

ARCHITECTURE

ARCHITEKTURA

MARCIN CHARCIAREK

PhD, DSc, Eng. Arch. Prof.

Cracow University of Technology

Faculty of Architecture

e-mail: marcinch@pk.edu.pl

ORCID: orcid.org/0000-0001-9634-3902

JAN DZIADEK

MSc Eng. Arch.

Doctoral School at Cracow University of Technology

Faculty of Architecture

e-mail: jan.dziadek@doktorant.pk.edu.pl

ORCID: orcid.org/0000-0002-1916-1248

ALEKSANDRA KUBACKA

MSc Eng. Arch.

Doctoral School at Cracow University of Technology

Faculty of Architecture

e-mail: kubackaaleksandra@gmail.com

ORCID: orcid.org/0000-0003-1318-3478

THE CONCRETE FACTORY HOUSE: TRADITION OF RATIONAL MODERNITY AND ATTEMPTS AT INTERPRETATION IN CONTEMPORARY TECHNOLOGY

DOM FABRYCZNY BETONOWY. TRADYCJA RACJONALNEJ NOWOCZESNOŚCI I PRÓBY INTERPRETACJI WE WSPÓŁCZESNEJ TECHNOLOGII

ABSTRACT

The research problem of the article refers to the question of the sense of using concrete prefabrication to create a new quality of architecture for single-family houses. Known and referenced projects from the past — from the period of early architectural Rationalism (Modernism and Functionalism) — seem appropriate to show, recall and update the idea of concrete prefabrication of single-family houses in the present day. This point of reference, having its source in the vision of the housing revolution from the beginning of the 20th century, can today be the subject of direct references and the search for further variants of rational patterns of modern prefabrication of single-family houses. The article is based on the most important items from the beginnings of concrete prefabrication technology, including *Vers une architecture* (1923) by Le Corbusier and articles and manuscripts by Walter Gropius following new concepts in German construction. Newer items include the Gilbert Herbert's text that summarizes the heritage of Gropius' prefabrication entitled *The Dream of the Factory Made House* by Walter Gropius and Konrad Wachsmann (1984).

The research method was the analysis of selected historical and contemporary houses built either in whole or in part in the precast concrete technology (a multiple-case study). The presentation of new examples shows the possibility of adapting the rational ideas and aesthetics of architecture from the early 20th century with the use of the latest concrete technologies. According to the author, the sense of concrete prefabrication in the construction of single-family houses is to return to the idea of 'developed' technology rationalization and Modernist architectural aesthetics. Although prefabrication is associated with the domain of economization, modularity, standardization and typification, thanks to advanced technologies, a prefabricated house in the 21st century can be a proof of the multitude of possible configurations.

Keywords: concrete, standardization, prefabrication, single-family house

STRESZCZENIE

Problemem badawczym artykułu jest sens wykorzystania prefabrykacji betonowej do tworzenia nowej jakości architektury domów jednorodzinnych. Znane i omawiane przez badaczy realizacje z przeszłości —

konkretnie z okresu wczesnego racjonalizmu architektonicznego (modernizmu i funkcjonalizmu) — wydają się odpowiednie do ukazania, przypomnienia i zaktualizowania idei prefabrykacji betonowej domów jednorodzinnych we współczesności. Ów punkt odniesienia, mający swoje źródło w wizji rewolucji mieszkaniowej z początku XX wieku, może być dzisiaj przedmiotem bezpośrednich nawiązań i poszukiwania kolejnych wariantów racjonalnych wzorców współczesnej prefabrykacji domów jednorodzinnych. Artykuł opiera się na najważniejszych pozycjach z początków technologii prefabrykacji betonowej, m.in. *Vers une architecture* (1923) Le Corbusiera oraz artykułach i manuskryptach Waltera Gropiusa podążających za nowymi koncepcjami budownictwa niemieckiego. Z nowszych pozycji szczególnie ważny jest tekst Gilberta Herberta podsumowujący dziedzictwo prefabrykacji Gropiusa pt. *The Dream of the Factory Made House by Walter Gropius and Konrad Wachsmann* (1984).

Za metodę badawczą przyjęto analizę wybranych historycznych oraz współczesnych domów realizowanych w całości albo w części w technologii betonowej prefabrykowanej (*case studies*). Prezentacja nowych przykładów ukazuje możliwość adaptacji racjonalnych idei i estetyk architektury z początku XX wieku przy zastosowaniu najnowszych technologii betonowych. Według autora sensem prefabrykacji betonowej w budownictwie domów jednorodzinnych jest powrót do idei „rozwinętej” racjonalizacji technologii oraz modernistycznej estetyki architektonicznej. Choć prefabrykacja wiąże się z domeną ekonomizacji, modułowości, standaryzacji i typizacji, dzięki rozwiniętym technologiom dom prefabrykowany w XXI wieku może stanowić dowód na wielość możliwych konfiguracji.

Słowa kluczowe: beton, standaryzacja, prefabrykacja, dom jednorodzinny

1. INTRODUCTION

In the 20th century, human thought crossed a line behind which there opened an opportunity for a grand experiment associated with a new architectural material — reinforced concrete. For the first time, concrete and reinforced concrete became a basis and the most important reference to modernity. The manner and hierarchy of importance in treating this matter created the vivid quality of contemporary architecture.

However, it appears that the beginning of the 20th century was most importantly the development of abilities and industrial engineering, as well as bold peaks of structural and engineering ingenuity in terms of steel and reinforced concrete technology. For the first time, houses ceased to be creations of architects only, but also saw contributions by engineers and all the ‘inventors’ who sought the answer to the question as to how to create a functional space for human existence. Once again, the history of architecture as the history of engineering became an element of building the actual world by improving tools and materials. The obvious nature of this fact was confirmed in the early 20th century by the words of the precursor of concrete’s use — August Perret, who said that *out of all the arts, it is architecture that most depends on material conditions* (Perret, 1952, cited in Pabich, 2013, p. 183).

The research problem presented in this paper refers to the question of the sense and relevance of using the idea of concrete prefabrication from the first half of the 20th century for the creation of a new rational (construction and aesthetic) quality of the architecture of single-family houses in the

21st century. Known and referenced projects from the past — from the period of early Modernism and architectural Functionalism — seem appropriate to show, recall and update the idea of concrete prefabrication of single-family houses in the present day. This point of reference, having its source in the unfulfilled vision of the housing revolution from the early 20th century, may today be the reason for direct references and the search for new variants of patterns for the modern prefabrication of single-family houses. It seems that — like a hundred years ago — forms of house architecture are becoming a prototype for rationalizing the problem — the traditional process of discarding redundant elements in order to create a structurally pure aesthetic of purposefulness and functionalism.

Goal of the paper

The objective of this work is to present selected examples of concrete prefabrication, indicating the rational sources of European culture of the 20th century, which is a noteworthy construction alternative in the period of the idea of sustainable development and the New Bauhaus. The article also confronts the modern idea of prefabrication with two original designs of prefabricated houses.

Methods

The research method used in this paper was based on identifying the ideas and realizations of cases of prefabricated concrete single-family houses, which at the start of the 20th century became model elements for the periods that followed Functionalism and Modernism. The research method is based on the analysis of selected historic houses built in

whole or in part in the precast concrete technology (a multiple-case study). An analysis of selected examples from the historical architecture of the early 20th century was carried out, as well as literature studies on the relationship between the ideas of Functionalist architectures and concrete technology and the prefabrication of the first houses Le Corbusier, the so-called *Maison de serie*, Bauhaus houses and the first system solutions of W. Gropius's *Baukasten im Großen* from the 1920s — and their influence on the architecture of the present day. The text is complemented by a presentation of the well-known prefabricated houses (L. Vacchini, Ensemble Studio, Summary studios, Pierre Alain Dupraz) showing the continuation of the rationalist architecture pattern. Among the presented are also two projects of the author of the article.

Scope

The time range for the analysis of the examples was determined from the modernist time of the model housing experiments of the 1920s and 1930s and interpreted them in representative examples in the 21st century. The work is supplemented by two author's projects from 2021.

Literature review

The query conducted by the author of the text leads to the conclusion that the prefabrication of concrete single-family houses is not treated as a separate research topic, but is most often considered in the broader context of rationalization of construction, especially prefabrication of multi-family housing. This is due to the fact that, in the 20th century, the idea of prefabricating single-family houses — which was, as a rule, modernizing — was always a part of a larger task, which was the development of residential architecture. Attempts were made to use a single, rational model in mass construction — semi-detached, terraced and multi-family housing.

Major publications included the works linked to the 'inventive'¹ origins of concrete prefabrication,

with the most important one being Le Corbusier's *Vers une architecture* (1923), articles and manuscripts by Walter Gropius from the years 1923–1927 that followed new proposals for German construction, and general studies that analyzed technological and stylistic transitions in modern architecture, such as S. Giedion's *Space, Time and Architecture* (1968). Another major position explored in the paper is G. Herbert's text from 1984 that summarized Walter Gropius's prefabrication heritage, entitled *The Dream of the Factory Made House by Walter Gropius and Konrad Wachsmann* or A.M Seelow's (2018) *The Construction Kit and the Assembly Line — Walter Gropius' Concepts for Rationalizing Architecture*, and *Recyclable Architecture: Prefabricated and Recyclable Typologies* by Ferreira et al. (2020).

When it comes to analysing new examples of prefabricated single-family houses, there is now a research and bibliographic gap. The latest literature includes: the article *Recyclable Architecture: Prefabricated and Recyclable Typologies* (Ferreira Silva et al., 2020) and studies by Polish authors: Dorota Jopek *Dom, as a product. New challenges of prefabrication* (2011) and the text by Anita Orchowska *Prefabrication — The Expression of Rationalism in Architecture* (2019) presented at the conference *Defining the Architectural Space: Rationalistic or Intuitive Way to Architecture*. The author of the article treats 21st-century prefabricated single-family houses as a result of searching for a pattern from the past and finding its continuation or interpretation in the present day. Combining old forms and meanings in architecture with the present day gives concrete prefabrication an innovative sense, corresponding to the assumptions of new trends in rational style and sustainable solutions.

Works that provided supplementary information on the subject included publications that document systems and principles of concrete prefabrication technologies, including 'Builder', 'Materiały Budowlane', 'Przegląd Budowlany' and occasional publications by the Association of Cement Producers and the Association of Concrete Producers, that have propagated the idea of prefabricating single- and multi-family housing. This group also includes catalogues and handbooks for designers issued by producers of domestic prefabricated systems.

¹ The term 'invention' is used and interpreted in the context of the repetitive theory of art history and architecture. For example, a researcher of material cultures of antiquity, Johann Joachim Winckelmann, defines every art dependent on a drawing divided into three stages: the first — establishing *the beginning* (what is formation), which most often appears as an effect of necessity; the second stage — showing the search for beauty after recognizing matter; in the final stage, art entered the *stage of luxury* (Winckelmann, 2012. p. 21). In the 1980s, Georg Kubler was an advocate and continuator of these concepts, capturing art through the context of *its innovation, repetition and duration*. The critic distinguished works of art into those that initiate a certain

solution to the problem — he called their artistic expression prime objects, and those that constitute their repetitions — replicas (Kubler, 1970, p. 102).

2. THE FOUNDING MYTH: LE CORBUSIER AND THE *DOM-INO* SYSTEM

Essentially, we should acknowledge that all of Modernism was based on social considerations — one such consideration was the pursuit of new and cheap housing systems that could be used to create multiple configurations. In 1915, Le Corbusier's sketch presenting the *Dom-ino house* announced to the world a new type of plan, facade and cross-section of a building — a new architecture (ill. 1). The simple drawing (three planes connected by six columns, everything connected by a staircase), considered to be a source for the future five points of architecture, primarily illustrates the potential application of reinforced concrete in a slab-and-column system. This drawing was also a foreshadowing of the rejection of the term 'stylized' and the lack of visible external walls was to fully demonstrate the sense of creating architecture in abstract space — one without the weight and mass of matter. Le Corbusier wrote about this type of objective expression as a *brute fact*, a basis for filling with a new spirit of modernity: (...) *Architectural abstraction has the distinctive and magnificent quality that, while being rooted in brute fact, it spiritualizes this, because brute fact is nothing other than the materialization, the symbol of a possible idea. Brute fact is amenable to ideas and through an order that is projected onto it. The emotions aroused by architecture emanate from physical conditions that are ineluctable, irrefutable, forgotten today* (Le Corbusier, 2012, p. 251).² A transparent glass curtain was to replace the opacity of previous partitions, and the skeleton of the monolithic structure forever discarded the solid stone wall of the facade. In the case of *Dom-ino*, reinforced concrete columns, slabs and staircase did not create an aesthetic — they instead communicated the purity and morality practiced by Charles-Édouard Jeanneret and of the objectivity that freed architecture from hypocrisy and falsehood, that opened people's eyes to a 'new order' in architecture. This was the spirit that accompanied the construction of the first houses in Pessac (1926) and a series of houses utilizing the *Monol* and *Citrohan* systems (1924) (ill. 1) — both types materialized in the form of a house built for the experimental Werkbund exposition in Stuttgart in 1927. In his

book *Vers une architecture*, Le Corbusier wrote that if we eliminate stereotypical, obsolete thinking about the house and look at using a critical and objective (rational) eye, we will arrive at the concept of the machine-house — a house for mass production, that is good for health, moral and beautiful just like the tools and instruments that accompany our lives.

