Czaplińskiego (2001) i oznaczającym naukę o technikach wytwarzania (podobnie jak np. geologia oznacza naukę o Ziemi). Zagadnieniem technologiczności w odniesieniu do określonych rodzajów konstrukcji budowlanych zajmowali się w swoich pracach między innymi Augustyn i Śledziwski (1981) oraz Sadowski (1983). Zakres wymagań w zakresie technologiczności rozwiązań budowlanych opisał Jaworski (2009).

Przedstawiony w niniejszej pracy model analizy

rozwiązań projektowych nadaje się w szczególności do porównywania kilku różnych wariantów projektu tego samego budynku mieszkalnego pod względem jakości technologicznej rozwiązań wariantowych. Jego zastosowanie natomiast do oceny technologiczności projektów kilku istotnie różniących się budynków wymaga parametryzacji oraz kalibracji niektórych ocen cząstkowych, co wymagałoby uzupełnienia, którego w niniejszej pracy nie przedstawiono.

2. Model oceny punktowej

2.1. Kryteria oceny

W modelu przyjęto siedem, dalej opisanych kryteriów, dla których określono zasady punktacji od 1 do 4 punktów dla każdego z siedmiu kryteriów. Końcowa ocena rozwiązania projektowego jest sumą punktów przyznanych według każdego z siedmiu kryteriów. Rozwiązanie, które uzyska największą liczbę punktów (tj. $7 \times 4 = 28$) jest najbardziej korzystne pod względem technologiczności realizacji. W dalszej części – z uwagi na ograniczone ramy niniejszej publikacji – poszczególne kryteria oceny przedstawiono ograniczając się do skróconego wyjaśnienia warunków przydzielania punktacji według każdego z kryteriów.

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: andrzej.czemplik@pwr.wroc.pl

2.2. Kryterium nakładów robocizny odniesionych do powierzchni użytkowej (KRYTERIUM A)

W praktyce budowlanej spotyka się często przypadki podobnych rozwiązań przestrzenno-funkcjonalnych, których wykonanie charakteryzuje się różną pracochłonnością. Projektanci, w szczególności stosując mało znane rozwiązania materiałowe czy nowe systemy konstrukcyjne, na ogół nie rozważają problemu pracochłonności. Analizę pracochłonności wykonuje wykonawca robót, kiedy już dokumentacja jest opracowana i nie rzadko okazuje się wówczas, że aczkolwiek zaprojektowano korzystne cenowo nowe materiały i systemy konstrukcyjne, to jednak ich wbudowanie – z uwagi na dużą pracochłonność – jest zbyt drogie i sprawia, że konieczna jest na etapie realizacji zmiana projektowa na rzecz rozwiązań o mniejszej pracochłonności.

Nakłady robocizny Nr odniesione do 1 m² PUM (Powierzchni Użytkowej Mieszkania) wyznacza się według wzoru:

$$Nr = \frac{\sum R_c}{\sum P_{uzytk}} \left[\frac{r-g}{m^2} \right] \quad (1)$$

gdzie: $\sum R_c$ jest robocizną wyznaczoną na podstawie KNR w r-g, $\sum P_{uzytk}$ jest całkowitą powierzchnią użytkową obiektu w m².

Tab. 1. Punktacja według KRYTERIUM A

Warunek	Ocena punktowa
$0 \leq Nr \leq 20$	4
$20 < Nr \leq 25$	3
$25 < Nr \leq 30$	2
$30 < Nr$	1

2.3. Kryterium mechanizacji (KRYTERIUM B)

Terminologia zastosowana w sformułowaniach warunków przyznawania poszczególnych wartości punktów została zastosowana zgodnie z terminologią używaną przez Wasilewskiego (1994).

Tab. 2. Punktacja według KRYTERIUM B

Warunek	Ocena punktowa
Automatyzacja procesów	4
Mechanizacja całkowita	3
Mechanizacja częściowa	2
Brak mechanizacji	1

2.4. Kryterium wykorzystania środków i urządzeń transportowych (KRYTERIUM C)

Istotą KRYTERIUM C jest unikanie procesów transportowych o dużym koszcie, czyli preferowanie procesów, dla których – racjonalizując koszty budowy –

można zastosować alternatywne środki transportu zarówno poziomego jak i pionowego.

Tab. 3. Punktacja według KRYTERIUM C

Warunek	Ocena punktowa
Transport mechaniczny lub ręczny	4
Transport mechaniczny, dogodne warunki transportu drogowego	3
Transport mechaniczny, utrudniony transport drogowy	2
Trudności transportowe	1

2.5. Kryterium zapotrzebowania różnych kwalifikacji robotniczych (KRYTERIUM D)

Ograniczenie liczby specjalności robotniczych niezbędnych dla realizacji danego rozwiązania projektowego sprzyja technologicznej łatwości wykonania robót budowlanych. W przedmiotowym kryterium rozważa się potrzebę użycia różnych specjalności spośród populacji wybranych 13 specjalności robotniczych występujących w budownictwie mieszkaniowym.

