

Prefabrykacja wielowarstwowa w praktyce

Multilayer prefabrication in practice

Karol Nieradka^{1,*}

¹Biuro Projektowe maxberg, Szczecin, Poland

*Corresponding author: K. Nieradka, e-mail: mail@maxberg.pl

Streszczenie

Prefabrykacja ścian żelbetonowych wciąż kojarzy się w Polsce z budownictwem wielkopłytkowym, którego wszystkie zalety zostały przekreślone przez niedoskonałość technologiczną, fatalne wykonawstwo i nudną, powtarzalną architekturę. Tymczasem nowoczesna prefabrykacja wielkopłytkowa daje niemal nieograniczone możliwości twórcze i zapewnia znacznie lepszą jakość niż tradycyjne budownictwo. Artykuł opisuje nowoczesną prefabrykację wielowarstwową w technologii żelbetonowej i keramzytobetonowej z wykorzystaniem technologii BIM. Przedstawia zalety budownictwa prefabrykowanego na konkretnych przykładach w różnych skalach - od domów jednorodzinnych do dużych budynków mieszkaniowych i apartamentowych. Szczegółowo przedstawia również proces realizacji od projektu, przez modelowanie BIM, produkcję i kontrolę jakości elementów oraz montaż.

Słowa kluczowe: prefabrykacja, BIM, dom prefabrykowany, wielka płyta, keramzytobeton

Summary

Pre-cast reinforced concrete walls manufacturing is still associated in Poland with large-panel construction, all the advantages of which have been crossed out by technological imperfection, terrible workmanship and boring, repetitive architecture. Meanwhile, modern large-panel prefabrication provides almost unlimited creative possibilities and ensures much better quality than traditional construction. The article describes application of modern multi-layer pre-cast elements made of reinforced concrete and light-weight expanded clay concrete in construction with the incorporation of BIM technology. It presents the advantages of prefabricated construction on specific examples at various scales - from single-family houses to large residential and apartment buildings. It also presents in detail the implementation process from design, through BIM modelling, production and quality control of elements and assembly.

Keywords: prefabrication, BIM, prefabricated house, large panel, expanded clay concrete

1. Zalety, korzyści, potencjał

Prefabrykacja ścian żelbetonowych wciąż kojarzy się w Polsce z budownictwem wielkopłytkowym, którego wszystkie zalety zostały przekreślone przez niedoskonałość technologiczną, fatalne wykonawstwo i nudną, powtarzalną architekturę. Tymczasem nowoczesna prefabrykacja wielkopłytkowa daje niemal nieograniczone możliwości twórcze i zapewnia znacznie lepszą jakość niż tradycyjne budownictwo. Elementy prefabrykowane wytwarzane są w hali produkcyjnej z pomocą wykwalifikowanej kadry, maszyn i robotów, przy zapewnieniu kontroli jakości i norm. Projekt każdej ściany powstaje w przestrzeni 3D. Modelowane są najdrobniejsze detale, zbrojenie, elementy instalacyjne, przepusty, gniazda i kotwy okienne. Produkcja jest niezależna od warunków atmosferycznych, a montaż zdecydowanie szybszy niż tradycyjne wznoszenie budynków. Realizowane obiekty nie wymagają czasu

1. Advantages, benefits, potential

Prefabrication of reinforced concrete walls is still associated in Poland with large-panel construction, all the advantages of which have been crossed out by technological imperfection, terrible workmanship and boring, repetitive architecture. Meanwhile, modern large-panel prefabrication provides almost unlimited creative possibilities and ensures much better quality than traditional construction. Prefabricated elements are manufactured in the production hall with the help of qualified staff, machines and robots, while ensuring quality control and standards. The design of each wall is created in 3D space. The smallest details, reinforcement, installation elements, culverts, sockets and window anchors are modelled. Production is independent of weather conditions, and assembly is definitely faster than traditional building construction. The implemented objects do not require time for concrete to set

na wiązanie betonu, ani osuszanie ścian i stropów. Budowa jest czysta, sucha i szybka. Wymaga też znacznie mniejszej liczby pracowników i oddzielnych ekip budowlanych, ponieważ za jednym razem przywożone są na budowę ściany zewnętrzne wraz z ociepleniem i warstwą elewacyjną, ściany działowe, schody, balkony oraz stropy. Wszystkie elementy mają już umieszczone puszki i peszle elektryczne, bruzdy pod instalacje sanitarne oraz konsole do szybkiego montażu stolarki okiennej.

Budynki prefabrykowane nie muszą już być nudne, powtarzalne ani prostopadłościennie. Każda ściana projektowana jest indywidualnie. Wielowarstwowość oznacza, że każdy element składa się z rdzenia nośnego, warstwy izolacyjnej z wełny mineralnej lub styropianu oraz ściany okładzinowej, która zapewnia ochronę przed uszkodzeniem mechanicznym i wpływem warunków atmosferycznych. Obie strony ściany są gładkie i równe, a instalacje elektryczne prowadzone są w peszlach, dzięki czemu nie ma potrzeby nakładania grubowarstwowych tynków lub bruzdowania. Wystarczy gładź szpachlowa. W połączeniu z cieńszą niż tradycyjny bloczek ścianą nośną, najczęściej o grubości 15 cm, pozwala to uzyskać większą powierzchnię użytkową przy tym samym obrysie zewnętrznym budynku, bez straty na izolacyjności termicznej. Budynek wykończony żelbetową elewacją przypomina trójwarstwową ścianę np. z cegły klinkierowej co wyraźnie wpływa na jego trwałość. Tradycyjna wyprawa „lekka mokra” jest bez porównania mniej odporna na uszkodzenia i przebarwienia. Jej estetyka również pozostawia dużo do życzenia, a o jakościowe wykonawstwo bardzo trudno.

