

# W sprawie nowoczesnego budownictwa wielkopłytkowego. Postulaty rozwiązań technicznych i kierunki rozwoju

## On modern large-panel construction. Postulates of technical solutions and directions of development

### Streszczenie

Ogólną substancję polskiego budownictwa mieszkaniowego w miastach w dużym stopniu stanowią budynki wykonane w technologii prefabrykowanej – wielkopłytkowej. Tradycyjne metody wykonawstwa ukształtowane przez wcześniejsze technologie rzemieślnicze okazały się zbyt mało wydajne dla zaspokojenia rosnącego popytu na mieszkania, w związku z tym już w latach 20. XX wieku wprowadzono tzw. styl międzynarodowy, który wypromował nowe materiały dla budownictwa: płyty, stal, żelbet oraz przemysłowe metody wytwarzania elementów. W ten sposób po 1945 roku w Europie, a od końca lat 50. także w Polsce rozpowszechnione zostało fabryczne budownictwo wielkopłytkowe. Na tle budynków wykonanych w innych technologiach analizowane obiekty wielkopłytkowe wyróżniają się szeregiem zalet, ale także całą listą mankamentów, co wcale jednak nie oznacza zmirzchu i zaniechania tej technologii w najbliższej przyszłości.

Przeprowadzone studia literaturowe i badania dotyczą perspektyw dla nowoczesnego budownictwa wielkopłytkowego, w tym założeń technicznych i kierunków rozwoju tej charakterystycznej odmiany technologii betonowego budownictwa prefabrykowanego. Celem przeprowadzonych badań i analiz jest wskazanie możliwości kształtowania nowoczesnych rozwiązań architektoniczno-technologicznych i funkcjonalno-użytkowych budynków mieszkalnych wielorodzinnych charakteryzujących się przestronnością pomieszczeń i pełną dostępnością dla osób z ograniczoną sprawnością ruchową. Przedstawiono analizy projektowe i możliwości rozwiązań budynków wykonanych ze współcześnie produkowanych betonowych elementów wielkowymiarowych.

### Abstrakt

The general substance of Polish housing construction in cities is largely represented by buildings made in prefabricated, large panel technology. Traditional construction methods, with the use of earlier craftsmanship technologies, turned out to be too inefficient to meet the growing demand for apartments, and therefore in the 1920s, when the so-called "International style" was introduced, new materials and technologies paved the way for their use in the construction industry, i.e. slabs, steel, reinforced concrete and industrial methods of manufacturing elements. As a result, after 1945 in Europe, and from the end of the 1950s also in Poland, prefabricated large panel construction caught on. Compared to buildings made in other technologies, the analysed large panel buildings offer a number of advantages but are also marred with many drawbacks, nonetheless, this construction technology will still be in use in the nearest future.

The conducted studies and research of the field specific literature concern prospects of modern large panel construction, in this prospects of technical assumptions and directions of development of this specific concrete prefabricated construction technology. The aim of the conducted research and analyses is to show how modern architectural and technological solutions as well as functional and utility solutions can be adapted for the needs of multi-family residential buildings in order to ensure spacious rooms and full accessibility for people with reduced mobility. The article presents design analyses and options offered by modern large-size concrete elements in building technologies.

Słowa kluczowe: wielka płyta, budownictwo prefabrykowane, nowoczesne budownictwo

Key words: large panel technology, prefabricated construction, modern construction

\* Józef Jasiczak, prof. dr hab. inż., Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu, Politechnika Poznańska / Józef Jasiczak, Prof., PhD, D.Sc. Eng., Faculty of Civil and Transport Engineering, Poznan University of Technology, <https://orcid.org/0000-0003-3643-9819>, e-mail: [jozef.jasiczak@put.poznan.pl](mailto:jozef.jasiczak@put.poznan.pl)

\*\* Marcin Kanoniczak, dr inż., Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu, Politechnika Poznańska / Marcin Kanoniczak, Phd, D.Sc. Eng., Faculty of Civil and Transport Engineering, Poznan University of Technology, <https://orcid.org/0000-0001-8017-645X>, e-mail: [marcin.kanoniczak@put.poznan.pl](mailto:marcin.kanoniczak@put.poznan.pl)

\*\*\* Jędrzej Suchecki, mgr inż. arch., Wydział Architektury, Politechnika Poznańska / Jędrzej Suchecki, M.Sc. Eng. Arch., Faculty of Architecture, Poznan University of Technology, <https://orcid.org/0000-0003-4657-3827>, e-mail: [jedrzej.suchecki@put.poznan.pl](mailto:jedrzej.suchecki@put.poznan.pl)

## 1. WSTĘP

Polskie budownictwo mieszkaniowe stanowią w dużym stopniu budynki wykonane wcześniej w technologii prefabrykowanej – wielkopłytywowej. Zjawisko masowego zapotrzebowania na mieszkania nasiliło się zarówno po I, jak i II wojnie światowej jako wynik zniszczeń substancji niezbędnej do życia i dynamicznego rozwoju przemysłu oraz wielkiej migracji ludności wiejskiej do miast. Tradycyjne metody wykonawstwa ukształtowane przez realizację secesyjną okazały się zbyt mało wydajne dla zaspokojenia rosnącego popytu, w związku z tym już w latach 20. XX wieku tacy twórcy modernizmu, jak Walter Gropius, Le Corbusier, Ernst Neufert i inni zdecydowali o uproszczeniu form architektonicznych, wprowadzając regularność, powtarzalność i typizację części budynków, ustanawiając – jak podaje Mistrz Gropius w dziele „Pełnia architektury” – „styl międzynarodowy”. Modernizm, obok zmiany form architektonicznych, wypromował także nowe materiały dla budownictwa: płyty, stal i żelbeton dostosowane do fabrycznych metod produkcji. W ten sposób w drugiej połowie lat 30., a szczególnie po 1945 roku w Europie, a od końca lat 50. także w Polsce rozpowszechnione zostało fabryczne budownictwo wielkopłytywowe.

Przyjmowany wówczas standard przestrzenny mieszkań zużył się i fizycznie, i moralnie, jednak w kraju jest to nadal podstawowa substancja mieszkaniowa stanowiąca istotną tkankę miejską dla prawie 10-12 mln Polaków. Z tego powodu realizowane są różne programy modernizacyjne istniejącej zabudowy, a także prowadzone prace badawcze nad rozwiązaniami przyszłościowymi dla obiektów wielkogabarytowych zbiorowego zamieszkiwania realizowanych także betonowymi technologiami prefabrykowanymi. Rozważania z tym związane są przedmiotem przeprowadzonych badań i analiz zaprezentowanych w niniejszej publikacji.

Na tle budynków wykonanych w innych technologiach analizowane obiekty wielkopłytywowe wyróżniają się szeregiem zalet, ale także całą listą mankamentów (Basista, 2001). Typowe problemy techniczne i użytkowe (Kaniczak, 2018) oraz biorące się z nich często niestosunkowe, negatywne opinie o wszelkich obiektach prefabrykowanych, a także wpływ przemian gospodarczych w kraju, stały się główną przyczyną zapoczątkowanego w latach 90. zmierzchu prefabrykacji wielkopłytywowej. W nowej ustrojowo Polsce nastąpił odwrót od tej odmiany budownictwa. Masowo likwidowano fabryki domów i wytwórnie poligonowe. Nowe budynki mieszkalne wielorodzinne realizowano głównie w technologii tradycyjnej murowanej. Zaczęła wzrastać liczba obiektów wznoszonych w technologii monolitycznej. Sama prefabrykacja zasadniczo ograniczona została do produkcji tylko poszczególnych elementów konstrukcyjnych budynków, w tym najczęściej elementów stropowych, płyty dachowych, czy belek nadprożowych. Jednocześnie następował wzrost jakości wytwarzanych prefabrykatów.

Problem niezaspokojonych potrzeb lokalowych oraz wysokie koszty realizacji nowych obiektów już wiele lat temu wymusiły poszukiwanie alternatywnych technologii budowlanych, których zastosowanie mogłoby poprawić sytuację mieszkaniową. Wzrosło zainteresowanie