The persistence of the myth of *Dom-ino* as a model and an assessment of its significance to contemporary architecture cannot overshadow a certain difficulty in assigning the system to the definition of prefabricated architecture (which includes concrete architecture). It appears that *Dom-ino* is more of a statement of intent rather than complete architecture — it is a formless 'means to an end'. Peter Eisenman was consistent in stressing the essence of this problem, as he described its historical properties as: 'planeness' as opposed to the previous 'wellness' of architecture, its dimensionality and flexibility. *Dom-ino* also signaled the possible divisibility and potential for all forms of connections. In this sense, it was a sign of a system that refers to the most primal foundations of architecture, that emerged from pure geometry, marked by potential utilitarianism and content. The new system fulfilled the role of a prophetic image of the present and became — for decades — a state of mind for the creators of the upcoming modernism (Eisenman, 1998, p. 197). The architects saw in this scheme not only a new spatial model and the essence of the concept of 'open space', but also technological coherence. This affordable skeleton system that paved the way for composing a new architectural space, was a pre-metaphor for *machine à habiter*, that delineated a broad spectrum for architectural style and an ideative base for mass-produced housing (Charciarek, 2015, pp. 49–50).

3. PREFABRICATION IDEAS BY WALTER GROPIUS

Initially in Weimar and later in Dessau, the new Bauhaus school directed by Walter Gropius essentially did not explore prefabrication. Indeed, Gropius did not explore any architectural problems, apart from matters that were contiguous with other visual arts and that served the purpose of a new architecture. However, Bauhaus's fundamental focus were two matters that were crucial to the overall concept of industrialization. These matters concerned the relationship between art and industry, as well as dimensional and typological standardization.

In Bauhaus, the principle of integrating science and the 'design–production' sequence was not extended in any systematic study for the entire housing and

² The *Dom-ino* system was Charles-Édouard Jeanneret's proposal for affordable concrete housing for regions damaged by the First World War; see: Le Corbusier's letters to the Swiss concrete engineer Max Du Bois (from December 1914 to December 1915); likewise: (Gregh, 1979). The first publication of the *Dom-ino* system was on the pages of the first edition of *Vers une architecture* in 1923.

furnishing system. This is best evidenced in the experimental *Haus am Horn* (ill. 2), designed by Georg Muche and erected in Weimar as a part of a planned but never completed Bauhaus housing complex in 1923 (Blümm and Ullrich, 2019, pp. 10–15). In this individual house, whose construction was supervised by Walter Gropius and Adolf Meyer, industrialized prefabricated products and new construction materials were used wherever possible. The building, which had a square-shaped plan with 12 × 12 m dimensions, was the embodiment of Functionalism and the optimal use of materials for rationalized and elementary space. The house was typologically derived from the ‘honeycomb’ (*Wabenau*) system initiated by Gropius’s atelier — the principles of designing various spaces on a square-shaped plan, grouped around an elevated central living room illuminated by a skylight. Befitting a Bauhaus experiment, the structure of the walls and decks was constructed from light structural blocks from fly ash concrete bound with cement, which formed a two-layer masonry wall with an innovative insulation in-between, made of so-called *tarfoleum*. Despite an individually architectural expression, the construction system of Haus am Horn is cuboid, boxy, additive, austere and appears to be an exploration of a new ‘housing economics’ in a conventional, affordable form of a single-storey house. Even the most elaborate proposal by Gropius and Meyer, drafted in the same year, for the first prefabrication system named *Baukasten im Großen* was still an experiment that only investigated the problem of variability within a standardized system, instead of a holistic problem of a complete prefabrication system.

Four years later, in 1927, the construction of showcase houses in Weißenhof, Stuttgart, became an occasion to reformulate Gropius’s thoughts on the general principles of prefabrication as a means of lowering housing costs and enhancing residential qualities. Thanks to the Werkbund, the ‘Die Wohnung’ model program was established, which showcased the construction of single- and multi-family houses, as well as terraced houses, based on twenty-one prototypes.³ Despite the fact that the houses were designed by different architects, the houses displayed a formal coherence and unity of arrangement. The entirety, shaped in simple, white, geometric forms with flat roofs, was compliant with the adopted standardization and rationalism model.

³ The entire project in Weißenhofsiedlung was directed by Ludwig Mies van der Rohe, with the participation of, among others, Le Corbusier, Walter Gropius, Hans Scharoun, Peter Behrens, Mart Stam, Pierre Jeanerret, Ludwig Hilbersheimer, Hanz Poelzig, and Bruno and Max Taut (Giedion, 1968, p. 586).

Gropius also implemented an innovative mode of prefabrication in his two buildings (buildings 16 and 17) (ill. 3). He used a modular system along with prefabricated wall panels anchored to a ‘dry structure.’ The building’s steel structure promoted modern materials, and presented certain modifications in the system, which resulted in an unlimited number of possible arrangements while maintaining proper production quality. What is even more important, the building model became a design necessary for a ‘new’ society, as it allowed for quick construction. In addition, it was a complete product that combined elements of technological advancement and of architecture perceived as art. Thus, Gropius highlighted the contribution of architects in creating a new ‘societal’ environment and the new aesthetic values of Modernism (Orchowska, 2019, pp. 23–31).

The design for Weißenhofsiedlung and the buildings built there were the first display of the implementation of goals formulated even before the Bauhaus’s establishment in 1919. The forms and technologies that emerged as a result of postulates included in Gropius’s important memorandum *Programm zur Gründung einer allgemeinen Hausbaugesellschaft auf künstlerischer einheitlicher Grundlage m.b.H* from 1910 (reprint in: Wingler, 1969, p. 20), were ultimately documented in 1927 in his text *Wie bauen wir billigere, bessere, schönere Wohnungen? (How to build cheaper, better and more attractive dwellings?)* (Gropius, 1927, p. 275). They should be seen as the most crucial element of his ultimate idea: *das fix und fertig eingerichtete variable Wohnhaus*⁴ (Herbert, 1984, p. 41). According to Gropius, houses were to be built using mass-production methods, utilizing assembly lines and manufacturing processes and monitored using precise block schemes and other control methods. Houses were to be designed following rationalized construction plans and were to be precisely studied down to the smallest details, comparably to the meticulous design of machines. Such a design process postulated product standardization; the product in this case was not an entire house, but the various components of a construction system. Standard elements allowed for erecting houses that could be changed depending on a client’s needs (of course within the bounds of the system). In such a rational production system, independently of the weather, financial planning also became possible as a priority for the entire design and construction.

The overarching thought that was at the base of this text was once again underscored by Gropius in an

⁴ *A fully furnished, equipped, ready-to-use dwelling* — translation by author.

article published in the second issue of the 'Bauhaus' journal in 1927: *Systematische Vorarbeit für rationalen Wohnungsbau (Systematic preparations for housing construction rationalization)* (Herbert, 1984). Gropius stated: *The ultimate goal of this trend will be achieved only when all rational wishes of the individual concerning their house can be fulfilled without compromising economic benefits of mass production. Houses and their furnishings will differ in general appearance, and depending on the number and type of inhabitants. On the other hand, components from which the buildings will be constructed will be identical. The 'type' itself is not an obstacle to cultural development; on the contrary, it is almost one of its initial conditions* (cited in: Herbert, 1984, p. 42).

The main points of Gropius's interests should be highlighted: the optimization of dwelling design based on a generalized investigation of user requirements; the maximum use of new construction materials and techniques, and especially concrete and steel prefabrication techniques; the assembly of finished components manufactured to predetermined specifications and standards; the rationalization of transport systems; the investigation of construction site procedures in terms of materials, labour and heavy equipment. Prefabrication, namely mass production by industrial means, was not only a search for quantity, but most importantly a way to ensure quality.

Gropius turned to an alternative approach and tried to benefit from prefabrication by producing standardized parts instead of a whole, leaving a synthesis defined by user needs and an architect's creative skill. Gropius's attitude towards prefabrication was thus an attempt at solving the conflict of uniformity and variability, standardization and diversity, in a new technological whole. Gropius found the solution to this paradox not in the selection of alternatives, but in reconciling opposites in a new synthesis. Part standardization, as an instrument of this synthesis and a means of achieving a unity of the whole, was given utmost significance. The process of synthesis depends on the character and quality of components. Gropius also suggested that factory-produced houses would remain not only an open field for creative invention, but also — due to the potential to pair premade elements as a part of a single system — could satisfy future buyers' individual needs. Gropius's work was based on pursuing the proper form rather than an ideal product, all the while keeping in mind the requirements dictated by production processes, and sought a flexible system.

Baukasten im Großen (Big Construction Kit) (ill. 4) was a then-innovative modular system that consisted of six equally important basic modules of

varying sizes, that could be combined and paired into various types of *Wohnmaschinen* ('machines for living in') depending on the number of users and the needs of residents, in addition to properly prepared assembly of a dwelling's plan. Fly ash concrete was the primary material, combined with wood, steel and glass. As seen in the scheme shown below, spatial layouts were created from the main module no. 1, which could be added to another block along with successive modules (modules 2–6), placed and divided as featured in the use program; by combining these modules, one could produce various prefabricated dwelling typologies (houses). The flexible configuration and assembly of elements into a single whole created, for the first time ever, a new image of the notion of totipotency, which appeared in architecture towards the end of the 18th century and was one of the essential initial conditions for transitioning from trade-based production to flexible industrial manufacturing.

Used for the first time in architecture by Gropius, this modular concept was later accepted and applied by other architects, such as Konrad Wachsmann (1901–1980) or Fritz Haller (1924–2012). Gropius implemented the proposal in a range of design projects that had been accompanied by preceding programmatic texts and which resulted in a couple of experimental houses. These projects included two systems of construction kits, and both were exhibited at the Bauhaus exposition in 1923. First, the *Wabenbau* ('honeycomb system') developed by Gropius in cooperation with Fred Forbat in 1922, and the other — *Baukasten im Großen* for a 'typical terraced house' (*Typenserienhaus*), designed a year later by Gropius and his associate Adolf Meyer. Both systems were intended for cellular typification, but are characterized by a different type of modularization and thus a specific type of module hierarchy. On the one hand, the 'honeycomb system' consisted of a main module that derived its *great variability* from *the addition and coupling of combined spatial cells following the headcount and resident needs*. On the other, *Baukasten im Großen* consisted of six more or less equally important basic modules of varying size that can be combined and stacked in various ways (Seelow, 2018, p. 10).

The principle of *Baukasten im Großen* saw the first attempt to transfer industrialized construction from theory to practical exercise in the form of the housing complex in Dessau-Törten, constructed in the years 1926–1928 (ill. 5). The design was commissioned by the Dessau municipality and was based on research performed both prior to its drafting and throughout its course, and which was sponsored after 1927 by the association for housing and service

construction, of which Gropius was executive director. The Dessau-Törten complex was completed in stages over the course of three years, and featured the construction of 316 two-storey terraced houses. Initially, Gropius reputedly worked on a system for comprehensive or complete prefabrication, but had to discard it due to the high cost of the necessary use of construction cranes. Gropius decided to go with the semi-dry method that utilized relatively light and only partially prefabricated elements. The walls were built using so-called fly ash masonry units, while the roof was built using a mortarless structure from concrete beams (*Rapiddecke*). The transverse walls, beams, infill blocks, decks and roofs were standardized and produced on-site. Sand and gravel found at the site were suitable to make concrete, with only cement and fly ash requiring transport. The materials were stored on-site and transported via a cart along pre-laid tracks to areas between houses, where the elements were cast and hardened, close to where they were to be used. When they were ready, they were hoisted by mechanical machinery and laid in place by specialist crews. The stages of construction were carefully articulated; for instance, the main envelope was defined as to be built in fourteen structural stages.

Although the entire project cannot be seen as a pure and full prefabrication system (all the work was conducted on site and mostly using traditional means), yet the form of industrialized construction with on-site work organization was analogous to the operation of a factory. It involved notions of standardization, mass production, work specialization, operational mechanization, rigorously planned work and material organization, which are distinctive characteristics of an industrial system. This was to be achieved with economic plan design, on-time work preparation, careful contracting and an economic selection of construction methods. Gropius construction Dessau-Törten due to prioritizing logistics and transport (within the prefabrication system); for instance — the project was dictated by the placement of rails and the range of cranes used to deliver panels and other prefabricated materials (Seelow, 2018, pp. 20–21).

4. CURRENT DIRECTIONS OF DEVELOPMENT IN CONCRETE PREFABRICATION IN SINGLE-FAMILY HOUSE

At present, a century after the emergence of the idea of mass prefabrication, due to material diversity that defines both new qualities in concrete construction

and the means of design and construction (e.g., the BIM design environment), tendencies in the design of factory-produced residential buildings are aimed at developing structural and material systems used to erect individual buildings.

