

Łukasz Wesołowski*

Nowoczesne zastosowania drewna w budownictwie – wybrane przykłady

Modern application of timber in construction – selected examples

Słowa kluczowe: drewno laminowane, drewno klejone, WikiHouse, nowoczesne konstrukcje drewniane

Key words: laminated timber, glued timber, WikiHouse, modern timber structures

1. WSTĘP

Budynki i obiekty inżynierskie były wznoszone z potrzeby i przy użyciu lokalnie występujących materiałów. Podstawowym i dostępnym przez wieki materiałem budowlanym było drewno. Ze względu na swoje właściwości oraz łatwość obróbki przez stulecia było środkiem niezastąpionym. Wraz z rozwojem technologii i transportu stopniowo wypierane było przez trwalsze i bardziej unikatowe materiały, zwłaszcza w realizacjach priorytetowych i innowacyjnych. Drewno pozostało jednak powszechnie stosowanym elementem, zarówno jako budulec właściwy, jak i jako półśrodek w tworzeniu odrębnych struktur budowlanych. W niektórych zastosowaniach, jak choćby konstruowanie więźb dachowych, wiedzie nieprzerwanie prym, jednak w większości przypadków stosowane jest w obiektach o niewielkiej skali, budżetowych lub regionalnych, aspirujących do miana obiektów ekologicznych. W niektórych regionach i kulturach ma swoje tradycyjne miejsce¹ i nie szuka się zastosowań dla bogatego wachlarza odmiennych materiałów budowlanych. W niektórych obszarach rynku (produkcja stolarki okiennej, konstrukcje o dużej rozpiętości, budownictwo społeczne) prowadzi się intensywne badania nad rozwojem technologii drewnianych ze względu na unikalne właściwości fizyczne drewna oraz możliwość jego zastosowania w układach kompozytowych. Nie bez

1. INTRODUCTION

Buildings and engineering structures have always been constructed in response to local needs and made use of locally available materials. For centuries, the primary and most available building material was wood. It was irreplaceable because of its properties and it was easy to work with. Technological development and growth of transport capabilities brought a gradual replacement of timber with more durable and unique materials, especially in priority or innovative projects. Despite this situation, wood continued to be used widely, both as a primary building material and as a half-measure in creating separate building structures. With respect to some applications, such as, for example, the construction of roof trusses, timber remains the leading building material, but in the majority of cases, wood is used in buildings of a smaller size, low budget or those aspiring to be regional in character or environment-friendly. In some regions or cultures timber is traditionally the material used¹ and no effort is made to use different types of building materials. Intense research on the development of timber technologies is undertaken in some market segments (e.g. window-frame woodwork production, large-span structures, subsidized housing) as a result of the unique physical properties of wood and the

* dr inż. arch., Instytut Projektowania Budowlanego, Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej

* *PhD. Eng. Arch., Institute of Building Design, Faculty of Architecture, Krakow University of Technology*

Cytowanie / Citation: Wesołowski Ł. Modern application of timber in construction – selected examples. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2017;52:131-139

Otrzymano / Received: 2.02.2017 • **Zaakceptowano / Accepted:** 5.03.2017

doi:10.17425/WK52TIMBER

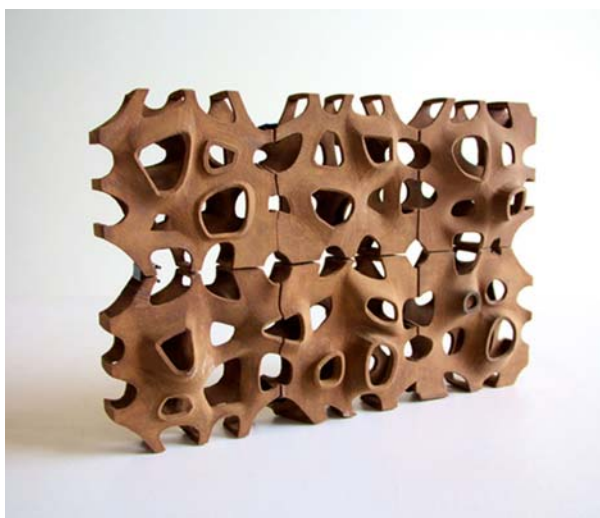
Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews

znaczenia pozostają również kwestie zrównoważonego rozwoju i kalkulacja kosztów energetycznych i śladów węglowych uwzględniających wytworzenia różnych materiałów budowlanych.