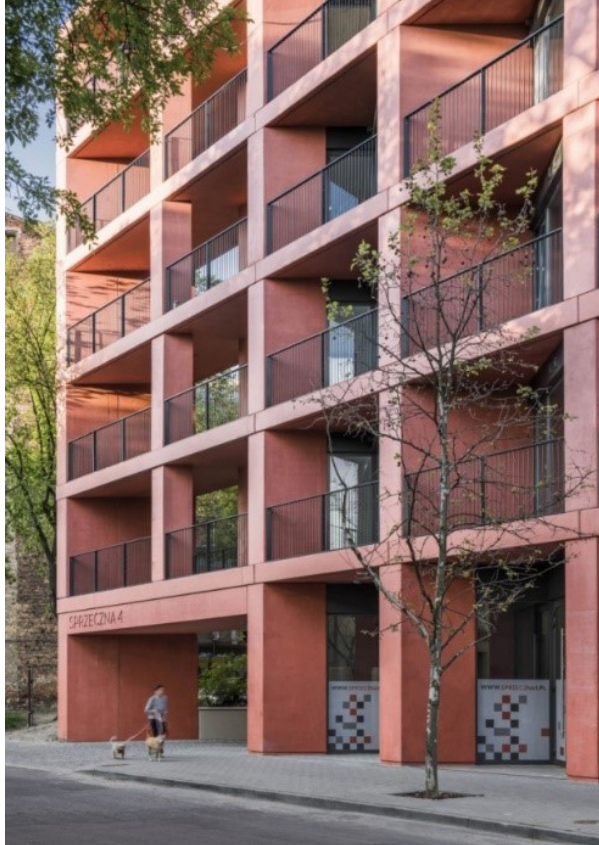
## 1. INTRODUCTION

The scope of research includes general substance of Polish housing stock in cities. To a large extent, residential buildings in Poland were constructed with the use of the prefabricated, large panel technology. Mass demand for housing intensified both after the First and the Second World War due to the destruction of habitable buildings as well as due to a dynamic growth of industry and large migration of population from rural to urban areas. Traditional methods of construction applied in Art Deco buildings proved inefficient to meet the growing demand, therefore, in the 1920s Walter Gropius, Le Corbusier, Ernst Neufert and other propagators of modernism decided to simplify architectural forms via patternisation, recurrence and standardisation of certain parts of the buildings and thus, pioneering – as Walter Gropius says in his work ‘Full Architecture’ – the international style. Apart from changing architectural forms, modernism also introduced new construction materials: slabs, steel, reinforced concrete suitable for prefabrication. This way, in the second half of the 1930s, and in particular after 1945 in Europe, and from the end of the 1950s also in Poland, prefabricated large panel construction gained popularity.

The then applied standard of living space is no longer justified in physical and also moral terms, nonetheless, almost 10-12 million Poles continue to live in residential buildings constructed with the use of prefabricated elements and such buildings represent a significant share in the urban tissue. For that reason, various programmes are implemented to modernise the existing development and to conduct research on solutions that might be implemented in future in multi-family high and low rise blocks of flats that were built using prefabricated, concrete large panels. Studies thereon make up the subject matter of the conducted research and analyses presented herein.

In comparison to buildings constructed with the use of other technologies, large panel blocks stand out with a number of advantages but they also show many drawbacks (Basista, 2001). Typical technical and occupancy issues (Kaniczak, 2018) and many – stemming thereunder – unfair and negative opinions on prefabricated buildings, combined with economic transformations in Poland underlay a decline in the use of prefabricated large panel technology in the 1990s. In the new political system in Poland, this type of construction technology faced an inevitable decline. Prefabricated production plants and on-site manufacturing were discontinued on a mass scale. New multi-family residential buildings were mainly constructed in traditional brick technology. The number of facilities constructed with the use of in-situ technology started to rise. Prefabrication was basically limited to production of individual structural components of buildings, including most often, components of the ceiling and flooring systems, roof slabs or lintels. At the same time, the quality of prefabricated components increased.

The issue of housing demand in excess of supply and high costs of construction of new buildings forced the



II. 1a, b. Widok nowoczesnego prefabrykowanego budynku mieszkalnego wielorodzinnego wzniesionego przy ul. Sprzecznaj 4, autorzy: BBGK Architekci. Fot. Juliusz Sokołowski (według: <https://www.archdaily.com/892501/sprzecznaj-4-bbgk-architects>) (dostęp: 7.03.2023)

III. 1a, b. View of the new, prefabricated multi-family residential building developed at ul. Sprzecznaj 4 in Warsaw, author: BBGK Architekci, Photograph: Juliusz Sokołowski (as per: <https://www.archdaily.com/892501/sprzecznaj-4-bbgk-architects>) (accessed: 7.03.2023)

sposobem realizacji obiektów bazującym na wykorzystaniu jak największej liczby elementów przygotowanych fabrycznie. W tym sensie jest to powrót do klasycznej myśli uprzemysłowienia budownictwa mieszkaniowego, lecz przy wykorzystaniu nowoczesnych możliwości produkcyjnych, w oparciu o nowoczesną architekturę i wysokiej klasy rozwiązania materiałowe.

Istotną kwestią jest także modelowanie bryły budynku oraz zawartych w nim mieszkań, aby zaproponowana przestrzeń była jak najbardziej funkcjonalna i możliwie jak najdłużej spełniająca rosnące wymagania użytkowników. Nowoczesne budownictwo wielkopłytowe powinno charakteryzować się przede wszystkim przestronnością pomieszczeń, pełną dostępnością dla osób z ograniczoną sprawnością ruchową, właściwym doświetleniem pomieszczeń, skuteczną wentylacją oraz wysokim poziomem estetyki.

Obecnie na terenie Polski istnieje kilka zakładów wytwarzających elementy przeznaczone do wznoszenia obiektów mieszkalnych wielorodzinnych, dla których z założenia przewidziano wykorzystanie możliwie jak największej liczby prefabrykatów wielkowymiarowych. Stosowane są nowoczesne rozwiązania technologiczne i materiałowe, pozwalające na uzyskanie pożądanych cech wytwarzanych elementów związanych z wytrzymałością, trwałością i dokładnością wykonania, co potwierdza realizacja nowego budynku przy ul. Sprzecznaj 4 w Warszawie autorstwa BBGK Architekci.

Choć nadal udział nowej prefabrykacji w polskim rynku budowlanym jest niewielki, to śmiało można powiedzieć, że wielka płyta odrodziła się, lecz w jakościowo lepszej postaci.

developers to look for alternative construction technologies that might effectively address the said issues. This is how the construction method based on the application of possibly the largest number of prefabricated components came into the focus of attention. We can see it as a specific come back to the original ideas of industrialisation of residential housing, yet, with the use of modern production capacities and based on new architectural and high quality material solutions. The key issue is to so model the building block and its interior arrangement that the designed space was optimally functional and able to meet the changing demands of its residents. New prefabricated large panel construction should first of all offer spacious rooms, full accessibility for people with reduced mobility, proper room lighting, efficient ventilation and high level of aesthetics.

At the moment, in Poland there are several production plants manufacturing prefabricated components intended for the erection of multi-family blocks of flats, designed with the maximum number of prefabricated large panel technology components in mind. The construction process incorporates new technological and material solutions, which allow the attainment of such desirable features as strength, durability or precision, as an example thereof, we can refer to the new building constructed at ul. Sprzecznaj 4 in Warsaw by BBGK Architekci.

Even if the share of the new prefabrication technology in the construction industry sector is small, we can conclude that large panel technology, having uplifted its quality, is coming back.





II. 2a, b. Widok elewacji nowoczesnego budynku mieszkalnego wielorodzinnego wzniesionego przy ul. Szamotulskiej w Baranowie k. Poznania, Fot.: Marcin Kanoniczak

III. 2a, b. View of the new, prefabricated multi-family residential buildings developed at ul. Szamotulska in Baranowo near Poznan, Photograph: Marcin Kanoniczak

## 2. METODOLOGIA

Wyznaczony obszar badawczy obejmuje ogólną substancję polskiego budownictwa mieszkaniowego w miastach. Interdyscyplinarny zespół działający w Politechnice Poznańskiej od wielu lat analizuje fenomen budownictwa wielokopłtowego, uczestnicząc w programach badawczych ogłaszanych przez NCBiR, jednostki gospodarki uspołecznionej, pojedyncze spółdzielnie mieszkaniowe i jednostki samorządowe. Z tego powodu przyjmowane są różne metody badań naukowych, zarówno ilościowe, dzięki którym określono parametry liczbowe charakteryzujące badane obiekty lub całe systemy technologiczne, jak i jakościowe dostarczające nowych hipotez badawczych i informacji o badanym zjawisku, także o oczekiwanej jakości, pomocy w lepszym zrozumieniu działania analizowanych zagadnień i pogłębienie istniejącej wiedzy (Niezabitowska, 2014). Zebrany w ten sposób materiał badawczy z zakresu inżynierii budownictwa skonfrontowano z zagadnieniami projektowania architektonicznego obiektów mieszkaniowych w zakresie analizy porównawczej układów funkcjonalno-przestrzennych (Korbi, Migotto, 2019). Umożliwiło to sformułowanie wniosków oraz postulatów dla problematycznych wyzwań aktualnego stanu mieszkalnictwa w Polsce w obrębie dostępnych technologii wykonawstwa. Celem przeprowadzonych badań jest waloryzacja doświadczeń budownictwa wielokopłtowego i określenie ram, w jakich może ono stanowić środek do formowania dostępnej architektury mieszkaniowej (w rozumieniu finansowym, funkcjonalnym i ergonomicznym).