Swiss architects have a unique approach to the idea of concrete prefabrication used in single-family houses. For many decades, the realistic creativity of the Swiss people has been a desire to constantly return to the aesthetics of Realism, Structuralism and Constructivism. Rejecting formal experiments, Swiss architecture relies on a deep awareness of the building process, physicality that has an impact on the final result of design; on the awareness of material and technology, but also on the perfection of workmanship. They are interested in expressing and progressing basic architectural concepts, such as matter, space and light. In 1992, the architect Livio Vacchini built his own house in Costa Tenero (ill. 6), implementing the principle of maximum usable space without intermediate support of the prefabricated ceiling. In the works of Livio Vacchini and other concrete architects from the school of the Ticino district, the unsophisticated and super-rational structural skeleton formalizes the architectural language so that the conceptual unity of the building becomes a synthesis through the analytical rigor and order that give the work of proportion and hierarchy. Vacchini's use of an industrial prestressed ceiling (50 cm thick and 17.74 m span based on six external columns) is a pretext for creating a homogeneous space in the so-called free plan and achieving the abstraction and order required to achieve the universal aesthetics of the object. Everything is the result of the unprecedented logic of the argumentation of the form of the house and the sophisticated construction technique. (Masiero, 1999, p. 38).

Another Swiss example of the implementation of the postulate about the use of modular systems in prefabrication is the house in Collonges (2015) designed by Pierre-Alain Dupraz. It seems that the architect's idea is an interpretation of the concept of *Habitat 67* (arch. Moshe Safdi), known from the world exhibition in Montreal in 1967, reduced to a single functional figure. The tectonics of stacked cuboidal cubes is in this case an image of a house that also resembles Gropius' *Baukasten im Großen* and its principle of freedom and flexible assembly depending on the needs or the spatial context of the plot (ill. 7).

The original proposal for the implementation of the model prefabrication of single-family houses are two houses designed at the request of the Cement Producers Association with a specific

program and designated usable area on theoretical plots. Both proposals fit into the synthesis of thinking about a prefabricated house as the intention of the economy of shape, modularity, technological repeatability and as a form defining a specific utility model (two types: a one-storey house without a garage — approx. 140 m², a two-storey house with a garage — approx. 200 m²).

The *Villa Prefabricata I* and the *Villa Prefabricata II* (ill. 8, 9) were proposals for constructing houses with repetitive three-dimensional elements that take on different residential functions depending on programme. In the first example, a single-storey house was a realization of a proposed form that brings to mind classical solutions of a suburban residence. The fully symmetrical and repetitive functional and spatial division (a cruciform plan, five 600 × 600 cm squares) was an informed exploration of complete modularity (120 × 120 cm module), volume minimization and, most importantly, the technological repetitiveness of each prefabricated element along maximum length of 600 cm and a height of 360 cm (facade layer thickness of 6 cm). The informed application of a cheap solid flat roof is an attribute that highlights not only the economics of the design but also underscores the abstraction and universality of architecture. The small, square-shaped skylight that rises above the flat roof was an original version of the afterimage of prototypical house designs with central plans — the *Villa Rotonda* (1582) by Andrea Palladio, and the first experimental house with formal functions by Bauhaus — *Haus am Horn* (1923) by Georg Muehe. The principle of the house was the central placement of the hall and dining room ‘under the dome’ of the skylight and the function of its ‘arms’, which can be adapted to different uses depending on site plan, orientation relative to sunlight, the direction of the driveway, etc. The plan, based on a Greek cross, allows for the creation of external space that can also be individually organized (terrace, garage canopy). The size, functional layout, geometry, composition, and rather small scale of the building meant that the house’s cubature can fit into almost any plot with an area of 700 m² or can be used for terraced single-storey development. The technology applied in the design was a system of three-layer walls (with a facade 6 cm thick) along with any deck composed of pre-stressed hollow core slabs (e.g., HC slabs), or with concrete overlay, such as Filigran slabs. The building’s footing — depending on terrain — can be designed as based on prefabricated strip footing walls or a slab elevated above grade. The entire above-grade volume was designed to consist of 55 prefabricated elements.

The *Villa Prefabricata II* was designed as a horizontal house in the type of ‘container architecture’ and thus to highlight the repetitiveness of three-dimensional, horizontal modules, whose spatial assumptions reveal the benefits of selecting uses irrespective of story and program. The layout of the house was designed to reference the principle of living on the first floor (*piano nobile*) and continue the principle of the residential ‘detachment’ from the surrounding area.

The space of the house, elevated above the plot surface, highlights directions inside and openings towards the outside. The villa was an attempt at interpreting Walter Gropius’s Modernist *Baukasten im Großen* (1927) and the rational, concrete houses near the region of Ticino, Switzerland (Livio Vacchini, Luigi Snozzi) that had been its afterimages. The structure of the building separates the function into a first-storey technical and guest-focused use and the family (daytime and night-time) use on the first floor. Each of these zones was designed to have access to an external terrace and features the idea of opening space modelled after uses with a ‘free plan’. The correct selection of prefabricated beam structures based on walls and joists and the application of horizontal glazed surfaces in the interior were used towards this purpose. The building’s elongated layout, with each segment having a narrow bay (410 + 500 cm) produced equal access to daylight in most spaces, and the visible principle of selecting opposing corners on each story complemented the rules of the game of rectilinear geometry. The application of prefabricated pre-stressed slabs (such as TT slabs) based on an external joist for cantilevered elements of stories extended from the main body was a structural challenge.

A consistent concept for this way of thinking is to break down and separate the function, which is to serve as acoustic insulation, and is also a pretext for targeting internal openings (volumes and external views) and creating terraces on both floors. A thread of wall modules, a visually lattice facade is considered an emblem of reason, logic and order. The technologies used are a system of three-layer walls (elevation layer — 6 cm, thermal insulation layer — 18 cm, load-bearing layer — 16 cm) and ceilings entirely in the Filigran technology.

Prefabrication does not merely mean the serial production of a single pattern, but also the production of its individual elements, which allows for countless combinations. Following Gropius’s words on modern prefabrication, it has become not only a prophetic tool to implement low production cost, but presents high quality and freedom in the selection

of good design. Furthermore, prefabrication offers an immense opportunity for the development of eco-friendly construction. Controlled concrete use, its recycling and awareness of material consumption, the optimization of the application of proper energy-efficient utility systems, the application of eco-friendly construction systems appears easier to achieve in factory-built houses.

Key directions of material development in prefabrication include lowering the carbon footprint of concrete mixtures (zero-emission concrete mixtures) and the application of innovative binders, such as geopolymers, as well as the development of ultra-high performance concrete (UHPC), such as reactive powder concrete (RPC). The use of modern concretes with steel micro-reinforcement (fibre-reinforced concrete), which does not include main reinforcement, as well as concrete with non-steel main reinforcement (fiberglass, basalt or kevlar rebar).

The use of waste materials in prefabrication is aligned with sustainable construction, and includes both the use of various industrial by-products and the recycling of waste from prefabrication (Adamczewski and Woyciechowski, 2017, p. 24). For example, among the contemporary prefabricated concrete architecture there is the *Hemeroscopium House* (ill. 10) built in Madrid by Antón García-Abril. It was devised and built as seven enormous, prefabricated wall beams superimposed on each other (the largest 20 m long, 3 m high). *Hemeroscopium House* is a house that took only seven days to complete and is a benchmark for the use of recycled prefabricated elements. In the house, raw, concrete prefabricated elements have already been used in different structures (for example, the hanging pool on the first floor is a fragment that survived after dismantling the highway viaduct), just as the other fragments used to serve as engineering structures. The whole takes on the importance of an innovative and unconventional approach to architecture, which is assumed to use commonly available building elements to create new value in prefabrication.

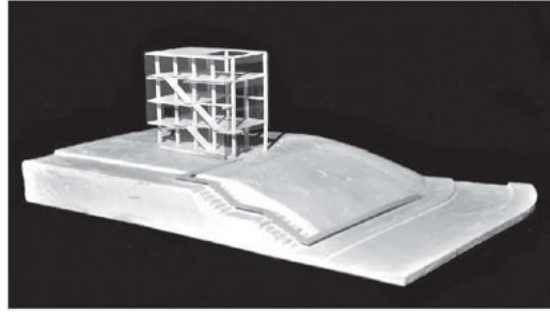
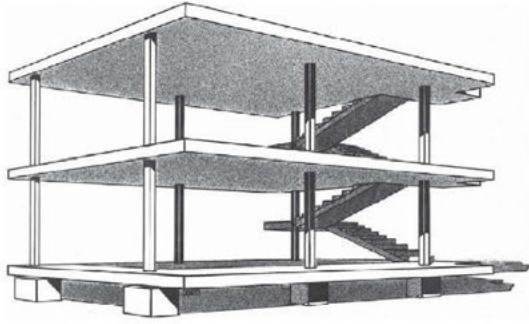
5. CONCLUSIONS

Today it seems that the homogeneous prefabrication systems used for decades have been replaced by advanced design and construction methods. The

principle of prefabrication has not changed. A concrete house is a set of details that the architect must design before each element is prefabricated and shipped to the site. The sense of this work once again reveals a certain quite sizeable body of knowledge concerning prefabrication logistics (the delivery of prefabs to the construction site), the sense of the seriality and repetitiveness of elements (lower construction cost), dimensional and construction modularity — everything that reveals to us the notion of a rational approach to design and construction. Such a stance does not exclude thinking of architecture as a singular work for a client that searches for a custom house. The examples of architectures from recent years prove that prefabrication in its individual version can be an image that uses the rational (available) potential of matter to create an original or perfect thing in its material and function. The rationalization of form is a constant pursuit of the link between form and matter (the prefab).

Similarly to other fundamental works of Modernist and Functionalist architecture, prefabricated concrete houses became a model for the path whose course was set a century ago, and which we want to travel today as well. In the beginning of the 20th century, classical firmness, utility and beauty of architecture became one in the matter of concrete, steel and glass, creating a new sensitivity to the space in which humans live. And so, like a century ago, prefabrication is not an ordinary technological process, but a pursuit of knowledge and meaning, behind which there are complex rational and aesthetic messages, as well as meanings created by perfecting the tools of architecture in the 21st century. This transition in human awareness in understanding rational needs of humanity that occurred a hundred years ago — led to a situation in which we must once again explore what is the function of the house, what is its representation and what is its housing economics. This rationalist approach to building houses led to a transformation of its structure, form and construction. Examples of rational patterns followed by contemporary architects also provide proof that a prefabricated house can become an ‘ideal architecture’ that creates a whole from form, function, structure and matter.

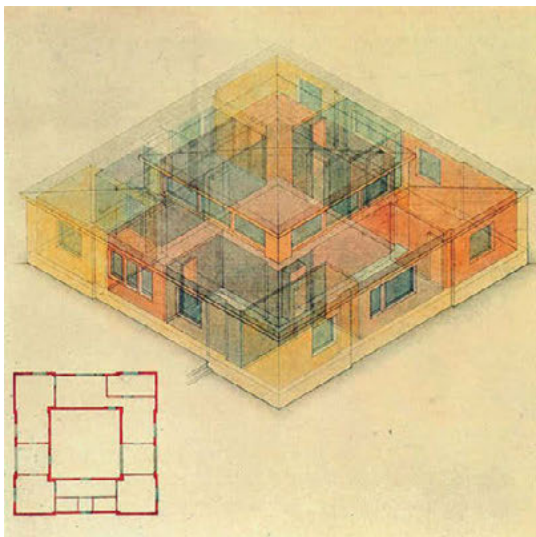
According to the author, the sense of concrete prefabrication in the construction of single-family houses is to return to the idea of ‘developed’ rationalization of technology and architectural aesthetics.



III. 1. Le Corbusier, System *Dom-ino* (1915) and a form analysis for the *Maison Citrohan* type in *Weißenhofsiedlung*, Werkbund Exposition, Stuttgart, 1927.

II. 1. Le Corbusier, System *Dom-ino* (1915) oraz analiza formy typu *Maison Citrohan* w *Weißenhofsiedlung*, Wystawa Werkbundu, Stuttgart, 1927.

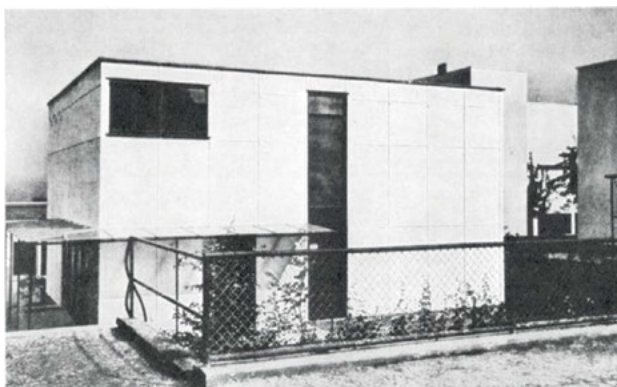
Source/źródło: <https://www.dezeen.com/2014/03/20/opinion-justin-mcguirk-le-corbusier-symbol-for-era-obsessed-with-customisation/>; R. Tamir, *Citrohan Mansion — Analysis and Intervention*. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=Ugtfqcfs0Is> (accessed: 10.09.2022).