2. OBRÓBKA DREWNA

Drewno jest materiałem naturalnym. W budownictwie i przemyśle wykorzystuje się również materiały drewnopochodne, których głównym składnikiem są pozostałości po obróbce drewna naturalnego lub selektywnie pozyskiwane części pni (np. forniry, obłogi). Historyczne metody pozyskiwania i obróbki drewna bazowały w pełni na materiałach naturalnych i mechanicznej obróbce struktury pni (łupanie, drążenie). Dzięki zachowaniu oryginalnej, niepowtarzalnej struktury włókien pozyskany element budowlany był zabezpieczony przed nadmiernym nasiąkaniem, penetracją drobnoustrojów i bardziej wytrzymały mechanicznie. Stosowane na szeroką skalę od czasów rewolucji przemysłowej metody cięcia i szlifowania znacząco wpłynęły na zwiększenie estetyki wyprodukowanych elementów drewnianych, na ich techniczną dokładność wymiarową, powtarzalność i gładkość, lecz kosztem naruszenia naturalnego, chaotycznego układu włókien. Taki budulec był tańszy, masowo wytwarzany, ale szybciej wysychał, pękał i posiadał lokalnie otwartą strukturę – ogniska penetracji grzybów i drobnoustrojów. Tak wytworzony materiał musiał być dodatkowo impregnowany w różnych procesach technologicznych, co nie pozostawało bez wpływu na estetykę i mikrobiologię budynku. Przy produkcji materiałów drewnopochodnych produkowany jest kompozyt o różnej strukturze i zasobie naturalnego drewna. W celu zespojenia produktu i nadania mu finalnej formy płyt lub listew miesza się wypełnienie wraz ze spoiwem chemicznym. Element składowy drewna w zależności od typu produktu odpowiada tu za nisko kosztowe zbudowanie masy materiału, łatwość obróbki lub estetykę.



Ryc. 1. Poroso – struktury przestrzenne drukowane przy użyciu materiału włókno-drewnianego, fot. www.emergingobjects.com (02.2017)

Fig. 1. Poroso – spatial structures printed using wood fibre material, photo: www.emergingobjects.com (02.2017)

potential for using it in composite systems. Other significant advantages include sustainable development, calculation of energy costs and carbon footprint arising from the production of various building materials.

2. WOOD PROCESSING

Wood is a natural material. Construction and industrial sectors make use also of wood-derived materials, utilising waste from natural wood processing or selected fragments of tree trunks (e.g. veneer, facing). Historically, methods of logging and wood working were fully based on natural materials and mechanical working of tree trunk structure (chipping, hollowing). Preservation of the original, unique grain structure protects timber building elements from excessive absorption and penetration by micro-organisms, making them more durable mechanically. The methods of cutting and polishing wood, which came into widespread use following the Industrial Revolution, significantly increased the aesthetics of timber-produced elements, the technical accuracy of their dimensions, repeatability and smoothness of their surfaces, but at the cost of disrupting the natural, chaotic fibre arrangement. Such building material was cheaper when mass-produced but dried out faster, cracked and had a locally open structure – providing for penetration by fungi and micro-organisms. The material produced in this way required additional impregnation, involving various technological processes, which impacted the aesthetics and micro-biology of the building. Wood-derived materials are produced as composites of varying structure and natural wood content. The filling materials are mixed with chemical bonding agents in order to bind together the product and to give the panel or slat its final shape. The wood ingredient depending on its type contributes to low cost of the mass of the final building product, ease of processing or aesthetics.

Structural applications make use of timber properties (its flexibility and compressive strength). In such applications, timber is glued laminated, which significantly increases its bending strength when compared to natural elements of the same dimensions. In some cases application of glued timber is the only feasible solution for producing an element of design dimensions – for example when natural elements of desired length are inaccessible or unavailable due to limitations of transport or processing capabilities.

An interesting attempt at shaping wood-derived elements involves application of a semi-product for 3D printing. Emerging Objects² based in Oakland, USA, in an example of a company researching this type of application. Their offer includes an innovative material, Poroso (fig. 1), which is a polymer-wood composite. The material's shell is similar to wood and can be subjected to processing using processes and tools used in wood working. The unique production process imitates the characteristics of the natural

W zastosowaniach konstrukcyjnych bazuje się na właściwościach drewna (elastyczności i odporności na ściskanie) i klei się drewno warstwami, wielokrotnie zwiększając wytrzymałość na zginanie w porównaniu z elementem naturalnym o takich samych gabarytach. W niektórych przypadkach klejenie drewna z elementów jest jedyną możliwością wyprodukowania elementu o zaprojektowanych wymiarach ze względu na brak naturalnego materiału o pożądanej długości jak również na trudności transportowe i ograniczenia w obróbce.

Ciekawą próbą kształtowania elementów drewnopodobnych jest możliwość wykorzystania półproduktu w druku przestrzennym. Przykładem badań nad zastosowaniem może się pochwalić firma Emerging Objects² z Oakland w Stanach Zjednoczonych. W ofercie producenta znajduje się innowacyjny materiał, którym jest kompozyt polimerowo-drewniany o nazwie Poroso (ryc. 1). Materiał posiada zbliżoną do drewna powłokę oraz pozwala na obróbkę z wykorzystaniem procesów i narzędzi używanych dla drewna. Unikutowy proces wytwarzania imituje podobieństwo do naturalnego materiału, a dzięki wykorzystaniu naturalnych włókien, które odpowiadają za kolor, jest on jednolity w całym przekroju elementu. Proponowanymi przez dostawców z USA są głównie zastosowania z zakresu architektury wnętrz – elementy paneli ściennych, ścianek działowych, okładzin, jak również mebli. Ze względów produkcyjnych rozmiar elementów jest niewielki, natomiast w pełni modułarny. W składzie materiałowym wg deklaracji znajdują się przetworzone surowce drewniane i inne wtórne.