## 3. WIELKA PŁYTA – OD TRADYCJI KU NOWOCZESNOŚCI

Idea budownictwa wielokopłtowego oparta została na szybkiej realizacji obiektów, dzięki ograniczeniu procesu budowlanego odbywającego się na placu budowy do wykonania fundamentów, montażu elementów prefabrykowanych oraz wykonania robót wykończeniowych. Założono możliwie jak największy udział prefabrykatów w ogólnej masie wykorzystywanych materiałów. Ta metoda budowania przyczyniła się przed kilkudziesięciu laty do rozwoju polskiego budownictwa mieszkaniowego na niespotykaną wcześniej skalę. Zastosowano systemowe rozwiązania centralne i regionalne, w ramach których zrealizowano osiedla i zespoły obiektów. Każdy system zawierał zbiór – typoszereg prefabrykowanych elementów ściennych, stropowych, dachowych, elementów klatek schodowych, a także prefabrykatów

## 2. METHODOLOGY

For many years the phenomenon of large panel technology has been studied by an interdisciplinary team at Poznan University of Technology. The team has participated in numerous research projects/programmes implemented by the NCBiR (the National Center for Research and Development), public administration units, housing cooperatives and self-government units. For that reason, the studies assume various research methods, both quantitative, which allow proper parameterisation of values characteristic of the facilities under the research or of complete technological systems, and qualitative, which provide new research hypotheses and data on the analysed phenomenon as well as information on the expected quality. Such assumptions are intended to facilitate our understanding of the analysed issues and to improve the existing knowledge (Niezabitowska, 2014). The civil engineering research material collected in this way was confronted with issues of the architectural design of residential buildings in terms of comparative analysis of functional layouts (Korbi, Migotto, 2019). This made it possible to formulate conclusions and postulates for the problematic challenges of the current state of housing in Poland within the scope of available construction technologies. The aim of the research is to valorize the experience of large panel technology and to identify the framework within which it can provide a means of forming accessible residential architecture (in financial, functional and ergonomic terms).

## 3. LARGE PANEL TECHNOLOGY – FROM TRADITION TO MODERNITY

Large panel technology stemmed from the demand for the reduction of the construction period. This goal was attained via limiting the construction works pending on the construction site, during the process of laying foundations, assembly of prefabricates and finishing works. The idea was based on the assumption that prefabricates should have possibly the largest share in all types of materials used. Thus, several dozen years ago, owing to this method of construction, the residential housing sector started to grow on an

przestrzennych przeznaczonych do tworzenia pomieszczeń sanitarnych, pionów wentylacyjnych i szybów windowych. Charakterystyka poszczególnych systemów budownictwa wielkopłytkowego została przedstawiona w literaturze przedmiotu, np. w publikacjach (Biliński, Gaczek, Kłorek, 1978; Dzierżewicz, Starosolski, 2010; Pliszek, 1974).

Większość systemów budownictwa wielkopłytkowego posiada charakter zamknięty, w którym dominują przegrody wewnętrzne w postaci ścian nośnych. Możliwości kształtowania przestrzeni mieszkań są więc mocno ograniczone. Podporządkowanie planom produkcyjnym wzięło górę nad swobodą działania projektantów. Tylko w nielicznych przypadkach udało się stworzyć wielofunkcyjne osiedla mieszkaniowe ze zróżnicowanymi bryłami i rozkładami mieszkań, tak jak w przypadku założeń: Sady Żoliborskie (proj. H. Skibniewska), Ursynów Północny (proj. M. Budzyński), osiedle im Juliusza Słowackiego w Lublinie (proj. O. Hansen). W odniesieniu przytoczonych realizacji w skali urbanistycznej docenić należy również poszukiwania przełamania monotonii formy architektonicznej w skali architektonicznej, szczególnie wrocławskie realizacje, w tym osiedle Plac Grunwaldzki (proj. J. Grabowska-Hawrylak).

W momencie powstawania budynki wielkopłytkowe odznaczały się nowoczesnymi rozwiązaniami architektonicznymi, technologicznymi, konstrukcyjnymi i materiałowymi.

W zakresie izolacyjności termicznej przegrody zewnętrzne w okresie realizacji budynków spełniały ówczesne wymagania normowe. Elementy płytowe ścian zewnętrznych, jednowarstwowe oraz trójwarstwowe, z założenia reprezentowały odpowiedni poziom oporu cieplnego. Na długości czasu użytkowania obiektów kilkakrotnie zaostrzono wymagania dotyczące wartości współczynnika przenikania ciepła przegród, stąd konieczne było dokonywanie odpowiednich modernizacji istniejących budynków. Stopniowo realizowano politykę docieplania ścian zewnętrznych, z początku tylko szczytowych, później pozostałych powierzchni elewacji, niestety nadal bez części cokołowej. Z czasem termomodernizacją objęto stropodachy. Na masową skalę wymieniano starą drewnianą stolarkę okienną najczęściej na okna tworzywowe. Część obiektów poddano powtarzanej termomodernizacji. Procesom tym towarzyszył rozwój technologii materiałów izolacyjnych oraz wykończeniowych. Przykładowo na początku do wykończenia ocieplonej elewacji stosowano blaszaną warstwę wierzchnią. Z czasem powszechna stała się tzw. metoda lekka – mokra wykorzystująca tynki cienkowarstwowe wykonane na warstwie zbrojonej. Na rynku pojawiły się nowe odmiany tradycyjnych materiałów termoizolacyjnych z polepszonymi parametrami cieplnymi, a także nowe rozwiązania stolarki okiennej. Tradycyjne budynki wielkopłytkowe mają kilka znaczących mankamentów nieakceptowanych przez użytkowników. Należą do nich przede wszystkim niewielkie powierzchnie pomieszczeń, ich zbyt mała wysokość, wąskie korytarze w mieszkaniach i poza nimi, zbyt wąskie drzwi i przejścia (Kanoniczak, 2018).

Część budynków nie została wyposażona w balkony, a na części balkony występują od poziomu pierwszego piętra. Ich wymiary zazwyczaj są niewielkie, więc nie spełniają oczekiwań mieszkańców. Bezpośrednie połączenie elementów konstrukcyjnych balkonów i loggii z bryłą budynku jest niekorzystne z punktu widzenia ochrony termicznej (Kanoniczak, 2020). Liniowe mostki ciepłe powodują wychładzanie wnętrza obiektu.

unprecedented scale in Poland. National and regional system solutions were used to complete entire housing estates and complexes of buildings. Each system contained a set of relevant components - series of types of prefabricated components such as walls, ceiling and flooring systems, roof components, staircases and also prefabricates to delimit space of sanitary rooms or ventilation and lift shafts. Characteristics of respective systems of large panel construction have been presented in the field specific literature, e.g. in such publications as (Biliński, Gaczek, Kłorek, 1978; Dzierżewicz, Starosolski, 2010; Piliszek, 1974).

Most systems of large panel construction are closed systems with the dominant function of internal barriers in the form of bearing walls. As a result options of space arrangement in respective flats are highly limited. Freedom of creative designing was subjected to production plans. There were only few exceptional cases where multi-functional housing estates demonstrated diverse building bodies and flat layout, as an example we can refer to the following housing estates: Sady Żoliborskie (designed by H. Skibniewska), Ursynów Północny (designed by M. Budzyński), Juliusz Słowacki housing estate in Lublin (designed by . Hansen). In relation to the urban scale realizations above, the search for breaking the monotony of architectural forms should be appreciated on an architectural scale, particularly realizations in Wrocław, including Osiedle Plac Grunwaldzki (designed by J. Grabowska-Hawrylak). At the time of their erection, large panel buildings featured new architectural, technological, engineering and material solutions.

As regards thermal insulation the exterior walls at the time met all requirements of prescribed standards. One layer or three layers of exterior wall panels demonstrated - as per the assumption - proper thermal insulation level. In the span of the useful life of such housing estates, standards applicable to heat transfer coefficient values of barriers have many times changed, thus, the buildings were required to undergo relevant modernisation works. The required additional thermal insulation of exterior walls was implemented gradually from the gable walls, to other surfaces of the elevation, yet it unfortunately never reached the foundation plinth. In the course of time, flat roofs were also insulated. Old wooden window frames also began to be replaced on a mass scale, most often with plastic ones. Some of the buildings were re-modernised. At the same time insulation and finishing technologies were the subject of dynamic innovative changes. For example, in the past steel sheets were used as the finishing for the insulated elevation. In the course of time the so-called "light-wet" method that applies thin-layer plaster on the layer to be reinforced became more popular. New types of traditional insulation materials, offering improved thermal parameters and new window joinery solutions, appeared on the market.

Traditional large panel buildings have several major drawbacks from the point of view of their users. Above all, small surface areas of rooms, insufficient height, narrow halls in flats and in the buildings, too narrow doors and passages (Kanoniczak, 2018).

Brakuje dźwigów osobowych lub istniejące nie obsługują wszystkich kondygnacji użytkowych budynku. Kabiny mają małą powierzchnię, co utrudnia transport przedmiotów o wielkich gabarytach. Podobny problem dotyczy klatek schodowych, w których standardowo występują wąskie biegi i spoczniki.

W klasycznych budynkach z wielkiej płyty występują kłopoty ze sprawnością wentylacji, a także niedostateczną izolacją akustyczną pomiędzy mieszkaniami oraz mieszkańami a szybami dźwigów.

Istotną kwestią jest istnienie wielu barier architektonicznych utrudniających swobodne korzystanie z budynku przez osoby z ograniczoną sprawnością ruchową. Poza wspomnianymi wąskimi drzwiami i przejściami uniemożliwiający przejazd wózkami inwalidzkim, występują wysokie progi, szczególnie przy drzwiach balkonowych oraz w wejściu do pomieszczeń łazienki i ustępu wydzielonego, wykonanych w postaci kabiny sanitarnej.

Dostęp do mieszkań w budynkach niskich i średniowysokich możliwy jest najczęściej po pokonaniu schodów wewnętrznych, a w wielu przypadkach także schodów zewnętrznych. Schody i brak dźwigu stanowią podstawową barierę nie do pokonania przez osoby poruszające się na wózkach inwalidzkich. W budynkach najczęściej brakuje pochylni czy też wyposażonych w nie drugich drzwi wejściowych do budynku. Do budynków, w których brakuje wiatrołapów wchodzi się bezpośrednio na klatkę schodową. Dostanie się do mieszkania na parterze jest możliwe po pokonaniu jednego biegu schodów.