Rozważa się zatem potrzebę zatrudnienia robotników spośród następujących 13 różnych specjalności zawodowych: (i = 1) murarz, (i = 2) betoniarz, (i = 3) zbrojarz, (i = 4) cieśla, (i = 5) stolarz budowlany, (i = 6) brukarz, (i = 7) monter konstrukcji budowlanych, (i = 8) dekarz, (i = 9) posadzkarz, (i = 10) tynkarz, (i = 11) monter instalacji budowlanych, (i = 12) malarz budowlany, (i = 13) spawacz.

Wskaźnik kwalifikacji zawodowych K wyznacza się wg wzoru:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{13} z_i}{13} \quad (2)$$

gdzie: z_i jest to wskaźnik zapotrzebowania na daną specjalność ($z_i = 0$ lub $z_i = 1$; $i = 1, \dots, 13$).

Tab. 4. Punktacja według KRYTERIUM D

Warunek	Ocena punktowa
$0,10 \leq K \leq 0,50$	4
$0,50 < K \leq 0,75$	3
$0,75 < K \leq 1,00$	2
$1,00 < K$	1

2.6. Kryterium warunków bezpieczeństwa (KRYTERIUM E)

Na potrzeby omawianego kryterium opracowano katalog wybranych czynników niebezpiecznych, występujących w budownictwie mieszkaniowym. Katalog ten podzielono

na trzy grupy, przypisując poszczególnym grupom odpowiednio I, II i III stopień zagrożenia.

Punktowanie jest uzależnione od kombinacji występowania różnych stopni zagrożenia (tab. 5), jakie odpowiadają ocenianemu rozwiązaniu technologicznemu.

Przykładowe elementy grupy czynników niebezpiecznych o przypisanym III stopniu zagrożenia:

- śliskie, nierówne powierzchnie,
- ostre wystające elementy.

Przykładowe elementy grupy czynników niebezpiecznych o przypisanym II stopniu zagrożenia:

- obniżona temperatura,
- szkodliwe dla zdrowia czynniki chemiczne.

Przykładowe elementy grupy czynników niebezpiecznych o przypisanym I stopniu zagrożenia:

- przenoszenie ciężarów,
- wymuszona pozycja ciała.

Tab. 5. Punktacja według KRYTERIUM E

Warunek	Ocena punktowa
I lub II	4
(I lub II) albo (I lub III)	3
II i III	2
I i II i III	1

2.7. Kryterium przystosowania do zmiennych warunków atmosferycznych (KRYTERIUM F)

Rozważa się warunki atmosferyczne, a właściwie temperatury powietrza, panujące w naszym kraju. Kryterium stawia pytanie, czy dane rozwiązanie technologiczne można realizować przy średniej dobowej temperaturze zawartej w granicach określonych przez poszczególne warunki (tab. 6).

Tab. 6. Punktacja według KRYTERIUM F

Warunek	Ocena punktowa
Dopuszczalna najniższa temperatura powietrza: minus 10°C lub niżej	4
Dopuszczalna najniższa temperatura powietrza: minus 5°C	3
Dopuszczalna najniższa temperatura powietrza: plus 5°C	2
Dopuszczalna najniższa temperatura powietrza: plus 10°C	1

2.8. Kryterium ciągłości wykonywania robót (KRYTERIUM G)

Badaniu podlega wpływ czasu trwania wszystkich koniecznych przerw technologicznych na całkowity okres realizacji zaprojektowanego budynku. Rozważa się jedynie te przerwy, które na planie sieciowym CPM leżą na ścieżce krytycznej. Jako rozwiązanie korzystne pod

względem technologiczności uznaje się takie rozwiązania projektowe, których realizację modeluje plan CPM z możliwie krótkim sumarycznym czasem przerw technologicznych leżących na ścieżce krytycznej.

Wprowadza się procentowy wskaźnik ciągłości robót c , wyrażony wzorem:

$$c = \frac{t}{T} \cdot 100\% \quad [\%] \quad (3)$$

gdzie: t jest to sumaryczny czas wszystkich przerw technologicznych, leżących na ścieżce krytycznej w znaczeniu modelu sieciowego CPM, T jest to całkowity czas realizacji obiektu.

Tab. 7. Punktacja według KRYTERIUM G

Warunek	Ocena punktowa
$0\% \leq c \leq 10\%$	4
$10\% < c \leq 15\%$	3
$15\% < c \leq 20\%$	2
$20\% < c$	1

2.9. Ocena końcowa

Ocenę końcową uzyskuje się sumując punkty przyznane według wszystkich siedmiu, wcześniej przedstawionych kryteriów. Dla ocen sumarycznych proponuje się nazewnictwo przedstawione w tabeli 8.

Tab. 8. Nazewnictwo ocen końcowych w zależności od sumarycznej punktacji.