Na popularności zyskują obecnie trendy związane z kultywowaniem tradycji, klasycznych technik budowlanych i rzemieślniczych oraz naturalnych materiałów. Pojawiają się realizacje związane z restauracją starych obiektów drewnianych, renowacją detali i form architektonicznych oraz translokacji obiektów budowlanych. Znajdujące się w odwrocie tradycje rzemieślnicze wiązane z wznoszeniem budynków są bardzo pożądane, jednak z powodu wyparcia ich przez współczesne techniki specjalistów jest niewielu.

3. WSPÓŁCZESNE KONSTRUKCJE DREWNIANE – WYBRANE PRZYKŁADY

Jednym z bardzo silnie eksploatowanych i rozwijanych materiałów jest drewno laminowane. Dominuje w dziedzinie wznoszenia i przekrywania rozpiętości o znacznych rozmiarach. Dostępność materiału bazowego i mnogość ośrodków produkcyjnych znacząco wzrosła, a konkurencja na rynku sprawia, że jest to również technologia obecna już w realizacjach z niedużym budżetem. Standardowym typem były układy poziome, jednak materiał ma również potencjał do budowy układów wertykalnych. Drewno klejone jest materiałem elastycznym o dużej tolerancji ruchu i o ile elementy sąsiadujące wykonane z materiałów masywnych nie są spasowane z niewielkim buforem ruchu, współlistnienie technologii w obrębie jednego budynku jest jak najbardziej możliwe. Produktem wykorzystywanym do konstruowania niektó-

material. The application of natural fibres gives the material a uniform colour throughout the entire cross-section of the element produced. The Poroso applications suggested by its manufacturer include mainly interior design – elements for wall panels, partition walls, facing or furniture. Due to manufacturing process restrictions, the size of the elements produced is limited, though they are fully modular. According to the declarations of the manufacturer, the ingredients used for production include recycled wood and other recyclable waste products.

The trends related to cultivating tradition, applying classic building and artisanal techniques and using natural materials have become increasingly popular today. Projects involve restoration of old wooden structures, renovation of architectural detail and form, and relocation of building structures. Artisanal traditions related to building construction, which have been in decline, are now very much in demand. Yet replacement of these traditional techniques by more contemporary methods means that there are few specialists available.

3. CONTEMPORARY TIMBER STRUCTURES – SELECTED EXAMPLES

Laminated timber is a material that is used widely and also one that continues to be developed further. It dominates in constructing buildings and covering large spans. Availability of the base material and the number of production centres have grown significantly, whereas market competition means that it is also a technology that can be deployed in small-budget building projects. The standard application included horizontal arrangements, but there is also potential for building vertical arrangements. Glued wood is an elastic material with a large tolerance for movement. If adjacent elements made from solid materials are matched, providing a small buffer for timber movement, the application of different technologies within one building structure is very much a possibility. Cross Laminated Timber (CLT) is used in the construction of some building elements, as well as for construction of the whole load-carrying structure. CLT comprises an odd number of layers, each of which is transverse to the layer below. The external slats of the composite are placed along the longitudinal axis of the element³. Initially, the main application of CLT timber was for structural ceiling beams and for pillars. However, other projects involve also tall buildings, where designers have used the material exclusively for building construction. An example is a 10-storey residential building complex in Dalston, in London, which was designed by Waugh Thistleton Architects.

The highest part of the complex is 34 m high and despite the brick façade, all the structural elements are made of glued timber frames. The stairs, partition walls and elevator shafts are all based on this natural material. The decision to apply this atypical solution

rych elementów budynków, jak również pełnej struktury nośnej jest drewno laminowane krzyżowo (*Cross Laminated Timber – CLT*). Jest to struktura składająca się nieparzystej liczby warstw o poprzecznym układzie co drugiej warstwy. Zewnętrzne listwy kompozytu układane są wzdłuż osi elementu³. Pierwotnie głównym obrębem zastosowania drewna CLT były belki stropowe oraz słupy. Pojawiają się jednak realizacje wysokich budynków, w których projektanci bazują w pełni na tym materiale do wznoszenia konstrukcji budynku. Przywołać można tu choćby 10-kondygnacyjny zespół budynków mieszkalnych w Dalston – dzielnicy Londynu, autorstwa pracowni Waugh Thistleton.

