

dr hab. inż. Jarosław Górecki¹⁾*)

ORCID: 0000-0001-6829-3127

inż. Mikołaj Winięcki¹⁾

Analysis of labor intensity standards for the installation of system facade claddings made of flexible facing tiles

Analiza normy pracochłonności montażu systemowych okładzin fasadowych z elastycznych płytek elewacyjnych

DOI: 10.15199/33.2025.10.15

Abstract. The aim of the article is to determine the labor intensity standard and analyze the work time structure during the installation of system facade claddings made of so-called mineral clinker tiles. A literature review was conducted, a calculation algorithm was developed, and the installation technology was analyzed, taking into account different systems. Based on continuous time study and statistical analysis, labor norms and material input tables were determined. Key factors affecting productivity and potential time reserves for future use were also identified.

Keywords: labor intensity standard; work time structure; system facade claddings; flexible facing tiles; work time study; construction process optimization.

One of the key factors improving efficiency in the construction industry is the implementation of modern technologies. Innovations typically enable an increase in work productivity while maintaining, or even reducing, the required labor input. As new technological solutions are introduced, it becomes necessary to conduct work studies and update labor and material consumption standards so that they reflect the actual conditions of task execution. Over time, existing standards become outdated, which requires incorporating technological progress into their development to ensure that they remain reliable tools for cost estimation and scheduling on construction sites [1]. Consequently, it is essential to expand standardization catalogues with guidelines concerning new technologies, including prefabricated façade cladding systems made of flexible bituminous or acrylic wall tiles coated with decorative aggregate imitating real ceramic finish [2], which are becoming an increasingly popular method for finishing external walls of buildings [3]. The motivation for developing labor consumption standards for this type of cladding arises primarily from the complete lack of such data in the standard catalogues commonly used for construction scheduling and cost estimation. This technology differs

Streszczenie. Celem artykułu jest wyznaczenie normy pracochłonności i analiza struktury czasu pracy podczas montażu fasadowych okładzin systemowych z płytek wykonanych z mieszaniny żywicy syntetycznych i kruszywa mineralnego imitującego klinkier. Przeprowadzono przegląd literatury, opracowano algorytm obliczeń oraz przeanalizowano technologię montażu z uwzględnieniem różnych systemów. Na podstawie chronometrażu ciągłego i analizy statystycznej określono normatywy oraz tablice nakładów rzeczowych. Zidentyfikowano też elementy wpływające na wydajność i rezerwy czasowe możliwe do wykorzystania w przyszłości.

Słowa kluczowe: norma pracochłonności; struktura czasu pracy; systemowe okładziny fasadowe; elastyczne płytki elewacyjne; chronometraż pracy; optymalizacja procesów budowlanych.

Jednym z kluczowych czynników usprawniających produkcję budowlaną jest wdrażanie nowoczesnych technologii. Innowacje zwykle umożliwiają poprawę efektywności prac z zachowaniem dotychczasowego lub wręcz zmniejszonego nakładu pracy. W miarę implementacji kolejnych rozwiązań technologicznych niezbędne staje się prowadzenie badań pracy oraz aktualizacja norm pracochłonności i materiałochłonności, aby odzwierciedlały one rzeczywiste warunki realizacji zadań. Z czasem obowiązujące normy ulegają przedawnieniu, co wymaga uwzględniania postępu technicznego w procesie ich opracowywania, tak by pozostały rzetelnym narzędziem wspierającym kosztorysowanie i harmonogramowanie procesów produkcyjnych na budowie [1]. W związku z tym konieczne jest uzupełnianie katalogów normatywnych o wytyczne dotyczące nowych technologii, w tym w przypadku systemowych okładzin fasadowych z elastycznych płytek elewacyjnych, bitumicznych lub akrylowych, pokrytych dekoracyjnym kruszywem imitującym prawdziwą ceramikę [2], które stają się coraz popularniejszym sposobem wykończenia ścian budynków [3]. Motywacją opracowania normy pracochłonności takich okładzin wynika przede wszystkim z braku jakichkolwiek danych dotyczących tego rozwiązania w katalogach norm powszechnie stosowanych w harmonogramowaniu i kosztorysowaniu. Technologia ta różni się bowiem istotnie od tradycyjnego licowania ścian płytkami klinkierowymi, co zwykle stosowa-

¹⁾ Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

*) Correspondence address: gorecki@pbs.edu.pl

significantly from traditional wall tiling with clinker tiles, which is typically used by analogy in cost estimates for construction works. The main differences include:

- elimination of the need for later grouting – joints are finished during tile application by smoothing the excess adhesive, e.g., with a brush;
- ease of tile cutting – due to their minimal thickness, the tiles can be cut easily, significantly simplifying element preparation;
- top-down installation – the tiles are installed starting from the top edge of the façade, which reduces working time by eliminating the need to clean already finished surfaces from adhesive residues.

It may therefore be hypothesized that the execution time for façades using this technology cannot be estimated based on existing clinker tile standards. Confirming this hypothesis requires studying the actual course of the process and determining the real labor inputs necessary for installing façades with flexible wall tiles. To this end, a time study was conducted using continuous time measurement (chronometry), followed by a detailed statistical analysis of the results. In addition, the study included a thorough examination of the work time structure, enabling the identification of key operations influencing productivity and potential time reserves that could be utilized in future implementations. The results presented in this article provide a foundation for optimizing work processes and increasing the efficiency of wall finishing using the discussed technology.

Determining Labor Input Standards

According to the approach described in the literature [4], work study is a systematic measurement of work activities aimed at the optimal use of both human resources and production means. These analyses focus primarily on human working time, with the overarching goal being an increase in productivity. Productivity is understood as the number of output units produced in a given time period, while labor consumption is its inverse and refers to the amount of time required to produce a single unit of output. Instead of increasing the intensity of work, efforts should focus on utilizing existing reserves and eliminating waste. The contemporary Taylor – Gilbreth work study method [5, 6], grounded in scientific management and enhanced by the principles of motion economy, has found widespread application in improving and standardizing work processes. According to this method, the work study cycle comprises six stages [7], forming a model algorithm in which work method studies are accompanied by time measurements.

In the relevant literature, the fundamental division of a work shift is between standard time and non-standard time [8]. **Standard time** refers to the necessary time for performing basic, auxiliary, preparatory-final work activities, as well as rest breaks. On the other hand, **non-standard time** comprises work time losses, including unnecessary activities, downtime, and violations of work discipline.

The main methods of work standardization include analytical, parametric, and summary methods [7]. Analytical

ne jest w kosztorysach robót budowlanych. Podstawowe różnice, to:

- eliminacja konieczności późniejszego spoinowania (fugowanie odbywa się jednocześnie z przyklejaniem, to jest, po wygładzeniu nadmiaru kleju np. pędzlem);
- płytkę, ze względu na niewielką grubość, można swobodnie docinać, co znacznie upraszcza przygotowanie elementów;
- montaż rozpoczyna się od górnej krawędzi elewacji, co skraca czas pracy przez brak potrzeby oczyszczania już ułożonej powierzchni z resztek zaprawy.

Można więc postawić hipotezę, że czas wykonania fasady w tej technologii nie może być szacowany na podstawie norm dotyczących klinkieru. Potwierdzenie tego wymaga przeprowadzenia badań przebiegu procesu oraz wyznaczenia rzeczywistych nakładów czasu na montaż fasad z elastycznych płytek elewacyjnych. W tym celu przeprowadzono pomiar czasu pracy metodą chronometrażu, a także wykonano szczegółową analizę statystyczną otrzymanych wyników. Ponadto, w ramach przeprowadzonych badań, wykonano szczegółową analizę struktury czasu pracy, dzięki której zidentyfikowano kluczowe operacje decydujące o wydajności oraz wyodrębniono potencjalne rezerwy czasowe możliwe do wykorzystania w przyszłych procesach. Zaprezentowane w artykule wyniki stanowią podstawę do optymalizacji procesów pracy i zwiększenia efektywności wykonania ścian wg omawianej technologii.