III. 2. G. Muche, *Haus am Horn*, Weimar, 1923; axonometric view and current state.

II. 2. G. Muche, *Haus am Horn*, Weimar, 1923; aksonometria i stan obecny.

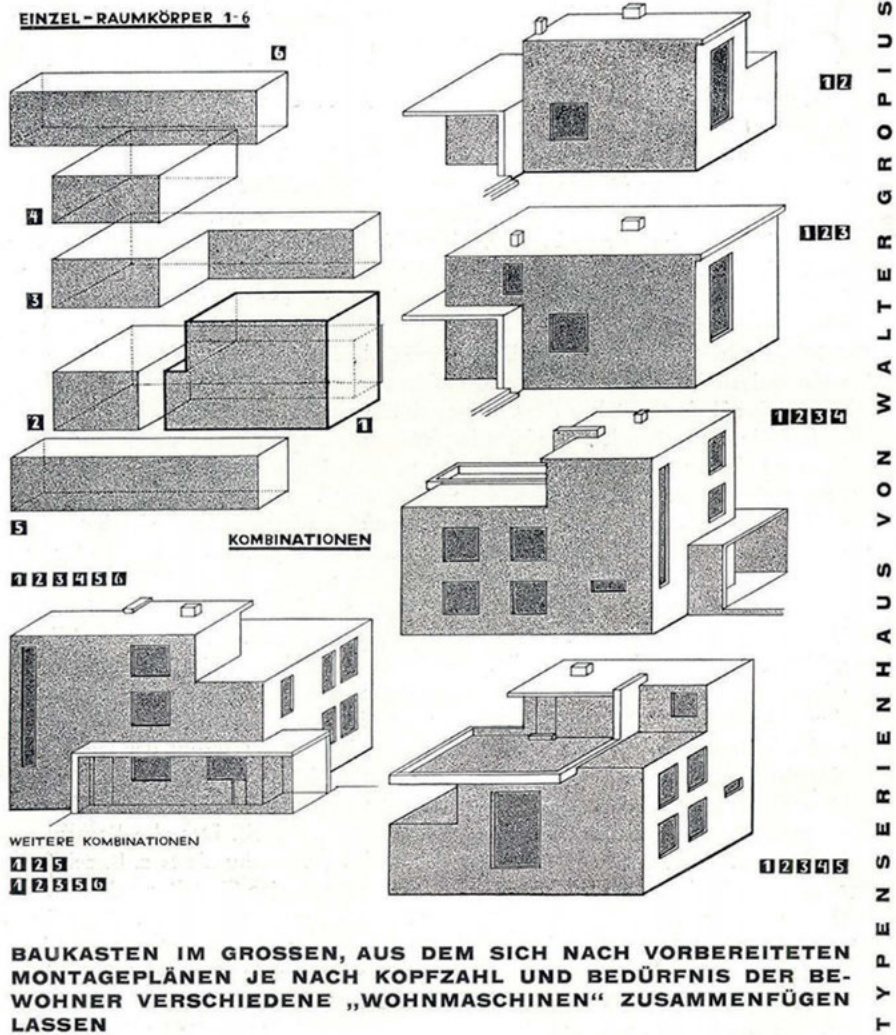
Source/źródło: (Blümm and Ullrich, 2019, p. 104).



III. 3. W. Gropius, house no. 17, *Weißenhofsiedlung* exhibition, Stuttgart, 1927.

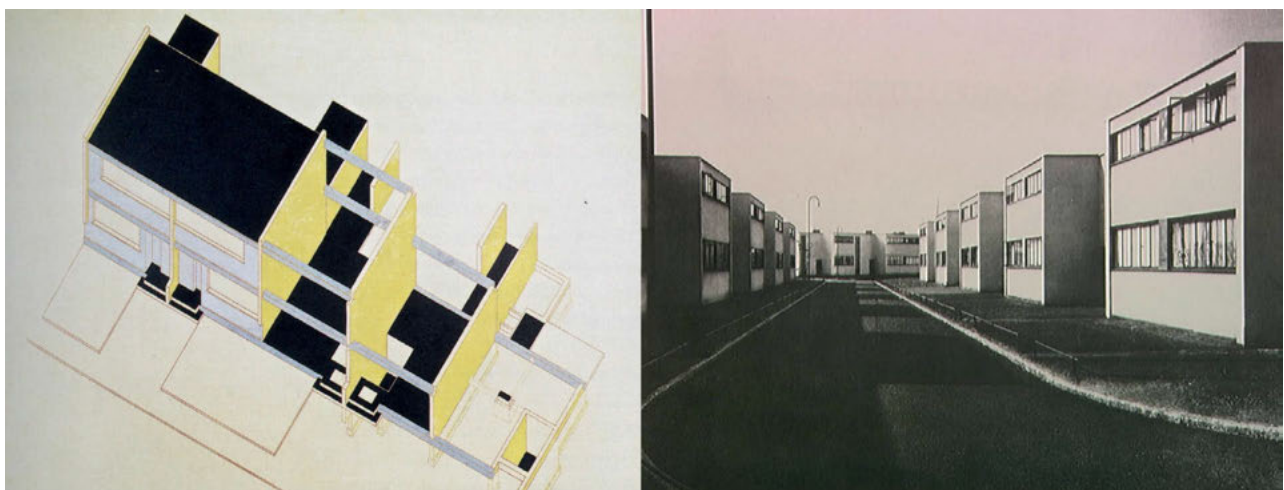
II. 3. W. Gropius, dom nr 17, wystawa na *Weißenhofsiedlung*, Stuttgart, 1927.

Source/źródło: http://architectuul.com/architecture/view_image/weissenhof-estate/2156 (accessed: 10.09.2022).



III. / II. 4. W. Gropius, A. Meyer, *Baukasten im Grossen*, 1923.

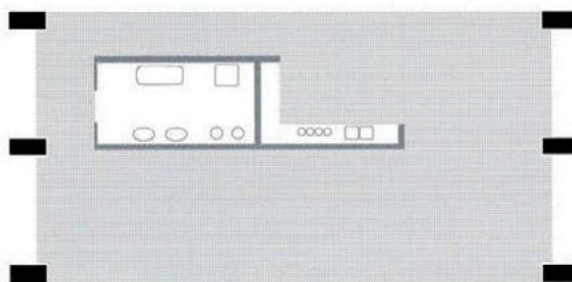
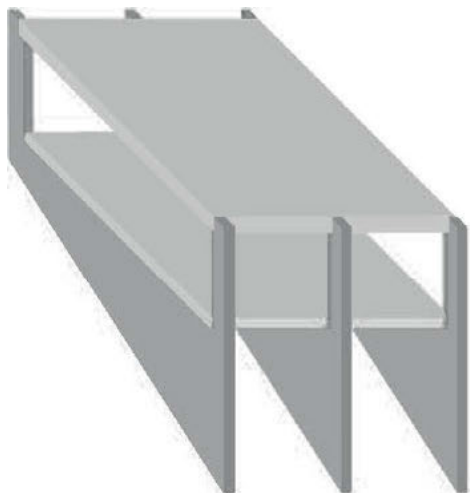
Source/źródło: (Gropius, 1925, <https://www.modulart.ch/baukasten-im-grossen/> (accessed: 19.09.2022).



III. 5. W. Gropius, A. Meyer, housing estate in Dessau-Törten, 1926–1928.

II. 5. W. Gropius, A. Meyer, osiedle mieszkaniowe w Dessau-Törten, 1926–1928.

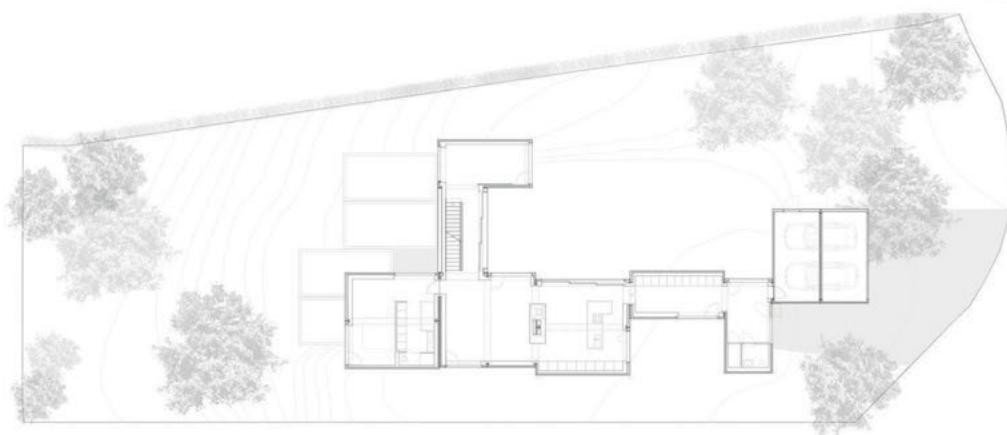
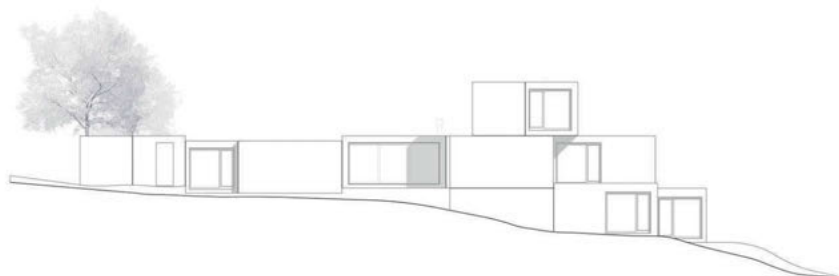
Source/źródło: Krohn, C. (2019), 'Törten Housing Estate,' [in:] *Walter Gropius: Buildings and Projects*, Berlin–Boston: Birkhäuser, pp. 86–91. Available at: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783035617436-029/pdf> (accessed: 05.05.2022).



Ill. 6. L. Vacchini, house in Costa Tenero, 1992; visualization of axonometry, and plan (no scale).

Il. 6. L. Vacchini, dom w Costa Tenero, 1992; wizualizacja aksonometrii i rzut (bez skali).

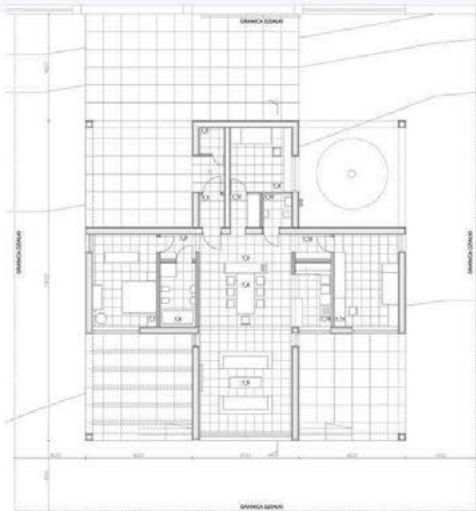
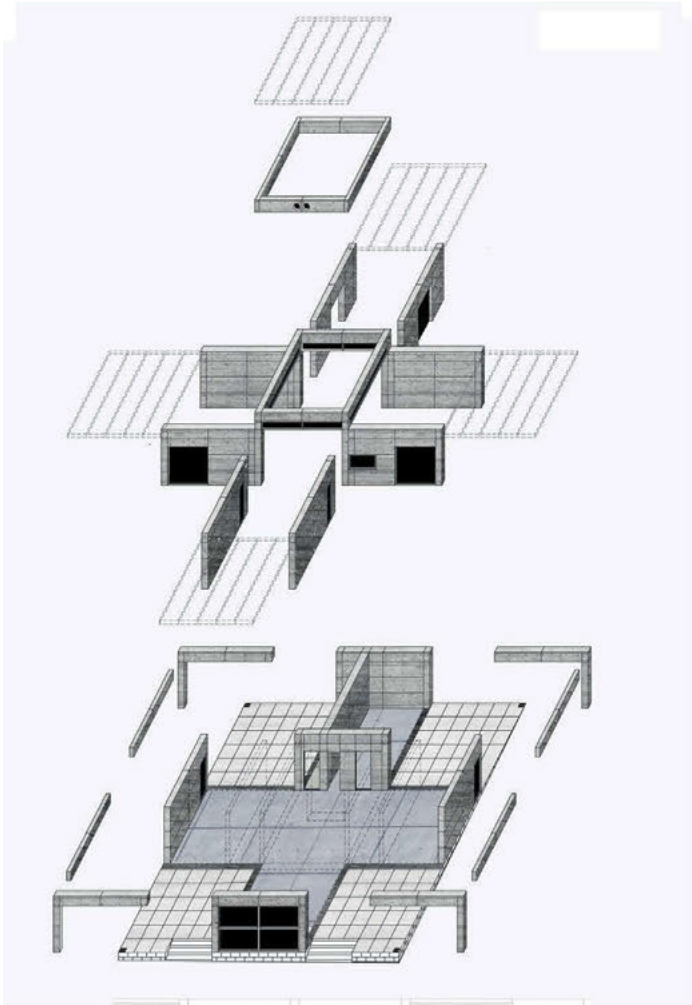
Source/źródło: (Masiero, 1999, p. 38).



Ill. 7. P.A. Dupraz, house in Collonges, 2012; realization, facade, plan.