Najwyższe części kompleksu mają wysokość blisko 34 m i pomimo w pełni ceglanej fasady wszystkie elementy konstrukcyjne zbudowane są w oparciu o ramy z drewna klejonego. Również konstrukcja schodów i ścian działowych, jak i szyby windowe bazują na naturalnym materiale. O zastosowaniu nietypowej dla tak wysokiego budynku strukturze zadecydowały własności klejonki drewnianej. Jak podają architekci, masa konstrukcji budynku jest o pięć razy mniejsza niż konwencjonalna, bazująca na żelbecie. Przelicza się to zarówno na koszty transportu, użycia dźwigów, jak i na skomplikowanie fundamentów budynku oraz nacisk obiektu na grunt⁴. Nie bez znaczenia pozostaje również wpływ na środowisko. Analizując ślad węglowy (który w niektórych krajach Unii Europejskiej musi być podawany w projekcie budynku – np. Wielka Brytania, Niemcy) do produkcji i uformowania elementów składowych konstrukcji budynku zużyto połowę CO₂ niezbędną do wyprodukowania analogicznych struktur bazujących na stali lub żelbecie. Również dzięki procesom fotosyntezy z atmosfery pobrane zo-

to a tall building structure was based on the properties of the glued timber composite. According to the architects, the weight of the building structure is five times smaller when compared to a conventional reinforced concrete structure. This is reflected in transport costs, use of cranes, the complexity of building foundations and the load of the structure on the ground⁴. The environmental impact is also of significance. Analysis of the carbon footprint (which in some EU countries must be provided as part of the building project, e.g. UK, Germany) of the production and shaping of the elements making up the building structure, indicated that half the CO₂ was used when compared to equivalent steel and reinforced concrete structures. Also, thanks to photosynthetic processes, 2600 tonnes of carbon dioxide had been extracted from the atmosphere during the growth of the trees, which were subsequently used as a product in the production process of the glued timber used in the London building. The carbon footprint calculation resulting from the application of timber in the project generates a negative value when it comes to the total of the CO₂ contribution. The use of brick as a finish of the building façade was dictated by land use planning regulations and by the need to fit in with the surrounding Victorian façades. Another example of a tall building based on an atypical timber structure is an office building project in Portland. As in most countries, regulations relating to the use of building materials, which are classified as combustible (timber) impose on designers a special approach to building design, which requires carrying out laboratory analysis and testing. Glued timber, as well as solid timber, are



Ryc. 2. Drewniana konstrukcja budynków przy Dalston Lane – <http://waughthistleton.com/dalston-lane/> (02.2017), fot. Waugh Thistleton Architects

Fig. 2. Timber structure of buildings at Dalston Lane, London – <http://waughthistleton.com/dalston-lane/> (02.2017), photo: Waugh Thistleton Architects

stało 2600 ton dwutlenku węgla podczas wzrostu drzew wykorzystanych jako półprodukt w procesie produkcji drewna klejonego na potrzeby londyńskiego budynku. W kalkulacji węglowej stosowanie drewna w inwestycji powoduje powstanie ujemnej pozycji w sumie nakładów CO₂. Zastosowanie cegły do wykończenia elewacji budynku zostało podyktowane zapisami przestrzennymi i koniecznością nawiązania do otoczenia pochodzącego z czasów wiktoriańskich. Innym przykładem wysokiego budynku o nietypowej pełnodrewnianej konstrukcji jest projekt budynku biurowego w Portland. Jak w większości krajów, regulacje dotyczące użycia w konstrukcji budynków materiałów klasyfikowanych jako palne (drewno) narzucają na projektantów nietypowe podejście do procesu projektowego wymagającego przeprowadzenia analiz i testów laboratoryjnych. Drewno klejone, podobnie jak drewno lite, posiada znakomite właściwości odporności ogniowej. Przewidywalny czas nadpalenia elementów pozwala na zaprojektowanie przewymiarowania elementów, aby nienaruszone przez ogień pole przekroju zapewniało odpowiednią nośność. Dodatkowo zwęglone drewno wykazuje bardzo dobre właściwości izolujące termicznie. W tradycyjnym budownictwie drewnianym wielu regionów (np. Japonia, Skandynawia) opalenie powierzchni drewnianych było sposobem zabezpieczenia powierzchni drewna przed szkodnikami, grzybami, jak również ogniem. Regulacje prawne muszą wyjść naprzeciw obecnym na rynku rozwiązaniom z zakresu nowych materiałów i technologii budowlanych poddając je krytycznej analizie i wyznaczając nowe bezpieczne granice ich stosowania. Obecnie najwyższym wzniesionym w tej technologii budynkiem jest akademik University of British Columbia w Vancouver. Osiemnastopiętrowy obiekt dla ponad 400 studentów posiada dwa żelbetowe trzony komunikacyjne, a wokół nich skonstruowane są piętra bazujące na drewnie klejonym. Budynek posiada wysokość 53 m i został zaprojektowany przez kanadyjską pracownię Acton Ostry Architects. Wykorzystanie materiału pochodzenia naturalnego dla jeszcze wyższych budynków jest bezprecedensowe. Projektem mającym na celu teoretyczne zbadanie możliwości wznoszenia wysokościowych budynków jest owoc współpracy University of Cambridge, pracowni architektonicznej Perkins + Will oraz inżynierów z Thornton Tomasetti. Założeniem jest zaprojektowanie 80-kondygnacyjnego budynku mieszkalno-użytkowego o konstrukcji drewnianej. Celem analizy jest zbadanie wpływu aktywności sejsmicznej, sił wiatru i właściwości materiałowych konstrukcji dla wysokościowców o nowatorskiej w stosunku do tradycyjnie wznoszonej konstrukcji.