Zalety prefabrykacji docenili już dawno Skandynawowie. Koszt pracy ludzkiej oraz brak wykwalifikowanej kadry budowlanej już kilka dekad temu zmusił ich do skracania czasu realizacji budowy, upraszczania montażu, minimalizowania ilości ekip budowlanych i optymalizowania procesu budowy. Ten czas nadszedł też w Polsce. Niemal każdy duży wykonawca narzeka na brak kadry i skokowy wzrost oczekiwań płacowych. Deweloperzy oczekują skrócenia czasu realizacji projektów nawet kosztem dłuższego etapu projektowania. Koszty projektowania i optymalizacji dokumentacji, nawet w postaci szczegółowego modelu BIM, są bowiem znacznie niższe niż zmiany i przesunięcia harmonogramów na budowie. Koszt wynajmu sprzętu, dźwigów, ochrony, nadzoru, pracy kadry inżynierskiej, odsetki kredytowe i ewentualne zmiany wykonanych już prac są nieporównywalnie większe niż najbardziej mozolne nawet przeprojektowanie modelu.

2. Najnowsze realizacje mówią same za siebie

Jak bardzo dzisiejsza prefabrykacja jest różna od bloków z wielkiej płyty niech świadczą najnowsze realizacje wielkopłytowe. Apartamentowiec Bałtycki [rys. 1], który został zrealizowany na niewielkiej działce nad brzegiem morza w Świnoujściu ma nie tylko nieregularny trapezoidalny rzut, ale niesymetryczne skośne dachy, elewację osłonową z termowanego drewna, ogromne przeszklenia i bardzo skomplikowany przekrój z niepowtarzalnymi piętrami i antresolami. Posadowiona na monolitycznym garażu

or for drying walls and ceilings. The construction is clean, dry and fast. It also requires a much smaller number of workers and separate construction teams, because external walls with insulation and a facade layer, partition walls, stairs, balconies and ceilings are brought to the construction site at one time. All elements already have electrical boxes and conduits, grooves for sanitary installations and consoles for quick installation of window joinery.

Prefabricated buildings no longer have to be boring, repetitive or rectangular. Each wall is designed individually. Multi-layered means that each element consists of a load-bearing core, an insulating layer of mineral wool or foamed polystyrene and a cladding wall, which provides protection against mechanical damage and the effects of weather conditions. Both sides of the wall are smooth and even, and electrical installations are carried out in conduits, so there is no need to apply thick-layer plasters or grooves. A smooth putty is enough. In combination with a load-bearing wall thinner than traditional blocks, usually 15 cm thick, this allows for a larger usable area with the same external outline of the building, without losing thermal insulation. A building finished with a reinforced concrete facade resembles a three-layer wall, e.g. made of clinker brick, which clearly affects its durability. The traditional “light wet” plaster is incomparably less resistant to damage and discoloration. Its aesthetics also leave much to be desired, and quality workmanship is very difficult.

The advantages of prefabrication were appreciated long ago by the Scandinavians. The cost of human labour and the lack of qualified construction staff forced them several decades ago to shorten the construction time, simplify assembly, minimize the number of construction teams and optimize the construction process. This time has also come in Poland. Almost every large contractor complains about the lack of staff and the sudden increase in salary expectations. Developers expect a shortened project implementation time even at the expense of a longer design stage. The costs of designing and optimizing documentation, even in the form of a detailed BIM model, are much lower than changes and shifts in schedules on the construction site. The cost of renting equipment, cranes, security, supervision, engineering staff, loan interest and possible changes to work already done are incomparably greater than even the most laborious redesign of the model.

2. The latest projects speak for themselves

The latest large-panel projects show how different today's prefabrication is from large-panel blocks. The Apartament Bałtycki apartment building [Fig. 1], which was built on a small plot on the seaside in Świnoujście, has not only an irregular trapezoidal plan, but also asymmetrical sloping roofs, a thermally treated wood facade, huge glazing and a very complicated cross-section with unique floors and mezzanines. The above-ground part, located on a monolithic garage, was made entirely of prefabricated multi-layer walls. All load-bearing and partition walls, stairs and balconies also arrived at the construction site as pre-cast elements. The building designed by the maxberg studio was completed in 2022



Rys. 1. Apartamentowiec Bałtycki w Świnoujściu

Fig. 1. Apartamentowiec Bałtycki in Świnoujście [Poland]

część nadziemna w całości wykonana została z prefabrykowanych ścian wielowarstwowych. Wszystkie ściany nośne i działowe, schody i balkony również przyjechały na budowę jako elementy prefabrykowane. Budynek zaprojektowany przez pracownię maxberg został ukończony w 2022 roku i od razu stał się wizytówką świnoujskiej promenady zdobywając kolejno nagrody i wyróżnienia Top Builder 2023, Poland Urban Award 2023, Share Architecture Awards 2024 i International Architecture Awards 2024.

Obecnie realizowany kompleks apartamentowy Greeneri Park [rys. 2] w świnoujskim Parku Zdrojowym to znacznie większa inwestycja tego samego inwestora. Realizowana z fabryką For-Mee i zaprojektowana również przez biuro maxberg jest wykonana ze ścian z odciskiem fakturowanym na elewacji, a elementy zostały od razu w fabryce pomalowane, tak aby jeszcze bardziej zminimalizować ilość prac wykończeniowych na budowie oraz zrezygnować z rusztowań. Ekskluzywny kompleks apartamentowy realizowany jest w dwóch etapach, z których pierwszy został w całości skomercjalizowany. Drugi trafi do sprzedaży w 2024 roku.