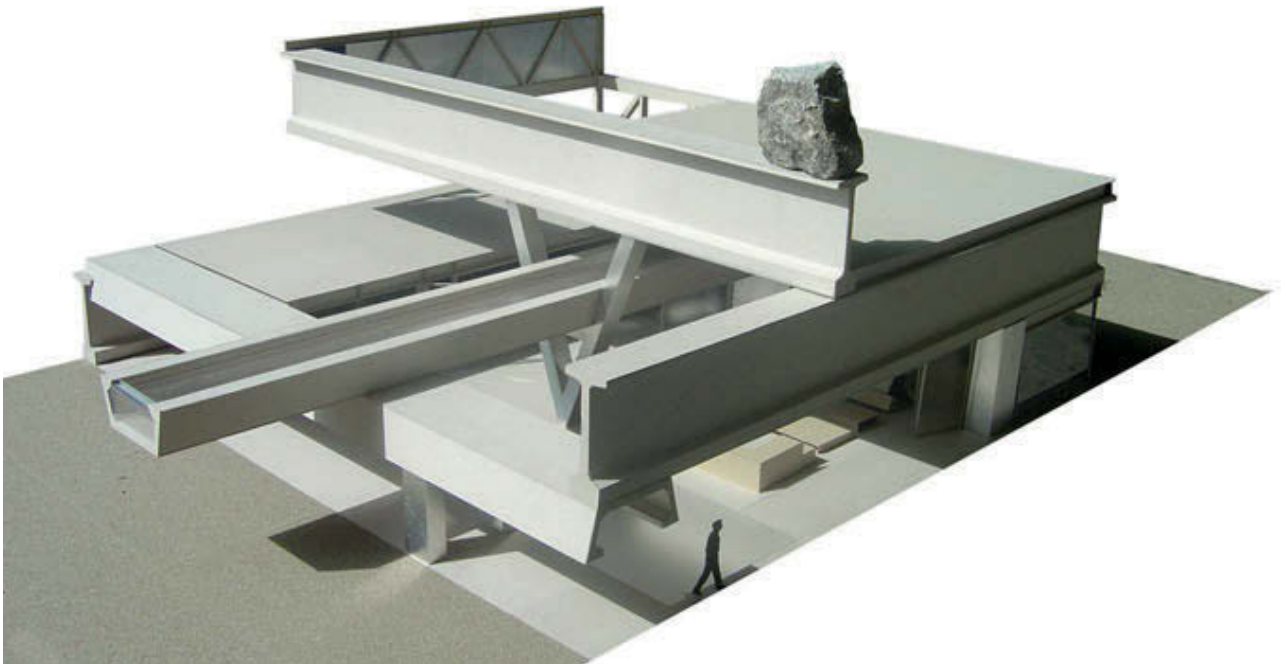
Il. 7. P.A. Dupraz, dom w Collonges, 2012; realizacja, fasada, rzut.

Source/źródło: <https://www.archdaily.com/298209/villa-prefabrique-in-collonges-pierre-alain-dupraz> (accessed: 19.07.2022).



III. 8. M. Charciarek, *Villa Prefabricata I*, 2021, visualization, axonometry (stud. K. Ciszewski), floor plan (no scale). Author's own project.

II. 8. M. Charciarek, *Villa Prefabricata I*, 2021, wizualizacja, aksonometria, rzut (bez skali). Projekt własny.



III. 10. Ensemble Studio, *Hemeroscopium House*, Las Rozas, 2008; realization, maquette.

II. 10. Ensemble Studio, *Hemeroscopium House*, Las Rozas, 2008; realizacja, model.

Source/źródło: <https://www.archdaily.com/16598/hemeroscopium-house-ensemble-studio> (accessed: 19.07.2022).

1. WSTĘP

Wydaje się, że początek XX wieku to przede wszystkim czas rozwoju umiejętności i technik przemysłowych oraz śmiałych wlotów konstrukcyjnej i inżynierskiej kreatywności w zakresie nowych technologii. Domy po raz pierwszy stały się wytworami nie tylko architektów, lecz także inżynierów i wszystkich „wynalazców”, którzy poszukiwali odpowiedzi na pytanie, jak stworzyć nową funkcjonalną przestrzeń ludzkiego bytu. Po raz kolejny historia architektury jako historia techniki stała się elementem budowy rzeczywistego świata poprzez doskonalenie narzędzi i materiałów. Oczywistość tego faktu potwierdzały na początku XX wieku słowa prekursora wykorzystania betonu i żelbetu — Auguste’a Perreta: *ze wszystkich sztuk to architektura najbardziej zależy od warunków materialnych* (Perret, 1952, cytowany w: Pabich, 2013, s. 183).

Problemem badawczym artykułu jest sens wykorzystania idei prefabrykacji betonowej z 1. połowy XX wieku do stworzenia nowej racjonalnej (pod względem budowlanym i estetycznym) jakości architektury domów jednorodzinnych w XXI wieku. Znane i omawiane przez badaczy realizacje z przeszłości — konkretnie z okresu wczesnego modernizmu i funkcjonalizmu architektonicznego — wydają się odpowiednie do ukazania, czy też przypomnienia idei prefabrykacji betonowej domów jednorodzinnych we współczesnych projektach. Architektura ta, mająca swoje źródło w wizji rewolucji mieszkaniowej z początku XX wieku, może być dzisiaj zarówno przedmiotem bezpośrednich nawiązań, jak i punktem wyjścia w poszukiwaniach kolejnych wzorców współczesnej prefabrykacji domów jednorodzinnych. Wydaje się, że — tak jak przed stu laty — formy architektury domów stają się ponownie prototypem dla zracjonalizowania problemu — procesu odrzucenia zbędnych elementów w celu stworzenia czystej strukturalnie estetyki funkcjonalizmu.

Cel pracy

Celem pracy jest prezentacja wybranych przykładów prefabrykacji betonowej, wskazujących na racjonalne źródła kultury europejskiej XX wieku, co stanowi godną uwagi alternatywę budowlaną w okresie idei zrównoważonego rozwoju oraz Nowego Bauhausu. Artykuł konfrontuje ponadto nowoczesną ideę prefabrykacji z dwoma autorskimi projektami domów prefabrykowanych.

Metody

Za metodę badawczą przyjęto analizę wybranych przykładów architektury historycznej z początków XX wieku — domów realizowanych w technologii

betonowej prefabrykowanej, które stały się wzorcowe dla nurtu racjonalnego we współczesnej architekturze domów jednorodzinnych (*case studies*). Pomocne w poszczególnych analizach były zdjęcia, rysunki autorskie, aksonometrie pokazujące strukturę budynku, detale, opisy autorskie i opisy budowlane. Przeprowadzono również studia literaturowe. Dotyczyły one, po pierwsze, związków idei architektur funkcjonalistycznych z technologią betonową i prefabrykacją — w takich realizacjach jak pierwsze domy Le Corbusiera (tzw. *Maison de serie*), domy Bauhausu oraz w pierwszych systemowych rozwiązaniach Waltera Gropiusa (*Baukasten im Großen*) z lat 20. XX wieku. Po drugie, w studiach literaturowych zgłębiono temat samej idei prefabrykacji betonowej (dawniej i obecnie) oraz zasad jej projektowania i konstruowania. Dopelnieniem tekstu jest prezentacja współczesnych domów prefabrykowanych (realizacje Livia Vacchiniego, Ensemble Studio, studia Summary, Pierre’a-Alaina Dupraza), stanowiących kontynuację wzorca racjonalistycznej architektury z przeszłości.

Zakres

Zakres czasowy poddanych analizie przykładów obejmuje realizacje od modernistycznych wzorcowych eksperymentów mieszkaniowych lat 20. i 30. XX wieku do ich reinterpretacji w reprezentatywnych przykładach z XXI wieku. Praca jest uzupełniona o dwa projekty autora z roku 2021.

Przegląd literatury

Kwerenda przeprowadzona przez autora tekstu prowadzi do wniosku, że prefabrykacja betonowych domów jednorodzinnych nie jest traktowana jako odrębny temat badań, lecz rozpatrywana jest najczęściej w szerszym kontekście racjonalizacji budownictwa, zwłaszcza prefabrykacji budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego. Wynika to z faktu, że w XX wieku idea prefabrykacji domów jednorodzinnych — z zasady modernizacyjna — zawsze stanowiła wycinek większego zadania, jakim był rozwój architektury mieszkaniowej. Jednostkowy, racjonalny model starano się wykorzystać w budownictwie masowym — zabudowie bliźniaczej, szeregowej, wielorodzinnej.

Do najważniejszych publikacji należą zatem te pozycje bibliograficzne, które związane są z „wynalazczymi”¹ początkami prefabrykacji betonowej

¹ Termin „wynalazek” jest tu użyty w znaczeniu znanym z teorii wielokrotnie powracającej w historii sztuki i architektury. Dla przykładu badacz materialnych kultur antyku Johann Joachim Winckelmann dzieli historię każdej sztuki na trzy etapy: pierwszy — ustanawiający początek (pier-

XX wieku — *Vers une architecture* Le Corbusiera (1923; polski przekład: Le Corbusier, 2012), artykuły i manuskrypty Waltera Gropiusa z lat 1923–1927 podążające za nowymi koncepcjami budownictwa niemieckiego (np. Gropius, 1925; Gropius, 1926–1927; Gropius, 1928) oraz opracowania ogólne analizujące przemiany technologiczne i stylistyczne w architekturze nowoczesnej — np. *Przestrzeń, czas i architektura. Narodziny nowej tradycji* Sigfrieda Giediona (1968). Ważnymi pozycjami są również tekst Gilberta Herberta podsumowujący dziedzictwo prefabrykacji Waltera Gropiusa pt. *The Dream of the Factory Made House: Walter Gropius and Konrad Wachsmann* (1984) i artykuł Atli Magnusa Seelowa *The Construction Kit and the Assembly Line — Walter Gropius' Concepts for Rationalizing Architecture* (2018).

Jeśli chodzi o analizy nowych przykładów prefabrykowanych domów jednorodzinnych, widoczna jest tu obecnie pewna luka badawcza i bibliograficzna. Wśród najnowszej literatury wymienić można: artykuł *Recyclable Architecture: Prefabricated and Recyclable Typologies* (Ferreira Silva i in., 2020) oraz opracowania polskich autorów: Doroty Jopek *Dom, jako produkt. Nowe wyzwania prefabrykacji* (2011) i tekst Anity Orchowskiej *Prefabrication — The Expression of Rationalism in Architecture* (2019) wygłoszony na konferencji *Defining the Architectural Space: Rationalistic or Intuitive Way to Architecture*. Autor artykułu traktuje XXI-wieczne prefabrykowane domy jednorodzinne jako rezultat poszukiwania wzorca z przeszłości i odnajdywania jego kontynuacji lub interpretacji we współczesności. Powiązanie starych form i znaczeń w architekturze ze współczesnością nadaje prefabrykacji betonowej nowatorski sens, odpowiadający założeniom nowych nurtów racjonalnej stylistyki i rozwiązań zrównoważonych.

Do opracowań uzupełniających problematykę prefabrykacji należą teksty opisujące systemy i zasady budowlane technologii prefabrykacji betonowej, m.in. na łamach czasopism *Builder*, *Materiały Budowlane*, *Przegląd Budowlany* oraz okazjonalnych publikacji Stowarzyszenia Produ-

centów Cementu i Stowarzyszenia Producentów Betonów, zajmujących się od lat propagowaniem idei prefabrykacji mieszkalnictwa jednorodzinnego oraz wielorodzinnego. Do tej grupy należą także katalogi i poradniki dla projektantów wydane przez producentów krajowych systemów prefabrykowanych.

2. MIT ZAŁOŻYCIELSKI. LE CORBUSIER I SYSTEM *DOM-INO*

Właściwie należałoby uznać, że cały modernizm opierał się na przesłankach socjalnych. Jednym z nich było poszukiwanie nowych i tanich systemów mieszkaniowych, które nadawałyby się do stworzenia wielokrotnych konfiguracji. W 1915 roku Le Corbusier w szkicu obrazującym system *Dom-ino* ogłosił światu nowy typ planu, elewacji, przekroju budynku — nowej architektury (il. 1). Prosty rysunek (trzy płaszczyzny połączone sześcioma słupami, całość złączona klatką schodową), uznany za źródłowy dla późniejszych *pięciu zasad nowoczesnej architektury*, ilustruje przede wszystkim możliwości zastosowania żelbetu w systemie płytowo-słupowym. Rysunek jest także zapowiedzią odrzucenia terminu „stylowy”, a brak widocznych zewnętrznych ścian ma w pełni uświadomić sens tworzenia architektury w przestrzeni abstrakcyjnej — pozbawionej ciężaru i masy materii. Le Corbusier pisał o tego rodzaju obiektywnej ekspresji jako o „nagim fakcie”, będącym swoistą formą do wypełniania nowym duchem współczesności: (...) *Architektoniczna abstrakcja ma tę szczególną, wspaniałą cechę, że zakorzeniając się w nagim fakcie, uduchowia go, gdyż nagi fakt nie jest niczym innym jak materializacją, symbolem możliwej idei. Nagi fakt należy do idei dopiero dzięki narzuconemu przez nas porządkowi. (...) Trzeba stworzyć ducha produkcji seryjnej, ducha produkcji seryjnej domów* (Le Corbusier, 2012, s. 251)². Przezroczysta kurtyna ze szkła miała zastąpić nieprzenikliwość dotychczasowych przegród, a szkielet konstrukcji monolitycznej odrzucił na zawsze lity kamienny mur elewacji. W przypadku *Dom-ino* żelbetowe słupy, stropy i klatka schodowa nie tworzą estetyki — mówią raczej o praktykowanych przez Charles'a-Édouarda Jeannereta,

sze uformowanie), który pojawia się najczęściej jako efekt konieczności; drugi — stanowiący poszukiwanie piękna po rozpoznaniu materii; w końcowym etapie sztuka wchodziła w fazę zbytku (Winckelmann, 2012, s. 21). W XX wieku orędownikiem i kontynuatorem tych koncepcji był George Kubler, opisujący sztukę w kontekście *innovacji, repetycji i trwania*. Krytyk wprowadził rozróżnienie dzieł sztuki na te, które inicjują pewne rozwiązanie problemu — ich wyraz artystyczny nazywa przedmiotami *pierwszymi*, i na te, które stanowią ich repetycję — zwane *replikami* (Kubler, 1970, s. 102).