Wyznaczanie norm nakładów pracy

Zgodnie z podejściem opisanym w literaturze [4], badanie pracy to systematyczny pomiar czynności roboczych, którego celem jest optymalne wykorzystanie zarówno zasobów ludzkich, jak i środków produkcji. Przedmiotem tych analiz jest przede wszystkim czas pracy ludzi, a nadrzędnym zadaniem – zwiększenie wydajności. Wydajność rozumiana jest jako ilość wyprodukowanych jednostek w określonym przedziale czasowym, natomiast czasochłonność stanowi jej odwrotność i oznacza nakład czasu potrzebny do wytworzenia jednostki produkcji. Zamiast zwiększać intensywność pracy, należy dążyć do wykorzystania istniejących rezerw i eliminacji marnotrawstwa. Współczesna taylorowsko-gilbrethowska [5, 6] metoda badania pracy, wykorzystująca zasady naukowego zarządzania, uszczegółowiona o zasady ekonomiki ruchów elementarnych, znalazła powszechne zastosowanie przy usprawnianiu i normowaniu pracy. Zgodnie z tą metodą wyróżnia się sześć etapów cyklu badań pracy [7], co może stanowić wzorcowy algorytm badania pracy, w którym badaniom metod pracy towarzyszą pomiary czasu.

W literaturze przedmiotu zasadniczym podziałem czasu zmiany roboczej jest podział na czas normowany i nienormowany [8]. **Czas normowany** to czas niezbędny na wykonanie pracy podstawowej, pomocniczej, przygotowawczo-zakończeniowej oraz czas odpoczynku. Z kolei **czas nienormowany** stanowi straty czasu roboczego i obejmuje czas pracy zbędnej, przestoju i przekroczenie dyscypliny pracy.

methods begin with a detailed breakdown of the studied process into component operations and determine the labor standard as the sum of the durations of these individual operations. The analytical-calculation variant involves combining already standardized elements, whereas in the absence of existing norms, the analytical-measurement method is applied, based on direct measurements of working time and allowable breaks. This decomposition into operations makes analytical methods relatively accurate. Parametric methods describe labor standards using a function, in which variables represent factors affecting the performance of a given work station. The labor standard is determined via statistical analysis of measurement data and correlation theory, resulting in the formation of a normative line. Summary methods, in contrast, determine a total labor standard without breaking the process into smaller components. These yield only approximate and relatively subjective results but allow for rapid standardization in situations where more precise methods cannot be applied.

In practical applications of labor standardization, particular attention is paid to precisely defining the components of the labor consumption standard, which includes only the essential time required to complete a single production unit. According to the classical approach, the total labor consumption norm (N_L) is calculated using the following formula [7]:

$$N_L = T_{ba} + T_{pf} + T_r + T_{tab} \left[\frac{\text{man-hours}}{\text{unit}} \right] \quad (1)$$

where:

T_{ba} – time of basic and auxiliary work;
 T_{pf} – time of preparatory and final activities;
 T_r – time required for physiological rest;
 T_{tab} – time for technological or asynchronous breaks.

The values of T_{pf} , T_r , and T_{tab} are most often expressed as percentages, allowing the formula to be rewritten as:

$$N_L = \frac{100 \cdot T_{ba}}{100 - (a_{pf} + a_r + a_{tab})} \left[\frac{\text{man-hours}}{\text{unit}} \right] \quad (2)$$

where:

a_{pf} , a_r , a_{tab} – percentage allowances for preparatory-final work, rest, and technological breaks, respectively.

The labor consumption standard defined in this way reflects the actual time required to produce a single unit under standard conditions, taking into account the necessary organizational and technical factors accompanying the process.

Materials and Installation Technology

For the purpose of this article, a review was conducted of selected technologies available on the market, representing the most commonly used solutions in the field of flexible façade materials.

Façade tiles are typically made from a mixture of mineral aggregate (e.g., quartz sand) and synthetic resins, which gives them suitable flexibility, resistance to weather conditions, and an appearance similar to traditional brickwork. The tiles are usually a few millimeters thick and their dimensions replicate

Do podstawowych metod normowania pracy należą metody analityczne, parametryczne oraz sumaryczne [7]. Metody analityczne rozpoczynają się od szczegółowego podziału badanego procesu na elementy składowe i wyznaczenia normy pracy jako sumy czasów poszczególnych operacji. Wariant analityczno-obliczeniowy polega na scalaniu już znormalizowanych elementów, a w przypadku braku gotowych norm elementów składowych stosuje się metodę analityczno-pomiarową, bazującą na bezpośrednich pomiarach czasu pracy i przerw normowanych. Dzięki takiemu rozbięciu na operacje metody analityczne uznawane są za dosyć dokładne. Metody parametryczne opisują normę pracy za pomocą funkcji, której zmiennymi są parametry wpływające na wydajność danego stanowiska. Normę wyznacza się przez statystyczną analizę wyników pomiarów i teorię korelacji, tworząc linię normatywną. Metody sumaryczne wyznaczają natomiast łączną normę pracy bez dzielenia procesu na elementy składowe. Daje to jedynie przybliżone i mało obiektywne wyniki, lecz pozwala na szybkie normowanie w sytuacjach, gdy nie ma możliwości zastosowania dokładniejszych metod.

W praktyce normowania pracy szczególną uwagę zwraca się na precyzyjne określenie elementów składowych normy pracochłonności, która obejmuje wyłącznie niezbędne zużycie czasu, wynikające z rzeczywistych potrzeb wykonania danej jednostki produkcji. Zgodnie z klasycznym podejściem, całkowitą normę pracochłonności (N_p) oblicza się wg wzoru [7]:

$$N_p = T_{pp} + T_{pz} + T_o + T_{ta} \left[\frac{\text{rbh}}{\text{jedn. prod.}} \right] \quad (1)$$

gdzie:

T_{pp} – czas pracy podstawowej i pomocniczej;
 T_{pz} – czas pracy przygotowawczo-zakończeniowej;
 T_o – czas niezbędnego odpoczynku;
 T_{ta} – czas przerw technologiczno-asynchronicznych.

Wielkości T_{pz} , T_o oraz T_{ta} są najczęściej wyrażane w sposób procentowy, co pozwala na przekształcenie wzoru do następującej postaci:

$$N_p = \frac{100 \cdot T_{pp}}{100 - (d_{pz} + d_o + d_{ta})} \left[\frac{\text{rbh}}{\text{jedn. prod.}} \right] \quad (2)$$

gdzie:

d_{pz} , d_o , d_{ta} – odpowiednio procentowe dodatki na prace przygotowawczo-zakończeniowe, odpoczynek oraz przerwy technologiczne.

Tak określona norma pracochłonności odzwierciedla rzeczywisty czas potrzebny do wykonania jednostki produkcji w warunkach standardowych, uwzględniając niezbędne czynniki organizacyjno-techniczne towarzyszące realizacji procesu.

Materiały i technologia montażu

Na potrzeby artykułu dokonano przeglądu wybranych technologii dostępnych na rynku, reprezentujących najczęściej stosowane rozwiązania dotyczące elastycznych materiałów elewacyjnych.

Płytki elewacyjne produkowane są najczęściej z mieszaniny kruszywa mineralnego (np. piasku kwarcowego) oraz żywic syntetycznych, co zapewnia im odpowiednią elastyczność, odporność na warunki atmosferyczne oraz wygląd zbliżony do tradycyjnego muru ceglanego. Grubość płytek wynosi zazwyczaj kilka milimetrów, a ich wymiary odwzorowują format cegły li-

the format of facing bricks. The material can be cut using scissors or knives, and its flexibility allows for easy bending, which is particularly useful for cladding corners or architectural details. The low weight (a few kilograms per square meter) allows for application on many types of substrates – from ETICS insulation systems to cement, cement-lime, and gypsum plasters, as well as concrete structures. Table 1 presents a comparison of key technical parameters of four selected flexible façade materials.