Nie jest prawdą, że prefabrykacja oznacza znaczny wzrost kosztu wzniesienia stanu surowego, o czym świadczą zrealizowane w Stargardzie budynki wielorodzinne przy ul. Niepodległości. Cena w tym przypadku odgrywała znacznie większą rolę niż w luksusowych nadmorskich apartamentowcach, czy budynkach wielorodzinnych w dużych

and immediately became a showcase of the Świnoujście promenade, winning the Top Builder 2023, Poland Urban Award 2023, Share Architecture Awards 2024 and International Architecture Awards 2024 award and distinctions.

The Greeneri Park apartment complex currently under construction [Fig. 2] in Świnoujście's Spa Park is a much larger investment by the same investor. It was built with the ForMee factory and also designed by the maxberg office. It is made of walls with a textured print on the elevation, and the elements were painted immediately in the factory, so as to further minimize the amount of finishing work on the construction site and eliminate the need for scaffolding. The exclusive apartment complex is being built in two stages, the first of which has been fully commercialized. The second will go on sale in 2024.

It is not true that prefabrication means a significant increase in the cost of erecting the shell, as evidenced by the multi-family building on Niepodległości Street in Stargard. In this case, the price played a much greater role than in luxury seaside apartment buildings or multi-family buildings in large cities, where the sale of 1 m² is several thousand zlotys more expensive. Here, too, a decision was made to use multi-layer prefabrication. A much cheaper method would be to use single-layer walls 15 cm thick made of expanded clay concrete and then finish them using the light wet method. However, this would require construction scaffolding and many months of finishing work. A decision was made to use full prefabrication, and all apartments were sold before the final completion of the investment.



Rys. 2. Kompleks apartamentowy Greeneri Park w Swinoujściu

Fig. 2. Apartment complex Greeneri Park in Swinoujście [Poland]

miastach, gdzie sprzedaż 1 m² jest droższa o kilka tysięcy złotych. Również tutaj zdecydowano się na prefabrykaty wielowarstwowe. Znacznie tańszym sposobem byłoby zastosowanie ścian jednowarstwowych o grubości 15 cm z keramzytobetonu i późniejsze ich wykończenie metodą lekką mokrą. Wymagałoby to jednak rusztowań i wielomiesięcznych prac wykończeniowych. Zdecydowano się na pełną prefabrykację, a wszystkie mieszkania zostały sprzedane przed ostatecznym zakończeniem inwestycji.

Toruńskie osiedle budownictwa społecznego przy ul. Okólnej, realizowane w ramach rządowego programu Mieszkanie Plus również zostało zrealizowane w technologii wielowarstwowej. To ponad 300 mieszkań i 380 miejsc postojowych w czterokondygnacyjnych budynkach wielorodzinnych.

Oczywiście prefabrykacja została już dawno doceniona przez ceniącą sobie czas i szanującą pieniądze branżę przemysłową. Od dawna hale, garaże, budynki magazynowe, produkcyjne czy biurowe są wykonywane z prefabrykatów. Znacznie taniej jest budować szybko, choćby projektowanie trwało dłużej. Więcej błędów wyeliminowanych w wirtualnym modelu to ogromna oszczędność czasu, pieniędzy i stresu na budowie.

3. Doświadczenia własne

Nasze doświadczenie z prefabrykacją rozpoczęło się wiele lat temu od budowy Domu Atrialnego [rys. 3]. Inwestor poprosił nas o zaprojektowanie dużej rezydencji parterowej nad brzegiem jeziora. Nie chciał mieć do czynienia w dziesiątkami ekip budowlanych, które przerzucałyby się odpowiedzialnością i udowadniały, że poprzednicy popełnili błędy, które teraz opóźniają im pracę. Takie sytuacje są powszechne i bardzo często powodują opóźnienia w harmonogramie budowy – skoro poprzednicy muszą coś poprawiać, to my nie możemy zacząć, a za tydzień mamy już inną budowę. Zna to każdy, kto choćby remontował łazienkę. Klient postawił na prefabrykację, ponieważ za cenę kontraktową, ustaloną na etapie wstępnego projektu budowlanego, otrzymał gwarancję terminu, ceny i niezależności ekip od siebie. Na podstawie szczegółowych rysunków branżowych oraz projektu wnętrza przygotowano rysunki ścian do prefabrykacji. Po miesiącu od wylania płyty fundamentowej po prostu przyjechały gotowe ściany wraz z ociepleniem,

The Toruń social housing estate at Okólna Street, implemented as part of the Polish government program Mieszkanie Plus, was also implemented using multi-layer technology. It is over 300 apartments and 380 parking spaces in four-story multi-family buildings.

Of course, prefabrication has long been appreciated by the time- and money-conscious industrial sector. For a long time, halls, garages, warehouses, production and office buildings have been made of prefabricated elements. It is much cheaper to build quickly, even if the design takes longer. More errors eliminated in the virtual model means huge savings in time, money and stress on the construction site.

3. Own experiences

Our experience with prefabrication began many years ago with the construction of the Dom Atrialny [eng. Atrial House, Fig. 3]. The investor asked us to design a large single-storey residence on the shore of a lake. He did not want to deal with dozens of construction teams that would pass responsibility and prove that their predecessors had made mistakes that were now delaying their work. Such situations are common and very often cause delays in the construction schedule - if the predecessors have to fix something, we cannot start, and in a week we have a different construction. Anyone who has even renovated a bathroom knows this. The client opted for prefabrication because for the contract price, established at the stage of the preliminary construction design, he received a guarantee of the deadline, price and independence of the teams from each other. Drawings of the walls for prefabrication were prepared based on detailed industry drawings and the interior design. A month after pouring the foundation slab, the finished walls simply arrived along with insulation, finishing and installation grooves, electrical boxes and consoles for mounting external wooden blinds. The 560 m² residence with a swimming pool, sauna, fitness area and cinema room was completed in 15 months from the start of the construction works to the client moving into the finished building. The developer's stage was achieved in about 9 months [Fig. 4].