Drewno również bardzo dobrze pracuje w układach kompozytowych. Ciekawym sposobem zastosowania było wykorzystanie jego właściwości w prefabrykowanym układzie płyt stropowych. Ośmiopiętrowy budynek biurowy wzniesiony w 2012 r. w austriackim Dornbirn został wzniesiony w rekordowo krótkim czasie. Złożenie wcześniej wyprodukowanych płyt stropowych oraz siatki słupów drewnianych zajęło grupie pięciu cieśli tylko 8 dni. Segmenty stropowe o wymiarach 9 × 3 m zbud-

characterised by excellent fire-resistance parameters. The predictable burning speed of the elements provides the basis for designing in additional capacity to ensure that the cross-section will be unaffected by fire and can assure appropriate load-bearing capacity. In addition, carbonized timber is characterised by very good thermal isolation properties. In traditional building construction in many regions (e.g. Japan, Scandinavia), charring of wood surfaces was a way of protecting the timber surface from pests, fungi, as well as fire. Legal regulations must now take into account new solutions available on the market, which are related to new materials and building technologies, and subject them to critical analysis in order to determine new safety limits for their application. At the moment, the tallest building constructed using this technology is a student residence at the University of British Columbia in Vancouver. The 18-storey building houses 400 students and includes two reinforced concrete communication shafts around which the individual floors have been constructed with glued timber. The building is 53 m high and was designed by the Canadian Acton Ostry Architects. Using naturally-sourced materials for even taller buildings is unprecedented. A project aimed at theoretical research on the potential for constructing tall buildings has been developed as a result of collaboration between the University of Cambridge, Perkins + Will and Thornton Tomasetti engineers. For the purposes of the project it was assumed that an eighty-storey timber structure residential building with commercial space would be designed. The research aims to analyse the impact of seismic and wind loading, and material properties of tall building structures constructed using innovative materials and technologies. Comparison is made to conventional construction.

Timber also works very well in composite systems. An interesting example of this kind of timber application involves exploiting wood properties in a prefabricated system for structural ceilings. An eight-storey office building constructed in 2012 in Dornbirn, Austria, was completed in an exceptionally short time. The prefabricated structural ceiling and the network of timber pillars were assembled by a group of five carpenters in only eight days. Structural ceiling elements measuring 9 × 3m were constructed as reinforced concrete slabs supported on the narrower side by a reinforced concrete tie beam and with glued timber beams on the wider side. Horizontal indentations in the top part of the beams served as mechanical scarf joints bonding the surface of the laminated timber elements and the reinforced concrete slab. Elements prefabricated in this way were placed on glued timber pillars one-storey high⁵. The advantage of such a solution is the interaction of both materials in the areas of their highest efficiency. In a composite arrangement timber elements provide for elasticity of the structure under seismic loading, determine its fire safety and desire

wane zostały jako płyta żelbetowa oparta węższą częścią na wieńcu żelbetowym oraz szerszą częścią na belkach z drewna klejonego. Poziome wcięcia w górnej części belki tworzyły mechaniczne zamki spajające powierzchnię laminatu z płytą żelbetową. Tak prefabrykowane elementy zostały osadzone na słupach z drewna klejonego o wysokości jednej kondygnacji⁵. Zaletą tego rozwiązania jest współdziałanie obu materiałów w obszarach największej ich wydajności. W układzie łączonym elementy drewniane odpowiadają za elastyczność konstrukcji podczas aktywności sejsmicznej, stanowią o bezpieczeństwie pożarowym konstrukcji oraz odpowiadają za poprawę bilansu węglowego struktury budynku. Masywne partie stropu stanowią balast i pozytywnie wpływają na bezwładność budynku podczas ekspozycji na podmuchy wiatru, stanowią naturalny rezerwuuar wilgoci dbając o jej prawidłowy poziom w pomieszczeniach wewnętrznych oraz znacząco wpływają na poprawę właściwości akustycznych przegród poziomych. Przyjęte rozwiązania są również odpowiedzialne za zmniejszenie czasu wznoszenia budynku oraz redukcję kosztów względem stosowania tradycyjnych technologii dla wzniesienia obiektu o analogicznych gabarytach. Biorąc pod uwagę względy zrównoważonego rozwoju nie bez znaczenia pozostaje fakt, że tak wykonane elementy budynku mogą w sposób odwracalny zostać zdemontowane i po odpowiedniej inspekcji użyte ponownie lub zutylizowane bez wysokich nakładów

to improve the carbon footprint balance of the building. Solid elements of the structural ceiling serve as ballast and have a positive impact on the building's inertia when exposed to wind loading. They provide for a natural reservoir of moisture necessary to maintain the required moisture level for the building's interior and significantly improve acoustic properties of horizontal partition elements. The solutions applied resulted also in the shorter period of time needed to complete the building and reduced costs when compared to conventional technologies used to construct a building of a similar size. When considering the sustainable development aspects, it is significant that such prefabricated building elements can be disassembled and, after necessary inspection, reused or recycled without high energy input⁶. In this respect, a conventional monolithic reinforced concrete structure typically used in tall buildings is highly inefficient. It cannot be disassembled with ease, its elements cannot be reused and the recovery of steel reinforcement from reinforced concrete elements is very expensive and time-consuming.