Table 1. The analyzed of flexible facade materials

Tabela 1. Analizowane elastyczne materiały elewacyjne

Material composition/Material	Thickness [mm]/ Grubość [mm]	Standard dimensions [mm]/ Standardowe wymiary [mm]	Jointing method/ Sposób fugowania	Weather resistance/ Odporność na warunki atmosferyczne
Quartz sand + polymer resin [9]/ Piasek kwarcowy + żywica polimerowa [9]	approx. 3 – 6/ od ok. 3 do ok. 6	71 x 240, 52 x 240, 50 x 210, 65 x 215	integrated with adhesive, smoothed with a brush/ zintegrowany z klejeniem, wygładzanie pędzlem	no negative impact from temperatures -35°C to +100°C/ brak ujemnego oddziaływania temperatury od -35 do +100°C
Quartz sand + polymer resin + mineral fillers [10]/ Piasek kwarcowy + żywica polimerowa, wypełniacze mineralne [10]	3 – 6/od 3 do 6	71 x 240		frost-resistant, waterproof/ materiał mrozoodporny, wodoszczelny
Quartz sand + resin binder [11]/ Piasek kwarcowy + spoiwo żywiczne [11]	not declared/b.d.	65 x 210, 65 x 240 + panels and rolls in various sizes/ 65 x 210, 65 x 240 + panele i rolki różnych formatów		very high resistance (up to 120°C)/bardzo duża (temperatura do 120°C)
Natural stone + fiberglass backing [12]/ Naturalny kamień + włókno szklane [12]	1,5	610 x 1220, 1200 x 2400	no grouting, optional joint filling/brak fugowania, ewentualne uzupełnienie szczelin	

The installation of the cladding involves applying a flexible adhesive compound to the substrate, which also serves as a jointing material. The adhesive is spread using a notched trowel over a small area, after which the tiles are pressed onto the surface from top to bottom, maintaining a regular pattern and consistent joint width. Excess adhesive that seeps between the tiles is shaped into an external joint, usually with a damp brush or special spatula. This method eliminates the need for additional grouting after the adhesive has dried. The resulting flexible joints are resistant to shrinkage, UV radiation, frost, and microorganisms. The compound is often enriched with hydrophobic and biocidal agents to increase the durability of the finish.

Among the analyzed systems, minor differences can be observed in terms of tile format, color, surface texture, joint thickness, or type of adhesive used. Some systems offer additional products to enhance the aesthetic of the joints or to facilitate spot repair. All the systems reviewed enable the creation of durable, visually appealing, and lightweight façade claddings that are weather-resistant and do not require specialized maintenance.

As an alternative solution, a system based on flexible stone veneer should be mentioned. This material consists of a thin layer of natural stone reinforced with a fiberglass backing, combining the properties of natural stone – such as unique texture, weather and fire resistance – with flexibility that allows installation on curved and difficult surfaces. The veneer is applied using contact adhesive, and the finished surface is additionally protected with a sealant to increase resistance to dirt and moisture. This type of

cowej. Materiał można docinać za pomocą nożyczek lub noży, a jego elastyczność umożliwia swobodne wyginanie, co jest szczególnie przydatne przy okładaniu naroży czy detali architektonicznych. Mała masa własna (kilka kilogramów na metr kwadratowy) pozwala na aplikację płytek na wielu typach podłoży – od systemów ociepleń typu ETICS, przez tynki cementowe, cementowo-wapienne i gipsowe, aż po konstrukcje betonowe. W tabeli 1 porównano kluczowe parametry techniczne czterech wybranych elastycznych materiałów elewacyjnych.

Own study based on [9 ÷ 12]

Opracowano na podstawie [9 ÷ 12]

Montaż okładziny polega na nakładaniu na podłoże elastycznej masy klejącej, która pełni również funkcję spoinującą. Klej rozprowadza się pacą zębatą na niewielkim fragmencie powierzchni, a następnie przykleja się płytki od góry ku dołowi, zachowując regularny układ i szerokość spoin. Nadmiar masy klejącej, który wypływa spomiędzy płytek, formuje się jako spoinę zewnętrzną, zazwyczaj za pomocą wilgotnego pędzla lub specjalnej szpachelki. Taki sposób aplikacji eliminuje konieczność dodatkowego fugowania po wyschnięciu kleju. Elastyczne spoiny są odporne na skurcz, promieniowanie UV, działanie mrozu oraz mikroorganizmy. Ich skład często wzbogacany jest o środki hydrofobowe i biobójcze, które zwiększają trwałość wykończenia.

W analizowanych rozwiązaniach występują drobne różnice m.in. dotyczące formatu, kolorów i faktury płytek, grubości warstwy spoiny czy rodzaju zastosowanego kleju. W niektórych systemach oferowane są dodatkowe produkty do poprawy estetyki fug lub ich punktowego uzupełniania. Wszystkie analizowane systemy umożliwiają wykonanie trwałej, estetycznej i lekkiej okładziny elewacyjnej, odpornej na warunki zewnętrzne i niewymagającej specjalistycznej konserwacji.

Jako przykład alternatywny należy wskazać system wykorzystujący elastyczny fornir kamienny. Materiał ten stanowi cienką warstwę naturalnego kamienia wzmocnioną podkładem z włókna szklanego, co pozwala uzyskać połączenie cech typowych dla kamienia naturalnego – takich jak unikatowa faktura, odporność na czynniki atmosferyczne i ogień – z elastycznością umożliwiającą montaż na krzywiznach i trudnych powierzchniach. Montaż forniru odbywa się przy użyciu kleju kontaktowego, a wykończona powierzchnia zabezpieczana jest dodatkowo impregnatem, co zwiększa odporność na zabrudzenia i wilgoć. Tego typu

technology is used primarily in modern architectural designs where a natural stone effect is desired without adding structural load.

Flexible façade materials – particularly tiles – currently represent one of the most functional and aesthetically pleasing ceramic cladding options, especially in the context of economically improving the appearance of buildings using popular insulation systems, such as those installed using the wet method. Their rapid installation, high durability, and adaptability to diverse geometric conditions make them increasingly popular among designers and contractors.

Research methodology

The study employed an analytical and time-measurement method based on continuous time tracking (chronometry). The subject of observation was a single blue-collar worker of average competence. Time measurements were conducted continuously throughout the entire work shift using a stopwatch accurate to one second. At the start of each defined characteristic point within the operation, a time reading was recorded on the continuous time-tracking form. All characteristic states (e.g., breaks, stoppages) were accompanied by brief comments explaining their causes. The data collected in this way were used for statistical analysis and for determining the labor intensity norms and time structure associated with the installation of flexible façade tiles.

Based on the substrate assessment, it was decided to measure the total time of surface preparation without separating the stages of cleaning and priming. The reinforced layer, compliant with ETICS guidelines, was sufficiently even and smooth, with only minor corrections required, such as localized dust removal or excess adhesive trimming. Under these conditions, surface cleaning and priming are performed simultaneously, justifying their combined inclusion in the measurement. In cases where renovation of the substrate is required, involving full cleaning and leveling, it would be advisable to separate these operations. The adopted approach can be replicated in similar mounting conditions on new substrates prepared using the wet method.

Table 2 presents a description of the four characteristic points defined for measuring the duration of the installation of flexible façade tiles.

Field measurements were carried out at two different locations and dates, depending on the availability of specific stages of the installation process. The time measurement related to tiling walls and corner elements was conducted on a residential development site in Wyszaków (Mazowieckie Voivodeship), where two multi-family buildings were under construction, and the façades were being finished with flexible cladding systems. These measurements were carried out over four working days, from September 3 to 6, 2024, in dry weather conditions with an ambient temperature of approximately 20°C. Due to the advanced stage of the façade works at this site, it was not possible to measure the surface preparation stage.

technologia znajduje zastosowanie przede wszystkim w nowoczesnych realizacjach architektonicznych, gdzie oczekiwany jest naturalny efekt kamienia przy małym obciążeniu konstrukcji.

Elastyczne materiały elewacyjne (przede wszystkim płytki) stanowią obecnie jedno z najbardziej funkcjonalnych i estetycznych rozwiązań okładzin ceramicznych, szczególnie w kontekście ekonomicznej poprawy estetyki obiektów z zastosowaniem w popularnych systemach ociepleń, np. wykonanych metodą lekką moką. Ich szybki montaż, duża trwałość oraz możliwość dopasowania do zróżnicowanych warunków geometrycznych sprawiają, że są coraz częściej wybierane przez projektantów i wykonawców.

Metoda badań

W badaniu zastosowano **metodę analityczno-pomiarową**, z mierzaniem czasu pracy, bazującą na chronometrażu ciągłym. Podmiotem pracy był jeden pracownik bezpośrednio produkcyjny o przeciętnych kompetencjach. Pomiar realizowano nieprzerwanie przez całą zmianę roboczą, przy użyciu sekundomierza o dokładności do jednej sekundy. W momencie rozpoczęcia każdego punktu charakterystycznego operacji odczyt czasu został zanotowany w formularzu chronometrażu ciągłego, a wszystkie stany charakterystyczne (przerwy, przestoje) opatrzone krótkim komentarzem, wyjaśniającym ich przyczynę. Zgromadzone w ten sposób dane posłużyły do przeprowadzenia analizy statystycznej i wyznaczenia normy pracochłonności oraz struktury czasu montażu elastycznych płytek elewacyjnych.