² System *Dom-ino* był pomysłem Charles'a-Édouarda Jeannereta na realizację taniego, betonowego budownictwa dla regionów zniszczonych w I wojnie światowej, co wiadomo z listów Le Corbusiera do szwajcarskiego inżyniera betonu Maxa Du Bois (od grudnia 1914 do grudnia 1915 roku); zob. także: (Gregh, 1979). Pierwsza publikacja systemu *Dom-ino* ukazała się na łamach pierwszego wydania *Vers une architecture* w 1923 roku.

pomysłodawcę systemu, czystości i moralności oraz o obiektywności uwalniającej architekturę od obłudy i fałszu, otwierającej nasze oczy na „nowy porządek” architektury. W tym duchu powstały pierwsze domy w Pessac (1926) oraz seria domów w systemach *Monol* i *Citrohan* (1924) (il. 1) — oba typy zmaterializowały się w postaci domu wybudowanego na eksperymentalnej wystawie Werkbundu w Stuttgarcie w 1927 roku. W swej książce *Vers une architecture* Le Corbusier pisał, że jeśli wyeliminujemy stereotypowe, przestarzałe myślenie o domu i popatrzymy na problem krytycznym i obiektywnym (racjonalnym) spojrzeniem, to dojdziemy do idei *domu-maszyny* — domu masowej produkcji, który jest zdrowy, moralny i piękny, podobnie jak narzędzia i instrumenty towarzyszące naszemu życiu.

Trwanie mitu *Dom-ino* jako wzorca i ocena jego znaczenia dla architektury współczesnej nie może przesłonić pewnej trudności w przyporządkowaniu tego systemu do definicji prefabrykowanej architektury (także betonowej). Wydaje się, że *Dom-ino* jest bardziej określeniem zamierzenia niż architekturą skończoną — pozbawionym formy „środkiem do celu”. Konsekwentny w zaznaczaniu istoty tego systemu jest Peter Eisenman, określający jego historyczne właściwości: „horyzontalność” (ang. *planeness*) w odróżnieniu od dotychczasowej „ścianowości” (ang. *wallness*) architektury, wymiarowość, elastyczność. *Dom-ino* sygnalizuje także potencjalną podzielność i możliwość dowolnych połączeń. W tym sensie jest znakiem systemu, który odnosi się do najbardziej źródłowych podstaw architektury, wykształconych z czystej geometrii, wyróżnionych potencjalną użytecznością i treścią. Nowy system spełnił rolę profetycznego obrazu współczesności i stał się — na dziesięciolecie — stanem umysłu twórców nadchodzącego modernizmu (Eisenman, 1998, s. 197). Architekci dostrzegli w tym schemacie nie tylko nowy model przestrzenny i esencję koncepcji „przestrzeni otwartej”, ale również spójność technologiczną. Ten tani system szkieletowy, który wskazywał drogę komponowania nowej przestrzeni architektonicznej, był prametaforą *machine à habiter*, wyznaczającą w przyszłości zarówno szerokie spektrum dla stylistyki architektonicznej, jak i podbudowę ideową domów produkowanych na masową skalę (Charciarek, 2015, s. 49–50).

3. IDEE PREFABRYKACJI WALTERA GROPIUSA

W Weimarze, a następnie w Dessau nowa szkoła Bauhausu, pod kierownictwem Waltera Gropiusa, nie zajmowała się zasadniczo problematyką

prefabrykacji. Istotnie, Gropius poruszał wyłącznie te kwestie architektoniczne, które były styczne z innymi sztukami wizualnymi i mogły służyć za cel nowej architektury. Jednak to, co stanowiło podstawowy cel Bauhausu, jest zarazem dwiema kwestiami kluczowymi dla ogólnej koncepcji industrializacji. Zagadnienia te dotyczyły relacji sztuki i przemysłu oraz standaryzacji norm wymiarowych i typologicznych.

W Bauhausie zasada integracji nauki oraz porządku „projekt–produkcja” nie została rozszerzona w żadnym systematycznym badaniu na cały system mieszkaniowy i wyposażenie. Najlepiej świadczy o tym eksperymentalny *Haus am Horn* (il. 2), zaprojektowany przez Georga Muchego i wzniesiony w Weimarze w ramach projektowanego, ale nigdy niezrealizowanego osiedla Bauhausu w 1923 roku (Blümm i Ullrich, 2019, s. 10–15). W tym indywidualnym domu, za którego budowę odpowiedzialni byli Walter Gropius i Adolf Meyer, wszędzie, gdzie było to możliwe, zastosowano produkty prefabrykowane przemysłowo i nowe materiały budowlane. Budynek na planie kwadratu o wymiarach 12 × 12 m jest ucieleśnieniem funkcjonalizmu i optymalnego wykorzystania materiałów dla zrationalizowanej i elementarnej przestrzeni. Dom typologicznie wywodzi się z zainicjowanego przez atelier Gropiusa systemu „plastrów miodu” (*Wabenbau*) — zasady rozmieszczenia różnych pomieszczeń na planie kwadratu, zgrupowanych wokół podwyższonego centralnego salonu oświetlonego świetlikiem. Jak przystało na eksperymencie szkoły Bauhausu, konstrukcje ścian i stropów są wykonane z lekkich bloków konstrukcyjnych z betonu żużlowego wiązane cementem, tworzących dwuwarstwową ścianę murowaną z nowatorską izolacją z tzw. *tarfoleum*. Pomimo indywidualnego wyrazu architektonicznego system budowlany *Haus am Horn* jest ze swojej natury charakterystyczny dla rzeczy prototypowych — prostopadłościenny, pudełkowaty, addytywny, surowy — i wydaje się poszukiwaniem nowej „ekonomiki mieszkaniowej” w konwencjonalnej, taniej formie domu parterowego. Nawet bardziej rozwinięta propozycja Gropiusa i Meyera z tego samego roku — pierwszy system prefabrykacji o nazwie *Baukasten im Großen* — była wciąż eksperymencem, który badał jedynie problem zmienności w ramach znormalizowanego systemu, a nie całościowy problem pełnego systemu prefabrykacji.

Cztery lata później, w 1927 roku, budowa pokazowych domów na osiedlu Weißenhof w Stuttgarcie była dla Gropiusa okazją do ponownego sformuło-

wania swoich przemyśleń na temat ogólnych zasad prefabrykacji jako sposobu na obniżenie kosztów mieszkaniowych i poprawę jakości mieszkaniowej. Dzięki Werkbundowi stworzono modelowy program *Die Wohnung*, w którym wybudowano 21 prototypowych domów jedno-, wielorodzinnych i szeregowych³. Pomimo tego, że autorami byli różni architekci, domy wykazywały formalną spójność i jedność w aranżacji. Całość złożona z geometrycznych, prostych, białych form z płaskimi dachami była zgodna z zastosowanym wzorcem standaryzacji i racjonalizmu. Gropius w swoich dwóch budynkach (nr 16 i 17) wdrożył dodatkowo innowacyjny sposób prefabrykacji (il. 3). Architekt zastosował system modułowy wraz z prefabrykowanymi panelami ściennymi mocowanymi do „suchej konstrukcji”. Wykonanie paneli było możliwe dzięki specjalnie zaprojektowanemu systemowi rastrowemu. Stalowa konstrukcja budynku stanowiła promocję nowoczesnych materiałów, przedstawiała pewne modyfikacje w systemie, które dały nieograniczoną liczbę możliwych aranżacji przy zachowaniu odpowiedniej jakości produkcji. Co ważniejsze, wzorec budynku stał się kreacją niezbędną dla „nowego” społeczeństwa, ponieważ pozwoliło to na szybką realizację. Dodatkowo był to produkt gotowy, który połączył elementy zaawansowania technologicznego i architektury postrzeganej jako sztuka. W ten sposób Gropius podkreślił wkład architekta w tworzenie nowego środowiska „społecznego” i nowe walory estetyczne modernizmu (Orchowska, 2018, s. 23–31).

Projekt i realizacja na Weißenhofsiedlung pokazały po raz pierwszy realizację celów wytyczonych jeszcze przed powstaniem Bauhausu w 1919 roku. Formy i technologie, które stanowiły wypadkowe postulatów zawartych w ważnym memorandum Gropiusa *Programm zur Gründung einer allgemeinen Hausbaugesellschaft auf künstlerischer einheitlicher Grundlage m.b.H.* z 1910 roku (przedruk w: Wingler, 1969, s. 20), udokumentowane zostały ostatecznie w 1927 roku w jego tekście pt. *Wie bauen wir billigere, bessere, schönere Wohnungen? (Jak budować tańsze, lepsze, atrakcyjniejsze mieszkania?)* (Gropius, 1927, s. 275). Należy uznać je za najważniejszy element jego ostatecznej idei: *das fix und fertig eingerichtete variable Wohnhaus*⁴ (Herbert, 1984,

s. 41). Według Gropiusa domy powinny być wykonywane metodami masowej produkcji, z wykorzystaniem linii montażowej i za pomocą procesów produkcyjnych, oraz monitorowane za pomocą precyzyjnych schematów blokowych i innych metod kontroli. Powinny być projektowane według racjonalizowanych planów budowlanych i dokładnie przestudiowane w najdrobniejszych szczegółach, w sposób porównywalny z drobiazgowym projektowaniem maszyn. Taki proces projektowania wspiera ideę standaryzacji produktu; tym produktem nie powinien być jednak cały dom, ale różne elementy składające się na system budowlany. Elementy standardowe umożliwiłyby wnoszenie domów, które można by zmieniać w zależności od zapotrzebowania klienta (oczywiście w granicach systemu). W tak racjonalnym systemie produkcji, niezależnie od zmiennej pogody, możliwe staje się także planowanie finansowe, co stanowi cel priorytetowy całego projektu i realizacji.

Ta myśl przewodnia została ponownie podkreślona przez Gropiusa w artykule opublikowanym w drugim numerze czasopisma „Bauhaus” w 1927 roku: *Systematische Vorarbeit für rationalen Wohnungsbau (Systematyczne przygotowanie do racjonalizacji budownictwa mieszkaniowego)*. Gropius stwierdza: *Ostateczny cel tego trendu zostanie osiągnięty tylko wtedy, gdy wszystkie rozsądne życzenia jednostki dotyczące jej domu będą mogły zostać spełnione bez poświęcania ekonomicznych korzyści masowej produkcji. Domy i ich wyposażenie będą się różnić w ogólnym wyglądzie, w zależności od liczby i rodzaju ich mieszkańców. Z drugiej strony, komponenty, z których zostaną wykonane te budynki, będą identyczne. Sam „typ” nie jest przeszkodą w rozwoju kulturowym; wręcz przeciwnie, jest to zawsze jeden z jego warunków wstępnych* (cytowany za: Herbert, 1984, s. 42).

Główne punkty zainteresowań Gropiusa, które należałoby podkreślić, to: optymalizacja projektowania mieszkań w oparciu o uogólnione badania wymagań użytkowników; maksymalne wykorzystanie nowych materiałów i technik konstrukcyjnych, a w szczególności technik prefabrykacji betonowej i stalowej; składowanie gotowych komponentów, wyprodukowanych zgodnie z ustalonymi normami i standardami; racjonalizacja systemów transportu; badanie efektywności procedur na placu budowy w odniesieniu do materiałów, robocizny i sprzętu zmechanizowanego. Prefabrykacja, czyli masowa produkcja środkami przemysłowymi, to nie tylko poszukiwanie rozwiązań pozwalających na wzrost ilości, ale przede wszystkim sposób na osiągnięcie jakości.

³ Całym przedsięwzięciem na Weißenhofsiedlung kierował Ludwig Mies van der Rohe, a uczestniczyli w nim m.in. Le Corbusier, Walter Gropius, Hans Scharoun, Peter Behrens, Mart Stam, Pierre Jeanneret, Ludwig Hilberseimer, Hans Poelzig, Bruno i Max Tautowie (Giedion, 1968, s. 586).

⁴ *Gotowe, umeblowane, w pełni wyposażone i gotowe do użycia przystosowane mieszkanie*. Tłumaczenie własne autora artykułu.

Architekt zwraca się tu zatem ku alternatywnemu podejściu: stara się czerpać korzyści z prefabrykacji poprzez wytwarzanie raczej znormalizowanej części niż całości, pozostawiając syntezę uformowania architektonicznego umiejętnościom twórczym architekta, pozostającym w zgodzie z potrzebami użytkownika. Stosunek Gropiusa do prefabrykacji jest więc próbą rozwiązania konfliktu jednolitości i zmienności, standaryzacji i różnorodności za pomocą nowej technologii. Gropius odnajduje rozwiązanie tego paradoksu nie w wyborze alternatyw, ale w pogodzeniu przeciwieństw w nowej syntezie. Jako instrument tej syntezy, jako środek osiągnięcia jedności całości, standaryzacja części staje się sprawą o pierwszorzędym znaczeniu. Proces syntezy zależy bowiem od charakteru i jakości części składowych. Gropius sugerował także, że produkowane fabrycznie domy pozostają nie tylko otwartym polem dla inwencji twórczej, ale dzięki możliwości zestawienia gotowych elementów w ramach jednego systemu mogą realizować indywidualne potrzeby przyszłych nabywców. Prace Gropiusa polegały bardziej na poszukiwaniu właściwej formy niż produktu idealnego, cały czas bowiem, uwzględniając wymagania dyktowane przez procesy produkcyjne, miał on na celu stworzenie elastycznego systemu.