After Dom Atrialny residence, it was time for further projects, of which the House in Grzeczynica [Fig. 5] received the first prize in



Rys. 3. Rezydencja Dom Atrialny

Fig. 3. Dom Atrialny residence



Rys. 4. Wznoszenie rezydencji Dom Atrialny

Fig. 4. Construction of the Dom Atrialny residence

wykończeniem i brudami instalacyjnymi, puszkami elektrycznymi i konsolami do montażu zewnętrznych żaluzji drewnianych. Rezydencję o powierzchni 560 m², z basenem, sauną, częścią fitness i salą kinową zrealizowano w 15 miesięcy od wbicia pierwszej łopaty do wprowadzenia się klienta do wykończonego budynku. Stan deweloperski osiągnięto w około 9 miesięcy [rys. 4].

Po Domu Atrialnym przyszedł czas na kolejne realizacje, z których Dom w Grzecznic [rys. 5] otrzymał pierwszą nagrodę w konkursie Polski Cement w Architekturze za "konsekwentne zastosowanie prefabrykowanych ścian jako elementów zarówno konstrukcyjnych jak i nadających obiektowi jednoznaczny wyraz architektoniczny". Obiekt wygrał m.in. z warszawskim wieżowcem SkyLiner, czy docenianą w wielu konkursach rozbudową szkoły muzycznej w Jastrzębiu Zdroju.

Doświadczenie zebrane na projektach domów i rezydencji zaowocowało stałą, ścisłą współpracą z fabryką ForMee [rys. 6]. Wspólne spotkania, narady i koordynacja produkcji pozwoliły udoskonalić i zoptymalizować projekty, tak, żeby produkcja, transport i montaż elementów były ekonomiczne, a efekty wciąż spektakularne. Budowa zespołu budynków apartamentowych Bałtycki w Świnoujściu była wielkim wyzwaniem dla obu stron procesu budowlanego. Wyciągnięte z niej wnioski zaowocowały znacznie większą inwestycją - Greeneri Park, zlokalizowaną w Parku Zdrojowym, również w Świnoujściu [rys. 7]. To niemal 20.000 m² powierzchni apartamentowej z garażami podziemnymi i ogólnodostępną częścią SPA. W trakcie projektowania jest niemal 30.000 m² powierzchni mieszkalno-wyjazdowej przy ul. Klonowica w Szczecinie [rys. 8]. Budowa tego dużego zespołu budynków mieszkalnych, wielorodzinnych ma rozpocząć

the Polish Cement in Architecture competition for "consistent use of prefabricated walls as both structural elements and those giving the building a clear architectural expression". The building won against, among others, the SkyLiner skyscraper in Warsaw, or the expansion of the music school in Jastrzębie Zdrój, appreciated in many competitions.

The experience gained from the projects of houses and residences resulted in constant, close cooperation with the ForMee factory [Fig. 6]. Joint meetings, consultations and production coordination allowed us to improve and optimize the projects, so that the production, transport and assembly of elements were economical, and the effects were still spectacular. The construction of the Bałtycki apartment building complex in Świnoujście

was a great challenge for both parties to the construction process. The conclusions drawn from it resulted in a much larger investment - Greeneri Park, located in the Park Zdrojowy, also in Świnoujście [Fig. 7]. It is almost 20,000 m² of apartment space with underground garages and a publicly accessible SPA area. Almost 30,000 m² of residential space is under design at Klonowica Street in Szczecin [Fig. 8]. Construction of this large complex of residential, multi-family buildings is to begin in 2025. Projects in Międzyzdroje and Warsaw are also in preparation.

4. BIM in prefabrication

Modern prefabrication requires modern tools. If we intend to fully use its potential, all elements that can be prepared during the production of prefabricated elements must be designed in detail. This



Rys. 5. Dom w Grzecznic

Fig. 5. House in Grzecznic [Poland]

się w 2025 roku. Projekty w Międzyzdrojach i Warszawie są również w przygotowaniu.

4. BIM w prefabrykacji

Nowoczesna prefabrykacja wymaga nowoczesnych narzędzi. Jeżeli zamierzamy w pełni wykorzystywać jej potencjał, należy szczegółowo zaprojektować wszystkie elementy, które można przygotować podczas produkcji prefabrykatów. Oznacza to konieczność określenia nie tylko wymiarów ścian czy stropów, ale także warstw, typów izolacji, wykończenia elewacji, detali osadzenia okien, umiejscowienia gniazd i łączników elektrycznych, bruzd pod instalacje sanitarne itp. Konieczne jest też przewidzenie elementów niezbędnych do prawidłowego montażu i transportu. Taka szczegółowość informacji byłaby trudna do sprawdzenia bez użycia wirtualnych modeli i ich koordynacji w przestrzeni 3D, czyli za pomocą technologii BIM [Building Information Modeling].

5. W praktyce

Możliwości technologiczne pozwalają nam, i jest to już praktyka, a nie teoria, modelować nie tylko wspomniane powyżej elementy, ale także zbrojenie, peszle elektryczne, elementy dekoracyjne na elewacji czy konsole do montażu stolarki otworowej [rys. 9]. Tak przygotowane modele warsztatowe ścian, stropów, balkonów czy schodów są ze sobą zestawiane w jeden wspólny model BIM, w którym projektanci sprawdzają poprawność elementów oraz kolizje z pozostałymi branżami: sanitarną, elektryczną, pożarową itd. [rys. 9]. Zatwierdzone modele trafiają na produkcję i w sposób znacząco zautomatyzowany wykonywane są, w warunkach nieosiągalnych na placu budowy, przez wyspecjalizowane zakłady produkcyjne.