Na podstawie oceny podłoża zdecydowano o łącznym pomiarze czasu przygotowania powierzchni, bez wyodrębniania etapów oczyszczania i gruntowania. Warstwa zbrojona, zgodna z wytycznymi ETICS, była wystarczająco równa i gładka, a ewentualne korekty ograniczały się do lokalnego usunięcia pyłu czy nadmiaru zaprawy. W takich warunkach oczyszczanie i gruntowanie podłoża wykonywane są jednocześnie, co uzasadnia ich wspólne ujęcie w pomiarze. W przypadku podłoży wymagających renowacji, gdzie niezbędne jest pełne oczyszczenie i wyrównanie, wskazane byłoby rozdzielanie tych operacji. Przyjęte podejście może być replikowane w analogicznych warunkach montażu na nowych podłożach przygotowanych zgodnie z metodą lekką moką.

W tabeli 2 zamieszczono opis czterech punktów charakterystycznych, wyodrębnionych na potrzeby pomiaru czasu wykonania montażu elastycznych płytek elewacyjnych.

Badania terenowe prowadzone były w dwóch lokalizacjach, w odmiennych terminach, w zależności od dostępności poszczególnych etapów procesu montażu elastycznych płytek elewacyjnych. Pomiar czasu pracy, związany z licowaniem ścian oraz elementów narożnych, przeprowadzono na inwestycji deweloperskiej zlokalizowanej w Wyszakowie (województwo mazowieckie), obejmującej budowę dwóch budynków wielorodzinnych, w których elewacja wykonywana była w technologii okładzin elastycznych. Pomiar wykonano w okresie czterech dni roboczych, w terminie 3 – 6 września 2024 r., w warunkach bezopadowych i przy temperaturze powietrza na zewnątrz ok. 20°C. Ze względu na zaawansowany stan robót elewacyjnych w tej lokalizacji, nie było możliwe przeprowadzenie pomiarów dotyczących etapu przygotowania podłoża.

Table 2. Individual tasks and their characteristic points of the operation of facing walls and frames with tiles

Tabela 2. Poszczególne czynności i punkty charakterystyczne operacji licowania ścian i ościeży płytkami

Characteristic point name/ Nazwa punktu charakterystycznego	Description of activities and measurement moments/ Opis czynności i momentów pomiarowych	Illustrations (Photo M. Winiecki)/ Ilustracje Fot. M. Winiecki
Tile layout planning on the wall/ Rozplanowanie ułożenia płytek na ścianie	time measurement starts from placing a level or measuring tape against the wall and ends after drawing all necessary guide lines/ pomiar czasu od przyłożenia łaty lub miary do ściany do zakończenia nanoszenia linii pomocniczych ołówkiem	
Application of adhesive to the wall/ Nałożenie warstwy kleju na ścianę	time measured from the end of the previous point until completion of adhesive application on the marked section of the wall/ pomiar od zakończenia poprzedniego punktu do zakończenia nakładania kleju na wyznaczony fragment ściany	
Cutting and placing tiles on the wall/ Docięcie i ułożenie płytek na ścianie	time measured from the end of adhesive application to the moment the last tile is pressed onto the observed wall section/ pomiar od zakończenia nakładania kleju do momentu przyklejenia ostatniej płytki na badanym fragmencie ściany	
Grouting/Wykonanie fug	time measured from placement of the last tile to setting down the brush after smoothing the adhesive in the joints between tiles/ pomiar od przyklejenia ostatniej płytki do odłożenia pędzla po zakończeniu wygładzania masy klejącej w szczelinach między płytkami	

The measurement of working time related to surface preparation was conducted at a different site, located in the Greater Poland Voivodeship, near Poznań. This project also involved multi-family buildings, and the measurements were taken from October 2 to 4, 2024, over three consecutive working days, in dry weather and at a temperature of approximately 10°C. Both locations enabled the collection of representative data under conditions resembling standard façade construction using the studied technology. The study also included time for preparatory and finishing tasks, rest breaks, and technological-asynchronous pauses. The time allowance for preparatory and finishing activities (a_{pf}) was determined based on observations during the work-shift photography. For each measurement day, the share of these activities in total working time was calculated, and the arithmetic mean was taken as the basis for establishing a percentage allowance relative to production output. The rest allowance (a_r) was determined based on standard fatigue classifications [7, 8, 13]. Activities related to attaching flexible tiles to the wall were classified under fatigue category II, which includes manual tiling and plastering works. Meanwhile, substrate priming activities were classified under fatigue category I, corresponding to painting and wallpapering tasks. As for the third allowance, although

Pomiar czasu pracy podczas przygotowania podłoża wykonano na innej inwestycji, zlokalizowanej w województwie wielkopolskim, w okolicach Poznania. W tym przypadku przedmiotem inwestycji były również budynki wielorodzinne, a pomiary prowadzono od 2 do 4 października 2024 r., przez trzy kolejne dni robocze, przy braku opadów i w temperaturze ok. 10°C. Obie lokalizacje umożliwiły zebranie reprezentatywnych danych w warunkach zbliżonych do typowej realizacji prac elewacyjnych w badanej technologii. W badaniu uwzględniono również czas na czynności przygotowawczo-zakończeniowe, odpoczynek oraz przerwy technologiczno-asynchroniczne. Dodatek czasu na czynności przygotowawczo-zakończeniowe (d_{pz}) ustalono na podstawie obserwacji wykonanych podczas fotografii zmiany roboczej. W przypadku każdego dnia pomiarowego obliczono wartość udziału tych czynności w całkowitym czasie pracy, a następnie przyjęto średnią arytmetyczną jako podstawę do wyznaczenia dodatku procentowego odniesionego do jednostki produkcji. Z kolei dodatek na odpoczynek (d_o) został określony na podstawie klasyfikacji prac wg standardowej kategorii zmęczenia [7, 8, 13]. Czynności związane z mocowaniem elastycznych płytek do ściany zakwalifikowano do II kategorii zmęczenia, obejmującej ręczne licowanie i roboty tynkarskie, natomiast czynności związane z gruntowaniem do I kategorii zmęczenia – odpowiadającej pracom malarskim i tapeciarskim.

technological requirements dictate a minimum 24-hour drying period after priming, the technological-asynchronous time allowance (a_{lab}) was set to zero. This is because, under a balanced work system with evenly distributed task segments of comparable workload, it is possible to continue other operations – such as priming additional surfaces or laying tiles on previously prepared walls – without interrupting workflow. This assumption is in line with the literature [7]. Based on these considerations, appropriate time allowances were selected for use in the final development of the labor intensity norms.

Results and Discussion

Operation No. 1 – Surface Preparation. Based on the collected measurement sheets, an analysis of basic and auxiliary working time related to surface preparation was conducted. The unit time required to perform the operation per 1 m² of substrate – treated as a random variable – ranged from approximately 3 minutes 55 seconds to 4 minutes 55 seconds. After converting all readings to seconds and sorting the data, the following series was obtained:

235"; 240"; 240"; 245"; 250"; 250"; 252"; 254"; 255"; 255"; 257"; 260"; 264"; 265"; 265"; 265"; 265"; 266"; 267"; 268"; 270"; 270"; 270"; 273"; 275"; 275"; 280"; 280"; 282"; 283"; 285"; 292"; 295".

The number of measurements totaled 33. The calculated skewness coefficient did not indicate the need to remove extreme values, as it was below the threshold ($skew < 1.15$):

$$skew = \frac{x_{min} + x_{max}}{2 \cdot \bar{x}} = \frac{235 + 295}{2 \cdot 265,09} \approx 1 \quad (3)$$

A histogram of the frequency of occurrence of the measured times for the first operation was constructed (Figure 1).

Based on the shape of the histogram, it was assumed that the random variable follows a normal distribution. Thus, the arithmetic mean (265.09 s) was accepted as the representative value for further calculations, with a standard deviation of 14.82 s. More detailed analysis using the Shapiro–Wilk W test (performed in the Statistica software environment) confirmed the initial assumption of agreement between the empirical and theoretical normal distributions ($p = 0.9101$, $p > 0.05$), further illustrated by the normality plot (Figure 2). Ultimately, the basic and auxiliary working time for the first operation (T_{ba}^1) was established at 265 s.