W części obiektów występują tzw. ślepe kuchnie, czyli pomieszczenia kuchenne bez okien. Uciążliwy jest brak dostępu do światła dziennego, a także niemożność bezpośredniego przewietrzenia pomieszczenia.

Poza tym występuje problem niewłaściwego zabezpieczenia przeciwpożarowego budynku, w tym brak klap dymowych nad klatkami schodowymi.

Projektowanie nowoczesnych budynków prefabrykowanych wielkopłytowych powinno z założenia zakładać eliminację wszystkich mankamentów charakterystycznych dla obiektów reprezentujących pierwotną wersję tej technologii. Jest to zadanie trudne do wykonania, ale zarazem niezwykle ambitne i przede wszystkim konieczne do uzyskania obiektów nowej generacji, spełniających współczesne wymagania potencjalnych inwestorów. Nowoczesne budownictwo wielkopłytowe musi spełniać szereg zasadniczych wymagań, by z powodzeniem konkurować na rynku budowlanym z innymi aktualnie stosowanymi metodami budowania. Przede wszystkim muszą zostać spełnione wymagania w zakresie jakości poszczególnych elementów prefabrykowanych. Dotyczy to jakości wyrobu jako całości oraz materiałów użytych do jego wykonania. Istotne jest spełnienie wielu kryteriów wytrzymałościowych oraz wymiarowych (Kamieniarz, Bocheński, 2021; Woyciechowski, Adamczewski 2021).

#### **4. NOWOCZESNE BUDYNKI MIESZKALNE Z PREFABRYKATÓW WIELKOPŁYTOWYCH, PODSTAWOWE PRZESŁANKI, PROGNOZA**

W celu uzyskania budynku charakteryzującego się wysokim stopniem funkcjonalności, należy zaprojektować obiekt o odpowiednich gabarytach, w tym wielkości i kształcie pomieszczeń, w którym dla osób

Some of such buildings have no balconies at all and in some there are no balconies on the ground floor. The sizes of the balconies are small and most often do not meet the expectations of the users. Moreover, direct connection of structural components of balconies and loggias with the building bodies undermine the building insulation (Kanoniczak, 2020). Linear thermal bridges result in the cooling of the building interior.

There are no passenger lifts or lifts do not serve the inhabitants of all the floors. Lift cabins are small, which prevents any transports of bulk items. Similarly, flights of stairs are narrow.

Many large panel buildings are provided with insufficient ventilation and noise insulation between flats as well as between flats and lift shafts.

Numerous architectural barriers impede options of unobstructed use of building areas by persons with limited mobility, which constitutes another disadvantage. Apart from narrow doors and passages that prevent access to people on wheelchairs, there are high doorsills, in particular at the French windows and at the entry to the bathroom and the shower cubicle.

Access to flats in medium and low rise blocks is ensured via internal stairs and most often also via external stairs. Stairs and lack of lifts are discriminating barriers for persons on wheelchairs. Usually there are no wheelchair ramps, neither at the main, nor at the secondary building entrance. The buildings are not provided with any porch and access thereto leads directly to a staircase. Ground floor flats can be accessed only via stairs.

In some flats, kitchen premises have no window. No daylight reaching the kitchen area poses a nuisance and so does no option of direct airing.

Apart from that, fire safety of such buildings fails to meet current standards, there are no smoke vents over the staircases.

Designs of new prefabricated large panel buildings should focus on the elimination of all the shortcomings of the buildings constructed with the use of the original large panel technology. This is a highly challenging and ambitious goal to construct new generation of large panel buildings that would meet current expectations of potential investors. New large panel construction must meet a wide range of fundamental requirements to successfully compete on the construction market with other construction technologies. First of all, relevant quality parameters of respective prefabricated components shall be satisfied. This concerns the quality of a product as a whole and the quality of materials used in its production. Numerous strength and dimension parameters have to be ensured (Kamieniarz, Bocheński, 2021; Woyciechowski, Adamczewski, 2021).

#### **4. NEW PREFABRICATED LARGE PANEL RESIDENTIAL BUILDINGS, BASIC PREREQUISITES, FORECASTS**

In order to construct a building characterised with high functionality, first of all, it has to be properly designed, i.e. proper volume and shape has to be planned, in this sizes and shapes of the rooms, and persons with



niepełnosprawnych zapewniony jest dostęp do wszystkich kondygnacji użytkowych. Istotne jest stosowanie zasad ergonomii w architekturze (Krause-Brykalska, 2017). Przemieszczanie się mieszkańców wewnątrz budynku w kierunku pionowym i poziomym musi być wygodne i bezpieczne z wykorzystaniem odpowiednio zaprojektowanych klatek schodowych oraz dźwigów osobowych. Ponadto spełnione muszą być wymagania w zakresie ochrony przeciwpożarowej, w tym dotyczące możliwości przeprowadzenia sprawnej ewakuacji mieszkańców z budynku. Jednym z czynników decydujących o funkcjonalności budynku i bezpieczeństwie użytkowników jest liczba kondygnacji. Zasadne jest tworzenie obiektów niskich, o kilku kondygnacjach. Lekcje z przeszłości podpowiadają, że należy starannie operować charakterystyczną powtarzalnością w skali urbanistycznej (wysokość i intensywność zabudowy), architektonicznej (rytm elewacji) i detalu (zapewnienie rozwiązań indywidualnych dla kontekstu) (Dömer, Drexler, Schultz-Granberg, 2014). Współczesne narzędzia projektowe umożliwiają efektywne i precyzyjne opracowanie symulacji od wizualizacji formy architektonicznej po przedmiary. Jest to kluczowe w przypadku projektowania obiektów z elementów prefabrykowanych, gdzie konieczna jest koordynacja z zakładem je produkującym już na etapie koncepcji. Poza dostosowaniem rozwiązań do uwarunkowań projektu umożliwia ona bardziej rzetelne kosztorysowanie. Zasadniczą przewagą technologii prefabrykowanej jest szybszy czas realizacji, wyższa jakość elementów i ograniczenie zasobów na placu budowy, co stanowi również redukcję uciążliwości dla środowiska i sąsiedztwa, które składają się na szeroko rozumiane obniżenie kosztów (Vasishta, et al., 2023).

Rzeczą oczywistą jest zastosowanie nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych i wykończeniowych, w tym odpowiednio wysokich klas betonu, trwałych i estetycznych powłok, okładzin i elementów wykończenia części wewnętrznych oraz zewnętrznych budynku. Precyzyjnie wykonane elementy prefabrykowane gwarantują wysoką estetykę wykończenia, także przy pozostawieniu ich w stanie surowym.

Istotne jest zastosowanie systemu otwartego przede wszystkim w celu uzyskania możliwie dużej swobody kształtowania przestrzeni w lokalach mieszkalnych (Schneider, et al., 2004; Korzeniewski, 2011). Powtarzalność, która stanowi główną oś obniżenia kosztów budowy, powinna sprowadzać się przede wszystkim do układu konstrukcyjnego. Elementy wydzielające pomieszczenia, kształtujące tektonikę elewacji czy detalu mogą, ale nie muszą stanowić elementów scalonych w jak najmniejszą liczbę komponentów. Zdaniem autorów prezentowanych badań ciekawą alternatywą dla aktualnie panującego trendu wykonywania budynków o ścianach zewnętrznych z prefabrykatów trójwarstwowych (płyta nośna + termoizolacja + płyta osłonowa) jest zastosowanie płyt ściennych jednowarstwowych, stanowiących warstwę konstrukcyjną przegrody. Samo ocieplenie obiektu z założenia następowałoby po skończonym jego montażu. Obowiązkowo izolacja termiczna powinna objąć także ściany piwniczne. Wykończenie przegrody można zrealizować w kilku wariantach, na przykład jako tradycyjne w systemie ETICS lub na bazie

limited mobility should be included in the group of the building users by being provided with access to all the building floors. Application of principles of ergonomics in architecture is vital (Krause-Brykalska, 2017). By means of properly designed staircases and lifts, architects must envisage comfortable and safe vertical and horizontal human traffic inside the buildings. Moreover, fire safety regulations must be observed, thus, buildings need to be provided with fire escape routes allowing for efficient evacuation of the inhabitants from the buildings. Number of the storeys represents one of the decisive factors that underlie the building functionality and safety of its users. Therefore, from that point of view, it is fully justified to design low rise, few storey high buildings. Lessons from the past suggest careful handling of characteristic repetition at the urban scale (building height and intensity), architectural scale (facade rhythm) and scale of detail (providing context-specific solutions) should be (Dömer, Drexler, Schultz-Granberg, 2014). Modern design tools make it possible to efficiently and accurately develop simulations, from visualization of the architectural form to quantity survey. It is crucial for the design of large panel buildings, to cooperate with the production plant already at the concept stage. Apart from adapting solutions to the project requirements, it enables more reliable cost estimating. as the key advantage of prefabrication technology is faster construction time, higher element quality and reduced resources on site. That also refers to a reduction in environmental and neighborhood nuisance, all of which contribute to wider cost reductions (Vasishta, et al., 2023).