Rys. 7. Apartamentowiec Greeneri Park w Świnoujściu

Fig. 7. Greeneri Park apartment building in Świnoujście [Poland]



Rys. 6. Wielkoformatowe element prefabrykowane w wytwórni ForMee

Fig. 6. Large-format prefabricated elements at the ForMee factory

means that it is necessary to determine not only the dimensions of walls or ceilings, but also layers, types of insulation, facade finishing, details of window installations, location of sockets and electrical connectors, grooves for sanitary installations, etc. It is also necessary to predict the elements necessary for correct assembly and transport. Such detailed information would be difficult to verify without the use of virtual models and their coordination in 3D space, i.e. using BIM [Building Information Modeling] technology.

5. In practice

Technological possibilities allow us, and this is already practice, not theory, to model not only the elements mentioned above, but also reinforcement, electrical conduits, decorative elements on the facade or consoles for mounting door and window joinery [Fig. 9]. Workshop models of walls, ceilings, balconies or stairs prepared in this way are combined into one common BIM model, in which designers check the correctness of the elements and collisions with other industries: sanitary, electrical, fire, etc. [Fig. 9]. Approved models go into production and are made in a significantly automated way, by specialized production plants, in conditions unattainable on the construction site.

6. You have to decide in advance

Let's start from the beginning again. In order to properly conduct such a design and investment process, the technology must be decided as early as possible. Of course, you can redesign a traditional building for prefabricated technology, but then you lose time and money, and above

6. Decydować trzeba wcześniej

Zacznijmy jeszcze raz od początku. Aby prawidłowo przeprowadzić taki proces projektowy i inwestycyjny, należy o technologii zdecydować możliwie wcześniej. Można oczywiście przeprojektować tradycyjny budynek na technologię prefabrykowaną, jednak tracimy wtedy czas i pieniądze, a przede wszystkim nie wykorzystujemy potencjału prefabrykacji. Istotne jest, aby już na etapie koncepcji rozmawiać z projektantem doświadczonym w tej technologii, znającym jej ograniczenia i wykorzystującym jej zalety. Doświadczenie zebrane w pracy z producentami pozwala zaprojektować budynek mądry, szybki i prosty w montażu, a zatem niedrogi. Prawidłowo zaprojektowany budynek będzie wymagał mniej prac na placu budowy, a więcej pracy projektowej. Projekt powinien też przewidywać elementy pomagające w szybkim i łatwym montażu balustrad, obróbek, cokołów czy wykończeń. Może przewidywać montaż stolarki otworowej w fabryce i przywiezienie gotowych ścian z oknami i parapetami. Wszystko to pozwoli zaoszczędzić czas na wzniesienie budynku, zminimalizować liczbę ekip budowlanych oraz kolizji między nimi, zminimalizować liczbę potencjalnych problemów, a nawet wyeliminować konieczność stosowania rusztowań. Elementy mogą być dostarczane na budowę wykończone i pomalowane farbą elewacyjną [rys. 10].

7. Pracochny etap projektu

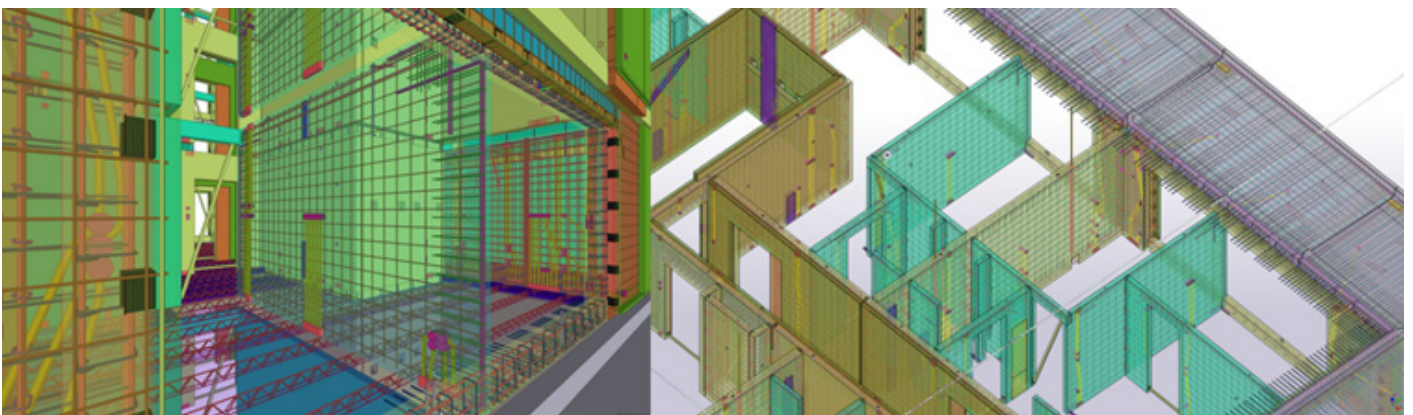
Kiedy projekt koncepcyjny i budowlany są gotowe, możliwa staje się dokładna wycena i przystąpienie do projektu warsztatowego wszystkich elementów prefabrykowanych. To najbardziej pracochłonny etap projektu, ale zaczyna się on już po podpisaniu kon-



Rys. 8. Zespół budynków mieszkalnych przy ul. Klonowica w Szczecinie

Fig. 8. A complex of residential buildings at Klonowica Street in Szczecin [Poland]

all, you do not use the potential of prefabrication. It is important to talk to a designer experienced in this technology, who knows its limitations and uses its advantages, already at the concept stage. Experience gained in working with manufacturers allows you to design a smart, quick and easy to assemble building, and therefore inexpensive. A properly designed building will require less work on the construction site and more design work. The design should also include elements that help with quick and easy assembly of balustrades, flashings, plinths or finishes. It may include assembly of door and window joinery in the factory and delivery of ready-made walls with windows and window sills. All this will save time on building construction site, minimize the number of construction crews and collisions between them, minimize the number of poten-