Allowance values. The allowance for preparatory and concluding activities (a_{pp}) was determined based on the photography of the work shift, as the average value from three measurement days, and amounted to 4.76%. **The rest allowance (a_r)**, in accordance with classification (fatigue category I – painting, wallpapering, glazing), was adopted at 9.00%. **The allowance for**

Biorąc pod uwagę trzeci z dodatków, należy podkreślić, że choć zgodnie z wymaganiami technologicznymi, po zagruntowaniu podłoża, konieczne jest odczekanie co najmniej 24 h do momentu wyschnięcia warstwy, to przyjęto, że dodatek na przerwy technologiczne (d_{ta}) będzie zerowy. Wynika to z faktu, że w modelu pracy równomiernej, z podziałem na działki robocze o zbliżonej pracochłonności, możliwe jest kontynuowanie innych operacji, takich jak gruntowanie kolejnych powierzchni lub układanie płytek na wcześniej przygotowanych ścianach bez wpływu na ciągłość produkcji. Takie ustalenie pozostaje w zgodzie z literaturą [7]. Na tej podstawie dobrano odpowiednie wartości dodatków, które zostaną uwzględnione w końcowym opracowaniu normy pracochłonności.

Wyniki i dyskusja

Operacja nr 1 – przygotowanie podłoża. Na podstawie danych z kart zbiorczych przeprowadzono analizę czasu pracy podstawowej i pomocniczej związanej z przygotowaniem podłoża. Czas jednostkowy wykonania operacji na 1 m² podłoża, traktowany jako zmienna losowa, wahał się od ok. 3 min 55 s do 4 min 55 s. Po przeliczeniu wszystkich odczytów na sekundy i uporządkowaniu danych otrzymano następujący szereg:

235"; 240"; 240"; 245"; 250"; 250"; 252"; 254"; 255"; 255"; 257"; 260"; 264"; 265"; 265"; 265"; 265"; 266"; 267"; 268"; 270"; 270"; 270"; 273"; 275"; 275"; 280"; 280"; 282"; 283"; 285"; 292"; 295".

Liczba pomiarów wyniosła 33, natomiast obliczona wartość współczynnika asymetrii nie wskazywała konieczności usunięcia wyrazów skrajnych ($k_a < 1,15$).

$$k_a = \frac{x_{min} + x_{max}}{2 \cdot \bar{x}} = \frac{235 + 295}{2 \cdot 265,09} \approx 1 \quad (3)$$

W przypadku badanego szeregu sporządzono histogram częstości występowania wartości zmiennej czasu realizacji pierwszej operacji (rysunek 1).

Na podstawie kształtu histogramu założono, że zmienna losowa przyjmuje postać rozkładu normalnego. Za wartość przeciętną do dalszych obliczeń przyjmowana może być więc średnia arytmetyczna (265,09 s), przy odchyleniu standardowym na poziomie 14,82 s. Dokładniejsze analizy, wykonane w środowisku Statistica z wykorzystaniem testu W. Shapiro-Wilka, potwierdzają wstępne przypuszczenie o zgodności rozkładu empirycznego z teoretycznym rozkładem normalnym ($p = 0,9101$, $p > 0,05$), a uszczegółowieniem tego jest wykres normalności (rysunek 2). Ostatecznie przyjęto, że czas pracy podstawowej i pomocniczej w przypadku pierwszej operacji (T_{pp}^1) wynosi 265 s.

Wartości dodatków. Dodatek na prace przygotowawczo-zakończeniowe (d_{pz}) został wyznaczony na podstawie fotografii zmiany roboczej jako średnia wartość z trzech dni pomiarowych i wynosi 4,76%. **Dodatek na odpoczynek (d_o)**, zgodnie z klasyfikacją – I kategoria zmęczenia (roboty malarskie, tapeciarskie i szklarskie), przyjęto na poziomie 9,00%. **Dodatek na przerwy technologiczno-asyn-**

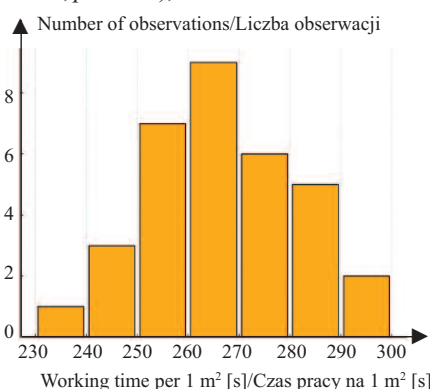


Fig. 1. Frequency histogram, random variable: substrate preparation time

Rys. 1. Histogram częstości, zmienna losowa: czas realizacji przygotowania podłoża

technological-asynchronous breaks (a_{tab}) was **0.00%**, since these breaks, although present, allow the worker to be assigned to other tasks during downtime [7].

Operation No. 2 – Tiling of Walls. Using the division of operations into activities established in Table 2, 32 observations were conducted for the duration of wall tiling. These results were summarized in the form of descriptive statistics (Table 3), based on data normalized per 1 m² of wall.

The calculated skewness coefficients did not suggest the need to remove outliers, as all values fell within the range 0.9 – 1.15, namely: 1.0026 (activity 1); 1.0104 (activity 2); 0.9997 (activity 3); 0.9940 (activity 4). Normality tests for each variable – i.e., time required to perform each activity per 1 m² – were conducted using the Shapiro–Wilk W test. The results showed that the empirical distributions align with the theoretical normal distribution (p -values > 0.05, provided in Table 4), which justified accepting the hypothesis of normality. This was further confirmed by the normality plots (Figures 3 – 6). Ultimately, the total basic and auxiliary working time for operation 2 ($T_{ba}^{(2)}$) was the sum of the arithmetic means of all individual activities and equaled approximately **2684 s**.

Allowance values. The preparatory and concluding activities allowance (a_{pp}) was calculated based on work shift photography as the average value from four measurement days, equaling **7.16%**. The rest allowance (a_r), corresponding to fatigue category II (plastering and wall tiling), was adopted at **13.50%** (mid-range value). The allowance for technological-asynchronous breaks (a_{tab}) was **0.00%**, as such breaks do not occur in this process [7].

Operation No. 3 – Tiling of Window and Door Reveals. The basic and auxiliary working time was assessed based on 30 observations of activity durations. After converting the results to 1 m² of reveals and processing the data, descriptive statistics were obtained (Table 5).

Table 3. Descriptive statistics for all activities included in the second operation – Wall covering with tiles

Tabela 3. Statystyki opisowe wszystkich czynności wchodzących w skład drugiej operacji – licowanie ścian płytkami

Number and activity description/Numer i nazwa czynności	Mean/Średnia	Value [s]/Wartość [s]		Standard deviation/Odchylenie standardowe
		minimum/minimalna	maximum/maksymalna	
1. Tile layout planning/ 1. Rozplanowanie ułożenia	249,844	183,000	318,000	34,81019
2. Adhesive application/ 2. Nałożenie kleju	184,094	152,000	220,000	15,74465
3. Tile installation/ 3. Ułożenie płytek	1223,844	1052,000	1395,000	85,34337
4. Joint finishing/ 4. Wykonanie fug	1026,125	860,000	1180,000	76,93514

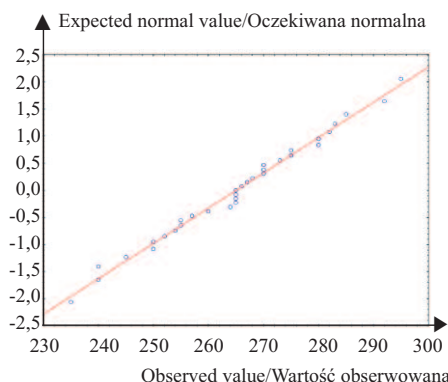


Fig. 2. Normality graph and the result of the Shapiro-Wilk W test, random variable: time of preparation of 1 m² of substrate

Rys. 2. Wykres normalności i wynik testu W Shapiro-Wilka, zmienna losowa: czas realizacji przygotowania 1 m² podłoża

chroniczne (d_{ta}) wynosi **0.00%**, ponieważ przerwy te co prawda występują, ale jednak w ich czasie istnieje możliwość zatrudnienia pracowników przy innej pracy [7].

Operacja nr 2 – Licowanie ścian płytkami. Wykorzystując ustalony podział operacji na czynności z tabeli 2, dokonano 32 obserwacji czasu ich trwania. Uwidoczniono to w postaci statystyk opisowych (tabela 3), dokonanych na podstawie danych przeliczonych na 1 m² ściany.