Baukasten im Großen (ang. *Big Construction Kit*) Gropiusa (il. 4) to nowatorski system modułarny składający się z sześciu równoważnych podstawowych modułów różnych rozmiarów, które można łączyć ze sobą i zestawiać w różne typy *Wohnmaschinen* („maszyn do mieszkania”) w zależności od liczby i potrzeb mieszkańców, oraz odpowiednio przygotowanego montażu planu mieszkaniowego. Podstawowym materiałem jest tu beton żuźlowy, który łączy się z drewnem, stalą i szkłem. Zgodnie ze schematem rysunkowym układy przestrzenne tworzone są począwszy od głównego modułu (nr 1), do którego mogą być dodawane kolejne moduły (nr 2–6), zgodnie z wolą programu użytkowego; łącząc te moduły, osiągamy różne typy prefabrykowanych mieszkań (domów). Elastyczny montaż i konfiguracja elementów w całość nadają nowe znaczenie pojęciu totipotencji, które pojawiło się w architekturze pod koniec XVIII wieku i stanowi jeden z podstawowych warunków wstępnych przejścia od produkcji rzemieślniczej do elastycznej produkcji przemysłowej.

Koncepcja modularności, po raz pierwszy wykorzystana w architekturze przez Gropiusa, została później przyjęta i zastosowana przez innych architektów, takich jak Konrad Wachsmann (1901–1980) czy Fritz Haller (1924–2012). Gropius wdrożył

tę koncepcję w szeregu projektów, którym towarzyszyły wcześniejsze teksty programowe i które zaowocowały kilkoma eksperymentalnymi domami. Spośród wykonanych projektów znane są dwa systemy zestawów konstrukcyjnych, zaprezentowane na dużej wystawie Bauhausu w Weimarze w 1923 roku. Pierwszym był *Wabenbau* („system o strukturze plastra miodu”) opracowany przez Gropiusa we współpracy z Fredem Forbátem w 1922 roku, drugi to *Baukasten im Großen* dla „typu domu szeregowego” (*Typenserienhaus*) zaprojektowany rok później przez Gropiusa i jego partnera Adolfa Meyera. Oba systemy mają typizację komórkową, ale charakteryzują się innym rodzajem modularyzacji za sprawą specyficznego rodzaju hierarchii. „System plastra miodu” składa się z podstawowego modułu, który swoją „wielką zmienność” wywodzi z podobnego naturze dodawania i łączenia komórek przestrzennych zgodnie z liczbą mieszkańców i ich potrzebami. Natomiast *Baukasten im Großen* składa się z sześciu mniej lub bardziej równoważnych modułów podstawowych o różnych rozmiarach, które można ze sobą łączyć i „układać” w dowolny sposób (Seelow, 2018, s. 10).

Pierwszą próbą przełożenia uprzemysłowionego budownictwa zgodnego z zasadą *Baukasten im Großen* z teorii na ćwiczenie praktyczne było osiedle mieszkaniowe w Dessau-Törten zbudowane w latach 1926–1928 (il. 5). Projekt powstał na zlecenie miasta Dessau i opierał się na badaniach prowadzonych zarówno przed jego rozpoczęciem, jak i w trakcie jego wykonywania, a sponsorowany był po 1927 roku przez stowarzyszenie badań nad budownictwem gospodarczym i mieszkalnictwem, którego Gropius był dyrektorem wykonawczym. Osiedle Dessau-Törten realizowane było w kilku etapach przez trzy lata, w czasie których zbudowano 316 dwupiętrowych domów szeregowych. Na początku Gropius rzekomo rozważał system kompleksowej lub całkowitej prefabrykacji, ale musiał go odrzucić ze względu na wysoki koszt użycia dźwigów budowlanych. Postanowił więc oprzeć się na metodzie półsuchej złożonej z lekkich, częściowo prefabrykowanych elementów. Do budowy ścian użyto np. pustaków żuźlowych, a jako konstrukcję dachu (*Rapiddecke*) zastosowano bezzaprawową konstrukcję z belek betonowych. Ściany poprzeczne, belki, bloki wypełniające, stropy i dachy zostały znormalizowane i wyprodukowane na miejscu. Piasek i żwir występujące w okolicy nadawały się na beton, przetransportować trzeba było jedynie cement i żużel. Materiały były składowane na miejscu i transportowane wózkami wzdłuż wcześniej ułożonych torów do obszarów między

domami, gdzie elementy budowlane były odlewane i utwardzane, blisko miejsca użytkowania. Gotowe części były podnoszone przez urządzenia mechaniczne i ustawiane przez specjalne zespoły. Etapy budowy zostały starannie rozpisane — na przykład powłoka zewnętrzna została zdefiniowana w 14 etapach konstrukcyjnych.

Choć cały projekt osiedla Dessau-Törten nie może być uważany za czysty system prefabrykacji (wszystkie prace zostały wykonane na miejscu, w większości tradycyjnymi środkami), to jednak należy go uznać za formę budownictwa stypizowanego. W grę wchodzi tu standaryzacja, produkcja masowa, specjalizacja pracy, mechanizacja operacji, rygorystycznie zaplanowana organizacja pracy i materiałów, które są charakterystycznymi cechami systemu przemysłowego. Mogło to zostać osiągnięte dzięki ekonomicznej projektowaniu rzutów, terminowemu przygotowaniu robót, starannemu udzielaniu zamówień oraz wyborom metody budowy. Dla przykładu — sposób realizacji osiedla był podyktowany przez rozkład torów kolejowych i promień skrętu dźwigów, którymi dostarczano różne materiały prefabrykowane (Seelow, 2018, s. 20–21).

4. AKTUALNE KIERUNKI ROZWOJU PREFABRYKACJI BETONOWEJ W DOMACH JEDNORODZINNYCH

Współcześnie, dzięki różnorodności materiałowej wyznaczającej nową jakość technologii betonowej i nowym sposobom projektowania i realizacji (np. środowisko projektowe BIM), w projektowaniu fabrycznie produkowanych domów mieszkalnych widoczne są tendencje do opracowywania nowych, nietypowych przykładów konstrukcyjno-materiałowych, w ramach których powstają poszczególne obiekty.

Wyjątkowe wykorzystanie idei prefabrykacji betonowej w projektowaniu domów jednorodzinnych cechuje architektów szwajcarskich. Od wielu dziesięcioleci realistyczna twórczość Szwajcarów wskazuje na chęć ciągłego powrotu do estetyki realizmu, strukturalizmu i konstruktywizmu. Odrzucająca eksperymenty formalne architektura szwajcarska polega na głębokiej świadomości technologii i materiału, procesu budowania i fizyczności mającej wpływ na końcowy efekt projektowania, ale także na perfekcji wykonania. Architektów tych interesują wyrażanie i progresja podstawowych pojęć architektonicznych, takich jak materia, przestrzeń i światło.

W 1992 roku architekt Livio Vacchini wybudował w Costa Tenero dom własny (il. 6), realizujący zasadę maksymalnej powierzchni użytkowej bez

pośredniego podparcia prefabrykowanego stropu. W pracach Vacchiniego i innych twórców architektury betonowej ze szkoły rejonu Ticino niewyszukany i superracjonalny szkielet strukturalny formalizuje język architektoniczny tak, aby jedność koncepcyjna budynku stała się syntezą poprzez analityczny rygor i porządek nadający dziełu proporcji i hierarchii. Wykorzystanie przez Vacchiniego przemysłowego stropu sprężonego (o grubości 50 cm i rozpiętości 17,74 m, opartego na sześciu zewnętrznych filarach) jest pretekstem do stworzenia jednorodnej przestrzeni w tzw. planie wolnym oraz osiągnięcia abstrakcji i porządku, koniecznych dla uzyskania uniwersalnej estetyki obiektu. Wszystko to jest efektem niespotykanej logiki formy domu i wyrafinowanej techniki konstrukcyjnej (Masiero, 1999, s. 38).

Innym szwajcarskim przykładem realizacji postulatu o zastosowaniu systemów modularnych w prefabrykacji jest dom w Collonges (2015) zaprojektowany przez Pierre'a-Alaina Dupraza. Wydaje się, że idea architekta jest interpretacją znanego z wystawy światowej w Montrealu z 1967 roku konceptu *Habitat 67* (architekt: Moshe Safdie), umniejszonego do pojedynczej figury funkcjonalnej. Tektonika połączonych na sobie prostopadłościennych kostek przypomina także Gropiusowski *Baukasten im Großen* i jego zasadę swobody i elastycznego montażu w zależności od potrzeb czy kontekstu przestrzennego działki (il. 7).

Autorską propozycją realizacji modelowej prefabrykacji domów jednorodzinnych są dwa domy zaprojektowane na zlecenie Stowarzyszenia Producentów Cementu o określonym programie oraz wyznaczonej powierzchni użytkowej na teoretycznych działkach. Obie propozycje wpisują się w syntezę myślenia o domu prefabrykowanym jako intencji ekonomiki kształtu, modularności, powtarzalności technologicznej oraz jako formie określającej konkretny model użytkowy (dwa typy: dom parterowy bez garażu — ok. 140 m², dom dwukondygnacyjny z garażem — ok. 200 m²).

Villa Prefabricata I i *Villa Prefabricata II* (il. 8, 9) są pomysłem na realizację domów o powtarzalnych elementach przestrzennych, przyjmujących w zależności od programu różne funkcje mieszkalne. W pierwszym przykładzie parterowy dom realizuje koncepcję formy, która kojarzy się z klasycznymi rozwiązaniami podmiejskich rezydencji. W pełni symetryczny i powtarzalny podział funkcjonalny i przestrzenny (rzut na planie krzyża, pięć kwadratów 600 × 600 cm) jest świadomym poszukiwaniem pełnej modularności (moduł 120 × 120 cm), minimalizacji kubatury oraz — co najważniejsze — powtarzalności technologicznej poszczególnych elementów

prefabrykowanych o maksymalnej długości 600 cm i wysokości 360 cm (grubość warstwy elewacyjnej: 6 cm). Świadome zastosowanie taniego płaskiego dachu ze stropodachem zamkniętym jest atrybutem podkreślającym nie tylko ekonomikę przyjętego rozwiązania, ale także uniwersalność tej architektury. Nieduży, kwadratowy, wyniesiony nad stropodachem świetlik jest autorskim powidokiem prototypowych domów o centralnym rozplanowaniu — *Villi Rotondy* (1582) Andrei Palladia, ale także pierwszego eksperymentalnego domu Bauhausu o funkcjach reprezentatywnych *Haus am Horn* (1923) Georga Muchego. Zasadą domu jest centralne rozplanowanie holu i jadalni „pod kopułą” świetlika oraz „ramiona”, których funkcję można dostosować w zależności od rozplanowania na działce w zależności od rozplanowania na działce, orientacji w stosunku do światła słonecznego, drogi itp. Plan na równoramiennym krzyżu pozwala na stworzenie zewnętrznych przestrzeni, które także można organizować indywidualnie (taras, wiata garażowa). Rozmiar, układ funkcjonalny, geometria, kompozycja oraz nieduża skala tego budynku sprawiają, że dom swoją kubaturą wpisuje się na dowolną działkę o powierzchni ok. 700 m² lub może być wykorzystany do parterowej zabudowy szeregowej. Zastosowane technologie to system ścian trójwarstwowych (warstwa elewacyjna — 6 cm) z dowolnym stropem ze sprężanych płyt kanałowych (np. HC) lub w technologii z nadbetonem, np. typu Filigran. Budynek — w zależności od ukształtowania terenu — posadowiony jest na prefabrykowanych ściankach fundamentowych lub na wyniesionej ponad teren płycie. Całość kubatury nadziemnej składa się z 55 prefabrykowanych betonowych elementów.

Villa Prefabricata II to horyzontalny dom w typie „architektury kontenerowej”, a więc podkreślający powtarzalność kubaturowych horyzontalnych modułów, które swoim układem przestrzennym ukazują zalety doboru funkcji niezależnie od kondygnacji i programu. Układ domu nawiązuje do idei życia na piętrze (*piano nobile*) i kontynuuje zasadę rezydencjonalnego „oderwania” od otaczającego terenu. Wyniesiona ponad działkę przestrzeń domu podkreśla kierunki we wnętrzu oraz otwarcia na zewnątrz. Willa jest próbą interpretacji modernistycznego *Baukasten im Großen* (1927) Waltera Gropiusa i będących jej powidokami racjonalnych betonowych domów ze szwajcarskiego rejonu Ticino (Livio Vacchini, Luigi Snozzi). Struktura budynku rozdziela funkcje na część parterową — techniczną oraz gościnną — i część na I piętrze, zawierającą strefę rodzinną (dzienną i nocną). Każda z tych stref ma dostęp do zewnętrznego tarasu oraz realizuje

pomysł otwarcia przestrzeni na wzór funkcji z „planem wolnym”. Służy temu odpowiedni dobór prefabrykowanych konstrukcji belkowych opartych na ścianach i podciągach oraz zastosowanie horyzontalnych przeszkleń we wnętrzu. Wydłużony układ budynku o wąskim trakcie każdego z segmentów (410 + 550 cm) daje w efekcie równy dostęp do światła dziennego większości pomieszczeń, a widoczna zasada wybrania na każdej kondygnacji przeciwnych narożników jest dopełnieniem zasady gry prostokątnej geometrii. Wyzwaniem konstrukcyjnym jest zastosowanie dla fragmentów wspornikowych nadwieszonych kondygnacji piętra stropów prefabrykowanych sprężonych (np. TT) opartych na zewnętrznym podciągu.