The building housing headquarters of the Tamedia media company in Zurich is a very interesting example of an office building based on a fully timber structure. The design prepared by Shigeru Ban Architects assumed the building would fit in with the



Ryc. 3. Drewniana konstrukcja siedziby Tamedia w Zurychu, fot. Shigeru Ban Architects

Fig. 3. Timber structure of the Tamedia office headquarters offices in Zurich, photo: Shigeru Ban Architects

energetycznych⁶. Klasyczna monolityczna żelbetowa konstrukcja wysokich budynków pod tym względem jest wielce nieefektywna. Nie poddaje się łatwemu demontażowi, nie pozwala na powtórne użycie elementów, a odzyskanie stali zbrojeniowej z kubatur żelbetowych wymaga wysokich nakładów energetycznych i czasowych.

Bardzo interesującym przykładem w pełni drewnianej konstrukcji budynku biurowego jest siedziba spółki medialnej Tamedia w Zurychu. Projekt autorstwa Shigeru Ban Architects zakładał wpisanie się w ekologiczny charakter współczesnych realizacji w Szwajcarii.

Architekci zaproponowali złożenie budynku z elementów drewnianych o znacznych rozmiarach – słupach wysokości budynku, belkach o długości równej szerokości budynku. Zaprojektowano zamki przestrzenne oraz poprzeczne elementy blokujące połączenia wykonane również z drewna klejonego. Konstrukcja jest widoczna w każdym wnętrzu, a jej nietypowy kształt buduje charakter całego budynku. Przegrody zostały wykonane z nowoczesnych materiałów, ale dominującymi elementami wewnątrz pozostają ciekawe formy drewnianej konstrukcji.

4. ARCHITEKTURA MIESZKANIOWA OPEN-SOURCE

Ciekawą inicjatywą jest program WikiHouse powołany przez fundację o tej samej nazwie. Organizacja współzałożona przez brytyjskiego architekta Alastaira Parvina skupia się na przełamaniu bariery społecznych, finansowych, branżowych i systemowych aby w możliwie najprostszym, najtańszym i najmniej wykwalifikowanym sposobie zaspokoić potrzeby indywidualnego zamieszkania. Organizacja skupia ludzi o różnych specjalizacjach, którzy chcą zapewnić wkład w rozwój projektu i służyć mu swoją wiedzą i doświadczeniem. Modny i sprawdzający się w różnych dziedzinach system open source jest również dostępny dzięki programowi WikiHouse w kręgach architektonicznych. Inżynierowie i architekci stworzyli katalog rozwiązań⁷, dzięki którym przy użyciu prostych materiałów, takich jak sklejkę, wkręty śrubowe, materiały izolacyjne itp., niewykwalifikowana osoba przy użyciu prostych narzędzi może wykonać podstawowe elementy konstrukcji niewielkiego budynku. Elementem bazowym są tutaj płyty sklejki drewnianej, z której posługując się instrukcją można wyciąć poszczególne części składowe profili nośnych. Mają one zaproponowane nacięcia składające się w zamki. Skręcenie kilku elementów ze sobą pozwala stworzyć wielowarstwowy kompozyt belki lub ramy, który następnie w pojedynkę lub przy współpracy kilku osób może być ustawiony w odpowiedniej pozycji, a potem zestawiony z kolejnymi elementami konstrukcji. Katalog części pozostawia pewną wariantowość doboru rozwiązań dbając o ich pełną kompatybilność, dzięki czemu można realizować indywidualne zapotrzebowanie powierzchni użytkowej, estetyki czy układu funkcjonalnego. Udział wyspecjalizowanych osób na etapie projektowym ma zapewnić pełne bezpieczeństwo konstrukcji i rozwiązań technicznych, bazując wyłącznie na dokładnym

environmentally-friendly character of contemporary building projects in Switzerland.

The architects proposed assembling the building from timber elements of considerable dimensions – pillars of the height of the building and beams with a span equal to the width of the building. Spatial scarf joint and transverse blocking elements made of glued timber were designed. The structure is visible in all interior spaces and its unconventional form determines the character of the whole building. Partition elements were constructed of modern materials, but the interior is dominated by interesting forms of the timber structure.