Obliczone wartości współczynnika asymetrii k_a nie wskazywały konieczności usunięcia wyrazów skrajnych, ponieważ zawierały się w przedziale 0,9 – 1,15 i wynosiły odpowiednio: 1,0026 (czynność 1); 1,0104 (czynność 2); 0,9997 (czynność 3) i 0,9940 (czynność 4). Przeprowadzając test normalności zmiennych, tj. czasu trwania poszczególnych czynności w przeliczeniu na 1 m²,

za pomocą testu W Shapiro-Wilka, otrzymano rezultat w postaci zgodności rozkładów empirycznych z teoretycznym rozkładem normalnym (wartości p > 0,05 podano w tabeli 4), tj. zaistniał brak podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu, a potwierdzeniem tego są wykresy normalności (rysunki 3 – 6). Ostatecznie czas pracy podstawowej i pomocniczej operacji 2 ($T_{pp}^{(2)}$) jest sumą średnich arytmetycznych czasów trwania wszystkich czynności i wynosi ok. **2684 s**.

Wartości dodatków. Dodatek na prace przygotowawczo-zakończeniowe (d_{pz}) został wyznaczony na podstawie fotografii zmiany roboczej jako średnia wartość z czterech dni pomiarowych i wyniósł **7,16%**. Dodatek na odpoczynek (d_o), zgodnie z klasyfikacją – II kategoria zmęczenia (roboty tynkowe i licowanie – licowanie ścian płytkami), przyjęto na poziomie **13,50%** (wartość ze środka przedziału). Dodatek na przerwy technologiczno-asynchroniczne (d_{ta}) wynosi **0,00%**, ponieważ przerwy technologiczne w tym procesie nie występują [7].

Operacja nr 3 – licowanie ościeży płytkami. Czas pracy podstawowej i pomocniczej oceniono na podstawie trzydziestu obserwacji czasu ich trwania, a po przeliczeniu na 1 m² ościeży i przetworzeniu danych otrzymano statystyki opisowe przedstawiono w tabeli 5).

Table 4. The normality test results for all activities included in the second operation – wall covering with tiles

Tabela 4. Wyniki testu normalności dotyczące wszystkich czynności wchodzących w skład drugiej operacji – licowanie ścian płytkami

Name of Random Variable/ Nazwa z zmiennej losowej	W statistic/ Wynik testu W	p-value/ Wartość p
Duration of activity “1” per 1 m ² / Czas trwania czynności „1” na 1 m ²	0,983523	0,892980
Duration of activity “2” per 1 m ² / Czas trwania czynności „2” na 1 m ²	0,989746	0,987034
Duration of activity “3” per 1 m ² / Czas trwania czynności „3” na 1 m ²	0,989953	0,988377
Duration of activity “4” per 1 m ² / Czas trwania czynności „4” na 1 m ²	0,985542	0,934972

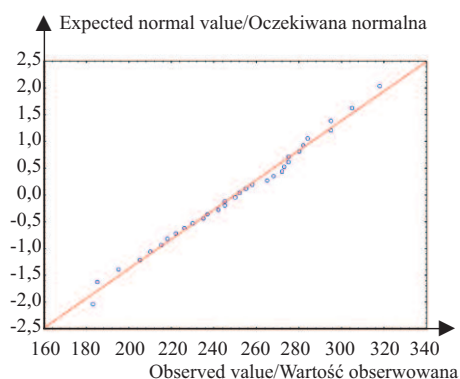


Fig. 3. Normality graph and the result of the Shapiro-Wilk W test, random variable: time of implementation of the tile layout plan for 1 m² of wall
Rys. 3. Wykres normalności i wynik testu *W* Shapiro-Wilka, zmienna losowa: czas realizacji rozplanowania ułożenia płytek na 1 m² ściany

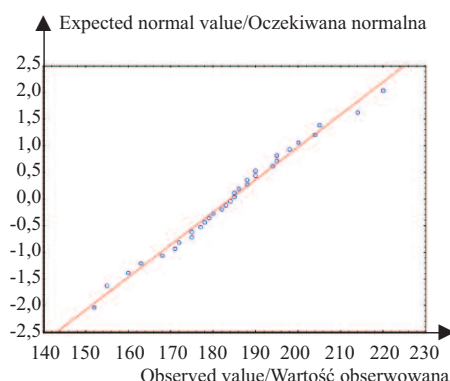


Fig. 4. Normality graph and the result of the Shapiro-Wilk W test, random variable: time of applying the adhesive layer on 1 m² of wall
Rys. 4. Wykres normalności i wynik testu *W* Shapiro-Wilka, zmienna losowa: czas realizacji nałożenia warstwy kleju na 1 m² ściany

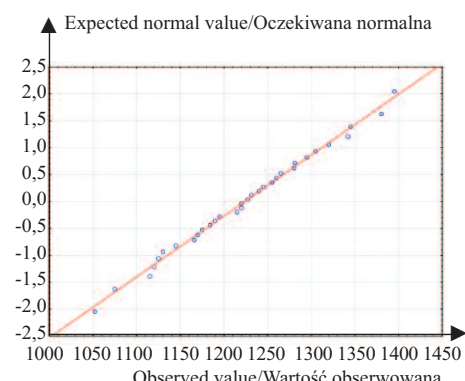


Fig. 5. Normality graph and the result of the Shapiro-Wilk W test, random variable: time of cutting and laying tiles on 1 m² of wall
Rys. 5. Wykres normalności i wynik testu *W* Shapiro-Wilka, zmienna losowa: czas realizacji docięcia i ułożenia płytek na 1 m² ściany

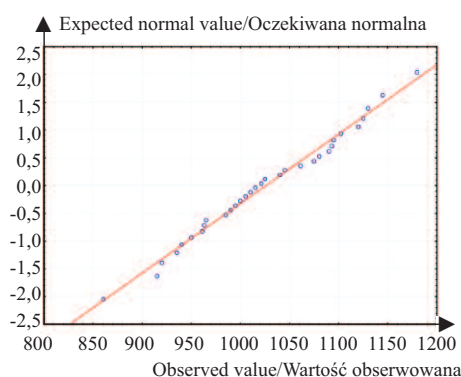


Fig. 6. Normality graph and the result of the Shapiro-Wilk W test, random variable: time of making joints between tiles on 1 m² of wall
Rys. 6. Wykres normalności i wynik testu *W* Shapiro-Wilka, zmienna losowa: czas realizacji wykonania fug pomiędzy płytkami na 1 m² ściany

Table 5. Descriptive statistics for all activities included in the third operation – covering the frames with tiles

Tabela 5. Statystyki opisowe wszystkich czynności wchodzących w skład trzeciej operacji – licowanie ościeży płytkami

Number and activity description/Numer i nazwa czynności	Mean [s]/Średnia	Value [s]/Wartość		Standard deviation/Odchylenie standardowe
		minimum/minimalna	maximum/maksymalna	
1. Tile layout planning/ 1. Rozplanowanie ułożenia	214,667	65,000	288,000	43,22622
2. Adhesive application/ 2. Nałożenie kleju	194,533	160,000	228,000	16,74295
3. Tile installation/ 3. Ułożenie płytek	1827,400	1616,000	2015,000	97,63571
4. Joint finishing/ 4. Wykonanie fug	1073,000	910,000	1234,000	82,56032

As in the case of wall tiling, the random variables followed a normal distribution ($p > 0.05$). Consequently, the total basic and auxiliary working time for operation 3 (T_{ba}^3) was the sum of the arithmetic means of all activity durations, amounting to approximately **3310 s**.

Allowance values. The allowance for preparatory and concluding activities (a_{pp}) was adopted in the same manner as for wall tiling, i.e., **7.16%**. Similarly, the rest allowance (a_r) was **13.50%**, and the allowance for technological-asynchronous breaks (a_{tab}) was **0.00%**.

Labor Intensity Norm Calculations.

Operation 1 – Surface Preparation. Using formula 2, based on the calculated data, the labor intensity standard for the first operation is:

$$N_L^1 = \frac{100 \cdot \frac{265}{3600}}{100 - (4,76 + 9,00 + 0,00)} = 0,085 \left[\frac{\text{man-hours}}{\text{m}^2} \right]$$

Operation 2 – Wall Tiling. Using formula 2, based on the calculated data, the labor intensity standard for the second operation is:

Podobnie jak w przypadku licowania ścian także w operacji licowania ościeży rozkład zmiennych losowych ma charakter rozkładu normalnego ($p > 0,05$). W związku z tym czas pracy podstawowej i pomocniczej operacji 3 (T_{pp}^3) jest sumą średnich arytmetycznych czasów trwania wszystkich czynności i wynosi ok. **3310 s**.