Rys. 9. Zastosowanie BIM do projektowania budynku prefabrykowanego na przykładzie Greeneri Park w Świnoujściu

Fig. 9. Application of BIM to design a prefabricated building on the example of Greeneri Park in Świnoujście [Poland]



Rys. 10. Prace na budowie apartamentowca Greeneri Park w Świnoujściu

Fig. 10. Construction works on the Greeneri Park apartment building in Świnoujście [Poland]

traktu, więc cena pozostaje niezmienna do końca budowy. Projekt jest wykonywany bezpośrednio przez zakład prefabrykacji lub biuro inżynierskie na jego zlecenie. Biuro projektowe na zlecenie inwestora sprawdza poprawność modeli ścian, dba o jakość, detale i ostateczny efekt architektoniczny budynku. Ważne, aby w umowie z projektantem zastrzec konieczność koordynacji i sprawdzania modeli prefabrykatów, ponieważ nie jest to zakres tradycyjnego projektu wykonawczego, a sam projekt nie jest wykonywany na zlecenie architekta, lecz inwestora. Wymaga to również innego oprogramowania i doświadczenia.

8. Case study – Greeneri Park w Świnoujściu

Dobrym przykładem takiego podejścia jest wspomniany zespół budynków apartamentowych Greeneri Park w Świnoujściu. Choć forma samych budynków nie należała do najprostszych w prefabrykacji, co wymuszone było zapisami planu miejscowego – dachami mansardowymi, antresolami, dużą liczbą głębokich balkonów, to projektowane były one od początku z wielowarstwowych prefabrykatów betonowych [rys. 11]. Rdzeń stanowiły ściany żelbetowe. Izolacja, w zależności od wymagań pożarowych, była wykonywana ze styropianu, lokalnie z wełny mineralnej lub nawet pianki PIR. Ściany okładzinowe wykonano z siedmiocentymetrowej warstwy żelbetu, wylewanej na silikonowej formie nadającej charakterystyczną, prążkowaną fakturę gotowej elewacji, malowanego w fabryce. Większość ścian wewnętrznych wykonano jako jednowarstwowe, z wyjątkiem ścian oddzielających korytarz od apartamentów. Tu, ze względów akustycznych i termicznych, zastosowano ściany wielowarstwowe, choć z mniejszą ilością izolacji. Klatki schodowe, balkony, stropy oraz stropodach również sprefabrykowano. Nawet półokrągłe ściany hallu wejściowego nie okazały się wyzwaniem [rys. 12]. Tym sposobem cały stan surowy wraz z wykończeniem elewacji został wykonany przez jeden podmiot, fabrykę ForMee. Nie była ona generalnym wykonawcą wszystkich robót, ale zastąpiła co najmniej 5 tradycyjnych ekip budowlanych, dostarczając i montując wszystkie prefabrykaty:

tial problems, and even eliminate the need to use construction scaffolding. Elements can be delivered to the construction site finished and painted with facade paint [Fig. 10].

7. Labor-intensive stage of the project

When the conceptual and construction design are ready, it is possible to accurately estimate and start the workshop design of all prefabricated elements. This is the most labor-intensive stage of the project, but it begins after the contract is signed, so the price remains unchanged until the end of construction. The design is carried out directly by the prefabrication plant or an engineering office on its behalf. On behalf of the investor, the design

office checks the correctness of the wall models, takes care of the quality, details and the final architectural effect of the building. It is important to stipulate in the contract with the designer the need to coordinate and check the prefabrication models, because this is not the scope of the traditional executive design, and the design itself is not carried out on behalf of the architect, but of the investor. This also requires different software and experience.

8. Case study – Greeneri Park in Świnoujście

A good example of such an approach is the aforementioned Greeneri Park apartment building complex in Świnoujście. Although the form of the buildings themselves was not one of the easiest to prefabricate, which was forced by the provisions of the local development plan – mansard roofs, mezzanines, a large number of deep balconies – they were designed from the outset from multi-layer prefabricated concrete elements [Fig. 11]. The core consisted of reinforced concrete walls. The insulation, depending on fire requirements, was made of foamed polystyrene, locally of mineral wool or even PIR foam. The facing walls were made of a seven-centimetre layer of reinforced concrete, poured on a silicone form giving a characteristic, striped texture to the finished façade, painted in the factory. Most of the internal walls were made as single-layer, with the exception of the walls separating the corridor from the apartments. Here, for acoustic and thermal reasons, multi-layer walls were used, although with less insulation. The staircases, balconies, ceilings and the flat roof were also prefabricated. Even the semicircular walls of the entrance hall were no challenge [rys. 12]. In this way, the entire shell and core, including the finishing of the elevation, was carried out by one entity, the ForMee factory. It was not the general contractor for all the works, but it replaced at least 5 traditional construction teams, delivering and assembling all the prefabricated elements: walls, ceilings, stairs, balconies and even landscaping elements.

ściany, stropy, schody, balkony, a nawet elementy zagospodarowania terenu.