4. OPEN-SOURCE RESIDENTIAL ARCHITECTURE

The WikiHouse programme, developed by the WikiHouse Foundation is an interesting initiative. The foundation, co-founded by a British architect, Alastair Parvin, focuses on overcoming social, financial, business and systemic barriers to meeting the need for providing individualised housing in the simplest and cheapest possible way that requires as little specialist expertise as possible. The organisation brings together various specialists who are keen to contribute their knowledge and experience to the WikiHouse project development. The open source system which has recently become popular and has been successfully used in various fields, is now made available also to architects via the WikiHouse programme. Architects and engineers have compiled a catalogue of solutions⁷, which can be applied by an unqualified person to construct the basic structural elements of a small building, using simple materials, such as plywood, screws, insulating materials etc. Plywood boards are the basic element, which can be cut according to the instructions provided to obtain components of load-bearing elements. The locations of incisions are suggested for creating scarf joints. Several elements joined together with screws make up a composite beam or frame which can next be placed in a required position by an individual person or with help from others. These elements are then joined to the other elements making up the structure. The catalogue of available elements allows a certain degree of variation in selecting solutions. Precautions have been taken to ensure the elements are fully compatible. This enables projects to meet individual needs in relation to usable surface, aesthetics or functional arrangement. Involvement of specialists at the design stage assures safety of the structural and technological solutions proposed where the instructions are followed precisely. Proposed solutions provide full value when compared to conventional building technologies – they provide appropriate insulation, mechanical strength and utility value. At the same time their cost is just a fraction of conventional construction costs and their application does not call for specialist equipment or skills. In the

realizowaniu instrukcji. Zaproponowane rozwiązania są pełnowartościowe względem tradycyjnych technologii budowlanych – zapewniają odpowiednią izolacyjność, odporność mechaniczną i użytkowość, pochłaniając przy tym jedynie ułamek zasobów finansowych i pozwalając na pracę bez wyspecjalizowanych narzędzi i umiejętności. Zdaniem pomysłodawców umożliwi to zaspokojenie potrzeb mieszkaniowych znacznej części ludzkości, gdyż jak wyliczał sam pomysłodawca w wykładzie autorskim prezentującym założenia programu, zdolnych do finansowania budowy obiektów architektonicznych w obecnej formie jest ok 1% populacji. Korzyści płynące z prac fundacji mają swój wydźwięk w rozwoju więzi społecznych oraz globalnej poprawie sytuacji mieszkaniowej ludzkości. Fundacja jest organizacją non-profit i dąży do współpracy z podobnymi organizacjami oraz rządami państw w celu podjęcia kroków umożliwiających legalizację dostarczanych przez siebie pomysłów.

5. PODSUMOWANIE

Drewno jest powszechnym materiałem budowlanym i posiada swoje dwa oblicza – tradycyjne i nowoczesne. Zasób historycznych obiektów budowlanych jest bardzo duży a ich stan techniczny zróżnicowany. W celu zachowania szczególnie wartościowych reprezentantów minionych czasów należy kultywować tradycyjne rzemiosło i umiejętności stosowania tradycyjnych narzędzi i technik obróbki drewna. Z pomocą w realizacji założeń kultywowania edukacji rzemieślników mogą przyjść współczesne trendy w realizacji budynków z drewna. Te szczególnie efektowne konstrukcyjnie bazują na nowoczesnej odsłonie inżynieryjnego drewna – laminatach i kompozytach, jednak ich upowszechnienie może spowodować zapotrzebowanie również w branży drewna litego. Moda na rozwiązania sprawdzone, naturalne i ekologiczne i dbałość o niską energochłonność procesów produkcyjnych materiałów budowlanych i niskiego współczynnika zużycia dwutlenku węgla będą wspomagały podtrzymanie i rozwój w technologii obróbki i konserwacji drewna. Zapotrzebowanie na fachowców w tych dziedzinach będzie rosło, gdyż dzięki modularności i rozbieralności obiektów budowanych z drewna niemal w całości pozwalają na ponowne użycie budulca, co czyni je materiałem idealnym pod kątem problematyki zrównoważonego rozwoju. Otwiera się kolejna gałąź rozwoju branży budowlanej związana z translokacjami istniejących budynków, zwłaszcza wartościowych kulturowo i historycznie. Nie bez znaczenia pozostają również badania z zakresu biochemii drewna i obserwacji zależności wzrostu odporności organizmu obciążonego z budowlami drewnianymi. Swoje zasługi ma również upowszechnienie sklejk drewnianej, zwłaszcza w budownictwie szkieletowym krajów Ameryki Północnej. Okazuje się, że również ten znany od niemal 100 lat materiał może nadal zaskakiwać, będąc podstawą do rozwiązania palących problemów społecznych i mieszkaniowych zwłaszcza najuboższych regionów świata.

opinion of the authors of the project, this approach will enable the housing needs of a considerable part of the human population to be satisfied. In an introductory lecture, one of the project authors cited calculations, which indicate that only approximately 1% of the population can afford to build a house. The benefits resulting from the foundation's activities are reflected in development of community links and improvement of the global housing situation. The foundation is a non-profit organisation and seeks to cooperate with similar organisations and national governments to take action to legalise the solutions generated.