Wartości dodatków. Dodatek na prace przygotowawczo-zakończeniowe (d_{pz}) został przyjęty podobnie jak w przypadku licowania ścian, tj. **7,16%**. Analogicznie, dodatek na odpoczynek (d_o), to **13,50%**, a dodatek na przerwy technologiczno-asynchroniczne (d_{ta}) – **0,00%**.

Obliczenie normy pracochłonności.

Operacja 1 – przygotowanie podłoża. Korzystając ze wzoru 2, na podstawie obliczonych danych, norma pracochłonności pierwszej operacji wynosi:

$$N_P^1 = \frac{100 \cdot \frac{265}{3600}}{100 - (4,76 + 9,00 + 0,00)} = 0,085 \left[\frac{r-g}{\text{m}^2} \right]$$

Operacja 2 – licowanie ścian płytkami. Korzystając ze wzoru 2, na podstawie obliczonych danych, norma pracochłonności drugiej operacji wynosi:

$$N_L^2 = \frac{100 \cdot \frac{2684}{3600}}{100 - (7,16 + 13,50 + 0,00)} = 0,940 \left[\frac{\text{man} - \text{hours}}{\text{m}^2} \right]$$

Operation 3 – Tiling of Reveals. Using formula 2, based on the calculated data, the labor intensity standard for the third operation is:

$$N_L^3 = \frac{100 \cdot \frac{3310}{3600}}{100 - (7,16 + 13,50 + 0,00)} = 1,159 \left[\frac{\text{man} - \text{hours}}{\text{m}^2} \right]$$

Material labor inputs are summarized in Tables 6 and 7.

Table 6. Labor intensity standard per 1 m² – single surface priming
Tabela 6. Nakłady na 1 m² – jednokrotne zagruntowanie powierzchni

No./ Lp.	Description/ Wyszczególnienie	Unit symbols/ Jednostki miary, oznaczenia		Single application of surface primer/ Jednokrotne zagrun- towanie powierzchni
	name of required resource/nazwa niezbędnego zasobu	numerical/ cyfrowe	alphabetic/ literowe	
01	workers/robotnicy	149	r-g	0,085

Surface Preparation for façades with flexible façade tile systems included: 1) cleaning the surface of dust and loose particles; 2) applying a priming agent.

Tiling of Walls and Corners using 71 × 240 mm flexible façade tiles included: 1) layout planning; 2) application of adhesive/grout; 3) installation of tiles with cutting; 4) smoothing of joints with a damp brush; 5) cleaning of tiles.

The obtained results demonstrate practical applicability in construction scheduling and cost estimation. The conducted study and analysis of the calculated labor norms revealed a significant advantage of using flexible façade tile systems over traditional clinker tile wall tiling methods (Table 8).

The hypothesis stated in the introduction regarding substantial differences in task durations was confirmed for both wall and reveal tiling. An analysis of the working time

$$N_P^2 = \frac{100 \cdot \frac{2684}{3600}}{100 - (7,16 + 13,50 + 0,00)} = 0,940 \left[\frac{r - g}{\text{m}^2} \right]$$

Operacja 3 – licowanie ościeży płytkami. Korzystając ze wzoru 2, na podstawie obliczonych danych, norma pracochłonności trzeciej operacji wynosi:

$$N_P^3 = \frac{100 \cdot \frac{3310}{3600}}{100 - (7,16 + 13,50 + 0,00)} = 1,159 \left[\frac{r - g}{\text{m}^2} \right]$$

Nakłady rzeczowe zestawiono w tabelach 6 i 7.

Table 7. Labor intensity standard per 1 m² – wall and door frame facing
Tabela 7. Nakłady na 1 m² – licowanie ścian i ościeży

No./ Lp.	Description/ Wyszczególnienie	Unit symbols/Jednostki miary, oznaczenia		Tiling of/ Licowanie	
	name of required resource/nazwa niezbędnego zasobu	numerical/ cyfrowe	alphabetic/ literowe	walls/ ścian	reveals/ ościeży
01	workers/robotnicy	149	r-g	0,940	1,159

Przygotowanie podłoża pod elewację wykonaną w systemie elastycznych płytek elewacyjnych. Wyszczególnienie robót: 1) oczyszczenie podłoża z kurzu i luźnych części; 2) naniesienie preparatu gruntującego.

Licowanie ścian i elementów narożnych elastycznymi płytkami elewacyjnymi formatu 71 x 240 mm. Wyszczególnienie robót: 1) rozplanowanie ułożenia płytek; 2) nałożenie warstwy klej/fuga; 3) ułożenie płytek z przycięciem; 4) wygładzenie fugi za pomocą wilgotnego pędzla; 5) oczyszczenie płytek.

Otrzymane wyniki mają praktyczny potencjał do wykorzystania w procesie harmonogramowania i kosztorysowania robót budowlanych. Przeprowadzone badania i analiza skalkulowanych normatywów wykazały znaczną przewagę technologii wykonania fasad z elastycznych płytek elewacyjnych nad tradycyjnymi metodami licowania ścian płytkami klinkierowymi (tabela 8).

Table 8. Labor intensity standards for wall cladding with clinker tiles

Tabela 8. Normy pracochłonności dotyczące licowania ścian płytkami klinkierowymi

Reference/Podstawa	Description/Nazwa	Labor input standard [man-hours/m ²]/Norma pracochłonności [r-g/m ²]	Scope of Work/Wyszczególnienie robót
KNR 2-02 0921-01	tiling of walls with clinker tiles 25 × 12 cm/ licowanie ścian płytkami klinkierowymi 25 x 12 cm	2,9956	1) surface preparation/ 1) przygotowanie podłoża, 2) sorting tiles by size and shade/ 2) sortowanie płytek wg wymiarów i odcieni, 3) applying mortar to the surface/ 3) nałożenie zaprawy na podłoże, 4) soaking tiles in water/ 4) moczenie płytek w wodzie, 5) laying tiles with cutting/ 5) ułożenie płytek z przycięciem, 6) finishing reveals, pipes, etc/ 6) obrobienie wnęk ościeży, rur itp., 7) grouting the cladded surface/ 7) spoinowanie powierzchni licowanej, 8) cleaning and washing tiles/ 8) oczyszczenie i obmycie płytek, 9) repairing cladding after auxiliary works/ 9) naprawa licowania po robotach pomocniczych
KNR 2-02 0921-02	tiling of walls with clinker tiles 25 × 6 cm/ licowanie ścian płytkami klinkierowymi 25 x 6 cm	4,0835	
KNR 2-02 0921-03	tiling of reveals with clinker tiles 25 × 12 cm/ licowanie ościeży płytkami klinkierowymi 25 x 12 cm	4,2443	
KNR 2-02 0921-04	tiling of reveals with clinker tiles 25 × 6 cm/ licowanie ościeży płytkami klinkierowymi 25 x 6 cm	5,8399	
KNR-W 2-02 0919-01	tiling of walls with clinker tiles 25 × 12 cm/ licowanie ścian płytkami klinkierowymi o wymiarach 25 x 12 cm	3,0000	
KNR-W 2-02 0919-02	tiling of walls with clinker tiles 25 × 6 cm/ licowanie ścian płytkami klinkierowymi o wymiarach 25 x 6 cm	4,0800	
KNR-W 2-02 0919-03	tiling of reveals with clinker tiles 25 × 12 cm/ licowanie ościeży płytkami klinkierowymi o wymiarach 25 x 12 cm	4,2400	
KNR-W 2-02 0919-04	tiling of reveals with clinker tiles 25 × 6 cm/ licowanie ościeży płytkami klinkierowymi o wymiarach 25 x 6 cm	5,8400	

structure for surface preparation – based on the work shift photography – showed a high share of basic and auxiliary work time (81.13%), but also some unproductive time (5.11%). This remaining share of non-normed time indicates potential for further efficiency improvements through the elimination of organizational inefficiencies. Increased work discipline could further boost productivity. In the case of wall and reveal tiling using flexible façade tiles, the average basic and auxiliary work time was 73.78%, with unproductive time accounting for 5.57%. These instances were primarily related to incidental interruptions, such as performing tasks unrelated to tile installation. One technological factor affecting the prolonged working time was also identified – each tile used for reveals required individual cutting, which significantly extended the operation.