Suma uzyskanych punktów	Nazwa oceny
od 7 do 14	dostateczna
od 15 do 21	dobra
od 22 do 28	bardzo dobra

3. Przykład zastosowania przedstawionej metody

Metodę punktowej oceny technologiczności rozwiązań projektowych zastosowano dla oceny porównawczej dwóch wariantów materiałowo-technologicznych, opracowanych dla wielorodzinnego budynku mieszkalnego, trzykondygnacyjnego, o następujących powierzchniach:

- powierzchnia zabudowy: 437 m²,
- powierzchnia użytkowa: 1221 m²,
- powierzchnia całkowita: 1304 m²,
- kubatura: 2893 m³.

Szczegółowe dane na temat analizowanego obiektu jak również pełny zestaw wyników przedstawił w swojej pracy Irzyk (2010). Główne różnice pomiędzy dwoma analizowanymi wariantami przedstawiono w tabeli 9.

Tab. 9. Główne różnice pomiędzy wariantami poddany ocenie technologiczności za pomocą proponowanego modelu oceny punktowej.

	wariant 1	wariant 2
Fundamenty	monolityczne, żelbetowe	monolityczne, żelbetowe
Ściany konstrukcyjne	monolityczne, żelbetowe	POROTHERM
Stropy	monolityczne, żelbetowe	FILIGRAN
Ściany działowe	cegła dziurawka	POROTHERM
Pokrycie dachu	dachówka bitumiczna	dachówka ceramiczna

Całkowity koszt budowy, wyznaczony na podstawie katalogów KNR, był dla rozważanych wariantów zbliżony i wynosił około 2 180 000 złotych (netto). Podobnie zbliżone wartości otrzymano dla obydwu wariantów wyznaczając dla każdego z nich bieżącą wartość netto (NPV) oraz wewnętrzną stopę zwrotu (IRR), przy jednakowych dla każdego z wariantów stopach dyskontowych oraz przy pięcioletnim okresie analizy finansowej.

Dla obydwu wariantów sporządzono plany sieciowe CPM, wyznaczając ścieżki krytyczne i określając czas realizacji robót. Uzyskano następujące czasy realizacji robót: 278 dni dla wariantu 1 oraz 245 dni dla wariantu 2.

Podobnie jak czasy realizacji robót, także wyniki oceny technologiczności obydwu wariantów, przeprowadzonej za pomocą proponowanej wcześniej metody, świadczą na korzyść wariantu 2 (tab. 10).

Tab. 10. Zestawienie wyników analizy technologiczności przeprowadzonej dla dwóch rozważanych wariantów budynku mieszkalnego.

	OCENA PUNKTOWA	
	WARIANT 1	WARIANT 2
KRYTERIUM A	2	3
KRYTERIUM B	3	1
KRYTERIUM C	3	4
KRYTERIUM D	3	4
KRYTERIUM E	2	3
KRYTERIUM F	2	1
KRYTERIUM G	2	4
ŁĄCZNIE:	19	22
Ocena	dobra	bardzo dobra

4. Podsumowanie

Powszechną praktyką oceny projektowych rozwiązań wariantowych jest analiza wskaźników kosztowych i czasowych. Ocenę łatwości realizacji i innych czynników technologicznych prowadzi się na ogół w sposób jakościowy, posługując się sformułowaniami opisowymi bez stosowania miary. Przedstawiona metoda jest próbą ilościowego wyrażenia jakości technologicznej badanego rozwiązania projektowego. Jej stosowanie jest w szczególności przydatne w analizie porównawczej wariantów, których charakterystyki kosztowe i czasowe wypadają podobnie.

Literatura

- Augustyn J., Śledziwski E. (1981). Technologiczność konstrukcji stalowych. *Arkady*, Warszawa.
- Czapliński K. (2001). Problemy terminologii – technologia. *PION Technologia i Organizacja Budownictwa*, Vol. 2-3, No. 5-6, 2001.
- Irzyk M. (2010) Analiza technologiczno-ekonomiczna budowy mieszkalnych budynków wielorodzinnych w funkcji zastosowań różnych rozwiązań materiałowo-technologicznych. Praca magisterska. Opiekun pracy: A. Czemplik. *Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wroclawska*.
- Jaworski K. M. (2009). Metodologia projektowania realizacji budowy. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa.
- Sadowski Z. (1983) Technologiczność prefabrykowanych konstrukcji żelbetowych. *Arkady*, Warszawa.
- Wasilewski J. Z. (1994) Mechanizacja budownictwa. *Ofic. Wyd. Polit. Warszawskiej*. Warszawa.

FEASIBILITY EVALUATION OF CONSTRUCTION METHODS SPECIFIED IN DESIGN DOCUMENTATION

Abstract: The evaluation of building design documentation is usually limited to consideration of cost and duration of works needed to execute a designed object. However, factors as safety of works, extent of mechanization of works, and other good or bad sides of construction methods needed to be implemented as per the analyzed design, are also considered, but normally without any measures. The method presented in this paper allows to evaluate the construction methods, as specified in the analyzed design documentation, using the points assigned to seven defined evaluation criteria. The final, total number of points represents the technological quality and feasibility of the construction processes and materials specified in the evaluated design documentation.