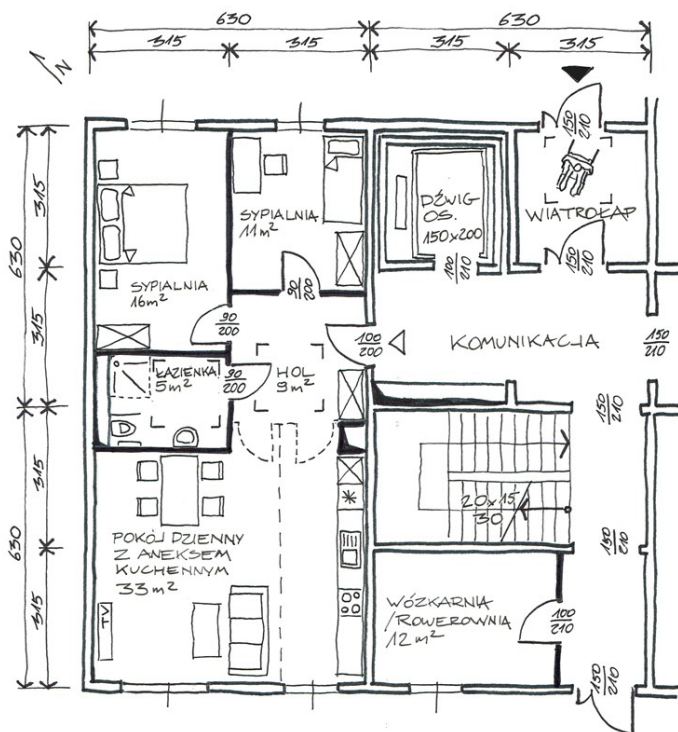
It is, further, obvious that new facilities should be erected with the use of modern construction and finishing materials, i.e. high quality concrete, durable and aesthetic coatings, layers, lining and other finishing materials, both inside and outside of the buildings. Precision of manufacturing of prefabricated components guarantees high aesthetics of performance, including structures in shell unit standard of finishing. It is important to use an open system in order to achieve the greatest possible freedom in shaping apartment layouts (Schneider, et al., 2004; Korzeniewski, 2011). Repeatability, which is the main attribute for reducing construction costs, should come down primarily to the structural layout. Elements for space division, shaping façade tectonics or detailing may but don't have to be elements integrated into the smallest possible amount of components. In the opinion of the authors hereof, one-layer wall panels that make up the basic structural elements of a barrier represent an interesting alternative for the currently prevailing trend of prefabricated three-layer large slab panels used in exterior walls (bearing slab + thermal insulation + insulation protection panel). In such a technology, building insulation would follow once the assembly has been completed. Thermal insulation should obligatorily cover all basement walls. There are several barrier finishing options, for example traditional finishing methods such as ETICS

podkonstrukcji metalowej z wypełnieniem materiałem termoizolacyjnym, z wykończeniem elewacji w postaci płyt włókno-cementowych. Rozwiązanie ściany zewnętrznej bazującej na elementach jednowarstwowych umożliwia uniknięcie problemów typowych dla ścian z prefabrykatów zawierających trzy warstwy. Przede wszystkim nie wystąpią trudności produkcyjne związane z wykonaniem kotwienia warstwy elewacyjnej i termoizolacyjnej z wewnętrzną warstwą konstrukcyjną, a także z zazbrojeniem samej warstwy elewacyjnej. Ocieplanie budynku po zmontowaniu konstrukcji umożliwi uzyskanie ciągłej izolacji termicznej, a co za tym idzie redukcję mostków termicznych i problemów szczelności występujących na styku prefabrykatów na długości ściany i w narożach. Nie będzie też kłopotów z uzyskaniem ciągłości powierzchni elewacji. Możliwe jest przewiezienie większej liczby prefabrykatów jednowarstwowych jednym środkiem transportu w porównaniu z liczbą przewożonych tym samym środkiem elementów trójwarstwowych. Jest to więc rozwiązanie korzystne także z punktu widzenia kosztów transportu, szczególnie uciążliwych zwłaszcza przy znacznych odległościach pomiędzy wytwórnią prefabrykatów a placem budowy.

Postulowane rozwiązania pozwalają na aranżację przestrzeni wspólnych, jak i mieszkań zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego (Dziennik Ustaw, 2019). Spełniając obowiązujące wymagania prawne, nie zapomniano o komfortcie użytkowania w celu zaspokojenia potrzeb mieszkańców niezależnie od ich stopnia sprawności i wieku. Proponowany moduł konstrukcyjny o wymiarach 630 cm x 315 cm pozwala na planowanie ustawnych rozkładów mieszkań, a także na zapewnienie wygodnej komunikacji pionowej z łagodną geometrią biegów schodowych. Komunikacja pozioma dostosowana jest do ergonomii jej użytkowników: od dojścia do budynku do mieszkania, przez przestronny hol czy kabinę dźwigu osobowego, aż po swobodne dojście do łóżka od trzech stron

II. 3. Schemat rzutu kondygnacji budynku opartej na module konstrukcyjnym 630 x 315 cm, (autor: Jędrzej Suchecki)

III. 3. Projection plan of a building floor in the structural module 630 x 315 cm, (author: Jędrzej Suchecki)



energy efficient thermal cladding system or structural metal framing filled with thermal insulation materials and elevations clad with fibre-cement panels. Exterior walls constructed with the use of one-layer wall panels allow for elimination of problems typical of prefabricated three-layer large slab panel technology. First of all, the one-layer wall panel technology allows us to avoid any problems that arise in the production process with respect to the anchorage of the elevation layer and thermal insulation to the internal structural layer and to avoid problems concerning the reinforcement of the elevation layer. Thermal insulation of the building after the assembly of the building structure will ensure its continuity, and thus, will reduce the number of thermal bridges and eliminate tightness issues that might arise at contact lines between prefabricated components along the walls and in the corners. Continuous surface of elevation can be easily achieved. Many more one-layer wall panels can be transported by a single truck as compared to three-layer large slab panels. Thus, from the point of view of costs of transport - the longer the distance between the production plant and the building site, the higher the costs - one-layer wall panel technology has an advantage of a cost efficient solution.

Proposed solutions allow for arrangement of common areas in the building and interior design of flats in accordance with the principles of universal design (Dziennik Ustaw, 2019). This solution not only meets the applicable legal requirements but also the users' needs of comfortable living regardless of their disabilities and age. The proposed structural module of the dimensions of 630 cm x 315 cm allows for designing flat plans offering a variety of arrangement options and for assuring smooth vertical human traffic via human-friendly geometry of flights of stairs. Horizontal human traffic is adapted to the ergonomics of its users, i.e. from the building entrance to the flat entrance, via the corridor or the passenger lift cabin, and next to one's bedroom where the bed is accessible from three sides. Free access to sanitary wares, kitchen utensils and storage space prevails in the flat interior design conceptions.

Moreover, new large panel housing should, as per principle, incorporate a number of optimal solutions, which include:

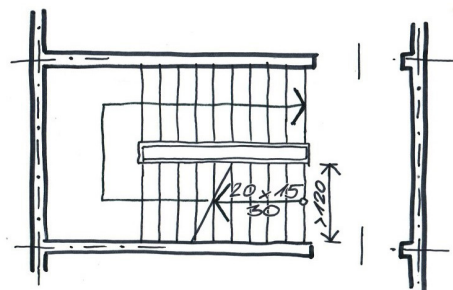
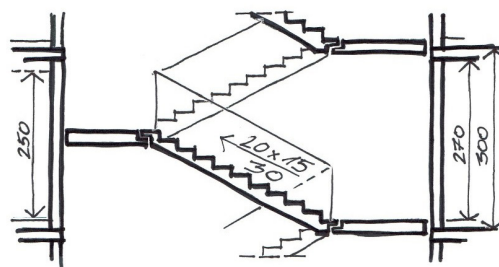
- Structural solutions:
  - solutions applied in the building structure that ensure high level of safety and durability of the bearing system (Jasiczak, Girus, 2018; Jasiczak, Girus, Kanoniczak, 2021),
  - dimensions of cross-sections of the bearing walls and the ceiling and flooring system that ensure proper rigidity, fire resistance and optimal thickness of the concrete cover
  - thickness of walls and ceiling/floor panels that allow for achieving proper acoustic insulation;
  - solutions of connecting relevant prefabricated components that allow for quick assembly of a facility (Jasiczak, et al., 2018),



w obrębie sypialni. W mieszkaniach położono nacisk na swobodny dostęp do urządzeń sanitarnych, kuchennych oraz przestrzeni składowania (Grandjean, 1978).