Conclusions and Recommendations

In comparison to the values found in Polish standard labor norm catalogues such as KNR 2-02 and KNR-W 2-02 – where the labor intensity for clinker tile wall cladding ranges from approximately 3.00 to 4.00 man-hours/m², and for window and door reveals from 4.24 to 5.84 man-hours/m² [14, 15] – the values obtained for flexible façade tiles are significantly lower. Specifically, they amount to 0.940 (+ 0.085 for priming) man-hours/m² for walls and 1.159 (+ 0.085 for priming) man-hours/m² for reveals.

A comparison between the calculated labor norms and the catalogue values confirmed that the use of flexible façade tiles allows for a significant reduction in execution time – by several dozen percent. This reduction is a result of simplification of the technological process through the elimination of multiple stages, such as tile sorting, soaking, or separate grouting. The practice of installing tiles from top to bottom, which reduces the need to clean finished façades, along with grouting achieved by smoothing excess adhesive, further streamlines and accelerates the work.

Despite obtaining results with the assumed measurement accuracy and a sufficient number of observations, it must be emphasized that the calculated labor intensity values do not constitute general norms (i.e., industry-wide norms) as understood in the relevant literature. Due to the limited scope of the study – focused on individual projects and selected work teams – the results should more appropriately be considered company-level norms. This means that the presented values relate solely to the specific conditions of the projects studied and should not be directly applied to all available cladding systems.

To verify and generalize the presented data, further studies should be conducted across multiple construction sites, involving various work crews and diverse execution conditions. It is also important to note that in the analyzed cases, corner elements were made using flat tiles, whereas some manufacturers offer special corner tiles, which allow for quicker and more aesthetically pleasing installation of reveals and external corners. Future research should include observations of installations using both flat and system-

Postawiona we wstępie hipoteza o istotnych różnicach w czasie realizacji robót została potwierdzona zarówno w odniesieniu do licowania ścian, jak i ościeży. Analiza struktury czasu pracy w procesie przygotowania podłoża za pomocą wykonanej fotografii zmiany roboczej wykazała wysoki udział czasu pracy podstawowej i pomocniczej (81,13%), ale również pewien udział strat czasu (5,11%). Pozostający margines czasu nienormowanego wskazuje, że możliwe jest dalsze zwiększenie efektywności przez eliminację tych niedoskonałości organizacyjnych. Większa dyscyplina pracy mogłaby przyczynić się do zwiększenia wydajności. W przypadku procesu licowania ścian i ościeży płytkami z elastycznych płytek elewacyjnych czas pracy podstawowej i pomocniczej wynosił średnio 73,78%, natomiast straty czasu kształtowały się na poziomie 5,57%. Te ostatnie sytuacje wynikały głównie z incydentalnych przestojów, takich jak np. wykonywanie prac niezwiązanych bezpośrednio z montażem płytek. Zidentyfikowano także czynnik technologiczny wpływający na wydłużenie czasu prac – w przypadku ościeży każda płytka wymagała indywidualnego docinania, co znacznie wydłużało proces.

Wnioski i rekomendacje

W porównaniu z normami KNR 2-02 i KNR-W 2-02, gdzie pracochłonność licowania ścian płytkami klinkierowymi wynosi od ok. 3,00 do ok. 4,00 r-g/m², a ościeży od 4,24 do 5,84 r-g/m² [14, 15], uzyskane wartości dotyczące elastycznych płytek elewacyjnych są znacznie mniejsze i wynoszą odpowiednio 0,940 (+ 0,085 gruntowanie) r-g/m² w przypadku ścian oraz 1,159 (+ 0,085 gruntowanie) r-g/m² – ościeży.

Porównanie uzyskanych norm pracochłonności z katalogowymi wartościami potwierdziło, że zastosowanie elastycznych płytek elewacyjnych pozwala na istotne skrócenie czasu wykonania – nawet o kilkadziesiąt procent. Wynika to z uproszczenia procesu technologicznego przez eliminację wielu etapów, takich jak sortowanie płytek, ich moczenie, czy osobne spoinowanie. Układanie płytek od góry do dołu, ograniczające konieczność oczyszczania gotowej elewacji oraz wykonywanie fug przez wygładzanie nadmiaru kleju dodatkowo usprawniają i przyspieszają realizację prac.

Pomimo uzyskania wyników o założonej dokładności pomiarów oraz zapewnienia odpowiedniej liczebności obserwacji, należy podkreślić, że opracowane wartości norm pracochłonności nie mają charakteru norm ogólnych (resortowych) w rozumieniu literatury przedmiotu. Ze względu na zakres badań, ograniczony do pojedynczych inwestycji oraz wybranych zespołów wykonawczych, adekwatnym określeniem uzyskanych wyników jest nazwanie ich normami zakładowymi. Oznacza to, że przedstawione wartości odnoszą się jedynie do warunków konkretnych realizacji i nie mogą być stosowane wprost w odniesieniu do wszystkich dostępnych systemów okładzinowych.

W celu weryfikacji i uogólnienia przedstawionych danych konieczne jest przeprowadzenie badań na wielu różnych budowlach, z udziałem różnych zespołów wykonawczych oraz

-designed corner tiles to more fully capture the diversity of available technological solutions.

The labor intensity norms presented in this article should be regarded as illustrative values, serving as a preliminary contribution to further research on the duration and efficiency of façade system installations using flexible tiles.

Received: 19.05.2025

Revised: 07.07.2025

Published: 23.10.2025

w zmiennych warunkach realizacyjnych. Należy również zwrócić uwagę, że w analizowanych przypadkach elementy narożne wykonywane były z płytek płaskich, podczas gdy niektórzy producenci oferują także specjalne płytki kątowe, umożliwiające szybsze i bardziej estetyczne wykonanie ościeży i narożników. Dalsze badania powinny uwzględniać obserwacje montażu zarówno płaskich, jak i systemowych płytek narożnych, aby pełniej odzwierciedlić zróżnicowanie dostępnych rozwiązań technologicznych.

Wyznaczone w artykule normy pracochłonności należy traktować jako wartości poglądowe, stanowiące wstęp do dalszych badań nad problematyką czasu trwania montażu systemów elewacyjnych z wykorzystaniem płytek elastycznych.

Artykuł wpłynął do redakcji: 19.05.2025 r.

Otrzymano poprawiony po recenzjach: 07.07.2025 r.

Opublikowano: 23.10.2025 r.

Literature

- [1] W. Bortniczuk i B. Tomaszewski, Podstawy normowania technicznego i kosztorysowania w budownictwie w warunkach gospodarki rynkowej. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 1994.
- [2] Murat R. Elewacje ceramiczne. Najpopularniejsze materiały i technologie. muratorplus.pl.
- [3] Krause P. Uszkodzenia elewacji z kompozytów akrylowych. Izolacje. 2017; 9: 51 – 53.
- [4] Kowalczyk Z, Zabielski J. Kosztorysowanie i normowanie w budownictwie. Warszawa: WSiP, 2011.
- [5] Le Chatelier H. Filozofia systemu Taylora. Warszawa: Instytut Naukowej Organizacji przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa, 1926.
- [6] Gilbreth FB, Kent RT. Motion study, a method for increasing the efficiency of the workman. New York: D. Van Nostrand company, 1911.
- [7] Bizon-Górecka J. Normowanie techniczne w budownictwie. Bydgoszcz: Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, 1989.
- [8] Piórecki S. Normowanie i kosztorysowanie w budownictwie: Normowanie, Część 1. Poznań: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Poznańskiej, 1971.
- [9] Mineralna płytka klinkierowa. www.elastolith.pl
- [10] BOLIX BQS Elastyczne płytki o wyglądzie klinkieru. www.bolix.pl
- [11] Płytki Klinkiero. www.kosbud.com.pl
- [12] Forniry kamienne Slate-Lite. www.slate-lite.pl
- [13] Komorowski S, Suchecki W. Poradnik dla służb organizacji i normowania pracy w budownictwie i przemyśle materiałów budowlanych. Warszawa: RONP, 1985.
- [14] KNR 2-02 Konstrukcje budowlane. ORGBUD wyd. spec. 1998.
- [15] KNR-W 2-02 Konstrukcje budowlane. WACETOB wyd. VI/V 2017/2003.