9. Dom gotowy – co w pakiecie

Technologia projektowania komputerowego i szybki proces przygotowywania gotowych, niepowtarzalnych elementów sprawiły, że powszechne stało się wykorzystywanie prefabrykatów w budownictwie jednorodzinym. Zalety współczesnej prefabrykacji wykorzystują firmy realizujące domy według własnych projektów [rys. 13]. Niedrogie, bardzo szybko budowane domy wyróżniają się na tle podobnych przedsięwzięć wysokiej jakości współczesną architekturą i kompleksowym podejściem do klienta. Można dziś mówić o zmianie standardów wznoszenia domów jednorodzinnych, tak żeby ich zakup przypominał kupowanie nowego samochodu – wybierz dobrze zaprojektowany model dobrej marki i czekaj na dostarczenie gotowego produktu. Bez nieprzewidzianych problemów, konfliktów i kosztów. Produktem tym jest projekt, uzyskanie pozwolenia na budowę, realizacja budynku przy pomocy kompletnej kadry inżynierskiej – architekta, kierownika budowy i inspektorów nadzoru poszczególnych branż.

Takie podejście pozwala zrealizować dom w stanie surowym, za cenę kontraktową, w ciągu trzech miesięcy od wbicia pierwszej łopaty pod płytę fundamentową. Proces budowy został tak przemyślany, aby uniknąć konfliktu wielu niezależnych ekip budowlanych, które przerzucałyby się odpowiedzialnością i wytykały błędy poprzedników opóźniające im pracę. Ważnym aspektem prefabrykacji jest przewidywalność kosztów realizacji. Cena wszystkich elementów jest znana i niezmienna już na etapie projektu budowlanego. To moment, w którym należy poświęcić czas na optymalizację przed zakończeniem projektów technicznych, wykonawczych i rysunków warsztatowych ścian. W przypadku domów gotowych ten etap został już przeprowadzony i wielokrotnie sprawdzony na placu budowy. W ten sposób unikamy budowania jedyne na świecie prototypu, którego ewentualne błędy zobaczymy w trakcie lub po zrealizowaniu domu.

10. Dom Atrialny

Nie oznacza to jednak, że prefabrykacja dotyczy wyłącznie domów powtarzalnych. Upowszechnia się również budownictwo



Rys. 11. Montaż wielowymiarowych elementów prefabrykowanych na budowie Greeneri Park w Świnoujściu

Fig. 11. Assembly of large-size prefabricated elements at the Greeneri Park construction site in Świnoujście [Poland]

9. Ready-made house – what is included in the package

Computer design technology and the rapid process of preparing ready-made, unique elements have made the use of prefabricated elements in single-family construction widespread. The advantages of modern prefabrication are used by companies that build houses according to their own designs [Fig. 13]. Inexpensive, very quickly



Rys. 12. Półokrągłe ściany hallu wejściowego w budynku Greeneri Park w Świnoujściu

Fig. 12. Semicircular walls of the entrance hall in the Greeneri Park building in Świnoujście [Poland]



Rys. 13. Dom jednorodzinny wykonany w technologii prefabrykacji wielowarstwowej

Fig. 13. Single-family house constructed using multi-layer prefabrication technology

indywidualne z wielowarstwowych elementów żelbetowych. Dobrym przykładem jest Dom Atrialny autorstwa biura maxberg. Ta luksusowa willa z basenem, jacuzzi, strefą fitness i wewnętrznym atrium ma powierzchnię 560 m², wysoki salon z katedralnym sufitem i ogromne przeszklenia niemal z każdej strony. Mimo to inwestor zdecydował się na realizację z elementów wielowarstwowych: keramzytobetonowego rdzenia nośnego, izolacji termicznej i ściany okładzinowej z żelbetu. Budynek w niczym nie zdradza swojej konstrukcji. Prefabrykację wykorzystano w nim zarówno do wykonania ścian działowych, jak i ścian nośnych, a nawet basenu [rys. 4]. W ścianach rozprowadzono instalacje elektryczne zgodnie ze szczegółowym projektem wnętrza. Zewnętrzna ściana okładzinowa zapewniła trwałą i gładką elewację odporną na uszkodzenia mechaniczne. Budynek znalazł się w gronie 10 najlepszych realizacji jednorodzinnych 2019 roku według portalu F5 i doczekał się licznych publikacji prasowych.



Rys. 14. Wznoszenie domu w technologii prefabrykacji wielowarstwowej [Dom w Grzecznicach]

Fig. 14. Construction of a house using multi-layer prefabrication technology [House in Grzecznic, Poland]

built houses stand out from similar projects with high-quality modern architecture and a comprehensive approach to the customer. Today, we can talk about changing the standards of building single-family houses, so that buying them resembles buying a new car – choose a well-designed model of a good brand and wait for the delivery of the finished product. Without unforeseen problems, conflicts and costs. This product is the design, obtaining a building permit, implementation of the building with the help of a complete engineering staff – architect, construction manager and supervision inspectors of individual industries.

This approach allows the construction of a house in its raw state, for the contract price, within three months. The construction process has been designed to avoid conflict between many independent construction teams, which would shift responsibility and point out the mistakes of their predecessors that delayed their

work. An important aspect of prefabrication is the predictability of implementation costs. The price of all elements is known and unchangeable already at the stage of the construction project. This is the moment when time should be devoted to optimization before the completion of technical, executive designs and workshop drawings of the walls. In the case of ready-made houses, this stage has already been carried out and checked many times on the construction site. In this way, we avoid building the only prototype in the world, whose possible errors we will see during or after the construction of the house.