Ponadto nowoczesne budownictwo mieszkaniowe wielokopłytowe powinno z założenia opierać się na szeregu optymalnych rozwiązań, do których należy zaliczyć:

- Rozwiązania konstrukcyjne:
  - rozwiązania konstrukcji budynku zapewniające wysoki poziom bezpieczeństwa i trwałości ustroju nośnego (Jasiczak, Girus, 2018; Jasiczak, Girus, Kanoniczak, 2021),
  - wymiary przekrojów ścian nośnych oraz stropów zapewniające odpowiednią sztywność przestrzenną, odporność ogniową, z optymalną grubością betonowej warstwy otulenia zbrojenia;
  - grubości płyt ściennych i stropowych umożliwiające uzyskanie odpowiedniej izolacyjności akustycznej;
  - rozwiązania węzłów połączeniowych poszczególnych elementów prefabrykowanych umożliwiające szybki montaż obiektu (Jasiczak i in., 2018),
  - zastosowanie wieńców żelbetowych po całym obwodzie ścian konstrukcyjnych; wieńce częściowo prefabrykowane.
- Rozwiązania architektoniczne w mieszkaniach:
  - rozpiętości modularne i wysokości kondygnacji umożliwiające uzyskanie przestronnych pomieszczeń;
  - rozwiązania architektoniczne prowadzące do uzyskania wysokiej jakości użytkowej pomieszczeń, w pełni dostępnych dla osób z ograniczoną sprawnością ruchową;
  - szerokie wszystkie otwory drzwiowe (szerokość w świetle ościeżnicy min. 90 cm);
  - pomieszczenia kuchenne, pokoje i przedpokoje odpowiednio duże z optymalnym stosunkiem długości boków, umożliwiającym ekonomiczne wykorzystanie powierzchni oraz swobodne przemieszczanie się osób na wózkach inwalidzkich, z możliwością wykonania pełnego obrotu wózka w dowolnym miejscu;
  - wymiary pomieszczeń sanitarnych umożliwiające ich szybkie dostosowanie do potrzeb osób niepełnosprawnych – w razie potrzeby pozwalające na swobodny montaż specjalnych przyborów sanitarnych przeznaczonych dla osób z ograniczoną sprawnością ruchową;
  - lokalizacja otworów okiennych umożliwiająca szybkie przewietrzanie mieszkań;
  - wielkość otworów okiennych pozwalająca na optymalne doświetlenie pomieszczeń w mieszkaniu;
  - prowadzenie wewnętrznych instalacji wodno-kanalizacyjnej i centralnego ogrzewania w odpowiednio przestronnych pionach, umożliwiających swobodny montaż, wymianę i kontrolę elementów instalacji; piony odpowiednio izolowane akustycznie;
  - pełna hydroizolacja wszystkich stropów, co umożliwi ograniczenie potencjalnych szkód wynikających z zalania mieszkań.



II. 4 Schemat przekroju i rzutu klatki schodowej, (autor: Jędrzej Suhecki)

III. 4. Cross-section and floorplan of the staircase, (author: Jędrzej Suhecki)

- application of tie beams along the entire perimeter of structural walls; partially prefabricated tie beams
- Architectural solutions in flats:
  - modular span and height of the storeys underlying the resultant spacious rooms;
  - architectural solutions underlying the attainment of high quality of usable space of rooms, fully accessible to persons with limited mobility;
  - wide door openings (clear width of the frame minimum 90 cm);
  - kitchen areas, rooms and halls appropriately sizeable with proper ratio of the length of the sides allowing for efficient use of space and unobstructed movements of persons on wheelchairs (full revolution of the wheelchair in any location of the flat);
  - dimensions of sanitary rooms allowing for quick and easy adaptation to the needs of the disabled persons - should it be necessary, allowing for unobstructed installation of sanitary equipment dedicated to the needs of persons with limited mobility;
  - location of window openings allowing for quick airing of rooms;
  - size of window openings allowing for optimum access of daylight to the flat;
  - extension of internal water supply, sewage and central heating systems in appropriately dimensioned risers allowing for unobstructed installation, replacement and control of components of the systems; risers provided with relevant acoustic insulation;
  - full waterproofing of all the ceilings/floors that will allow for the mitigation of any potential damage resulting from flooding;
- Architectural solutions outside of flats:
  - modular span and height of the storeys underlying the resultant spacious areas;

- Rozwiązania architektoniczne poza mieszkaniami:
  - rozpiętości modularne i wysokości kondygnacji umożliwiające uzyskanie przestronnych pomieszczeń;
  - odpowiednio duże odległości pomiędzy drzwiami wejściowymi do mieszkań;
  - odpowiednio szerokie korytarze umożliwiające swobodne przemieszczanie się osób na wózkach inwalidzkich, z możliwością wykonania pełnego obrotu wózka w dowolnym miejscu;
  - przestronne i wygodne klatki schodowe z nieparzystą liczbą stopni w biegu, z zastosowaniem rozwiązań tłumiących hałas;
  - stropodach nad klatką schodową wyposażony w klapę dymową;
  - odpowiednio duża powierzchnia korytarza bezpośrednio przed drzwiami dźwigów osobowych;
  - przestronne i ciche dźwigi osobowe, obowiązkowo występujące w każdym obiekcie;
  - duże przedsionki drzwi wejściowych o powierzchni umożliwiającej na przykład urządzenie dyżurki – pomieszczenia dla ochrony;
  - maksymalne doświetlenie światłem naturalnym pomieszczeń poza mieszkaniami, w tym korytarzy i klatek schodowych;
  - prowadzenie poza mieszkaniami instalacji w odpowiednio przestronnych pionach, umożliwiających swobodny montaż, wymianę i kontrolę elementów instalacji; piony odpowiednio izolowane akustycznie;
  - pełna hydroizolacja wszystkich stropów.
- Rozwiązania części zewnętrznych budynku:
  - zwarta bryła budynku bez uskoków elewacji – części wystających i cofniętych;
  - dwa wejścia do budynku, w tym minimum jedno wyposażone w pochylnię;
  - przynależne do każdego lokalu mieszkalnego przestronne balkony lub loggie, w celu minimalizacji wpływu mostków termicznych wykonane jako dostawne, mocowane do budynku w poziomie stropów i oparte na fundamencie (Kanoniczak, 2020) lub w postaci płyty wspornikowej łączonej z konstrukcją obiektu za pomocą łączników termoizolacyjnych; wszystkie elementy konstrukcji balkonu charakteryzujące się odpowiednią izolacyjnością ogniową;
  - stropodach o konstrukcji i wysokości umożliwiającej swobodne dokonywanie kontroli stanu wnętrza przegrody; przystosowany do obciążenia dodatkowymi konstrukcjami, np. wsporczyimi od urządzeń energetycznych;
  - wygodne i bezpieczne wyjście na dach wyposażone w drabinę z kontynuacją ponad dachem;
  - sama czysta konstrukcja ścian zewnętrznych, bez izolacji termicznej; wykonanie ocieplenia z założenia po skończonym montażu budynku;
  - izolacja termiczna obejmująca także ściany piwniczne.
- **Podstawowe rozwiązania materiałowe:**  
Rozwiązania materiałowe dotyczą elementów ustroju nośnego budynku, a także warstw i elementów
  - appropriately distanced entrance doors to flats;
  - appropriately wide corridors allowing for unobstructed movement of persons on wheelchairs (allowing for a full revolution of a wheelchair in any location);
  - spacious and comfortable staircases with uneven number of steps in a flight of stairs and with acoustic insulation;
  - flat roof over the staircase provided with a smoke vent;
  - respectively spacious hall area directly in front of the passenger lift doors;
  - spacious and quiet passenger lifts, installed obligatorily in every building;
  - large entrance porches of the surface area allowing for, i.e. arrangement of reception area - rooms for the security guards;
  - optimal use of the daylight in areas outside of flats, in this corridors, staircases;
  - extension of relevant systems in appropriately dimensioned risers/shafts allowing for unobstructed installation, replacement and control of components of the systems; risers/shafts provided with relevant acoustic insulation;
  - full waterproofing of all flat roofs.
- Solutions in external part of the buildings:
  - compact building body block with no vertical descents - no protruding or descending parts;
  - two building entrances, in this one provided with a wheelchair ramp;
  - spacious balconies or loggias adjacent to each flat, to minimise adverse effects of thermal bridges, such balconies or loggias shall be installed either as additionally attached and fixed to the buildings at the ceiling/flooring system levels and based on foundations (Kanoniczak, 2020) or fixed on a shoulder plate connected to the building structure by means of thermal insulation connectors; all structural components of balconies of proper fire-rated insulation parameters;
  - flat roof of the structure and height allowing for unobstructed inspection of the condition of the barrier internal sides; suitable for bearing additional loads of equipment/structures, e.g. Supports of power devices ;
  - comfortable and safe exit to the roof provided with a ladder extending over the roof;
  - pure structure of exterior walls, with no thermal insulation; insulation to be made - as per the assumption - once the building assembly has been completed;
  - thermal insulation, including of all basement walls.

- **Basic material solutions:**

Material solutions concern the bearing system of the building as well as finishing layers and components. They are, furthermore, applied inside of the building, e.g. in floors, walls and ceilings, window

wykończeniowych. Dotyczą wnętrza budynku, w tym posadzek, ścian i sufitów, stolarki okiennej i drzwiowej, zabudów pionów instalacyjnych itd. oraz części zewnętrznych budynku – wejścia do budynku, elewacji, dachu, balkonów i loggii. Wymagania dotyczące tych elementów przedstawiają się następująco.

**Ustrój nośny.** Elementy prefabrykowane, z których powstaje konstrukcja budynku muszą spełniać wymagania dotyczące nośności, trwałości i zachowania określonych tolerancji wymiarowych. Istotne jest zastosowanie betonu odpowiednio wysokich klas przeznaczonych do wytworzenia elementów prefabrykowanych oraz wykonania zamków połączeniowych, a także stali odpowiednich gatunków i klasy przeznaczonej do wykonania prefabrykatów oraz łączników elementów.