Konsekwentnie realizowaną koncepcją właściwą dla tego sposobu myślenia jest rozbieżność i separowanie funkcji, co ma służyć izolacji akustycznej, a także jest pretekstem do ukierunkowania wewnętrznych otwarć (na kubatury i zewnętrzne widoki) i wytworzenia tarasów na obu kondygnacjach. Wątek modułów ściennych, pokratkowana wizualnie elewacja mają stanowić emblemat rozumu, logiki i porządku. Zastosowane technologie to system ścian trójwarstwowych (warstwa elewacyjna — 6 cm, termoizolacyjna — 18 cm, nośna — 16 cm) i stropów w całości zrealizowanych w technologii typu *Filigran*.

Prefabrykacja nie oznacza więc tylko seryjnej produkcji jednego wzoru, lecz także jego poszczególne elementy pozwalających na tworzenie niezliczonych kombinacji w ramach dowolnych racjonalnych wzorców. Przywołane wyżej słowa Gropiusa o nowoczesnej technice prefabrykacji okazały się profetyczne: nie tylko jest ona środkiem do uzyskania niższego kosztu realizacji produkcji, ale zapewnia wysoką jakość i swobodę w doborze dobrego uformowania. Dodatkowo prefabrykacja stwarza ogromną szansę na rozwinięcie budownictwa ekologicznego. Kontrolowane zużycie betonu, jego recykling i świadomość zużycia materiałów, optymalizacja zastosowanych systemów energooszczędnych instalacji wydają się łatwiejsze do uzyskania w fabrycznych warunkach wykonywania domów i elementów prefabrykowanych.

Do ważnych kierunków rozwoju materiałowego w prefabrykacji należą także obniżanie śladu węglowego betonów (betony „zeroemisyjne”), zastosowanie innowacyjnych spoiw, takich jak geopolimery, oraz rozwój betonów ultrawysokiej wytrzymałości (betony BUWW), wykorzystujących np. proszki reaktywne (RPC). Rośnie także wykorzystanie nowoczesnych betonów ze stalowym mikrobrojeniem rozproszonym (fibrobetony), niezawierających zbrojenia głównego, jak również betonów zawiera-

jących zbrojenie główne niestalowe (pręty z włókna szklanego, bazaltu, kevlaru).

Kolejnym kierunkiem przemian, wpisującym się w zrównoważony rozwój w budownictwie, jest wykorzystanie materiałów odpadowych w prefabrykacji, obejmujące zarówno rozmaite przemysłowe produkty uboczne, jak i odpady z procesu produkcji prefabrykatów (Adamczewski i Woyciechowski, 2017, s. 24). Przykładem tego typu współczesnej prefabrykowanej architektury betonowej jest wybudowany w Madrycie w 2008 roku *Hemeroscopium House* (il. 10) autorstwa Antóna Garcíi-Abriła z Ensemble Studio. Dom ten został zaprojektowany i zbudowany jako siedem potężnych, prefabrykowanych belek-ścian nałożonych na siebie (największa ma 20 m długości, 3 m wysokości). Jego realizacja zajęła tylko 7 dni i jest wzorcem wykorzystania elementów prefabrykowanych z recyklingu. Surowe, betonowe prefabrykaty wcześniej zostały już wykorzystane w odmiennych konstrukcjach (np. wiszący basen na piętrze to fragment ocalały po rozmontowaniu autostradowego wiaduktu). Całość stanowi przykład nowatorskiego i niekonwencjonalnego podejścia do architektury, które w założeniu wykorzystuje powszechnie dostępne elementy budowlane w celu kreowania nowej wartości w prefabrykacji.

5. WNIOSKI

Wydaje się dziś, że stosowane przez dziesięciolecie systemy prefabrykacji budowlanej zostały zastąpione bardziej zaawansowanymi metodami projektowania i budowania. Artykuł pokazuje jednak, że nie zmieniła się sama zasada prefabrykacji. Betonowy dom jest nadal zbiorem detali, który architekt musi wymyślić, zanim poszczególne elementy zostaną sfabrykowane i wysłane na budowę. Konieczny jest do tego niemały zasób wiedzy o prefabrykacji z zakresu logistyki (dowóz na miejsce prefabrykatów), sensu seryjności i powtarzalności elementów (niższy koszt budowy), modularności wymiarowej i wykonawczej — wszystkiego, co wiąże się z racjonalnym podejściem do projektu i budowy. Takie stanowisko nie wyklucza myślenia o architekturze jako dziele jednostkowym, stworzonym dla odbiorcy, który poszukuje domu w indywidualnej odsłonie. Wręcz przeciwnie, omówione w artykule przykłady architektury z ostatnich lat stanowią dowód na to, że prefabrykacja w jej odsłonie indywidualnej może wykorzystywać racjonalny (dostępny, ekonomiczny) potencjał materii do stworzenia rzeczy oryginalnej lub doskonałej w swoim tworzywie i funkcji. Są one przykładem

racjonalizacji formy, która jest ciągłym poszukiwaniem związku pomiędzy formą a materią (prefabrykatem).

Wydaje się również, że podobnie jak inne fundamentalne dzieła architektury modernistycznej i funkcjonalistycznej, prefabrykowane betonowe domy stały się wzorcem dla wyznaczonego przed stu laty kierunku nie tylko w samej architekturze, ale też w estetyce i, szerzej, w ludzkiej świadomości. Na początku XX wieku klasyczna trwałość, użyteczność i piękno architektury zjednały się w materii betonu, stali i szkła, kształtując nową wrażliwość w tworzeniu przestrzeni, w której żyją ludzie. Obecnie, tak jak przed stu laty, prefabrykacja nie jest zwykłym procesem technologicznym, lecz poszukiwaniem wiedzy i sensu, za którym kryją się złożone treści estetyczne, ale także znaczenia powstałe poprzez doskonalenie narzędzi architektury w XXI wieku. Owa przemiana w świadomości ludzkiej, która dokonała się w zrozumieniu racjonalnych potrzeb ludzkości sto lat temu, spowodowała, że dziś musimy zastanowić się na nowo — czym jest funkcja domu, czym jest jego reprezentacja, czym jest ekonomika zamieszkania? To racjonalistyczne podejście do budowy domu spowodowało przemianę jego konstrukcji, formy i budownictwa. Przykłady racjonalnych wzorców, za którymi podążają współcześni architekci, dają więc dowód również na to, że prefabrykowany dom może stać się „architekturą idealną”, tworząc całość z formy, funkcji, konstrukcji i materii.

Według autora sensem prefabrykacji betonowej we współczesnym budownictwie domów jednorodzinnych jest powrót do idei „rozwinętej” racjonalizacji technologii oraz estetyki architektonicznej. Pomimo że prefabrykacja wiąże się z domeną ekonomizacji, modułowości, standaryzacji i typizacji, to jednak dzięki rozwiniętym technologiom dom prefabrykowany w XXI wieku może dać dowód na wielość konfiguracji.

REFERENCES

- Adamczewski, G. and Woyciechowski, P. (2017), ‘Prefabrykacja betonowa. Część 5. Materiałowe aspekty produkcji’, *Builder*, 21(7), pp. 70–74.
- Argán, J.C. (1977), *Walter Gropius y el Bauhaus*, Buenos Aires: Nueva Visión.
- Arnella, L.V. (2014), ‘Rigor, Order and Shape. Livio Vacchini: Vacchini House in Costa Tenero (1991–92): Dynamics Between Construction and Architecture’, [in:] *2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Piscataway, NJ: IEEE, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1109/CISTI.2014.6876869> (accessed: 10.09.2022).

- Blümm, A. and Ullrich, M. (eds.) (2019), *Haus am Horn: Bauhaus Architecture in Weimar*, München–Weimar: Hirmer, Klassik Stiftung Weimar.
- Caballero Cortés, M. (2014), ‘Walter Gropius en la Weißenhofsiedlung. Dos prototipos de viviendas industrializadas’, *P+C. Proyecto y Ciudad*, 5, pp. 59–74.
- Charciarek, M. (2015), *Związki idei i materii w architekturze betonowej*, Kraków: Wydawnictwo PK.
- Dunnell, T. (2018), ‘Thomas Edison’s Concrete Houses’, *Atlas Obscura*, 20.08.2018. Available at: <https://www.atlasobscura.com/places/thomas-edisons-concrete-houses> (accessed: 05.05.2022).
- Eisenman, P. (1998), ‘Aspects of Modernism: Maison Domino and the Self-Referential Sign’, [in:] Hays, K.M. (ed.), *Oppositions Reader: Selected Readings from a Journal for Ideas and Criticism in Architecture, 1973–1984*, New York: Princeton Architectural Press.
- Ferreira Silva, M. et al. (2020), ‘Recyclable Architecture: Prefabricated and Recyclable Typologies’, *Sustainability*, 12(4), 1342. Available at: <https://doi.org/10.3390/s12041342> (accessed: 10.09.2022).
- Giedion, S. (1968), *Przestrzeń, czas i architektura. Narodziny nowej tradycji*, transl. by Olkiewicz, J., Warszawa: PWN.
- Gregh, E. (1979), ‘The Dom-ino Idea’, *Oppositions*, 15/16, pp. 60–87.
- Gropius, W. (1925), ‘Wohnhaus-Industrie’, [in:] idem and Moholy-Nagy, L. (ed.), *Bauhausbücher*, Bd. 3: *Ein Versuchshaus des Bauhauses in Weimar*, München: Albert Langen Verlag, pp. 5–14.
- Gropius, W. (1926–1927), ‘Der große Baukasten’, *Das Neue Frankfurt. Monatsschrift für die Fragen der Grosstadtgestaltung*, 1(2), pp. 25–30.
- Gropius, W. (1927), ‘Wie bauen wir billigere, bessere, schönere Wohnungen?’, *Die Form: Zeitschrift für gestaltende Arbeit*, 2(9), pp. 275–279. Available at: <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/form1927/0007/image,info> (accessed: 19.09.2022).
- Gropius, W. (1928), *Bauhausbücher*, Bd. 12: *Bauhausbauten Dessau*, idem and Moholy-Nagy, L. (ed.), München: Albert Langen Verlag.
- Gropius, W. (2014), *Pełnia architektury*, transl. by Kopczyńska, K., Kraków: Karakter.
- Herbert, G. (1984), *The Dream of the Factory Made House: Walter Gropius and Konrad Wachsmann*, Cambridge: MIT Press. Available at: <https://doi.org/10.7551/mitpress/2494.001.0001> (accessed: 10.09.2022).
- Jopek, D. (2011), ‘Dom, jako produkt. Nowe wyzwania prefabrykacji’, *Przestrzeń i Forma*, 15, pp. 215–224.
- Karlsruher Institut für Technologie (2019), *Ausstellung „Das Bauhaus, ein Mythos in Büchern“: Bücher in der Ausstellung*. Available at: <https://www.bibliothek.kit.edu/ausstellung-bauhaus-buecher.php> (accessed: 05.05.2022).
- Kubler, G. (1970), *Kształt czasu: uwagi o historii rzeczy*, transl. by Hołówka, J., Warszawa: PIW.
- Le Corbusier (2012), *W stronę architektury*, transl. by Swoboda, T., Warszawa: Fundacja Centrum Architektury.
- Luther, M. (2009), ‘Towards Prefabricated Sustainable Housing — An Introduction’, *BEDP Environment Design Guide*, TEC 28, pp. 1–11.
- Masiero, R. (1999), *Livio Vacchini: Works and Projects*, Barcelona: Gustavo Gili.
- Orchowska, A. (2018), ‘Prefabrication — The Expression of Rationalism in Architecture’, [in:] Kozłowski, T. (ed.), *Defining the Architectural Space: Rationalistic or Intuitive Way to Architecture*, vol. 7, Kraków: Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, pp. 23–31.
- Pabich, M. (2013), *Mario Botta. Nikt nie rodzi się architektem*, Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej.
- Palladio, A. (1955), *Cztery księgi o architekturze*, transl. by Rzepińska, M., Warszawa: PWN.
- Perret, A. (1952), *Contribution à une théorie de l’architecture*, Paris: Cercle d’Études Architecturales Chez A. Wahl.
- Seelow, A.M. (2018), ‘The Construction Kit and the Assembly Line — Walter Gropius’ Concepts for Rationalizing Architecture’, *Arts*, 7(4), 95. Available at: <https://doi.org/10.3390/arts7040095> (accessed: 10.09.2022).
- Serrats, M. (2012), *Prefab Houses DesignSource*, New York: Harper Design.
- Wingler, H.M. (1969), *The Bauhaus: Weimar, Dessau, Berlin, Chicago*, Cambridge: MIT Press
- Winckelmann, J.J. (2012), *Dzieje sztuki starożytnej*, Bałus, W. (ed.), transl. by Zatorski, T., Kraków: Universitas.