5. CONCLUSION

Timber is a popular building material with two faces – one is traditional, and the other is contemporary. The resource of historical buildings is very large, whereas their technical condition varies. To conserve the most valuable historical heritage structures, it is necessary to cultivate traditional crafts and skills of applying traditional tools and methods of working with wood. The contemporary trend of constructing timber buildings may be useful for the cultivation of artisan education. Timber buildings with striking structural solutions are based on a contemporary approach to timber engineering – laminates and composites. But popularizing them may also result in rising demand for solid wood products. The trend related to using tested, natural and environment-friendly solutions, working to reduce energy consumption of building materials production processes and lowering carbon dioxide emissions all contribute to maintaining and developing wood processing and timber conservation technologies. The demand for specialists in these fields will grow. The modular character of timber structures and their capability to be nearly entirely disassembled allows for the reuse of the building material – which makes timber an ideal building material from the perspective of sustainable development. A new segment of the building business has been initiated – related to relocation of existing buildings, especially those of high cultural or historical value. Research on wood biochemistry is also significant, and the observation that immunity of organisms in timber buildings increases. The popularisation of plywood, especially in timber frame building in Northern America is another important factor. It turns out that even this material, known for nearly 100 years, can still surprise us and provide solutions for dealing with burning social and housing problems, especially in the poorest regions of the world.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] CLT Handbook, FPIInnovation, 2011.
- [2] Kaliske M., Schmidt J. A new design proposal for timber/concrete – composite beams. In: Improvement of Buildings' Structural Quality by new technologies, COST C12 Final Conference Proceedings, 01.2005.
- [3] Van de Kuilen J.W.G., Ceccotti A., Zhouyan X., MinjuanH. Very tall wooden buildings with cross laminated timber. *Procedia Engineering* 2011;14: 1621–1628
- [4] Sobek W. The Future of Sustainable Architecture: Resources, Recyclability and Ultra-Lightweight. *A+U* 524 2014;5.
- [5] Sumiyoshi T., Matsui G. Wood Joints in classical Japanese architecture. Kajima Institute Publishing, 1989.
- [6] Taban N. LCT One. *Structure Magazine* 2013;8: 20–23.

¹ T. Sumiyoshi, G. Matsui, *Wood Joints in classical Japanese architecture*, Kajima Institute Publishing, 1989.

² www.emergingobjects.com.

³ D. Kram, M. Stelmach, *CLT – nowe możliwości dla budownictwa drewnianego*, *Przegląd Budowlany* 6/2015, s. 56–59.

⁴ Waugh Thistleton Architects, <http://waughthistleton.com/dalston-lane/> (11.2017).

⁵ N. Taban, *LCT One*, *Structure Magazine*, 8/2013, s. 22.

⁶ W. Sobek, *The Future of Sustainable Architecture: Resources, Recyclability and Ultra-Lightweight*, *A+U* 524, 5/2014.

⁷ Wikihouse.cc.

Streszczenie

Drewno jako materiał budowlany ma długą historię stosowania. Tradycyjne techniki i narzędzia budowlane są ciągle usprawniane, ale zasady i sposoby ich użycia pozostają niezmiennie. Znaczącym krokiem w ewolucji i inżynierii drewna było wprowadzenie do produkcji masowej procesów chemicznych i chemii budowlanej. Zaowocowało to powstaniem nowych, wydajnych materiałów drewnopochodnych – np. drewna klejonego i laminowanego krzyżowo. Obecnie obserwuje się proces powrotu do tradycyjnych rozwiązań i poszukiwanie wyeksploatowanych obiektów drewnianych do adaptacji lub translokacji. Branża konserwacji i renowacji historycznych struktur drewnianych obecnie rozkwita, a niekultywowane zawody wyspecjalizowanych rzemieślników cieszą się dużym zainteresowaniem. Również na fali dbałości o aspekty ekologiczne i zrównoważony rozwój projektanci przychylnym okiem spoglądają na technologie drewniane dając im drugie życie i z wykorzystaniem współczesnych możliwości produkcyjnych i narzędzi projektowych prezentują śmiałe koncepcje architektoniczne i dążą do ich realizacji. Wyspecjalizowane zespoły projektowo-inżynieryjne coraz częściej wykorzystują całkowicie drewniane konstrukcje do wznoszenia budynków wysokich, co do tej pory było domeną konstrukcji żelbetowych i stalowych.

Abstract

Wood has long been used as a building material. Traditional building techniques and tools are being constantly improved but the principles and methods of applying them remain unchanged. An important step in the evolution of timber engineering was the introduction of chemical processes and construction chemicals into mass production. This resulted in new, highly efficient timber-derived materials – e.g. glued or cross-laminated timber. Currently we can observe a trend to return to traditional solutions. Old, worn-out timber buildings are sought for adaptation or relocation. The business of conservation and renovation of historical timber structures is thriving and uncultivated specialised artisan trades are once again very popular. Designers are also favouring timber technologies due to a concern for environment and sustainable development, which is giving them a second life. Application of contemporary production possibilities and design tools allows for bold architectural conceptions and for their realisation. Highly specialised teams of designers and engineers are making more frequent use of structures made entirely of timber to construct tall buildings, which has to date been dominated by steel and reinforced concrete structures.