**Hydroizolacje.** Hydroizolację części budynku usytuowanych poniżej poziomu terenu można wykonać jako łączzone w postaci pap, membran bitumicznych, czy mat bentonitowych lub jako bezszwowe z mas bitumicznych na bazie asfaltu. Pomimo to, do wykonania ław/płyt fundamentowych oraz do produkcji elementów przeznaczonych do wykonania piwnicznej/ cokołowej części budynku najlepiej zastosować beton wodoszczelny.

W celu ograniczenia możliwości przecieku wody na niższe kondygnacje w sytuacjach awaryjnych właściwe jest zastosowanie we wszystkich pomieszczeniach odpowiedniej hydroizolacji, na przykład w postaci dwóch warstw grubej folii budowlanej ułożonej pod podkładem pod posadzkę. Niezależnie od tego w pomieszczeniach łazienki i ustępu wydzielonego izolacja podłóg i ścian do wykonania jako tzw. folia w płynie układana na powierzchni ściany i na wierzchu podkładu pod posadzkę, z uszczelnieniem w miejscu łączenia płaszczyzn.

**Izolacje akustyczne.** Istotne jest zapewnienie komfortu akustycznego wewnątrz lokali mieszkalnych. Dlatego należy skutecznie zredukować poziom dźwięków powietrznych i uderzeniowych wnikaających do wnętrza pomieszczeń. Już sama masywna konstrukcja stropu oraz ścian nośnych zapewnia skuteczną ochronę akustyczną, natomiast izolatorem uzupełniającym do wykonania na stropie mogą być na przykład maty izolacyjne z elastomerów poliuretanowych układanych pod warstwą podkładu pod posadzkę. Konieczne jest wykonywanie tzw. podłóg pływających. Zwiększenie tłumienia dźwięków uderzeniowych można uzyskać poprzez założenie wykładziny podłogowej z warstwą izolacyjną. Natomiast pod stropem można wykonać sufit podwieszany. Rozwiązanie takie najbardziej nadaje się do części budynków poza mieszkaniem, głównie w korytarzach, ale może być zastosowane także w pomieszczeniach sanitarnych czy w kuchniach. Dodatkowo, poza ochroną przed hałasem, można w przestrzeni nad sufitem poprowadzić instalacje, w tym elektryczną oraz zamontować oprawy oświetleniowe.

**Elewacje.** Ocieplenie i wykończenie elewacji można przeprowadzić na kilka sposobów. Tradycyjne rozwiązanie oparte jest na wykonaniu ocieplenia w systemie ETICS. Powstanie wówczas typowy układ ściany zewnętrznej składającej się z części konstrukcyjnej i termoizolacji. Innym wariantem wykończenia przegród zewnętrznych jest wykonanie elewacji z płyt włóknocementowych zamocowanych na ruszcie metalowym

and door joinery, masking of risers etc. and external parts of the building – building entrances, elevations, roofs, balconies and loggias. Requirements related to such components are as follows:

**Bearing system.** Prefabricated components used for the erection of the building structure must meet relevant requirements pertaining to the bearing capacity, durability and maintenance of dimensional tolerances. Thus, it is essential to use concrete and steel of appropriate, high grade and class suitable for relevant prefabricates and connectors.

**Waterproofing.** Those parts of the building that are located below the terrain level can be waterproofed with heat weldable roofing felt, bituminous membranes or bituminous mats or seamless bituminous mass based on asphalt. Apart from that, waterproof concrete is the optimum material for the construction of strip footing/foundation slabs and for the components intended for the construction of the cellar/basement part of the buildings.

To mitigate effects of any leaks to lower storeys in any force majeure situations, proper waterproofing, i.e. two layers of thick construction membrane laid under the floor subbase, needs to be installed in all the premises of the building. Moreover, in bathrooms and shower cubicles, floors and walls need to be insulated with liquid insulation film spread on the wall surfaces and on top of the floor subbase. Additionally, all seams must be properly sealed.

**Acoustic insulation.** All residential units should offer acoustic comfort to their inhabitants. For that reason, level of acoustic and shock waves permeating inside the flats should be efficiently dampened. The sheer massive structure of the ceiling and flooring system and the bearing walls ensures effective acoustic protection, whereas, e.g. insulation mats made of polyurethane elastomers laid underneath the floor subbase can additionally contribute to better acoustic insulation. The so-called floating floor system shall be obligatorily used. Dampening of shock waves can be increased by insulation made under the floor lining. What's more, suspended ceiling will also additionally reduce noise. This solution is most suitable in the parts of buildings outside of flats, mainly in the corridors, nonetheless, it may be also applied in sanitary rooms or in kitchens. Acoustic insulation – apart from noise reduction – offers additional space for the extension of various systems, in this extension of electrical wires, or for the installation of light fixtures.

**Elevations.** There are several options as regards thermal insulation and finishing of the elevation. Traditional solution is based on ETICS energy efficient thermal cladding system. The use of the system requires the typical layout of exterior walls, which shall be composed of the structural part and thermal insulation. Another option of finishing external barriers is the elevation clad with fibre-cement panels, fixed on a metal frame anchored to the wall structure. Clinker tiles, clinker bricks or



kotwionym do konstrukcji ściany. Wykorzystać można także płytki klinkierowe, cegły klinkierowe lub elementy drewniane. Rozwiązanie materiałowe izolacji termicznej ścian zewnętrznych zależy od przyjętego wariantu wykonania elewacji. Ocieplenie bazować może na styropianie, wełnie mineralnej, pianie PUR lub PIR.

**Izolacja termiczna stropodachu.** Przestrzeń stropodachu wentylowanego powinna być na tyle duża, żeby możliwe było swobodne ułożenie izolacji termicznej o wysokości wymaganej dla danego rozwiązania materiałowego, z jednoczesnym zachowaniem minimalnej koniecznej wysokości pustki zapewniającej swobodny przepływ powietrza ponad termoizolacją. Samo ocieplenie można wykonać, układając materiał na stropie przed zamknięciem przegrody płytami dachowymi lub wykonać w postaci granulatu wprowadzonego do wnętrza przegrody poprzez otwory wentylacyjne. Izolatorem układanym ręcznie na stropie mogą być maty lub płyty z wełny mineralnej. Alternatywnie można wykonać izolację natryskową z piany poliuretanowej. Natomiast materiałem wdmuchiwany do wnętrza stropodachu może być granulowana wełna skalna, wełna celulozowa czy granulaty styropianowy.

**Ściany i sufity.** Wykończenie ścian i sufitów może być realizowane tradycyjnie w postaci gładzi gipsowej pokrytej powłokami malarskimi lub tapetami. Ściany w pomieszczeniach sanitarnych można obłożyć płytkami ceramicznymi przyklejanymi bezpośrednio do powierzchni elementów prefabrykowanych lub też pokryć powłoką żywiczną.

**Posadzki.** Typowe rozwiązania materiałowe posadzek do kuchni i łazienki to płytki ceramiczne, do pokoi – panele podłogowe i parkiety. Do pomieszczeń w strefie wspólnej nadają się różnego rodzaju jedno- lub wielowarstwowe wykładziny rulonowe PCV o odpowiedniej odporności na uszkodzenia. Strefy mokre i wilgotne wymagają posadzek w pełni wodoodpornych i odpowiednio odpornych na poślizg. Uniwersalne rozwiązanie stanowią powłoki żywiczne nadające się do wykonania posadzek praktycznie w każdym pomieszczeniu, także w mieszkaniach. Wykazują wysoką odporność na działanie środków chemicznych, są gładkie, co ułatwia utrzymanie czystości. Niezależnie od rozwiązania materiałowego posadzki konieczne jest właściwe przygotowanie podłoża.

**Pokrycia dachowe.** Nowoczesne pokrycia dachowe zapewniają wieloletnią szczelność. Na rynku dostępne są

wooden elements can also be used. Material solutions applied for the purpose of thermal insulation of exterior walls depend on the selected option of the elevation finishing. Thermal insulation can be also ensured via polystyrene foam, mineral wool, PIR and PUR foam.

**Thermal insulation of the flat roof.** Ventilated flat roof space should allow for the installation of thermal insulation of the height required for a given material solution and should allow for the assurance of hollow space of the minimum height required to ensure free flow of air over the insulation. Thermal insulation can be achieved by spreading relevant material on the ceiling/flooring system before the barrier is covered with roof slabs or by granulate blown inside the barrier through airholes. Mineral wool mats or boards can be laid manually. Alternatively, insulation in the form of polyurethane foam can be sprayed. Whereas such insulating materials as granulated rockwool, granulated cellulose wool or polystyrene granules can be blown inside the flat roof.

**Walls and ceilings.** Walls and ceilings can be finished with traditional methods, i.e. with the use of gypsum plaster covered with paint or wallpaper. Walls in sanitary rooms can be laid with ceramic tiles, glued directly to prefabricated elements, or they can be epoxy resin coated.

**Floors.** Ceramic tiles represent typical material solutions for the floors in kitchens and bathrooms, and floor panels or wooden floors (parquets) – in other rooms. Floors in common areas can be covered with various types of one-layer or multi-layer PVC liner rolls of appropriate wear resistance. Wet and moist areas require water-proof and anti-slip floors. Epoxy-resin coating makes up a universal solution to be applied on floors in any rooms, including in flats. They show high resistance to chemical agents and are smooth, which facilitates cleaning. Irrespective of the type of floor finishing, the subbase requires appropriate preparation.