10. Dom Atrialny [Atrial House]

However, this does not mean that prefabrication applies only to repetitive houses. Individual construction using multi-layer reinforced concrete elements is also becoming more common. A good

example is the Dom Atrialny [Atrial House] by the maxberg office. This luxurious villa with a swimming pool, jacuzzi, fitness area and internal atrium has an area of 560 m², a high living room with a cathedral ceiling and huge glazing on almost every side. Despite this, the investor decided to implement it using multi-layer elements: a load-bearing lightweight expanded clay concrete core, thermal insulation and a reinforced concrete cladding wall. The building does not reveal its structure in any way. Prefabrication was used in it to make both partition walls and load-bearing walls, and even the swimming pool [Fig. 4]. Electrical installations were distributed in the walls in accordance with the detailed interior design. The external cladding wall provided

11. Dom w Grzecznicach

Odwrotnym przykładem myślenia o prefabrykacji jest Dom w Grzecznicach tej samej pracowni projektowej. Pomimo nietrwałej geometrii i niewielkiej skali budynek wykonano z prefabrykowanych elementów keramzytowych [rys. 14]. Autorzy celowo wyeksponowali linie połączeń poszczególnych ścian, nie ukrywając „tektoniki” budynku i technologii jego wznoszenia. To zapewniło niebanalny rysunek elewacji bez sztucznych zabiegów estetycznych. Ten sposób myślenia został dostrzeżony w konkursie organizowanym przez Stowarzyszenie Producentów Cementu i Stowarzyszenie Architektów Polskich na najlepszą realizację z użyciem technologii żelbetowej w 2022 roku. Niewielki obiekt w podszczecińskiej wsi otrzymał główną nagrodę za „konsekwentne zastosowanie prefabrykowanych ścian jako elementów zarówno konstrukcyjnych, jak i nadających obiektowi jednoznaczny wyraz architektoniczny”. Tym samym zostawił na niższych stopniach podium warszawski wieżowiec Skyliner i duże budynki użyteczności publicznej w całym kraju.

12. Przyszłość należy do prefabrykacji

Powyższe przykłady udowadniają, że przyszłości budownictwa, w tym jednorodzinnego, należy upatrywać w technologiach, które pozwalają oszczędzić czas, pracę ludzi na placu budowy i zapewnią znacznie wyższą dbałość o detale wykonania. Oznacza to oczywiście konieczność poświęcenia czasu na szczegółowe projektowanie. Każdy element jest modelowany w przestrzeni 3D jako model BIM wraz ze zbrojeniem, puszkami i peszlami elektrycznymi czy wnękami instalacyjnymi. Zatwierdzone modele trafiają na produkcję i w sposób znacząco zautomatyzowany wykonywane są w warunkach nieosiągalnych na placu budowy, przez wyspecjalizowane zakłady produkcyjne. Budowa wirtualnego modelu pozwala na uniknięcie wielu błędów wynikających z koordynacji wszystkich branż, a to przekłada się na twarde koszty realizacji. Każdy błąd na budowie jest znacznie droższy niż ten w świecie wirtualnym czy na kartce. Warto więc poświęcić środki na przemyślenie i optymalizację projektu, zanim rozpoczniemy prace budowlane.

13. To się po prostu opłaca

Prefabrykacja nie pozostaje domeną jedynie ekskluzywnych, drogich i dużych inwestycji w dużych miastach i ośrodkach turystycznych. Obiekty z trójwarstwowych ścian powstały m.in. w Stargardzie czy w Toruniu, a prostsze konstrukcje jednowarstwowe i domy jednorodzinne można spotkać w ogromnej ilości w całej Polsce. Decyzje o ich powstaniu zapadały na podstawie całkowitego kosztorysu i harmonogramu, a nie jedynie kosztu stanu surowego w tradycyjnej technologii. Projektowanie w środowisku BIM pomogło „zbudować” obiekty wirtualnie, zanim na plac budowy wkroczyły kosztowne ekipy, sprzęt i materiały, jako że każdy błąd na placu budowy kosztuje znacznie więcej niż jego wirtualny odpowiednik.

a durable and smooth façade resistant to mechanical damage. The building was among the 10 best single-family projects of 2019 according to the F5 portal and was the subject of numerous press publications.

11. House in Grzecznicach

A reverse example of thinking about prefabrication is the House in Grzecznicach by the same design studio. Despite its difficult geometry and small scale, the building was made of prefabricated expanded clay elements [Fig. 14]. The authors deliberately exposed the lines of connections between individual walls, without hiding the „tectonics” of the building and the technology of its construction. This provided an unconventional drawing of the facade without artificial aesthetic treatments. This way of thinking was noticed in the competition organized by the Polish Association of Cement Producers and the Association of Polish Architects for the best implementation using reinforced concrete technology in 2022. The small facility in a village near Szczecin received the main prize for the „consistent use of prefabricated walls as elements both structural and giving the facility a clear architectural expression”. In this way, it left the Warsaw Skyliner skyscraper and large public utility buildings throughout the country on the lower steps of the podium.

12. The future belongs to prefabrication

The above examples prove that the future of construction, including single-family construction, should be sought in technologies that save time, people’s work on the construction site and ensure much higher attention to detail. This of course means that time must be devoted to detailed design. Each element is modeled in 3D space as a BIM model together with reinforcement, electrical boxes and conduits or installation niches. Approved models go into production and are made in a significantly automated manner in conditions unattainable on the construction site, by specialized production plants. Building a virtual model allows you to avoid many errors resulting from the coordination of all industries, and this translates into hard implementation costs. Every error on the construction site is much more expensive than the one in the virtual world or on paper. It is therefore worth devoting resources to thinking through and optimizing the project before we start construction work.

13. It simply pays off

Prefabrication is not the domain of exclusive, expensive and large investments in large cities and tourist resorts. Three-layer wall structures were built in Polish cities of Stargard and Toruń, among others, and simpler single-layer structures and single-family houses can be found in huge numbers throughout Poland. Decisions to build them were made based on a complete cost estimate and schedule, not just the cost of the shell in traditional technology. Designing in the BIM environment helped to “build” objects virtually, before expensive teams, equipment and materials entered the construction site, as every mistake on the construction site costs much more than its virtual equivalent.