**Roofing.** Roofing that is used today ensures long term tightness. There are innovative roofing systems available on the market that offer flexible and water-proof seamless membrane insulation. For

II. 5a, b. Widok budynków prefabrykowanych wielorodzinnych wznoszonych przy ul. Czarnucha w Poznaniu, (autor: Marcin Kanoniczak)

III. 5a, b. View of prefabricated multi-family residential buildings at ul. Czarnucha in Poznan, (author: Marcin Kanoniczak)





II. 6. Widok wnętrza części poza mieszkaniami w budynku przy ul. Jasielskiej w Poznaniu, źródło: materiały przedsiębiorstwa Pekabex S.A.  
 III. 6. View of building interior, outside of flats, at ul. Jasielska in Poznan, source: materials thanks to courtesy of Pekabex S.A.



II 7. Widok elewacji budynku prefabrykowanego wielorodzinnego przy ul. Jasielskiej w Poznaniu, źródło: materiały przedsiębiorstwa Pekabex S.A.  
 III. 7. View of the elevation of a multi-family residential building at ul. Jasielska in Poznan, source: materials thanks to courtesy of Pekabex S.A.

systemy pokryć dachów płaskich umożliwiające uzyskanie elastycznej i wodoszczelnej powłoki bez łączeń i szwów. Do zastosowania na betonową powierzchnię stropodachu nadaje się na przykład elastomerowa powłoka na bazie żywic akrylowych. Umożliwia zabezpieczenie betonu przed wnikiem wody, z jednoczesnym odprowadzeniem pary wodnej przez materiał pokrycia. Kolejnym materiałem do wykorzystania są membrany dachowe z tworzyw sztucznych. Z kolei nowoczesne papy zgrzewalne posiadające odpowiednią osnowę z włókniny poliestrowej zbrojonej siatką z włókien szklanych już w jednej warstwie zapewniają wieloletnią skuteczność ochrony dachu przed wpływem środowiska zewnętrznego. Niezależnie od rodzaju pokrycia, zawsze należy wywinąć materiał na atyki.

## 5. PODSUMOWANIE

Rosnące wymagania jakościowe stawiane nowym obiektom mieszkalnym wielorodzinnym umacniają konkurencję na rynku budowlanym. Jednocześnie wciąż aktualny ekonomiczny problem dostępności do mieszkań skutkuje poszukiwaniem metod realizacji obiektów powodujących zwiększenie szybkości budowania oraz obniżenie kosztów realizacji. To ambitne zadanie jest trudne do wykonania, choćby ze względu na rosnące ceny materiałów budowlanych. Ciekawą alternatywą dla współczesnego budownictwa mieszkaniowego jest więc powrót do prefabrykacji wielkopłytywowej.

Na tle kilku podstawowych rodzajów technologii, w których aktualnie wznoszone są obiekty wielorodzinne, budownictwo prefabrykowane na razie reprezentuje niewielki udział wśród realizowanych inwestycji. Metoda budowania wykorzystująca elementy fabrycznie wytwarzane nadal obciążona jest powtarzaniem przez lata, negatywnymi opiniami dotyczącymi głównie jakości wykonania obiektów wielkopłytywych istniejących w polskich miastach od dziesięcioleci.

Uzasadnienie sensu istnienia na rynku nowej odmiany budownictwa wielkopłytywego musi mieć solidne podłoże ekonomiczne i jakościowe. Aby móc sprostać rywalizacji, należy poddać optymalizacji rozwiązania ekonomiczne inwestycji w kierunku możliwego obniżenia kosztów realizacji budynku. Ceny mieszkań w tego typu obiektach nie mogą odbiegać od cen podobnych lokali w budynkach realizowanych w innych

example, coating from elastomeric acrylic resin makes an ideal roofing insulation laid on concrete structure of the flat roof. It protects the roof against penetration of water while being permeable for steam. Another common material solution used for the purpose are PVC roofing membranes. While available today heat weldable roofing felt, provided with proper polyester textile, reinforced with glass fibre mesh ensures – just in one layer – long term effective roof protection against adverse impact of weather conditions. Irrespective of the roofing type, an attic part would always require some insulating material.

## 5. CONCLUSIONS

More and more stringent quality requirements posed on new multi-family residential buildings drive competition on the construction market. At the same time, economic aspect of affordability of housing motivates the stakeholders to look for new construction methods that could speed up the overall construction process and reduce the costs (Dömer, Drexler, Schultz-Granberg, 2014). This looks like an ambitious task, especially in view of constantly rising prices of building materials. Return to prefabricated large panel buildings in a refined version represents an attractive opportunity.

In comparison to basic technologies currently used in the construction, in particularly in terms of multi-family residential development, prefabricated technology has only a small market share. Negative social perception of construction based on prefabricated components has been nurtured for years with critical opinions and prejudices, mainly in reference to the quality of large panel buildings erected dozens years ago in the Polish cities.

Justified grounds for re-introduction of large panel technology, after an uplift, shall stem from economic and quality factors. To catch up with competition, cost effective solutions need to be optimally used in investment projects. Prices of flats in buildings constructed with the use of new large panel technology cannot significantly diverge from market prices of flats in buildings erected with other construction

technologiach. Budownictwo wielkopłytkowe nowej generacji bezwzględnie musi odznaczać się szeroko pojętą atrakcyjnością, w tym tak pożądaną przestronnością pomieszczeń, odpowiednią izolacyjnością termiczną i akustyczną, łatwością montażu konstrukcji prowadzącą do szybkiego wykonania obiektu, a także elegancką, nowoczesną architekturą.

methods. It is, thus, a must for the new generation of large panel construction to attract potential users with a wide range of advantages such as: spacious rooms, proper thermal and acoustic insulation, simple assembly of the overall structure underlying a major reduction of the construction period and also stylish, modern architecture.

#### BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Basista A., 2001. *Betonowe dziedzictwo. Architektura w Polsce czasów komunizmu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [2] Biliński T., Gaczek W., Kłorek E., 1978. *Systemy uprzemysłowionego budownictwa ogólnego*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- [3] Dömer K., Drexler H., Schultz-Granberg J., 2014. *Affordable Living Housing for Everyone*. Berlin: Jovis.
- [4] Dziennik Ustaw, 2019. Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zapewnieniu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami. Dz. U. 2019 poz. 1696.
- [5] Dzierżewicz Z., Starosolski W., 2010. *Systemy budownictwa wielkopłytkowego w Polsce*. Warszawa: Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o.
- [6] Grandjean E., 1978. *Ergonomia mieszkania: aspekty fizjologiczne i psychologiczne w projektowaniu..* Warszawa: Arkady.
- [7] Jasiczak J., et al., 2019. *Production of Elements for an Innovative Energy – Saving Prefabricated Construction under the Project Plus Energy Prefab House*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 471. 022040.
- [8] Jasiczak J., Kanoniczak M., Girus K., 2021. *Konieczność wtórnego kotwienia betonowych warstw elewacyjnych wielkopłytkowych ścian zewnętrznych w świetle badań własnych*. Monografie Technologii Betonu, Wisła, 829-842.
- [9] Jasiczak J., Girus K., 2018. *Maintenance and Durability of the Concrete External of Curtains Walls in Prefabricated Technological Poznan Large Panel System*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. No.245, 032015.
- [10] Kamieniarz M., Bocheński P., 2021. *Metody wznoszenia ekologicznych budynków prefabrykowanych*. *Materiały budowlane*, Issue 11/2021, 32-33.
- [11] Kanoniczak M., 2018. *Problemy eksploatacyjne poznańskich budynków z wielkiej płyty*. W: *Kronika Miasta Poznania* 4/2018. Blokowska, Poznań: Wydawnictwo Miejskie Posnania, 147-160.
- [12] Kanoniczak M., 2020. *Możliwości modernizacji budynków wielkopłytkowych – balkony i loggie*. *Issue 5/2020*, 27-31.
- [13] Korbi M., Migotto A., 2019. *Between Rationalization and Political Project: The Existenzminimum from Klein and Teige to Today*. *UP 4*, 299-314.
- [14] Korzeniewski W., 2011. *Projektowanie mieszkań*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Polcen. 526.
- [15] Krause-Brykalska K., 2017. *Ergonomia we współczesnej architekturze*. *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, 35(4).
- [16] Niezabitowska E., 2014. *Metody i techniki badawcze w architekturze*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
- [17] Piliszek, E., red., 1974. *Systemy budownictwa mieszkaniowego i ogólnego*. W-70, Szczeciński, SBO, SBM-75, WUF-T, OWT-67, WWP. Warszawa: Wydawnictwo Arkady. 203.
- [18] Schneider F., Gänshirt C., Heckmann O., Vismann B., 2004. *Grundrißatlas Wohnungsbau = Floor plan manual housing*. Basel, Boston: Birkhäuser. 311.
- [19] Vasishta, T., Killingsworth, J., Mehany, M.H., 2023. *Comparative life cycle assesment (LCA) and life cycle cost analysis (LCCA) of precast and cast-in-place buildings in United States*. *Journal of Building Engineering*, Volume 67.
- [20] Woyciechowski P., Adamczewski G., 2021. *Aspekty materiałowo-technologiczne w strategii realizacji budownictwa prefabrykowanego XXI wieku*. *Materiały Budowlane*, Issue 11/2021, 12-16.